

ANAIS DO
4º SIMPÓSIO
INTERDISCIPLINAR
DE CIÊNCIA
AMBIENTAL

24 a 26 de outubro de 2022.

São Paulo - SP



30 ANOS DE RIO92

2022

IV

SICAM

**SIMPÓSIO INTERDISCIPLINAR DE
CIÊNCIA AMBIENTAL**

FICHA CATALOGRÁFICA

Simpósio Interdisciplinar de Ciência Ambiental. (4: 2022: São Paulo.)

IV Simpósio Interdisciplinar de Ciência Ambiental. Anais. SICAM.

[Recurso eletrônico] / organizadores Henrique Ryosuke Tateishi .[et al.] –
São Paulo: IEE-USP, 2023.

648p

ISSN 2358-274X

1. Ciência ambiental. 2. Proteção ambiental. 3. Governança.
4. Interdisciplinaridade. 5. Sustentabilidade. I. Mandai, Silvia Sayuri, org..
- II. Título.

Elaborado por Maria Penha da Silva Oliveira CRB-8/6961

PROMOÇÃO

Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo



COMISSÃO ORGANIZADORA DO IV SICAM

Ágata Grazieli dos Santos Brito
Alana Belei
Alynne Affonso
Barbara de Moura Banzanato
Beatriz Milz
Camila Haddad
Gisleine Silva na Gasparotto
Gustavo Leite Golçalves
Henrique Ryosuke Tateishi
Isabela Ribeiro
Jeferson Brás de Lima
Letícia Kaori Shimabukuro
Luiza Muccillo
Lyvia Amado
Rodrigo Ramirez Frederico
Silvia Sayuri Mandai

EDITORAÇÃO

Alana Belei
Camila Jorge Haddad
Henrique Ryosuke Tateishi



AUTORES E AUTORAS DAS APRESENTAÇÕES ORAIS

Agnes Amaral
Alexandre T. Igari
Alexandre Uezu
Andrea Quirino Steiner
Antônio Miguel Vieira Monteiro
Beatriz de Paula Pereira
Beatriz Duarte Dunder
Bruno Fernando Vieira Silva
Carlos Manoel Pedro Vaz
Caroline Cristiane Rocha
Clara Ribeiro Camargo
Claudio Penteado
Daniel Caixeta Andrade
Danilo Paulúcio da Silva
Darllan Collins da Cunha e Silva
Eduardo Martins
Elia Cia Alves
Evandro Mateus Moretto
Fábio Pessoa Vieira
Felipe Augusto Santos
Felipe dos Santos Coelho
Felipe Quintão
Flávia Noronha Dutra Ribeiro
Gabriel Adrián Sarriés
Gabriel Mendes
Gabriel Pires de Araújo
Gabriel Queiroz
Gabriela dos Santos Simões
Gabriela Goulart Oliveira
Gabriela Maria Leme Trivellato
Guilherme Prado Alves
Gustavo Gonçalves
Gustavo Nazato Furlan
Henrique Ryosuke Tateishi
Igor Tostes Fiorezzi
Jacqueline Zanin Lima
Jéssica Pelinsom Marques
Jhansley da Mata
Joice de Jesus Santos
Jonilson Michel Fontes Galvão
José Luiz Romero de Brito
José Quintanilha
Júlia Benfica Senra
Julliet Correa da Costa
Junior Cesar Avanzi
Lana Rodrigues Araújo
Leandra Regina Gonçalves
Letícia Stevanato Rodrigues
Liliane Moreira Nery
Liliane Ribeiro Santos
Luca Araujo de Oliveira Leite
Ludmilla Francisca Duarte
Luiz Coelho Junior
Lyvia Amado de Oliveira
Marcos Tavares de Arruda Filho
Mario Roberto dos Santos
Mauro Parolin
Miguel da Costa Accioly
Mirela Bertin Carnietto
Nayra Karolyne dos Santos Rodrigues
Nicole Russo Guerrato
Nobel Penteado de Freitas
Patricia Helena Lara dos Santos Matai
Paulo Santos de Almeida
Pedro Henrique Campello Torres
Pedro Roberto Jacobi
Rafaela Silva Ramos
Raíssa Musarra
Raphael Abrahão
Renata Maciel Ribeiro
Renata Utsunomiya
Renato A. Lupianhi
Ricardo César da Silva Guabiroba
Rodrigo Ramirez Frederico
Silvana Amaral
Silvia Helena Zanirato
Silvia Sayuri Mandai
Sylmara Lopes F. Gonçalves-Dias



AUTORES E AUTORAS DAS APRESENTAÇÕES ORAIS (CONT)

Taila Lorena de Souza
Tainá Angela Vedovello Bimbati
Tainara da Silva Camargo
Tomás A. B. Ramos
Valéria Guimarães S. Rodrigues

Vanessa Cezar Simonetti
Vitor Calandrini
Vitor Kaiber dos Santos
Viviane Arruda
William Masayoshi Kuriyama

AUTORES E AUTORAS DOS VÍDEO-PÔSTERES

Alex Azevedo dos Santos
Allan Kardec Figueiredo Filho
Amanda Guimarães da Silva
Angélica Lilian Freires Caetano
Bruna Cristine da Silva Fernandes
Bruna Henrique Sacramento
Camille Vasconcelos Silva
Célia Futemma
Claudio Melo da Silva Neto
Cristina Adams
Daniel Fadel Junior
Darllan Collins da Cunha e Silva
Débora Souza Alvim
Dirceu Luis Herdies
Drielli Peyerl
Eduardo José Menegotto
Fernanda Cristine dos Santos Bengio
Fernanda Medeiros Dutra Reis
Flávia Mariani
Flávia N. D. Ribeiro
Gabriela Cruz Nascimento
Geovana Cunha da Cruz
Guilherme Dias Pereira
Hetianny Ferreira da Costa
Hismilei Chaves
Humberto Prates da Fonseca Alves

Isabela Bueno Lemos
João Carlos Reis
Jordano Roma Buzati
Juliane Felipe Gattini
Kaline de Mello
Keila Camila da Silva
Kellem Chagas de Araújo
Letícia Tondato Arantes
Liliane Moreira Nery
Luciana Gomes de Araújo
Maria Isabel de Araújo
Maria José Reis
Mariana B. Rodrigues
Mariana Consiglio Kasemodel
Matuzalem Nascimento Bezerra
Roberto Wagner Lourenço
Rogério Pinto Ribeiro
Rosely Alvim Sanches
Silas Garcia Aquino de Sousa
Stefano J. Daminello
Tarcísio José Gualberto Fernandes
Valéria G. S. Rodrigues
Vitor Hirata Sanches
Vivian Rodrigues Lopes
Zahia Merchan Camargo



COMISSÃO CIENTÍFICA (AVALIADORES E AVALIADORAS)

Alice Ramos de Moraes

Aline Vieira de Carvalho

Andréa Castelo Branco Brasileiro Assing

Andrea Lampis

Camila Lorenz

Cauê Dias Carrilho

Daniel Rondinelli Roquetti

Edelci Nunes da Silva

Evandro Albiach Branco

Fernando Shinji Kawakubo

Fernando Silveira Franco

Flávia M. de A. Collaço

Flávio José Rocha da Silva

Izabela Penha de Oliveira Santos

Janes Jorge

Jean Tible

Joel Barbujani Sigolo

Luciana Travassos

Maria Lucia Cereda Comide

Mariana Gutierrez Arteiro da Paz

Natalia Dias Tadeu

Paulo Henrique Martinez

Paulo Lopes Rodrigues

Paulo Roberto Cunha

Paulo Sinisgalli

Pedro Roberto Jacobi

Rafael Walter de Albuquerque

Raquel Rodrigues dos Santos

Rosely Alvim Sanches

Samira Feldman Marzochi

PALESTRANTES

Adolpho José Melfi

Adriana Souza Lima

Anthony Guarany

Bruno Batista de Souza

Cristina Adams

Cristina Maria Azevedo

Eduardo Ehlers

Isabel Garcia-Drigo

José Eli da Veiga

José Goldemberg

Luiz Carlos Beduschi Filho

Marcos Buckeridge

Monica Peres Menezes

Patrícia Iglesias

Ricardo Abramovay

MODERADORES

Karla Dilascio

Paulo Sinisgalli

Pedro Jacobi



AGRADECIMENTOS

A Comissão Organizadora do IV SICAM agradece a todas e todos que dedicaram seu tempo e contribuíram direta e indiretamente para que o evento fosse realizado. Ficamos muito felizes com a ampla participação e êxito do evento.

Em especial, agradecemos:

Às autoras e aos autores dos trabalhos submetidos ao IV SICAM, sem os quais as trocas de conhecimento e experiências não seriam possíveis.

Às relatoras e aos relatores, avaliadoras e avaliadores, bem como coordenadoras e coordenadores dos GTs do IV SICAM, os quais enriqueceram fortemente os debates socioambientais.

Aos palestrantes, moderadoras e moderadores das mesas-redondas pelas contribuições ao debate socioambiental a partir de diferentes perspectivas.

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, por meio do PROEX - Programa de Excelência Acadêmica.

Ao Roberto Zilles e Direção do IEE, pelo apoio no evento.

À Coordenação do PROCAM, agradecemos a ampla comunicação e incentivo para a organização do IV SICAM. Em especial, ao coordenador e prof. Paulo Sinisgalli, que nos deu o suporte necessário no convite aos participantes externos, e à profa. Cristina Adams pela intensa colaboração e organização do evento de abertura.

À toda a equipe da Seção Técnica de Informática, que nos possibilitou o uso da infraestrutura do IEE e nos orientou sobre a parte técnica de transmissão do evento.

À Inês Iwashita e Yara Salvia do Setor de Comunicação, que nos ajudaram na divulgação do evento e na emissão e envio das declarações.

À Renata Utsunomiya pelo trabalho atento e cuidadoso de facilitação gráfica e registro do conteúdo das mesas em formato gráfico.

À toda Comissão Organizadora, que não poupou esforços para a realização do evento, reunindo-se semanalmente para que tudo ocorresse da melhor maneira.

O esforço e dedicação coletivos foram fundamentais na construção de três dias intensos de troca, aprendizagem e divulgação científica. Seguimos, com o desejo de nos (re)encontrarmos nas próximas edições do SICAM.



DEDICATÓRIA

Aos cientistas, pesquisadoras e pesquisadores que seguem lutando para construir e manter a ciência em nosso país e para reduzir as injustiças socioambientais.

Aos povos indígenas e comunidades tradicionais e locais, protagonistas na luta pela defesa da sociobiodiversidade brasileira, que continuam resistindo mesmo diante da intensificação de ataques e ameaças nos últimos anos.

Vocês são inspiração de luta e engajamento.

A todas e todos que se unem à luta pela agenda socioambiental, pelo fortalecimento da resiliência dos povos e do meio ambiente.



INFORMAÇÕES SOBRE O EVENTO



APRESENTAÇÃO

O Simpósio Interdisciplinar de Ciência Ambiental (SICAM) é um evento organizado pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (PROCAM/IEE/USP). Em sua quarta edição, o SICAM ocorreu nos dias 24, 25 e 26 de outubro de 2022, em formato remoto e mesas de abertura no auditório do IEE com transmissão ao vivo.

Neste ano de 2022, o IV SICAM teve como temática central os 30 anos de Rio-92, visto que a criação do Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM) coincide com a ampliação do debate ambiental, sendo pertinente fazer um balanço e uma reflexão crítica da atuação da universidade, e do Procam/IEE, nas últimas três décadas frente aos desafios colocados pela Rio-92 para o desenvolvimento sustentável, e seus papéis nas décadas vindouras diante do agravamento da crise socioambiental trazido pelas mudanças climáticas.

A quarta edição do SICAM ocorreu, majoritariamente de modo virtual, buscando a participação ampla no evento, utilizando as plataformas do Zoom e do Youtube e também contou com as mesas de abertura presenciais no auditório do IEE a fim de retomar a utilização dos espaços universitários e interação presencial.

Ao longo do IV SICAM, contamos com 281 inscritos, entre pessoas alunas, pesquisadoras, docentes de diversos programas de pós-graduação brasileiros, além da população em geral. Foram participantes de 20 estados brasileiros mais o Distrito Federal e de outros dois países: Colômbia e Portugal. No Brasil, mais de 50% dos inscritos eram do estado de São Paulo, sendo que os outros estados com mais registros foram Minas Gerais, Pará e Paraná.

Durante as mesas redondas, foi feita facilitação gráfica da discussão, de modo a contribuir com a compreensão do conteúdo para o público em geral.

Ao longo dos Anais do IV SICAM, trazemos um relato sobre as duas Mesas Redondas de abertura, Mesa de Encerramento e dez Grupos de Trabalho (GTs), bem como apresentamos os resumos expandidos dos 77 trabalhos aprovados para apresentação oral ou por vídeopôster durante o evento.

Esperamos que apreciem a leitura e que os trabalhos instiguem boas reflexões e debates na temática socioambiental!

Comissão Organizadora do IV SICAM



PROGRAMAÇÃO

Dia 24/10		
Mesa Redonda 1		
09:00 - 09:15	Abertura: Roberto Zilles - Diretor do IEE/USP	Moderador Paulo Sinisgalli
09:15 - 12:30	A contribuição da Universidade de São Paulo para o debate ambiental no Brasil	Palestrantes José Goldemberg Adolpho José Melfi Patrícia Iglesias Marcos Buckeridge Ricardo Abramovay José Eli da Veiga
12:30 - 14:00	Intervalo para almoço	
Mesa Redonda 2		
14:00 - 14:15	Abertura: Profº Paulo Sinisgalli - Coordenador PROCAM	Moderador Pedro Jacobi
14:15- 17:30	Trajetórias: a experiência profissional de egressos do PROCAM na área ambiental (Detalhes) Acompanhe no Youtube	Palestrantes Luiz Carlos Beduschi Filho Cristina Maria Peres Menezes Isabel Garcia-Drigo Eduardo Ehlers Cristina Adams

PROGRAMAÇÃO

Dia 25/10		
Cafézinho com vídeo-poster		
13:00 - 14:00	Exibição de teasers dos vídeos-posteres enviados a todos os GTs.	
14:00 - 14:10	Abertura das apresentações dos Grupos de Trabalho Mestre de cerimônia: Henrique Ryosuke Tateishi	
GTs de Apresentação		
14:10 - 17:00	GT 3: Governança, Políticas Públicas, Direito Ambiental e Educação Socioambiental	Coordenadora: Ana Paula Fracalanza
	GT 4: Impactos Socioecológicos de Grandes Projetos de Investimento	Coordenador: Evandro Matheus Moretto
	GT 5: Governança Florestal e Agroecologia	Coordenadora: Cristina Adams
	GT 9: Geotecnologias e Modelagem em Ciência Ambiental	Coordenador: Jose Alberto Quintanilha
	GT 11: Mudanças Climáticas, Vulnerabilidade e Riscos Socioambientais	Coordenador: Pedro Côrtes
Plenária Geral		
17:05 - 18:00	Apresentação das principais discussões dos GTs	Participantes: Relatores dos GTs do dia Estela Alves Daniel Roquetti Aurélio Padovezi Alessandra Cristina Corsi Zenaida Lauda-Rodriguez Participação Público Geral
18:00	Encerramento Plenária Geral	Mestre de Cerimônias Henrique Ryosuke Tateishi

PROGRAMAÇÃO

Dia 26/10		
Cafézinho com vídeo-poster		
13:00 - 14:00	Exibição de teasers dos vídeos-posteres enviados a todos os GTs.	
14:00 - 14:10	Abertura das apresentações dos Grupos de Trabalho Mestre de cerimônia: Jeferson Brás de Lima	
GTs de Apresentação		
14:10 - 16:30	GT 1: (Inter/Trans) Disciplinaridade e Decolonialidade em Ciência Ambiental	Coordenadora: Tatiana Rotondaro
	GT 2: História Ambiental	Coordenador: Pedro Jacobi
	GT 6: Ecologia Política e Justiça Socioambiental	Coordenador: Pedro Torres
	GT 7: Economia ambiental, Economia Circular, Produção, Consumo e Resíduos	Coordenador: Paulo Sinisgalli
	GT 10: Inovação, Transformações e Transições para a Sustentabilidade	Coordenador: Andrea Lampis
Plenária geral		
16:35 - 17:40	Apresentação das principais discussões dos GTs	Participantes: Relatores dos GTs do dia Carolina Azevedo Moulin Anna Luisa Abreu Leonardo Kefalás Bruno Portes Nilton Bispo Amado Participação Público Geral
17:40 - 17:50	Encerramento Plenária Geral	Mestre de Cerimônias: Jeferson Brás de Lima

PROGRAMAÇÃO

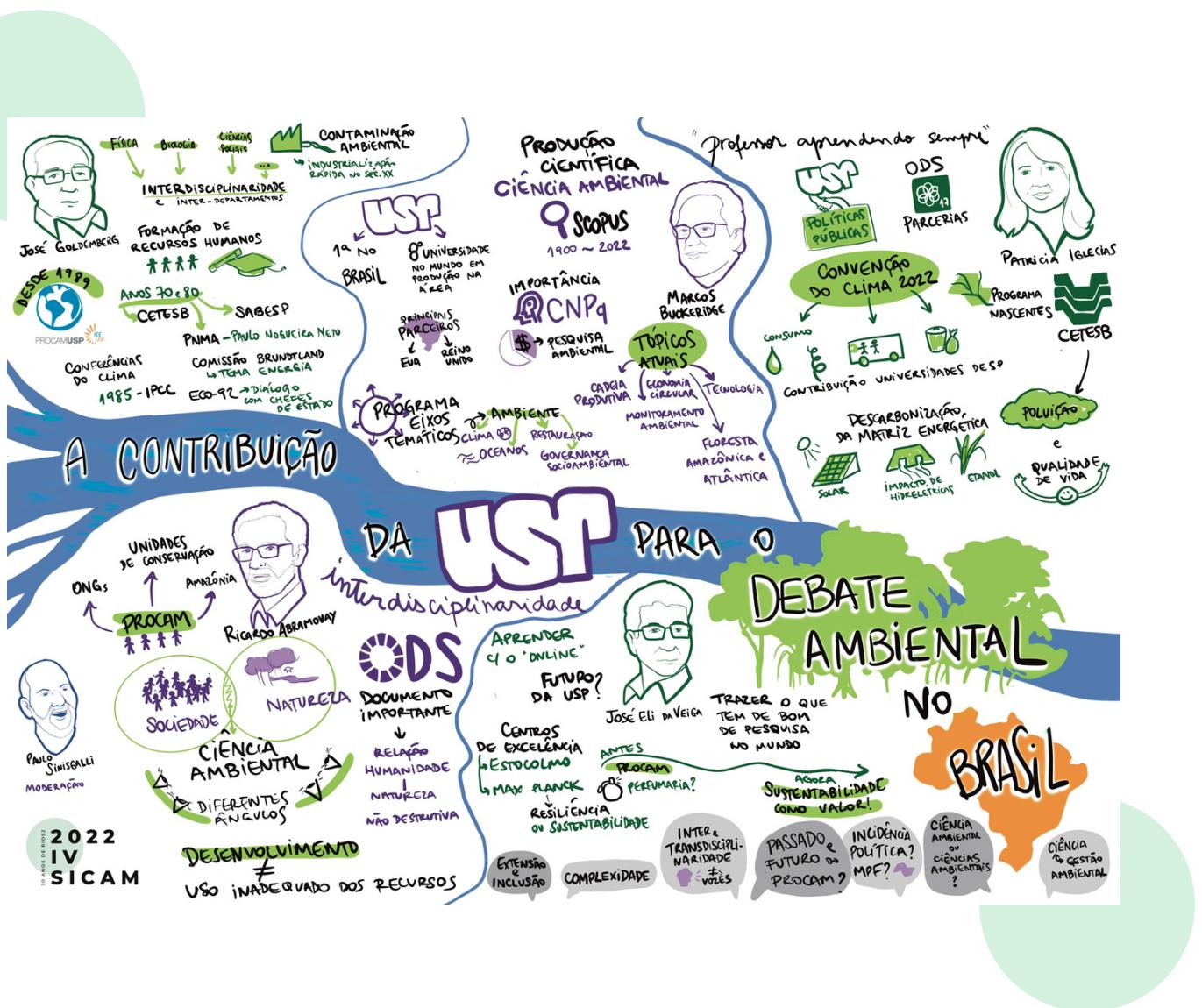
Dia 26/10 (cont.)		
Cerimônia de Encerramento		
18:00- 19:30	Ecologia de saberes nas questões socioambientais: do lugar de fala à luta coletiva.	Moderadora Karla Dilascio Palestrantes Adriana Souza Lima, Educadora popular, pesquisadora local, monitora ambiental, pedagoga e Feminista Comunitária, Juréia-SP Bruno Batista de Souza, Educador Social, Brasilândia-SP Anthony Guarany, Ativista Guarani da Terra Indígena Jaraguá - SP
19:30 -19:50	Homenagem a Bruno Latour (em memória)	Palestrantes Evandro Albiach Daniel Roquetti Sergio Pulice
19:50 -20:05	Encerramento do Evento	Mestre de Cerimônia do Dia

Todas as Mesas Redondas e Plenárias, assim como as cerimônias de abertura e encerramento estão disponíveis no canal do [Youtube do evento](#) (SICAM USP).

MESAS REDONDAS

O IV SICAM contou com três mesas redondas, sendo duas delas durante o primeiro dia do evento, no auditório do IEE/USP transmitidas ao vivo pelo YouTube, e uma mesa de encerramento, todas com palestrantes e mediadores, que ampliaram e aprofundaram as discussões em Ciência Ambiental.

No dia 24, ocorreu a abertura do evento com duas mesas redondas. A mesa redonda 1 - **A contribuição da Universidade de São Paulo para o debate ambiental no Brasil** - fez um balanço da atuação da USP e do PROCAM desses últimos trinta anos desde a Rio-92 e os desafios propostos para o desenvolvimento sustentável e para as próximas décadas diante da crise socioambiental trazida pelas mudanças climáticas. [Confira aqui.](#)



Já a mesa redonda 2 - Trajetórias: a experiência profissional de egressos do PROCAM na área ambiental - reuniu ex-alunos do PROCAM de diferentes áreas para, a partir de suas trajetórias pessoais e áreas de atuação, analisar a evolução histórica do debate ambiental desde a Rio-92. [Confira aqui.](#)



Por fim, a mesa redonda de encerramento - Ecologia de saberes nas questões socioambientais: do lugar de fala a luta coletiva - teve como objetivo trazer perspectivas de atores sociais diversos, principalmente povos originários, movimentos da sociedade civil e comunidades tradicionais, que contribuem e atuam em pautas ambientais em diversas frentes, e reflexões sobre quais os caminhos para (re)construirmos e avançarmos nas pautas daqui para frente. [Confira aqui](#).



Além das mesas redondas, a cerimônia de encerramento dedicou uma homenagem à Bruno Latour (em memória), com falas de Evandro Albiach, Daniel Roquetti e Sergio Pulice.

* As imagens que ilustram, nas páginas acima, cada mesa redonda do evento são painéis de facilitação gráfica, elaborados por Renata Utsunomiya ([@mon_arte_pensamento](#)) ao longo do evento como forma de registrar as principais contribuições dos convidados.

GRUPOS DE TRABALHO

Além das Mesas Redondas, o IV SICAM contou com 10 GTs, onde foram apresentados os trabalhos científicos submetidos. Ao todo, foram 77 trabalhos aprovados, após a avaliação da Comissão Científica. Durante as apresentações, contamos com a contribuição dos coordenadores e relatores em cada GT. Os coordenadores fizeram perguntas e contribuições aos trabalhos apresentados. Por outro lado, os relatores ficaram responsáveis por compilar os pontos principais de cada discussão e por expô-los na Plenária Geral a todo público do evento, de modo a trazer maior integração dos temas apresentados entre os GTs.

A seguir, trazemos uma breve descrição de cada GT.

GT 1 - (Inter/Trans) Disciplinaridade e Decolonialidade em Ciência Ambiental

Coordenação: Dra. Tatiana Rotondaro

Relatoria: Carolina Stange Azevedo Moulin

Objetivo: Refletir sobre metodologias e epistemologias na Ciência Ambiental.

GT 2 - História Ambiental

Coordenação: Dr. Pedro Jacobi

Relatoria: Anna Luisa Abreu

Objetivo: Analisar eventos com temáticas relacionadas ao meio ambiente pela perspectiva histórica, seja nos níveis local, regional, nacional ou internacional. Abordar os resultados observados, como quebra de paradigmas, novos acordos internacionais e mudanças na percepção quanto à questão ambiental ao longo da história.

GT 3 - Governança, Políticas Públicas, Direito Ambiental e Educação Socioambiental

Coordenação: Dra. Ana Paula Fracalanza

Relatoria: Estela Alves

Objetivo: Discutir temáticas relacionadas à governança ambiental, formulação, implementação, avaliação e financiamento de políticas ambientais, assim como a gestão de políticas públicas em múltiplas escalas geográficas e níveis.

GT 4 - Impactos Socioecológicos de Grandes Projetos de Investimento

Coordenação: Evandro Mateus Moretto

Relatoria: Daniel Roquetti

Objetivo: Discutir sobre a gestão e impactos socioambientais de grandes projetos de infraestrutura como hidrelétricas, rodovias, hidrovias, e mineração, e seus impactos diretos, indiretos e cumulativos aos sistemas socioecológicos.



GT 5 - Governança Florestal e Agroecologia

Coordenação: Dra. Cristina Adams

Relatoria: Aurélio Padovezi

Objetivo: Dialogar sobre tópicos como recuperação florestal, governança de múltiplos atores em múltiplas escalas geográficas, inovação social e resiliência socio-ambiental, sistemas alimentares mais sustentáveis e mudanças no uso da terra.

GT 6 - Ecologia Política e Justiça Socioambiental

Coordenação: Dr. Pedro Campello Torres

Relatoria: Leonardo Kefalás

Objetivo: Aprofundar o olhar para abordagens críticas sobre os conflitos socioambientais pela perspectiva da Ecologia Política.

GT 7 - Economia ambiental, Economia Circular, Produção, Consumo e Resíduos

Coordenação: Dr. Paulo Sinisgalli

Relatoria: Bruno Portes

Objetivo: Criar um diálogo sobre a governança do uso de recursos naturais, tanto sob os pressupostos da Economia Ambiental quanto da Economia Ecológica, e ao ciclo de extração, produção, consumo e descarte de resíduos.

GT 9 - Geotecnologias e Modelagem em Ciência Ambiental

Coordenação: Dr. Jose Alberto Quintanilha

Relatoria: Alessandra Cristina Corsi

Objetivo: Abordar as mudanças no sistema terrestre pelas dimensões ecossistêmica, socioambiental, política e econômica, utilizando ferramentas como as geotecnologias e a modelagem para elaborar previsões sobre as mudanças climáticas.

GT 10 - Inovação, Transformações e Transições para a Sustentabilidade

Coordenação: Dr. Andrea Lampis

Relatoria: Nilton Bispo Amado

Objetivo: Promover uma discussão interdisciplinar com foco em (processos) de mudança social, tecnológica e ecológica, em uma abordagem coevolucionária, sistêmica e complexa.

GT 11 - Mudanças Climáticas, Vulnerabilidade e Riscos Socioambientais

Coordenação: Dr. Pedro Côrtes

Relatoria: Zenaida Lauda-Rodriguez

Objetivo: Ampliar o diálogo e a pesquisa sobre o entendimento acerca dos desafios sociais, políticos, econômicos e ambientais das mudanças climáticas na perspectiva da vulnerabilidade e dos riscos socioambientais.



PREFÁCIO

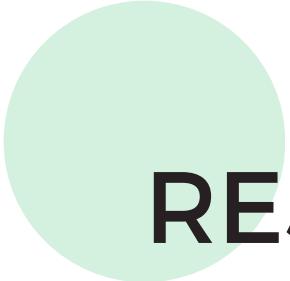
O Simpósio Interdisciplinar de Ciência Ambiental (SICAM) é uma atividade vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (PROCAM/IEE/USP). O SICAM tem como objetivo congregar discentes e docentes do programa e pesquisadores de outras instituições, além de promover um rico debate sobre temas socioambientais atuais, com caráter interdisciplinar, fundamental para a pesquisa na área ambiental. Esta é uma iniciativa essencialmente promovida e organizada pelos alunos do programa, com apoio da coordenação e professores credenciados, refletindo a maturidade, autonomia e atuação do corpo discente, necessárias a uma atividade deste porte. Este foi o grande desafio colocado aos alunos, desde a realização da sua primeira versão, em 2013, com resultados sempre positivos.

Durante os dias 24 a 26 de outubro de 2022, ocorreu o IV SICAM, cujo tema principal foi: “30 anos da realização da Rio-92 e o papel histórico do PROCAM na trajetória do debate socioambiental no país”. Este tema proporcionou uma reflexão sobre a trajetória percorrida até então pela Ciência Ambiental (ou Ciências Ambientais) no Brasil, e também a atuação do PROCAM, bem como as dificuldades e desafios socioambientais que permanecem ou se agravaram nas últimas décadas, cujo debate e a ação são complexos e urgentes. Para fomentar o debate sobre o tema principal do IV SICAM, tivemos, no primeiro dia do evento, duas importantes mesas de discussões, presenciais, compostas por personalidades que atuam dentro e fora da universidade, tanto no setor público, quanto privado, e no terceiro setor.

A primeira mesa teve como guia o tema relacionado à contribuição da Universidade de São Paulo para o debate ambiental no Brasil desde a Rio-92 e a criação do PROCAM. Foram convidados a apresentar as suas análises dois ex-reitores, a Superintendente de Gestão Ambiental da USP, o Coordenador dos Eixos Temáticos da Universidade, e dois professores sêniores que foram coordenadores do PROCAM. A segunda mesa contou com membros egressos do PROCAM em diversas áreas de atuação profissional, como iniciativa privada, ONGs, organizações governamentais e instituições internacionais, de ensino e pesquisa. Foi um espaço rico para debater a importância do PROCAM nas trajetórias de profissionais atuantes na área ambiental.

Os demais encontros do SICAM foram virtuais, com apresentação de trabalhos em 10 grupos temáticos sobre tópicos fundamentais para fomentar discussões e reflexões no contexto das Ciências Ambientais. Ao final do evento, a mesa de encerramento contou com a participação de personalidades externas à universidade, com o intuito de trazer saberes e visões diversos a partir da atuação em seus territórios. Adicionalmente, houve uma homenagem ao ilustre pesquisador Bruno Latour, recém falecido, cujas contribuições à ciência são inumeráveis.

Paulo Sinisgalli e Cristina Adams
Coordenação do PROCAM



RESUMOS APROVADOS



PROCAMUSP



SUMÁRIO

GT 1 - (INTER/TRANS) DISCIPLINARIDADE E DECOLONIALIDADE EM CIÊNCIA AMBIENTAL	24
A CRISE AMBIENTAL COMO CRISE EPISTEMOLÓGICA	25
PESQUISA-AÇÃO ENQUANTO UM MÉTODO APLICÁVEL AO AVANÇO DA CIÊNCIA AMBIENTAL: EXPERIÊNCIAS PRÁTICAS A PARTIR DE UM PROJETO SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO MUNICÍPIO DE NOVO AIRÃO/AM.....	35
ENFRENTAMENTO DAS COMUNIDADES PESQUEIRAS AO DERRAME DE PETRÓLEO DE 2019: DIAGNÓSTICO E INDICADORES COMO FERRAMENTAS DE GESTÃO PARA DESASTRES	45
ENTRE A EXTINÇÃO E A BARBÁRIE: LEITURAS DO ANTROPOCENO A PARTIR DE HORIZON ZERO DAWN.....	55
NAS PROFUNDEZAS DO TEMPO: OS TEMPOS DE DARWIN E A ORIENTAÇÃO DA PRESENÇA NA NATUREZA	63
GT 2 - HISTÓRIA AMBIENTAL.....	70
A DESPOLUIÇÃO DO RIO PINHEIROS: A TENTATIVA DE SE RECUPERAR UM RIO PAULISTANO E GERAR ENERGIA (2001-2011)	71
SETOR FLORESTAL BRASILEIRO E A FORMAÇÃO DO PAÍS	79
PANORAMA HISTÓRICO DOS RELATÓRIOS DE SUSTENTABILIDADE NOS 30 ANOS DA RIO 92 E 25 DA GRI	87
SISTEMAS AGROFLORESTAIS, SEMIÁRIDO E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UM DIÁLOGO COM A HISTÓRIA AMBIENTAL	97
A IMPORTÂNCIA DO PARQUE ESTADUAL DA SERRA DE CALDAS NOVAS PARA O ESTADO DE GOIÁS	106
GT 3 - GOVERNANÇA, POLÍTICAS PÚBLICAS, DIREITO AMBIENTAL E EDUCAÇÃO SOCIOAMBIENTAL	115
LIXO NAS REDES: DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS COLETADOS PELOS PESCADORES ARTESANAIS	116
GOVERNANÇA MARINHA A PARTIR DAS MARGENS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO (UCs) MARINHAS NO NORDESTE DO BRASIL.....	126
A POLÍTICA MUNICIPAL DE MUDANÇA DO CLIMA DE SÃO PAULO ATRAVÉS DA ATUAÇÃO DO COMITÊ MUNICIPAL DE MUDANÇA DO CLIMA E ECOECONOMIA - IV SICAM – OUTUBRO/2022.....	136

MEIO AMBIENTE E PARTICIPAÇÃO SOCIAL: ANÁLISE DO DEBATE POLÍTICO DO CONSEMA PROMOVIDA PELO GOVERNO PAULISTA NAS REDES SOCIAIS	143
PROIBIÇÃO DO RETROCESSO AMBIENTAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO BRASIL: PARTICIPAÇÃO SOCIAL, POSTURA JURISDICIONAL E OS PRINCÍPIOS DA RIO-92.....	154
CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS: PERSPECTIVAS E DESAFIOS PARA ALCANÇAR O ODS 11 DA AGENDA 2030 NO BRASIL	164
PROPOSTA DE UM JOGO DE TABULEIRO EM ESCALA REAL PARA SENSIBILIZAÇÃO SOBRE AS QUEIMADAS URBANAS.....	173
GT 4 - IMPACTOS SOCIOECOLÓGICOS DE GRANDES PROJETOS DE INVESTIMENTO	183
USINAS HIDRELÉTRICAS NA AMAZÔNIA: RECURSOS, USUÁRIOS, IMPACTOS E CONFLITOS.....	184
IMPACTOS SOCIOECOLÓGICOS DURANTE A CONSTRUÇÃO DE HIDRELÉTRICAS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA: OS ARARA DA VOLTA GRANDE DO XINGU E A BARRAGEM DE BELO MONTE	195
EFEITOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE NAS COMUNIDADES RIBEIRINHAS DO RIO XINGU EM ALTAMIRA, PA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	205
IMPACTOS CUMULATIVOS À AGRICULTURA DE VÁRZEA NAS COMUNIDADES RIBEIRINHAS DO BAIXO MADEIRA, RONDÔNIA, BRASIL	213
AVALIAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EM SEDIEMNTOS E CARGA SUSPENSA DO RIO ÁGUA DOS PAPAGAIOS EM CAMPO MOURÃO – PARANÁ	221
GT 5 - GOVERNANÇA FLORESTAL E AGROECOLOGIA.....	231
DECLÍNIO DA POPULAÇÃO DE POLINIZADORES E SEUS VETORES DE DEGRADAÇÃO: ÊNFASE NOS AGROTÓXICOS E SEUS DESDOBRAMENTOS.....	232
MULHERES E AGROECOLOGIA NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO: ENTRE A POLÍTICA E A PRÁTICA	241
GOVERNANÇA DA RESTAURAÇÃO DE PAISAGENS E FLORESTAS: A REDE DE ATORES SOCIAIS DO VALE DO PARAÍBA PAULISTA.....	251
AVALIAÇÃO DA MICROBIOTA DE SOLOS SOB SISTEMA DE MANEJO CONVECIONAL E ORGÂNICO/AGROECOLÓGICO NO MUNICÍPIO DE FRONTEIRA/MG.....	260

A VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL DE SISTEMAS SILVIPASTORIS EM PEQUENAS PROPRIEDADES DO SISTEMA CANTAREIRA.....	268
TRANSFORMAÇÕES SOCIOAGROAMBIENTAIS E TERRITORIAIS NAS COMUNIDADES DO DAS, ZF4 e ZF5, MANAUS-AM	280
QUESTÕES AMBIENTAIS E O BEM-ESTAR ANIMAL, NO MUNICÍPIO DE AUTAZES-AMAZONAS	290
GT 6 - ECOLOGIA POLÍTICA E JUSTIÇA SOCIOAMBIENTAL.....	301
A AGENDA DA JUSTIÇA CLIMÁTICA NA AMÉRICA LATINA: CONTRIBUIÇÕES E DESAFIOS IV SICAM – OUTUBRO/2022	302
PARTICIPAÇÃO NO PLANEJAMENTO A LUZ DA ECOLOGIA POLÍTICA URBANA..	310
DINÂMICA DE EXPANSÃO URBANA E RELAÇÃO DESENVOLVIMENTO-DESMATAMENTO EM CIDADES AMAZÔNICAS	318
GT 7 - ECONOMIA AMBIENTAL, ECONOMIA CIRCULAR, PRODUÇÃO, CONSUMO E RESÍDUOS.....	336
INFLUÊNCIA DA PANDEMIA DE COVID-19 NOS SERVIÇOS DE COLETA NO BRASIL – UMA ANÁLISE ENVOLVENDO O ANO DE 2020	337
ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA E DE ESTADO TRÓFICO DO RIO CATOLÉ GRANDE- BA	349
UTILIZAÇÃO DE COMPOSTO E BIOCARVÃO NA REMEDIAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS: ENSAIOS DE SORÇÃO E DESSORÇÃO.....	358
UMA BREVE ANÁLISE DO PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS URBANOS DA COLETA SELETIVA REALIZADA POR CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS NO BRASIL	370
AVALIAÇÃO DA ADSORÇÃO DE ZINCO POR SOLOS DO VALE DO RIBEIRA (SP) ..	379
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE BIOCARVÃO PIROLISADO DA CASCA DE ARROZ	388
CORRELAÇÃO ENTRE MASSA ESPECÍFICA APARENTE E RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES DE TIJOLOS SOLO-CIMENTO PRODUZIDOS COM RESÍDUO DE MINERAÇÃO DE ROCHA FOSFÁTICA	397
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO FÍSICO-MECÂNICO DE TIJOLOS SOLO-CIMENTO COMPOSTOS COM RESÍDUOS DE QUARTZITO E ROCHA FOSFÁTICA ORIUNDOS DE MINERAÇÕES DO SUDOESTE DE MINAS GERAIS	407
GT 9 - GEOTECNOLOGIAS E MODELAGEM EM CIÊNCIA AMBIENTAL	415

ANÁLISE GEOESPACIAL DOS FOCOS DE QUEIMADAS NA REGIÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JEQUITINHONHA, MG/BA, BRASIL	416
ANÁLISE DA AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL DO PIB AGROPECUÁRIO NO ANO 2019 DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	424
INVESTIGAÇÃO DA PERDA DE NUTRIENTES DO SOLO UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO	434
CLASSIFICAÇÃO DO USO DO SOLO EM UMA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA CAPITAL DO ACRE	440
MODELAGEM DA DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA EM UMA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SOROCABUÇU, IBIÚNA, SP	450
ANÁLISE DA AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL DE ÍNDICE DE COBERTURA FLORESTAL NO ESTADO DE SÃO PAULO	460
EMPREGO DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL NA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS: UMA ANÁLISE DO INCÊNDIO NO PARQUE DO COCÓ, FORTALEZA (CE).....	470
ANÁLISE DA ERODIBILIDADE DO SOLO EM RELAÇÃO A DECLIVIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAJIBU-MIRIM, SOROCABA-SP COM O AUXÍLIO DE GEOTECNOLOGIAS	477
ANÁLISE MULTITEMPORAL DO GRAU DE ANTROPIZAÇÃO NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DO MURUNDU, IBIÚNA, SP	490
GEOTECNOLOGIAS COMO INSTRUMENTO DE SUPORTE À GESTÃO DAS ROTAS DE COLETA DE MATERIAL RECICLÁVEL	501

GT 10 - INOVAÇÃO, TRANSFORMAÇÕES E TRANSIÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE	506
PERSPECTIVA EM MULTI-NÍVEIS E A ORIENTAÇÃO DE TRANSIÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE	507
DESAFIOS AMBIENTAIS E REGULATÓRIOS NOS PROJETOS DE EÓLICA OFFSHORE NO BRASIL – UMA VISÃO INICIAL.	516
SISTEMA DE AVALIAÇÃO PONDERADA DA MULTIFUNCIONALIDADE DA AGRICULTURA: UMA ABORDAGEM QUANTITATIVA DA REALIDADE RURAL BRASILEIRA	527
SUMARIZAÇÃO DE ASPECTOS RELACIONADOS À SELEÇÃO DE ÁREAS PARA INSTALAÇÃO DE USINAS FOTOVOLTAICAS	538
AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA APLICAÇÃO DE BIPVS: REVISÃO SISTEMÁTICA	547

ANÁLISE DAS EMISSÕES DE CO ² EVITADAS BASEADA EM DADOS DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS: EVIDÊNCIAS PARA O BRASIL	559
GT 11 - MUDANÇAS CLIMÁTICAS, VULNERABILIDADE E RISCOS SOCIOAMBIENTAIS 569	
IMPACTO DE UMA ESTRUTURA VERDE MELHORADA NA INTENSIDADE DA ILHA DE CALOR URBANA DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO.....	570
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM DATA CENTER.....	579
JUSTIÇA CLIMÁTICA E OS RECENTES EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS NO BRASIL	587
RELAÇÃO ENTRE EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO EXTREMA E ESTIAGEM E A CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO	594
INDICADORES DE VULNERABILIDADES DE PEQUENAS CIDADES DA MACROMETRÓPOLE PAULISTA FACE À VARIABILIDADE CLIMÁTICA: UM OLHAR PARA PEQUENAS CIDADES DA REGIÃO METROPOLITANA DO VALE DO PARAÍBA E LITORAL NORTE – IGARATÁ, SANTA BRANCA E JAMBEIRO.....	605
VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NA METRÓPOLE DE SÃO PAULO NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UMA ANÁLISE POR MEIO DA INTEGRAÇÃO DE INDICADORES SOCIAIS E AMBIENTAIS	616
IMPACTO DO BLOQUEIO PARCIAL CAUSADO PELA COVID-19 NOS NÍVEIS DE POLUIÇÃO NO ESTADO DE SÃO PAULO	627
INFRAESTRUTURAS VERDES EM FUNDOS DE VALE: A SUSTENTABILIDADE EM POLÍTICAS PÚBLICAS E SUA DECORRÊNCIA EM TERRITÓRIOS DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL	637

GT 1

**(Inter/Trans) Disciplinaridade e Decolonialidade
em Ciência Ambiental**

A CRISE AMBIENTAL COMO CRISE EPISTEMOLÓGICA

Felipe Quintão

1 – Felipe Quintão. ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa. frquintao@gmail.com

RESUMO: O objetivo deste ensaio é suscitar uma reflexão sobre as raízes da crise civilizacional em que nos encontramos e propor um exercício de humildade epistemológica como caminho de saída. Em primeiro lugar, temos que reconhecer que a ideia de clivagem da natureza da sociedade (Patel & Moore, 2017) e seu reflexo na ideia de “natureza” na ciência moderna (Latour, 2018) são expressões de uma ontologia específica que foi socialmente e historicamente construído (Descola & Lloyd, 2013). Essa ontologia específica, denominada naturalismo (Descola & Lloyd, 2013), nos permitiu construir uma cultura que tem a ecologia do capitalismo como expressão material e o *cheapness* como estratégia para sua operacionalização (Patel & Moore, 2017). Os limites de sua ecologia são claros e direcionam a condição universal humana de um movimento em direção à globalização para um sentimento comum de que o chão está em processo de ceder (Latour, 2018). A necessidade de uma mudança intelectual (Patel & Moore, 2017) e o reconhecimento do Terrestre como ator político levam a uma nova estratégia: gerar descrições alternativas da realidade, reconhecendo todos os seres como atores políticos (Latour, 2018). Para isso, primeiro, precisamos reconhecer os impactos da herança do capitalismo colonial nas vidas transformadas em vidas baratas (Patel & Moore, 2017) e entender como suas ontologias, conhecimentos e experiências (Browman, 2003) podem trazer insumos para lidar com a ameaça de um “fim do mundo (ocidental)” (Krenak, 2020b).

Palavras-Chave: Ecologia do Capitalismo; Aterrar; Ontologias.

ABSTRACT: The objective of this essay is to prompt a reflection on the roots of the civilizational crisis we are in and to propose an exercise of epistemological humility as a way out. Firstly, we have to picture that the idea of cleaving of nature from society (Patel & Moore, 2017) and its reflection on the idea of “nature” in modern science (Latour, 2018) are expressions of a specific ontology that was socially and historically constructed (Descola & Lloyd, 2013). This specific ontology, named naturalism (Descola & Lloyd, 2013), has allowed us to build a culture that has capitalism’s ecology as a material expression and cheapness as a strategy for its operationalization (Patel & Moore, 2017). The limits of its ecology are clear and directed the human universal condition from a movement towards globalization to a common feeling that the ground is in the process of giving way (Latour, 2018). The need for an intellectual shift

(Patel & Moore, 2017) and the recognition of the Terrestrial as a political actor lead to a new strategy: generate alternative descriptions of the reality, recognizing all the beings as political actors (Latour, 2018). In order to do so, first, we need to recognize the colonial capitalism heritage impacts on the lives turned into cheap lives (Patel & Moore, 2017) and understand how their ontologies, knowledge, and experiences (Brownman, 2003) can bring inputs to deal with the threat of an “end of the (western) world” (Krenak, 2020b).

Keywords: Capitalism’s Ecology; Terrestrial; Ontologies.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21905241

1. THE IDEA OF (WESTERN) SOCIETY AND ITS NATURE

Quem já ouvia a voz das montanhas, dos rios e das florestas não precisa de uma teoria sobre isso: toda teoria é um esforço de explicar para cabeças-duras a realidade que eles não enxergam.

(A vida não é útil - Ailton Krenak)

The process that allowed humankind to develop such things as airplanes, factories, computers, and biomedicine techniques, for example, is one that caused many transformations in the way societies organize themselves globally. It can receive many names, but in this essay, I will develop the argument based on two dimensions: an intellectual dimension, focusing the attention on the process of modernization (Latour, 2018); and a more practical dimension, addressing the development of capitalism (Patel & Moore, 2017). In terms of the order, besides the fact that those two processes are intertwined, it seems to me that the practical opportunities allowed a new way of experiencing the world, and that, later, required an intellectual way to justify this innovation. As Patel & Moore (2017) describe, the capitalism and the ecology it has developed have deep roots in the Crusades and in the Feudal system, but showed its full potential in the early modern colonial experiences started in the 15th century by Portugal and Spain in the Madeira and Canary islands and by the British in Ireland, its neighbour island.

The cleaving of Nature from Society in these processes was - and still is - mandatory to make sense of a reality in which profit governs life. The result is a massive exclusion, imposing a thin and malleable line that divides what is defined as part of nature and what is part of society according to the interest of the current ruler. Animals, plants, many other organisms and specific groups of humans, such as “most women, Indigenous Peoples, slaves, and colonized peoples were not fully human and thus not full members of society” (Patel & Moore, 2017:35). This total separation of the society from the web of life, later crystallized by philosophers like René Descartes from the 16th century on, is part of a political-scientific history that makes us prisoners of a conception of “nature” that is impossible to politicize (Latour, 2018).

This western political-scientific history, also known as modernity, created a very particular way of experiencing the world, a cosmology designated as “naturalism” (Descola & Lloyd, 2013). Nonetheless, social anthropology scholarly work allowed us, socialized in a naturalist perspective, to recognize the existence of other cosmologies, namely the totemism, identified in the study of the Australian aborigines, the animism, experienced by most of the amazon native populations, and the analogism, found as the perspective of many Native

American groups, and populations from other parts of the world (Descola & Lloyd, 2013). In animism, for example, the ideas of Nature and Culture do not have the same status as their western counterparts. According to Castro (2017:303) “the world is inhabited by different species of subjects or people, humans, and nonhumans, which apprehend reality from distinct points of view”. Krenak (2020) gives a specific application of this perspective, explaining the relationship that the Krenak Nation has with the Rio Doce, in Brazil: “Watu — our grandfather — is a person, not a resource, as the economists like to call him. He is not something you can own or appropriate; he is part of our construction as a collective society that dwells in a specific place into which we have been gradually corralled by the government, forcing us to live and breed in bubbles subject to increasingly crippling external pressure” (:27).

Opening up the mind to these different perspectives, allow us to realise that western cosmology is just a way, among others, of experiencing the world (Descola & Lloyd, 2013). Moreover, in its particular way of seeing reality, this cosmology allowed the development of capitalism as an ecology, as a kind of relationship between humans and other beings.

2. CAPITALISM'S ECOLOGY AND THE CHEAPENING OF “THINGS”

Crime, é mais que um crime

É desumanidade, essa perseguição

É o cúmulo da maldade

(Preconceito - Cartola)

As mentioned before, capitalism has not created the distinction between Nature and Society. Nonetheless, it turned this separation into an organizing principle (Patel & Moore, 2017). According to the authors, “the inventors of Nature [as something apart from Society] were philosophers as well as conquerors and profiteers” (:63). One of these philosophers, who offered what would become the first two laws of capitalist ecology, was René Descartes. Descartes, commonly recognized as a French thinker - was born and educated in France -, had his thought very much influenced by English and Dutch thought and experiences. Most of his major works were written in the Dutch Republic between 1629 and 1649 when it was a great superpower and home to the most dynamic capitalism at the time. Descartes' revolutionary materialism was very much in step with this time, which “saw the crescendo of a planetary ecological revolution that had begun nearly two centuries earlier, laying waste to forests from Brazil to Poland to the Spice Islands, clearing wetlands from Russia to England, and mining the

earth from the Andes to Sweden. [...] [When] more than five hundred commodities were traded on the Amsterdam Bourse (the first modern stock market) by the 1650s" (Patel & Moore, 2017:63).

The first principle elaborated by this philosopher and adopted as law by capitalism's ecology is the distinction between mind and body. In this view, reality is composed of discrete 'thinking things' and 'extended things'. Humans (but not all humans) were thinking things; Nature was full of extended things. The era's ruling classes saw most human beings - women, peoples of colour, Indigenous Peoples - as extended, not thinking, beings" (Patel & Moore, 2017:63). The second law counted on the contributions of Francis Bacon, commonly credited as the father of modern science. According to Patel & Moore (2017:63), Bacon "was a prominent member of England's political establishment, at different times a member of Parliament and the attorney general of England and Wales". His thought contributed to the law of domination over nature. He developed statements such as science should "torture nature's secrets out of her"; the "empire of man" should penetrate and dominate the "womb of nature"; science must "hound nature in her wanderings".

To be put in practice, the second law of capitalism's ecology is very much dependent on the first one, because the domination over nature must be justified in the terms of a "thinking thing" nominating the "extended thing" to be dominated. The feminine designation of nature in Bacon's words expresses a patriarchal order already established in which women are an "extended thing" in a societal order led by men. Regarding this matter, Calligaris (1991) offers an interesting psychoanalytical interpretation for the expression of this order in the modern colonial experience, in Brazil specifically, where he identifies the colonial discourse as something deeply rooted in today's Brazilian culture, regardless of the social position of the subject in question.

According to the author, the colonizer, who came to impose his language in a new land, meaning, "at the same time demonstrating the paternal power (the father's language will know how to make a body enjoy another body than the maternal body) and exercising it far from the father. For perhaps the father only interdicts the motherland's body, and here, far from him, his inherited and exported potency opens up for me to access to a body that he did not forbid" (:16-17). This unforbidden body, this new land, is handled by the explorer, according to the author, "as one who can shake the body of a possessed woman, screaming: "Enjoy Brazil", and waiting for his own enjoyment of the moment when the exhausted woman will go out in his hands - definitive proof of the rapist's potency" (:17-18). As such, as argued by the author, the very enjoyment of the colonizer depends on the exhaustion of the land. Furthermore, this very

enjoyment reminds him that this is not the desired body of the forbidden motherland (the only one that matters), leading to infinite anger directed at the exploitation of this achievable land. This kind of relationship with the land, very representative of the capitalist ecology, is what allows people in Brazil to frequently affirm that “this country is no good” (Calligaris, 1991).

Capitalism’s strategy to put those two laws into practice is well described by Patel & Moore (2017) as cheapness. According to the author, it is a strategy “that mobilizes all kinds of work - human and animal, botanical and geological - with as little compensation as possible. [...] Cheapening marks the transition from uncounted life-making relationsto the lowest possible dollar value. It is always a short-term strategy. And cheapness has always been a battleground.” (:34). A battleground in which new specific strategies are always needed to cooperate with capitalism’s crisis. In this sense, for Patel & Moore (2017:64), “Cartesian dualism was and remains far more than a descriptive statement: it is a normative statement of how best to organize power and hierarchy, Humanity and Nature, Man and Woman, Colonizer and Colonized” .

This perverse logic is deeply spread in the roots of modern science, which brings up questions on how reliable is this science to help humankind to find solutions created by its very logic, like the New Climate Regime. Regarding that, Latour (2018) puts a set of questions about the very central elements that are used to justify modernity’s worth: “How could we deem ‘realistic’ a project of modernization that has ‘forgotten’ for two centuries to anticipate the reactions of the terraqueous globe to human actions? [...] How could we accept as ‘objective’ economic theories that are incapable of integrating into their calculations the scarcity of resources whose exhaustion it had been their mission to predict? [...] How could we speak of ‘effectiveness’ with respect to technological systems that have not managed to integrate into their design a way to last more than a few decades? [...] How could we call ‘rationalist’ an ideal of civilization guilty of a forecasting error so massive that it prevents parents from leaving an inhabited world to their children?” (:66).

For Latour (2018), the idea of globalization, which filled the modern dreams of humankind since European colonial endeavours and turned into a new shape with the global financialization of the markets, has proven its unreliability. The political scenario in which on one side there is the Local attractor, the one that represents a traditional way of life to be modernized, and on the other side the Global attractor, the one that draws the flux of modernity, has changed. This political system, with these two possible political ideals (the traditionalism and the globalization), was blind to the agency of other beings, but climate change and many other “natural” phenomena have proven that human societies are not detached from the web of

life. According to Latour, there is a new attractor that has to be recognized in the political arena and is actually the only affordable direction to avoid the demise of western civilization, the Terrestrial.

The political actors represented by the Terrestrial (all other beings beyond the human beings) were always there, but their agency was not recognized. The recognition of this agency is more and more inevitable but causes some confusion, which, for Latour, “derives entirely from the emergence of an actor that reacts and will continue to react to human actions and that bars the modernizers from knowing where they are, in what epoch, and especially what role they need to play from now on” (Latour, 2018:34). As the author suggests, the human condition has changed from a previous universality based on the idea of globalization to a new universality, the feeling that the ground is in the process of giving way. Thus, a more optimistic universality of the human condition is still to be built.

3. IS IT POSSIBLE TO BUILD A NEW ECOLOGY?

Eu, um Yamomani, dou a vocês, os brancos, esta pele de imagem que é minha.

(A Queda do Céu - Davi Kopenawa e Bruce Albert)

As the previous sessions evidenced cosmologies other than the western one and consequently ecologies other than the capitalist one already exist. But, even though capitalism's ecology inevitably affects much of humanity, any attempt to build new ecologies relies on a change of posture from the western societies. To do so, it is necessary to understand the technologies of hegemony that sustain capitalism and, specifically, to acknowledge how humankind is defined by its governance model.

Patel & Moore (2017) give a very helpful view on a key point of this issue: the relationship between the cheapening of nature and the cheapening of (human) lives. According to the authors, English history demonstrates well how capitalism transformed land and labour. The creation of new forms of territorial power after the Feudal crisis, starting in 1450, transformed the relationship between humans and the ground beneath their feet. A new system based on the private property and logic of profit above all produced a system of competitive rents and reduced the autonomy of peasants who used a system of common land that allowed them to have some resilience in dealing with years of bad crops and managing resources in a regenerative way. In this new system, peasants had no choice but to leave their land and sell their labour to survive. Thus, as advocated by the authors, these two historical processes, the

generalization of private property and the proletarization, went hand in hand with the Cartesian revolution.

Later, the modern colonial experiences generated key technologies of hegemony to keep the New World's order. One of the most powerful ones was the creation of race. The social-scientific control allowed by the ideas of "blood purity" and of "natural orders of humans" created a legitimate truth in which some lives were literally cheaper than others. The Spanish system of castas in the colonies of South America created, for example, a very detailed social hierarchy based on bloodline with denominations for each possible "combination of races" along someone's ancestry. Upon each of these categories relied specific duties, privileges, and paperwork, including certifications of purity of blood and tax rates. In this context, indigenous knowledge was an existential threat to capitalism, challenging both its epistemology and its ontology. So, according to Patel e Moore (2017:70), "if anything was to be known about nature and the world, European men would author and authorize it".

Along with race, one of the more durable and flexible technologies of hegemony was the creation of the Nation-State. Shaped on the colonial frontier, interactions between early capitalists and "savages", and technologies of communication, were a key power structure for the development of the capitalist ecology (Patel e Moore, 2017). But, according to the authors, it is now facing its limits to the ability to manage lives and provide the environment for liberal capitalism. For the authors, it represents the end of the strategy of cheap lives. But, it doesn't mean good news in itself, because it can be replaced as much for some new logic that doesn't rely on the exploitation of life as for some new strategy to strengthen capitalism's ecology.

On Latour's proposition of getting down to earth and recognizing the Terrestrial as the only reliable political horizon, there is no previous pathway ready. It is to be built. No other human culture has faced the sort of challenges we are facing today, so their experiences can be recognised only as references for a new creative process. And, in this matter, the problems highlighted in modern science foundation shouldn't be a reason to disqualify its power and contribution to the creation of new pathways. What should be avoided and overcome is the ideology of "nature" that has been attached to that power (Latour, 2018).

All kinds of ideas that try to put western civilization in a superior statute, as a model of society that represents the natural evolution of humanity, are based on this ideology of "nature". So, if we want to be able to keep thriving as a civilization, we need to do an exercise of humility and start listening and learning about all these elements of nature that were seen as irrelevant before, from the relationship of mycorrhizal fungi with other beings in the soil to the diversity of human experiences and ways of living. According to Latour (2018), the first activity that is

needed to be done (in order to get down to earth) is to generate alternative descriptions, to remap the territories where we live and which we seek to be part of. The exercise of remapping is crucial, considering that modern mapping did not merely describe the world, but it was a technology of conquest and cheapening global life (Patel e Moore, 2017).

For Latour (2018:90), “without doing this [remap the territories where we live] we could perhaps utter astute opinions or defend respectable values, but our political affects would be churning in a void”. That is a central point because if we aim to stop addressing “nature” as an issue (because in fact there is no a nature apart from humanity) and start addressing the territory, we are talking about something much more vital and directly related to peoples experience, and not far away as a hole in the ozone layer, for example. For Latour (2018), the focus on the “ecological crisis” or “environmental problems” is one of the reasons for the limited success of environmental movements. Because this approach talks about things far away from people's lives.

Many insights can be taken from other civilizations' experiences. As described by Browman (2003), the Central Andean populations have an impressive system of local meteorological predictors, like the lake vegetation characteristics, animals behaviour, moment of the year that certain directions of the wind or snow happen, the colour of the moon, celestial visibility and many others. Although, this act of “taking knowledge from” can easily reproduce a colonial way of doing things and just adapt some ideas with the same logic and to the same ecology. A new ecology that puts life in its centre (not as a cheap thing) needs to find a new way of seeing life. As Krenak (2020a:15) puts it, “life goes through everything, through rock, the ozone layer, glaciers. Life goes from the oceans to the mainland, and crosses from north to south, like a breeze, in all directions. Life is this crossing of the living organism of the planet in an immaterial dimension. Instead of thinking about the Earth's organism breathing, which is very difficult, let's think about life crossing mountains, galleries, rivers, and forests. The life that we trivialized, that people don't even know what it is and think it's just a word. Just as there are the words “wind”, “fire”, and “water”, people think there may be the word “life”, but no. Life is transcendence, it's beyond the dictionary, it doesn't have a definition”.

References:

- BROWMAN, D. L. (Org.). Central Andean Views of Nature and the Environment. Em H. Selin, *Nature Across Cultures* (Vol. 4). Netherlands: Springer, 2003.
- CALLIGARIS, C. Hello Brasil. São Paulo: Escuta, 1991.

DESCOLA, P.; LLOYD, J. Beyond nature and culture. The University of Chicago Press, 2013.

KRENAK, A. A vida não é útil. Companhia das Letras, 2020a.

KRENAK, A. Ideas to Postpone the End of the World. Companhia das Letras, 2020b.

LATOUR, B. Down to earth: Politics in the new climatic regime (English edition). Polity Press, 2018.

PATEL, R.; MOORE, J. W. A History of the World in Seven Cheap Things: A Guide to Capitalism, Nature, and the Future of the Planet. University of California Press, 2017.

PESQUISA-AÇÃO ENQUANTO UM MÉTODO APLICÁVEL AO AVANÇO DA CIÊNCIA AMBIENTAL: EXPERIÊNCIAS PRÁTICAS A PARTIR DE UM PROJETO SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO MUNICÍPIO DE NOVO AIRÃO/AM

Lyvia Amado de Oliveira¹

1 – Lyvia Amado de Oliveira. Universidade de São Paulo, Instituto de Energia e Ambiental. lyvia.oliveira@usp.br

RESUMO: A Ciência Ambiental se apresenta como uma ciência pós-normal. É um campo do conhecimento que amplia o diálogo a outros atores, integra diferentes fontes epistemológicas e pela sua própria natureza, se utiliza de abordagens sistêmicas para a construção de conhecimentos. Além disso, a ciência ambiental tem um caráter de produções voltadas à resolução de problemas complexos. Assim, há métodos que melhor contribuem para esse processo. Dessa maneira, neste trabalho defende-se a ideia de que a pesquisa-ação é um método potencial para o desenvolvimento de conhecimentos dentro dos pressupostos da ciência ambiental. Tendo em vista, a pesquisa-ação como um método que permite a integração de diferentes fontes epistemológicas e com a capacidade de construção de saberes inter e transdisciplinares. O entendimento deste trabalho parte de experiências práticas com base em um projeto sobre mudanças climáticas no município de Novo Airão, Amazonas.

Palavras-Chave: Ciência ambiental; Pesquisa-ação; Mudanças climáticas

ABSTRACT: Environmental Science presents itself as a post-normal science. It is a field of knowledge that expands the dialogue to other actors, integrates different epistemological sources, and by its very nature, uses systemic approaches for the construction of knowledge. In addition, environmental science has a character of productions aimed at solving complex problems. Thus, there are methods that best contribute to this process. Thus, this work defends the idea that action research is a potential method for the development of knowledge within the assumptions of environmental science. In view of action research as a method that allows the integration of different epistemological sources and with the ability to build inter and transdisciplinary knowledge. The understanding of this work comes from practical experiences based on a project on climate change in the municipality of Novo Airão, Amazonas.

Keywords: Environmental science; Action research; Climate change.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21905286

Introdução: Com um pensamento cartesiano e positivista, a ciência convencional não é capaz de responder às complexidades que a realidade apresenta (SANTOS, 2008). Nesse sentido, questões ambientais impõem novas tarefas para a resolução de problemas, como a ampliação das comunidades de pares, pressuposto que se enquadra a ciência pós-normal (FUNTOWICZ; RAVETZ, 1997). A ciência pós-normal é uma ciência pós-moderna, que permite a troca de conhecimento entre as disciplinas, bem como estende o diálogo a atores antes não incorporados no processo científico, permitindo a convergência entre diferentes fontes epistemológicas (SANTOS, 2008). Dessa forma, rompe com o paradigma da ciência convencional.

A Ciência Ambiental se configura dentro desses pressupostos, sendo um campo integrador de disciplinas, que se desenvolve a partir de abordagens sistêmicas, mas não deixa de incorporar as abordagens reducionistas na produção de conhecimento. Essa ciência, demanda o diálogo entre as partes e se beneficia de diferentes fontes epistemológicas. Além disso, pela sua própria natureza produz saberes inter e transdisciplinares, que permitem compreender propriedades emergentes dos sistemas de estudo. Dessa maneira, é um campo que se fortalece dentro dos fundamentos do pensamento complexo, assim como apresenta inclinação para resolução de problemas e permite trabalhar para redução de incertezas. Logo, há métodos que podem melhor contribuir para a produção de conhecimentos dentro desses pressupostos.

Neste trabalho, defende-se a ideia de que a pesquisa-ação é um método que contribui para o desenvolvimento de conhecimentos no campo da ciência ambiental. A pesquisa-ação é um método participativo e consolidado no Brasil, que tem o potencial de construir saberes híbridos e interagir com questões complexas inerentes ao ambiente (GIATTI, 2019). Além disso, é um método que favorece a construção de conhecimentos colaborativos, dá luz a saberes locais, bem como incide na construção de parcerias e engajamento de atores sociais para lidar com problemas (TOLEDO; GIATTI, 2014).

Posto isto, este trabalho propõe apresentar como a pesquisa-ação pode contribuir ao avanço do campo da ciência ambiental. Esse entendimento parte de experiências práticas a partir do projeto *Amazônia Metropolitana e Mudanças Climáticas - Participação Social e Políticas Públicas*. Este projeto foi desenvolvido pela Fundação Vitória Amazônica em parceria com uma pesquisa de mestrado, que ainda está em percurso, no Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo.

Material e Métodos: A cidade de execução do projeto é Novo Airão, que está localizada na Região Metropolitana de Manaus (Figura 1), no estado do Amazonas. Está situada em uma área de terra firme, mas é considerada uma cidade mista, pois possui porções de terra inundáveis devido à sazonalidade da região Amazônica. Além disso, o município se está em meio ao Mosaico de áreas protegidas do Baixo Rio Negro (MBRN), sendo mais de 86% do seu território composto por Unidades de Conservação e Terras Indígenas (OLIVEIRA; PINHEIRO; SANOTOS JUNIOR, 2021).

Estima-se que a população atual seja de mais de 20 mil habitantes (IBGE, 2021), sendo que a maior parte da população concentra-se na cidade. A economia local é, sobretudo, impulsionada pelo setor de serviços com relevância da prefeitura na geração de empregos. No entanto, o turismo tem se desenvolvido na cidade, sobretudo nos segmentos de turismo ecológico e de base comunitária. Mas também, o setor primário tem expressão nas reproduções locais. No que se refere aos índices de desenvolvimento humano, Novo Airão apresenta déficits, principalmente no setor de educação e vulnerabilidades agravadas pela precária infraestrutura urbana (IBGE, 2010;IPEA, 2015; ATLAS BRASIL, 2021).

Figura 1 - Localização de Novo Airão na Região Metropolitana de Manaus



Fonte: OLIVEIRA; PINHEIRO; SANTOS JUNIOR (2021).

O projeto em questão foi realizado no ano de 2021. Entre os atores sociais que participaram do projeto estiveram secretarias municipais como a de meio ambiente, de obras e infraestrutura urbana e o departamento de defesa civil, assim como professores da rede municipal, da Universidade Federal do Amazonas e a polícia civil local. Além de estarem participando associações, cooperativas e organizações não governamentais locais.

O projeto foi dividido em duas etapas. Num primeiro momento, foram entrevistados esses atores, a partir de entrevistas semi-estruturadas. Entendendo que a técnica de entrevista se comprehende como um recurso convencional que pode ser aplicado à pesquisa-ação (THIOLLENT, 1992). Essas entrevistas foram analisadas por meio da técnica de análise de conteúdo seguindo Bardin (2011).

Posteriormente, ocorreu uma oficina participativa em dois dias consecutivos. Considerando que a oficina se comprehende como um recurso de interação, que é utilizada em pesquisa-ações (ZANIRATO *et al.*, 2017). O primeiro dia de oficina foi voltado para a problematização sobre a emergência do clima e compreensão dos impactos das mudanças

climáticas em Novo Airão. No segundo dia, foi proposto uma coleta de dados sobre as áreas de risco e promoção de diálogos para resolução de problemas encontrados durante a oficina. As técnicas utilizadas na oficina participativa foram:

- i. Temática problematizadora - uma técnica que permite desenvolver diálogos que integram questões teóricas com a realidade do sujeito e permite processos reflexivos (RAYMUNDO *et al.*, 2017), esta técnica permitiu a problematização e dinâmicas de resolução de problemas;
- ii. Painel de ideias - ferramenta para diálogo, onde os participantes utilizaram como apoio para expor suas ideias e aspirações;
- iii. Mapeamento participativo - instrumento que permite capturar singularidades locais e categorizar problemas ambientais desde uma perspectiva territorial e de experiências locais, sendo que esta técnica possibilitou a coleta de dados para o mapeamento de áreas de risco.

Resultados: A primeira etapa do projeto, que consistiu na realização de entrevistas, permitiu uma primeira aproximação com os atores sociais, bem como maior conhecimento sobre a cidade, os eventos extremos ocorridos, políticas públicas locais relacionadas ao clima e ações realizadas por parte da sociedade civil de Novo Airão. Dessa forma, com as informações da primeira etapa, que permitiram compreender a dinâmica local da cidade, foi possível alinhar as atividades planejadas para a oficina participativa (segunda etapa do projeto).

Na oficina, as técnicas utilizadas permitiram que houvesse discussões coletivas, onde se possibilitou a integração de informações de estudos científicos, com conhecimentos técnicos e de experiências dos atores sociais envolvidos. O primeiro dia da oficina foi um momento de problematização e conhecimento sobre impactos de eventos extremos locais nos setores de economia, educação, saúde, meio ambiente e infraestrutura urbana. Assim como, possibilitou aos participantes apresentarem e dialogarem sobre seus conhecimentos e entendimentos acerca das mudanças climáticas. Assim como, a problematização sobre a emergência do clima permitiu consensos acerca de ser uma questão de importância pública.

No segundo dia de oficina, o mapeamento participativo (Figura 2) a partir dos conhecimentos locais dos atores sociais e diálogo entre eles possibilitou a espacialização das áreas de risco da cidade de Novo Airão. Além disso, as atividades desse dia permitiram discussões para resolução de problemas, que se desenvolveram em torno de como mitigar impactos ou se adaptar a eventos extremos. Entre os diálogos surgiram como prioridade a implementação de saneamento básico na cidade, ações de resolução de conflitos e cuidados

com áreas de ocupação irregulares, empreender transportes alternativos na cidade, bem como ações educativas relacionadas à prevenção e contenção de desastres.

Figura 2 - Síntese do mapeamento participativo de áreas de risco



Fonte: OLIVEIRA; PINHEIRO; SANTOS JUNIOR (2021).

Discussão: Essa experiência seguiu o caráter de ampliação da comunidade de pares, inserindo atores do campo acadêmico, técnico e conhecimentos a partir de experiências. Meios que permitiram a inclusão de diversas fontes de saberes, que segundo Santos (2008) é um caminho que permite não somente chegar a compreensões próximas à realidade, mas que permeia a justiça cognitiva, que está diretamente relacionado à justiça social.

O projeto levantou um debate no território, assim como gerou um processo de problematização das mudanças climáticas entre os atores sociais participantes. Do mesmo modo, pode ser compreendido que levou uma questão de importância pública para um ambiente de diálogo, troca e construção de conhecimentos. Nesse sentido, Toledo e Giatti (2014) apresentam que o processo de intervenção por meio da pesquisa-ação pode induzir um atrator de interferências na localidade de investigação, por meio de ações pró-ativas de auto-organização que podem contribuir na resolução de problemas.

Dessa forma, atividades realizadas permitiram o conhecimento coletivo sobre os impactos e as lacunas de ações para contornar os problemas da mudança do clima, que podem incidir em medidas públicas e da sociedade civil futuramente. Bem como, a elaboração de dados cartográficos acerca das áreas de risco pode servir como instrumento para orientação de políticas públicas. Além do mais, o segundo dia da oficina com a atividade de ambicionar medidas de resolução dos problemas locais identificados no primeiro dia de atividade, instigou os atores a aspirar e construir possibilidades futuras. Aspectos se que trabalhados em conjunto entre os atores institucionais podem resultar em medidas concretas.

Além de um caráter de intervenção no sistema, a pesquisa-ação na cidade permitiu a coleta de dados que somente metodologias interativas permitiriam encontrá-los, como o mapeamento das áreas de risco e o entendimento de como atores institucionais se posicionam em debates públicos. Assim como, a construção de conhecimentos coletivos têm o potencial de incidir em procedimentos de inovação no processo de planejamento e gestão.

Ademais, ressalta-se que agregar abordagens teóricas e lentes analíticas que dão espaço a métodos participativos contribui para o campo da ciência ambiental. Como a abordagem dos sistemas socioecológicos, que vê de forma integrada as dimensões sociais e ecológicas e considera o sistema como adaptativo complexo. Essa abordagem tem incorporado as partes interessadas, promovido a troca de conhecimento entre disciplinas e integrado conhecimentos técnicos e locais que têm permitido processos de co-produção de conhecimento, às vezes de caráter transdisciplinar, bem como sendo potencial para criar soluções e planos estratégicos para os problemas em questão (PREISER *et al.*, 2018; BIGGS *et al.*, 2021). Ou seja, articular

métodos e lentes teóricas que abrem o debate e permitem novas formas de produção de conhecimento.

Por fim, Toledo e Giatti (2014) mostram que há desafios na pesquisa-ação como a mobilização social, cooperação, apropriação e postura pró-ativa. Durante o projeto em Novo Airão, realmente houve a dificuldade de mobilizar os atores para que participassem ativamente, sobretudo das oficinas. Essas dificuldades estiveram relacionadas por questão de agenda dos atores ou por não considerarem um problema de importância. Destaca-se que processos de cooperação foram essenciais para a execução do projeto, dando luz ao papel da FVA em disponibilizar recursos e o ambiente para realização da oficina, bem como a parceria estabelecida com a secretaria de meio ambiente e o departamento de defesa civil para trabalhos futuros. A apropriação da pesquisa e uma postura pró-ativa dos atores sociais são desafios que demandam atividades contínuas, bem como disponibilidade de recursos. Além de reciprocidade da pesquisa e resultados efetivos aos atores não acadêmicos (BIGGS *et al.*, 2021)

Conclusão: De fato, a pesquisa-ação é um método que se insere dentro dos pressupostos da Ciência Ambiental, pois permite ampliar o diálogo, articular questões globais em contextos locais e contribuir na busca por resoluções sistêmicas aos problemas complexos. Além disso, a pesquisa-ação pode ser um promotor de práxis no território em que se conduz a investigação e portanto pode permitir a processos de transformação. Este método foi aplicado a um contexto de escala local, mas projetos mais robustos e com maior recursos podem integrar atores de diferentes escalas, permitindo coleta de dados e incidências interescalares.

No que se refere aos estudos sobre mudanças climáticas e ações públicas, essa experiência permitiu revelar que as ações necessárias para esse enfrentamento vão além de medidas técnico-gerenciais. Mas é uma questão que demanda processos de aprendizagem, escuta dos atores sociais locais, sobretudo os mais vulneráveis, bem como as trocas e construção de conhecimentos coletivos.

A mudança climática impõe a necessidade de transformações sistêmicas na maneira de organização e reprodução da sociedade. Mudanças sistêmicas demandam interdisciplinaridade, esforços na construção de epistemologias transdisciplinares e meios que articulem reflexão e ação. Sendo a pesquisa-ação um dos possíveis métodos que permite por um lado, caminhos a esta inter e transdisciplinaridade e por outro incidir em processos de transformação, ainda que pontuais. Acreditando, que isso também configura o campo da Ciência Ambiental.

Somado a toda esta discussão apresentada, a Universidade é uma importante instituição na sociedade, no que se refere a produção de conhecimento, propulsão de paradigmas,

desenvolvimento social e ambiental. Assim, a universidade tem o papel de contribuir na busca pela resolução dos problemas complexos impostos à realidade. Nesse caminho, a pesquisa-ação também se mostra como um dos meios possíveis para universidades levantarem questões e institucionalizarem debates nos territórios de ação. Por último, repensar a posição dos pesquisadores se faz necessário para a ampliação das comunidades de pares, pesquisas éticas e o respeito ao lugar de fala.

Agradecimentos: Agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro no mestrado e à Fundação Vitória Amazônica (FVA) pela parceria na execução do projeto.

Referências:

- ATLAS BR. Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil. Consulta em tabela, Censo 2010. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/consulta/planilha>. Acesso em: 03 mar. 2021.
- BARDIN, L. Análise de conteúdo. Tradução: Luís Antero Reto, Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2011, 281 p.
- BIGGS, R. et al. Toward principles for enhancing the resilience of ecosystem services. Annual Review of Environment Resources, v. 37, n. 1, p. 421–448, 2012.
- FUNTOWICZ, S.; RAVETZ, J. Ciência pós-normal e comunidades ampliadas de pares face aos desafios ambientais. Hist. cienc. saude-Manguinhos, v. 4, n. 2, p. 219-230, Oct. 1997. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-59701997000200002>.
- GIATTI, L. L. Aproximações e metodologias para ampliar a comunidade de pares. In: JACOBI, P. R.; TOLEDO, R. F.; GIATTI, L. L. Ciência Pós-Normal: ampliando o diálogo com a sociedade diante das crises ambientais contemporâneas. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP, 2019, 168 p. DOI: 10.11606/9788588848375.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). SIDRA - Acervo: Tabela 200 - População residente, por sexo, situação e grupos de idade - Amostra - Características Gerais da População. Brasília, DF. 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/Q>>. Acesso em: out. 2021.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Índice de Vulnerabilidade Social, 2015. Disponível em: <http://ivs.ipea.gov.br/index.php/pt/planilha>. Acesso em: 28 jul. 2019.

- OLIVEIRA, L. A.; PINHEIRO, H. P.; SANTOS JUNIOR, M. A. Região Metropolitana de Manaus e Mudanças Climáticas: experiência participativa no município de Novo Airão/AM. Observatório da Região Metropolitana de Manaus, 2021. Disponível em: <https://www.observatoriomm.org.br/publicacoes/regiao-metropolitana-de-manaus-e-mudancas-climaticas-experiencia-participativa-no-municipio-de-novo-airao-am/>. Acesso em: 10 jan. 2022. DOI: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.17029514>.
- PREISER, R. et al. Social-ecological systems as complex adaptive systems: organizing principles for advancing research methods and approaches. *Ecology and Society*, v. 23, n. 4, 46 p., 2018. DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-10558-230446>.
- RAYMUNDO, M. H. A. et al. Alfabetização agroecológica ambientalista: diálogo de saberes no território do extremo sul da Bahia. In: SORRENTINO, M. et al. (Orgs). Educação, agroecologia e bem viver: transição ambientalista para sociedades sustentáveis. Piracicaba, SP: MH-Ambiente Natural, 2017, 344 p.
- SANTOS, B. de S. Um discurso sobre as ciências. 5 ed. São Paulo: Cortez, 2008.
- THIOLLENT, M. Metodologia da pesquisa-ação. 5 ed. São Paulo: Cortez Autores Ass., 1992.
- TOLEDO, R. F. de; GIATTI, L. L. Challenges to participation in action research. *Health Promotion International*, v. 30, n. 1, p. 162-173, 2014. DOI: 10.1093/heapro/dau079.
- ZANIRATO, S. H.; VIANA, F.; RAINIERI, G. R.; OGURA, N. T.; LIMA, B. A. A.; MISATO, M. T.; OLIVEIRA, F. V. Comunicação de riscos nos municípios do Vale Histórico Paulista. Experiências de participação social para adaptação e redução das vulnerabilidades em áreas urbanas. In: PEREIRA, D. (Org.). Mudança social e participação política: Estudos e ações transdisciplinares. São Paulo: Annablume, 2017, p. 127-139.

ENFRENTAMENTO DAS COMUNIDADES PESQUEIRAS AO DERRAME DE PETRÓLEO DE 2019: DIAGNÓSTICO E INDICADORES COMO FERRAMENTAS DE GESTÃO PARA DESASTRES

Julliet Correa da Costa¹; Miguel da Costa Accioly²; Fábio Pessoa Vieira³

1 – Julliet Correa da Costa. Universidade Federal de Santa Catarina. julliet.oceanol@gmail.com

2 – Miguel da Costa Accioly. Universidade Federal da Bahia. acciolyufba@gmail.com

3 – Fábio Pessoa Vieira. Universidade Federal da Bahia. fpvieira@ufba.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho é apresentar, a partir de saberes e fazeres, constituídos no envolvimento e na gestão territorial existente em comunidades pesqueiras, uma análise quali-quantitativa geral dos 43 mapas biorregionais elaborados no âmbito do projeto “Manchas de Sofrimento: enfrentamentos das comunidades pesqueiras ao derramamento de petróleo de 2019”. Tais mapas foram confeccionados por associações, movimentos sociais, colônias, rede de mulheres, todos estes pescadores e pescadoras de comunidades tradicionais diretamente atingidos pelo petróleo derramado na costa nordestina em 2019. Os dados de opinião pública das comunidades, coletados através da confecção dos mapas, fornecem um diagnóstico legítimo do derramamento à medida que seus relatos permitem o entendimento do desastre vivenciado pelo ponto de vista de quem possui vínculos diretos através dos modos de vida, moradia e profissão com os espaços afetados, e que foram os primeiros a sofrerem as consequências e prejuízos deste incidente de tamanha proporção. O conteúdo registrado foi agrupado na forma de 17 indicadores que oportunizam uma leitura de encaminhamentos relevantes, desde o ponto de vista das comunidades e também, a proposição de direcionamentos para estudos, debates e ações de enfrentamento para outros desastres que possam vir a ocorrer na costa brasileira. Da mesma maneira, as relações estabelecidas com os ambientes nos quais as comunidades se inserem e com os demais membros de suas e/ou de outras localidades ficam evidentes nas menções das estratégias e articulações estabelecidas para a manutenção de sua estrutura social frente aos impactos da chegada do petróleo nestes territórios.

Palavras-Chave: Derrame de Petróleo; Comunidades Pesqueiras; Enfrentamentos; Mapas Bioregionais; Indicadores.

ABSTRACT: This paper's objective is to present a general quali-quantitative analysis of the 43 bioregional maps elaborated in the "Stains of Suffering: confrontations of fishing communities to the 2019 oil spill" project scope, based on the knowledge and skills perceived in the involvement and territorial management existing in fishing communities. Such maps were

elaborated by associations, social movements, fishing colonies, women's organizations, all these fishermen and fisherwomen from traditional communities directly affected by the oil spilled on the Northeastern coast in 2019. The communities' public opinion data, collected throughout the process, provides a legitimate diagnosis of the spill as their reports allows an understanding of the disaster experienced from the point of view of those who have direct links with the affected spaces through their lifestyles, housing, and profession, and who were the first to suffer the consequences and damages of this incident of such great proportion. The entries were grouped as 17 indicators that allows a reading of relevant directions, from the point of view of the communities and recommends directions for studies, debates, and confrontation actions for other disasters that may occur on the Brazilian coast. Additionally, the relations established with the environment in which the communities are inserted and with other parties are evident in the reports of the strategies and articulations established for maintenance of their social structure against the impacts of oil arrivals in these territories.

Keywords: Oil Spill; Fisheries Communities; confrontations; Bioregional Maps; indicators.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21905328

Introdução: O objetivo deste trabalho é apresentar, a partir de saberes e fazeres, constituídos no envolvimento e na gestão territorial existente em comunidades pesqueiras, uma análise quali-quantitativa geral dos mapas biorregionais elaborados por associações, movimentos sociais, colônias, rede de mulheres, todos estes pescadores e pescadoras de comunidades tradicionais diretamente atingidos pelo petróleo derramado e ou pelos respectivos efeitos socioeconômicos. Os saberes e fazeres que alicerçam os mapas foram constituídos em uma pedagogia fundada em comunidades tradicionais que realizam a pesca artesanal, que por sua vez é plural e alicerçada em atos éticos-ecológicos, de envolvimento e pertencimento para com o território. Estes mapas têm a intencionalidade de com o território, com seus saberes, ambiências e pertencimentos constituídos por comunidades, no caso pesqueiras, constituir um diálogo vivido entre múltiplos saberes. Os mapas constituem um movimento de aprendizado, união, solidariedade e de debate político, a partir do mapeamento biorregional (RÊGO, 2018). Assim aprendemos, com as comunidades pesqueiras sobre os elementos naturais/culturais alicerçados na coletividade entre todas as formas de vida, e não vida que compõem o ambiente e foram envolvidos pelo desastre.

Os mapas tiveram suas elaborações coordenadas pelo Marsol – Laboratório de Gestão Territorial e Educação Popular da Universidade Federal da Bahia, abrangendo comunidades pesqueiras em cinco estados do Nordeste brasileiro: Bahia, Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Ceará. A técnica do Mapeamento Biorregional foi adaptada, para ser desenvolvida de forma remota por conta da pandemia de Covid-19, tendo como base o Mapeamento Biográfico (TOBIAS, 2009). Quando a pandemia da Covid-19 apresentou redução em números de casos e óbitos, sobretudo por conta da vacinação no Brasil, a metodologia incluiu as atividades de campo. Todos os trabalhos foram feitos buscando os mais altos níveis de participação cidadã (ARNSTEIN, 2002) numa proposta de ciência cidadã extrema conforme preconizada por Comandulli et al. 2016. De acordo com a metodologia, todas as etapas da pesquisa foram construídas com os pescadores e pescadoras: a definição dos objetivos e perguntas da pesquisa, a definição de metodologia e os trabalhos de produção de resultados, incluindo definição dos temas, redação e produção das ilustrações, além das análises dos resultados gerais, discussão e encaminhamentos de proposições

Ao todo foram confeccionados 43 mapas por diferentes membros das comunidades entrevistadas em 9 localidades ao longo da zona costeira nordestina. Estes produtos ilustram a complexidade do enfrentamento do derrame que abrangeu diferentes escalas territoriais e enfatizam, entre outros elementos, a importância dos espaços marinhos e costeiros como fonte

primária de vida – cultura, alimentação e renda – para os povos e comunidades pesqueiras e extrativistas locais. Neste contexto, os dados de opinião pública das comunidades, coletados através da confecção dos mapas, fornecem um diagnóstico legítimo do derramamento que atingiu a costa nordestina em 2019, à medida que seus relatos permitem o entendimento do desastre vivenciado pelo ponto de vista de quem possui vínculos diretos através dos modos de vida, moradia e profissão com os espaços afetados, e que foram os primeiros a sofrerem as consequências e prejuízos deste incidente de tamanha proporção.

Material e Métodos: Diante dos múltiplos relatos, dados, referências e documentos mencionados optou-se pela análise do conteúdo disposto nos mapas e pela formulação de descritores qualitativos das problemáticas mencionadas pelas comunidades participantes como descritores das prioridades, motivações, demandas que compõem suas opiniões. Estes pontos foram identificados através de um ranqueamento relativo que considerou sua frequência e abundância em cada um dos blocos de texto e respectivos diagramas ao longo dos mapas.

Para facilitar a leitura das informações, a soma destas frequências é apresentada em termos de porcentagem por cada descritor presente nos mapas. Em resumo, quanto maior a porcentagem maior o número de vezes que o descritor apareceu nos conteúdos que integravam os mapas. As análises gerais das informações e os dados de cada localidade encontram-se sistematizadas em planilha do *Google Sheets* e organizadas em colunas relativas aos mapas: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/19rhWJhzxGI8dqKwOYXO4sLnn8e0XzT1a4-21g4Qjlnk/edit#gid=1423819078>.

Ao total foram classificados 72 descritores que informam as condições do enfrentamento do derrame pelas comunidades, de pesca nas diferentes localidades, dos ecossistemas impactados, da saúde dos envolvidos nas ações de limpeza, da gestão do desastre, entre outras variáveis, que caracterizam os diferentes aspectos levantados na confecção dos mapas pelos pescadores, extrativistas e marisqueiras. Este conjunto de descritores foi agrupado na forma de 17 indicadores que oportunizam uma leitura de encaminhamentos relevantes, desde o ponto de vista das comunidades e também, a proposição de direcionamentos para estudos, debates e ações de enfrentamento de desastres que possam vir a ocorrer na costa brasileira. Pode-se observar informações adicionais que resumem e integram os descritores e indicadores dos mapas analisados em:

<https://docs.google.com/document/d/15sCNtMNLsMwM6NZSNfH-qVgEYLTI1mgOsTr6DZUW6YE/edit>

Resultados e Discussão: Referente à costa do Nordeste, dadas suas proporções, é incontestável que o advento do petróleo gerou e agravou uma série de problemas relacionados ao meio ambiente, saúde, economia, segurança, política, educação, entre outros, já vivenciados pelas comunidades pesqueiras ali presentes. Ao atingir rapidamente a zona costeira dos nove estados da região, a chegada de toneladas de material oleoso se distingue de um “problema trivial” de poluição e/ou contaminação e caracteriza-se como uma “situação de emergência e calamidade pública”, a qual demandava, além de uma estrutura operacional de resposta ao espalhamento, limpeza e remoção do petróleo, um fluxo constante de informações e conhecimentos que atendessem a gestão dos impactos socioambientais inerentes e as demandas das comunidades expostas. Os resultados estão agrupados conforme os indicadores propostos. Os descritores com frequência/abundância menor que 10% não estão discutidos na análise geral, no entanto, os dados aparecem, frequentemente, na análise de cada localidade disponível no caderno.

Figura 1 - Gráfico das abundâncias relativas (%) dos descritores extraídos dos relatos do conjunto de mapas do Nordeste.



Fonte: Caderno do Projeto Manchas de sofrimento: enfrentamentos das comunidades pesqueiras ao derramamento de petróleo de 2019. 1 Edição (2022).

Atuação do governo/gestão/setores

Dada a emergência declarada, as comunidades destacam como descritores agravantes dos problemas enfrentados na maioria das localidades afetadas, a falta e insuficiência de orientações, respostas, coordenação e comunicação entre União, estados e municípios responsáveis/competentes pela administração do derrame (50%), bem como, o atraso nas tomadas de decisão e ações governamentais (34%). No contexto do cumprimento de ações

referentes ao derrame, 11,1% enfatizam o racismo ambiental/institucional por pessoas ou instituições.

Na prática, devido a rapidez e urgência dos acontecimentos, de acordo com as opiniões coletadas, a gestão do derrame foi executada principalmente através da articulação e respostas de diferentes setores sociais. As articulações ocorreram em resposta à saúde das comunidades, alimentação, meio ambiente, auxílio, entre outros temas/problemas, mas principalmente em prol da execução de ações de contenção e limpeza do material que chegava em diferentes partes da costa de todo o Nordeste (42,3%).

Monitoramento, limpeza e destinação do petróleo e resíduos

As ações de contenção, colocação de barreiras, limpeza e remoção do petróleo executadas pelas comunidades pesqueiras e diferentes atores sociais voluntários se destacaram nos mapas (33,3%), os quais atuaram, muitas vezes, sem equipamentos adequados para limpeza como luvas, botas, óculos e roupas que impedissem o contato direto com o petróleo (11,3%).

Integração, conhecimento e ação comunitária

Nesse contexto, as comunidades mencionam a união comunitária (45,2%), a integração intercomunitária (41%) e a adoção do conhecimento das comunidades pesqueiras para ação (22%) como formas de organização predominantes para o enfrentamento, as quais se destacaram na remoção da maior parte de todo resíduo.

Outras formas de organização e ação como a participação em eventos, protestos e espaços políticos de debate, resoluções e decisões sobre o derrame (17,4%) e o uso de redes sociais, como whatsapp para comunicação, partilha de conteúdo, envio de mensagens e mobilização das comunidades para o enfrentamento do derrame (10,5%) aparecem de forma um pouco menos expressiva nos relatos.

Modo de vida, organização e profissão

Ressalta-se, que ao mesmo tempo que o petróleo chegava no litoral das diferentes localidades, as práticas de pesca e mariscagem, de forma geral, foram reduzidas e/ou suspensas (17,4%), o que levou a menção a preocupação e inseguranças em relação às estruturas social e financeira das comunidades (43,1%), ou seja, sobre a produção e reprodução das relações sociais, condições financeiras e de trabalho. Danos relacionados à segurança alimentar das

comunidades, por exemplo, também são destacados em razão dos impactos cumulativos do consumo da própria produção de pescado e mariscos com riscos de contaminação (17,1%).

Impactos relacionados a saúde das comunidades

A exposição perigosa das comunidades aos compostos poluentes provocou danos imediatos associados à sua saúde mental e emocional (28,8%) e adoecimento a curto prazo, após contato direto com o petróleo, principalmente durante as ações de limpeza (12,3%). Os relatos sentidos a curto prazo e informações sobre a toxicidade do petróleo, há também insegurança em relação aos tratamentos oferecidos e/ou negados. No que diz respeito às orientações de saúde, às comunidades relatam a falta de atenção e informações sobre os riscos do contato com o petróleo, tanto das secretarias de saúde locais quanto dos órgãos governamentais federais, como Ministério da Saúde (13,4%). Da mesma forma, houve falta de suporte dentro de unidades de atenção à saúde, atraso de respostas e na devolução de exames/estudos, quando feitos. Problemas de saúde sentidos a curto prazo após contato com o petróleo foram destacados (12,3%), principalmente durante as ações de limpeza. Também se destacam os relatos de inseguranças sobre os efeitos de sua exposição ao petróleo e seus componentes químicos em longo prazo (14%).

Impactos nos ecossistemas e biodiversidade

Sobre os ecossistemas atingidos, destacam-se os mangues e estuários (20,3%) com relatos do petróleo disperso em diferentes estratos e estados físicos, presença de óleo nas raízes e nas desembocaduras de estuários e nas praias (17,1%), com relatos sobre fragmentos espalhados pela ação das ondas e correntes costeiras, manchas e piche na areia.

Cuidado ambiental

Ao longo da análise, chamou atenção (12,2%) os temas relativos ao cuidado ambiental/preocupação das comunidades com a conservação e sustentabilidade dos ecossistemas.

Consequências na venda e consumo de pescado e marisco

As adversidades para escoar a produção pesqueira, perda de pescados que estragaram, suspensão de pedidos de consumidores, bem como, o acúmulo de pescado congelado em freezers, vendas por preços muito abaixo do mercado são temas que integram o descritor

“Dificuldade de comercialização, estoque e desvalorização do pescado” e aparecem com grande destaque nos mapas (25,9%). Mencionam-se também a situação de fragilidade frente aos atravessadores/pombeiros que dificultavam as compras de pescado, comprando por preços bem abaixo da média e a insegurança de consumidores na compra de pescado e mariscos sujeitos a contaminação (10,5%).

Coleta e análises biológicas, da água e material oleoso

Visto a potencial contaminação dos pescados, 11,6% manifestam insegurança em relação às análises para venda.

Auxílios e subsídios para o enfrentamento do derrame

O Auxílio emergencial oferecido pelo governo federal aparece nos mapas (15,8 %). Nem todos pescadores afetados (a maioria) receberam o auxílio, por diferentes motivos. Principalmente porque muitos não estavam inscritos no Registro Geral da Atividade Pesqueira (RGP). Alguns receberam por determinados meses sem completar as parcelas. Há também relatos de não recebimento e falta de resposta dos governos sobre o auxílio. Ao longo dos mapas menciona-se a mobilização das comunidades para a arrecadação de cestas básicas, montagem e distribuição nas localidades afetadas (11,7%). Muitas comunidades não receberam as cestas. Algumas receberam só uma parte. Outras receberam com atraso e com mantimentos estragados. Houve um processo de auto-gestão que priorizou as cestas para as comunidades que dependiam exclusivamente da pesca.

Impacto da mídia

São muitas menções de reportagens veiculadas pela televisão, rádio e internet sobre o evento, impactos, medidas de cuidado com a saúde, contaminação, locais atingidos, entre outros temas (21,3%). Por outro lado, menciona-se também a confusão gerada por notícias consideradas falsas e/ou alarmantes principalmente sobre a contaminação dos pescados e impactos do petróleo na saúde das comunidades (11,3%).

Não pretendemos com essa breve apresentação, esgotar as informações e sobretudo os conhecimentos, a partir do mapeamento biorregional. São os próprios mapas de cada localidade, que por si só, serão o produto central de uma multiplicidade de conhecimentos constituídos em pedagogias próprias de pescadores, pescadoras e marisqueiras, e que tais

pedagogias se tornem fontes de planejamento visando ser utilizadas em decisões eficazes na gestão de seus territórios.

Conclusão:

As análises demonstram que o conhecimento comunitário conseguiu amparar, muitas vezes, as ações de resposta ao derrame de petróleo. Naquele momento, se tais saberes tivessem sido apoiados pelo conhecimento técnico e pelos instrumentos de gestão disponíveis se supõe que se poderia mitigar e até mesmo evitar que o desastre se alastrasse como se alastrou. Esse procedimento é recomendado pelas principais referências disponíveis.

Como prosseguimento e finalização do projeto serão elaboradas diretrizes para enfrentamento de desastres semelhantes pela equipe acadêmica junto com representantes das comunidades separadamente, com informações coletadas durante as oficinas realizadas nas localidades. Inicialmente, adianta-se que foram organizadas 6 linhas de ação conjunta que integram conhecimentos para resposta e gestão de incidentes com petróleo na costa. Resumidamente, a linha 1 trata dos princípios para os procedimentos de elaboração de planos de contingência; a linha 2 trata da atenção à saúde para o trabalho e lazer no mar; a linha 3 trata da necessária rede de apoio de suporte à continuidade da vida das comunidades; a linha 4 trata da proteção aos ecossistemas e seus serviços; a linha 5 trata de evitar que o acidente extrapole em seus impactos e não se transformem em desastres mais complexos; e a linha 6 define as diretrizes para que a comunicação não traga ambiguidades nem contradições, garantindo segurança emocional à população e ações orquestradas para os envolvidos no enfrentamento. Essas linhas com diretrizes extraídas dos mapas foram discutidas e acrescidas de outras oficinas nas comunidades, até a saturação de conteúdo. Estas informações serão compiladas e disponibilizadas no fechamento do projeto e publicação de uma segunda edição do referido caderno.

Agradecimentos: A todas e todos bolsistas acadêmicos e comunitários que colaboraram com o processo e realização das oficinas nas comunidades, a coordenação técnica do projeto e aos pesquisadores colaboradores. Do mesmo modo, agradecemos especialmente a Tayane Lopes Santos pela diagramação dos mapas e editoração do caderno do projeto.

Referências:

ARNSTEIN, S. R. Uma escada da participação cidadã. Revista da Associação Brasileira para o Fortalecimento da Participação – PARTICIPE, Porto Alegre/Santa Cruz do Sul, v. 2, n. 2, p. 4–13, 2002.

COMANDULLI, C., VITOS, M., CONQUEST, G., ALTENBUCHNER, J., STEVENS, M., LEWIS, J., HAKLAY, M. E. Ciência cidadã extrema: uma nova abordagem. Biodiversidade Brasileira, 6(1), 34-47, 2016

RÊGO, J. C. V. Ilha de Maré vista de dentro: um olhar a partir da comunidade de Bananeiras/Salvador-Ba. Tese. Instituto de Geociênciа/UFBA. 327 f.: il. Salvador, 2018.

Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/31699>

TOBIAS, T. N. Living proof: the essential data-collection guide for indigenous use-and-occupancy map surveys. Vancouver: Ecotrust Canada, 2009.

ENTRE A EXTINÇÃO E A BARBÁRIE: LEITURAS DO ANTROPOCENO A PARTIR DE HORIZON ZERO DAWN

Leite, Luca¹

1 – Luca Araujo de Oliveira Leite. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de História.
luca.leite@ufrj.br

RESUMO: Filmes, séries, videogames, músicas, entre outras produções, compõem o arcabouço documental que chamamos de fontes audiovisuais. Dessa forma, verificamos um significativo aumento nestas produções culturais contemporâneas que envolvem a relação homem-natureza. Historicamente, jogos e produções culturais em cenários pós apocalípticos são comuns à nós desde a década de 1980. Conflitos geopolíticos marcaram o século XX e isso reflete em nossa produção cultural. Passados 40 anos, nos preocupamos significativamente menos com conflitos geopolíticos, entretanto, problemas da esfera ambiental nunca estiveram tão presentes em nossas vidas. O que chamamos de Antropoceno, é hoje mais do que uma proposta de uma nova época geológica que caracteriza a transformação do sistema terrestre forjada pela humanidade; o Antropoceno, apesar de ameaçar a própria possibilidade de futuro, liberta-nos para olhar para futuros que podem estar presentemente para além da nossa imaginação”, afirmam (LEHMAN & NELSON, 2014: 9). O Antropoceno como acontecimento filosófico e político, constitui marca indelével de nossas produções culturais, de forma que as fontes audiovisuais compõem um rico arcabouço. Nesse sentido o presente propõe compreender os *games* como fontes históricas, e nesse sentido, discutir as representações de Natureza presentes no jogo de videogame *Horizon Zero Dawn* (2017), e a partir de uma abordagem iconográfica da fonte, compor uma História Ambiental da Arte. Verificando que *Horizon* é fruto das preocupações contemporâneas aos desastres ambientais que marcam o Antropoceno e nosso sentido de Natureza.

Palavras-Chave: História Ambiental; Antropoceno; Audiovisual.

ABSTRACT: Films, series, video games, music, among other productions, make up the documentary framework that we call audiovisual sources. In this way, we verify a significant increase in these contemporary cultural productions that involve the man-nature relationship. Historically, games and cultural productions in post-apocalyptic scenarios are common to us since the 1980s. Geopolitical conflicts marked the 20th century and this reflects on our cultural production. After 40 years, we are significantly less concerned with geopolitical conflicts, however, problems in the environmental sphere have never been more present in our lives. What we call the Anthropocene is today more than a proposal for a new geological epoch

that characterizes the transformation of the terrestrial system forged by humanity; the Anthropocene, despite threatening the very possibility of a future, frees us to look at futures that may currently be beyond our imagination”, they say (LEHMAN & NELSON, 2014: 9). The Anthropocene as a philosophical and political event, constitutes an indelible mark of our cultural productions, so that the audiovisual sources compose a rich framework. In this sense, the present proposes to understand games as historical sources, and in this sense, to discuss the representations of Nature present in the video game Horizon Zero Dawn (2017), and from an iconographic approach to the source, compose an Environmental History of Art. Noting that Horizon is the result of contemporary concerns about environmental disasters that mark the Anthropocene and our sense of Nature.

Keywords: Environmental History; Anthropocene; Audio-visual.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21905331

Introdução: A arte e a ciência moderna são ferramentas que usamos para compreender o mundo que vivemos. Gosto de imaginar o mundo como uma casa suja num dia de faxina. A Ciência nesse quadro é a boa e velha vassoura com rodo, proporciona uma limpeza razoável e confortável. Faxineiros e faxineiras experientes sabem que somente vassoura e rodo não fazem boa limpeza, é necessário outras ferramentas, aparelhos que limpem e cheguem a lugares que a anterior não conseguiu chegar. Assim é a relação da arte com a ciência.

A sensibilidade crítica da arte permite ao cientista tocar em arestas que a ciência não seria capaz de traze-lo. A subjetividade dos trabalhos artísticos são elementos centrais na dinâmica e marcam a qualidade da obra em captar a realidade. Diferente dos trabalhos científicos, em que sua qualidade é atrelado ao quanto o(a) autor (a) consegue se explicar os eventos sociais sem colocar elementos de fora da realidade, ou seja, de maneira mais *dura*.

A arte não tem obrigação de buscar uma representação do real tal como ele é, diferente dos cientistas sociais que tem obrigação de, no momento de analisar o fenômeno social, compreender e representa-lo tal qual como ele é. Dessa forma, há uma obrigação ontológica, metodológica e teórica para com o cientista que obriga a representar o real da forma mais fidedigna possível.

A arte de maneira semelhante, também é uma representação do real, mas se apresenta como uma ferramenta significativamente mais livre. Essa plasticidade da arte em representar o mundo é o que marca a especificidade dessa documentação.

Para Ana Marcela França (2020), o diálogo entre História da Arte e História Ambiental nos permite compreender as interações e leituras entre sociedade e natureza em distintos cenários históricos. A Natureza foi entendida e representada de várias formas ao longo da história, e por isso é possível compreender parte da complexidade da ideia de Natureza também por meio da arte. Por meio desta manifestação cultural, a arte tem a capacidade de revelar a sensibilidade de uma época, tirando a necessidade de historiadores de buscarem por fontes objetivas, dá liberdade aos distintos níveis de percepção, imaginação e sentimentos. Se o pesquisador comprehende estas nuances, a iconografia é mais que bem-vinda aos estudos em História Ambiental.

A escrita histórica é feita a partir do diálogo das fontes com a teoria. Os documentos não falam por si, somente a partir das perguntas dos historiadores e historiadoras. Dessa forma, um documento diz tanto sobre sua época de fabrico quanto sobre as ideologias que permeiam seu conteúdo. Nesse sentido, videogames são a mídia do momento (em outras palavras, são os *documentos* do momento) e sem sombra de dúvida a forma de entretenimento mais popular entre as pessoas no mundo (CARREIRO, 2013). Dessa forma, historiadores e historiadoras

devem mais uma vez, como nos sempre foi legado, ampliar nosso leque teórico metodológico e abraçar os videogames como fontes imprescindíveis para a compreensão do tempo presente. Posto isso, *Horizon Zero Dawn* torna-se mais relevante ainda uma vez que tem sua narrativa construída em torno de um cenário distópico. Nesse sentido:

trabalhar com obras que retratam distopias se torna menos complexo no sentido de estarem mais ou menos livres dos moldes geopolíticos contextualizados em jogos que têm como base um evento histórico. Mas, ao mesmo tempo, é necessário atentar para as representações de futuro e realizar uma abordagem histórica, senão cronológica, dos porquês apresentados em tais títulos. E não são poucos os itens de análise que podem ser encontrados nos videogames com abordagens distópicas mais cruéis não apenas do futuro próximo, mas também do próprio passado: ogivas nucleares, controle da informação, ameaças extraterrestres, vírus que contaminam em proporções pandêmicas, execuções em massa sem julgamento prévio, dentre outros. E, tal como na literatura ou cinema, títulos que possuem muitas características em comum. (PAULA, 2015, p.96)

Metodologia: As fontes audiovisuais compõem um campo próprio e desafiador ao trabalho historiográfico. Espen Aarseth (2003, p.3 *apud* PAULA, 2017, p.275), um dos precursores dos estudos relacionados a videogames, aponta que é possível se obter conhecimento acerca de um jogo através de três métodos: a primeira, através da obtenção de informações sobre o *design*, regras e mecanismos de um jogo, sem necessariamente precisar jogá-lo. A segunda, que busca apresentar análises sobre o contexto de um *game*, pode ser obtida a partir de conclusões de outrem e pela observação de outros jogadores em prática do jogo. A terceira, por sua vez, também procura apresentar análises, contudo, é mais eficiente que a segunda, uma vez que implica na prática do jogo realizada pelo próprio jogador – ou seja, se o pesquisador dos *games* estiver em posse do jogo escolhido como objeto de estudo, maiores são as chances de concluir um trabalho de êxito.

A análise iconográfica-iconológicos dos jogos, ocorre de maneira semelhante à pinturas e fotografias. Nesse sentido, o pesquisador pode optar por estas abordagens de modo a cumprir com seus objetivos de pesquisa, dialogando com estas outras documentações. A análise *ingame* é mais semelhante ao cinema, por se tratar de imagens em movimento.

Discussão: *Horizon Zero Dawn* foi lançado originalmente em 2017, desenvolvido pela Guerilla Games e distribuído pela Companhia Sony Interactive Entertainment. É um jogo de

mundo aberto¹ do gênero ação e *role-playing game* (RPG), ou “jogo de interpretação de papéis” em terceira pessoa e encontra-se disponível para Playstation 4 desde seu lançamento, e para Microsoft Windows desde 2020.

A Terra não é mais nossa. *Horizon Zero Dawn* se passa num cenário pós-apocalíptico num momento em que a humanidade deixa de ser a espécie dominante e onde o mundo está dominado por criaturas robóticas conhecidas como *machines*. Mil anos após um desastre que extinguiu a vida na Terra, onde o meio biofísico retomou as ruínas de uma civilização esquecida, pequenos grupos de pessoas vivem em tribos de caçadores-coletores que vivem às sombras de uma civilização antiga que deixou apenas as ruínas de seu avanços tecnológicos.

Horizon desenrola sua narrativa num clássico cenário *sci-fi*, onde uma humanidade - extremamente dependente de sua tecnologia encara sua extinção por conta de um *bug*. Este empecilho provoca uma reação em cadeia na linha de produção das máquinas de guerra e faz com que os humanos percam o controle das máquinas. Num cenário de caos absoluto e sob vitória eminente das máquinas, Dra. Elisabeth Sobeck se encarrega de arquitetar o “Projeto Zero Dawn” (Projeto Novo Amanhecer). Composto por 9 aplicativos desenhados para manter a vida na Terra habitável, GAIA e HADES, respectivamente, responsáveis por controlar a vida e morte no planeta e garantir o equilíbrio ecológico.

Este projeto de Sobeck previa a extinção de toda vida na Terra para que posteriormente o fim das máquinas, o planeta pudesse ser repovoado por novos humanos. Estes humanos foram gerados geneticamente e criados por um destes aplicativos de Inteligência Artificial, de modo a beber do conhecimento de seus antepassados para não cometem os mesmos erros. Proibidos de deixar os *bunkers* espalhados pelo planeta, estes humanos eventualmente de rebelam contra seus criadores e deixam estes espaços. O jogo dá a entender que estes humanos que fugiram deram origem às tribos que vemos no *game*, e que cometem os mesmos erros de seus passados, em proporções diferentes.

HADES, o vilão do jogo, percebe que estes humanos são prejudiciais para o ecossistema e computa um vírus nas máquinas e em GAIA, para que fossem devidamente extintos. GAIA por sua vez, produz geneticamente, um clone da Dra. Sobeck à qual será a chance de sobrevivência da humanidade, e consequentemente, a protagonista do jogo, Aloy². Entretanto,

¹ Um jogo de mundo aberto é um conceito processual onde o jogo é desenvolvido para oferecer ao jogador a sensação de liberdade de exploração com poucos ou quase nenhum limite.

² “Aloy, sounding, possibly not coincidentally, similar to Eloi, one of the future races in H.G. Wells’ science fiction classic The Time Machine, (WELLS 1895)” (FALKENHAYNER, 2021, p.6); (“Aloy, soando, possivelmente não por coincidência, semelhante a Eloi, uma das futuras raças do clássico de ficção científica de H.G. Wells, The Time Machine, (WELLS 1895)”

toda esta contextualização só é disponibilizada aos jogadores no fim da narrativa principal, após cerca de 50 horas.

A dominant aspect of this post-apocalyptic plot is that it takes the post-apocalypse seriously: we find out, other than we expected for an exceptionally large amount of playtime, that “Project Zero Dawn” was not about saving anything. Destruction of every organic structure by the machines was imminent, a fact, in the lifetime of Elisabet Sobeck. Nobody was saved. Everything and everybody died, all organic material on earth was destroyed. The elites of this advanced technological society knew it was inevitable and could not prevent the apocalypse from happening. This fictional assertion of complete destruction is not unusual for post-apocalyptic, dystopian stories that abound in popular cultures as well as contemporary literature. However, the protagonists of these stories are mostly survivors of apocalypse. [...] Aloy is not a survivor. Rather, both she and her world are a new thing: everything she encounters, the beautiful landscape, the animal-machines, the humans, are the result of an advanced AI-system. “Zero Dawn” was a project to recreate and to repopulate earth after destruction via an interlocking set of AI programmes. Gaia, the programme that was responsible to recreate life on earth, did in fact work, even though her creator, Elisabet Sobeck, and her collaborators, could not have expected it. They could only hope Gaia would work and die. And Gaia did not work perfectly: while Gaia’s many terraforming and breeding programmes repopulated earth, the sub-programme that was responsible for the archiving of human knowledge—Apollo, the cultural memory and history programme—was destroyed. Second humanity has grown up without knowledge of its past, which Aloy now recovers to safe the future. Also, the fail-safe destruction programme Hades has gone haywire, threatening to destroy again what has been built up, and now for good. Aloy, the hero who recovers this knowledge, is a clone of Elisabet—the reason for her having no mother. (FALKENHAYNER, 2021, p.6)³

³ Um aspecto dominante desse enredo pós-apocalíptico é que ele leva o pós-apocalipse a sério: descobrimos, além do que esperávamos para uma quantidade excepcionalmente grande de tempo de jogo, que “Projeto Zero Dawn” não era sobre salvar nada. A destruição de toda estrutura orgânica pelas máquinas era iminente, um fato, durante a vida de Elisabet Sobeck. Ninguém foi salvo. Tudo e todos morreram, todo o material orgânico da terra foi destruído. As elites desta sociedade tecnológica avançada sabiam que era inevitável e não podiam impedir que o apocalipse acontecesse. Essa afirmação ficcional de destruição completa não é incomum para histórias pós-apocalípticas e distópicas que abundam nas culturas populares e na literatura contemporânea. No entanto, os protagonistas dessas histórias são em sua maioria sobreviventes do apocalipse. [...] Aloy não é uma sobrevivente. Em vez disso, ela e seu mundo são uma coisa nova: tudo o que ela encontra, a bela paisagem, as máquinas-animais, os humanos, são o resultado de um sistema de IA avançado. “Zero Dawn” foi um projeto para recriar e repovoar a Terra após a destruição por meio de um conjunto interligado de programas de IA. Gaia, o programa responsável por recriar a vida na Terra, de fato funcionou, embora sua criadora, Elisabet Sobeck, e seus colaboradores não pudessem esperar. Eles só podiam esperar que Gaia funcionasse e morresse. E Gaia não funcionou perfeitamente: enquanto os muitos programas de terraformação e reprodução de Gaia repovoaram a terra, o subprograma responsável pelo arquivamento do conhecimento humano – Apolo, o programa de memória cultural e história – foi destruído. A segunda humanidade cresceu sem conhecimento de seu passado, que Aloy agora recupera para garantir o futuro. Além disso, o programa de destruição à prova de falhas Hades deu errado, ameaçando destruir

Dito isso, que tipo de Natureza temos pensado nos últimos anos para que produções culturais se voltem à cenários pós apocalípticos? Por que estamos consumindo tantas distopias? Será que já tomamos tantas medidas incontornáveis que sequer nos permitam sonhar a longo prazo? O crescimento exponencial do tema na cultura popular traz acesso epistêmico à um mundo sem nós. Reemergem profundas inquietações de dimensões comparáveis à ansiedade de um conflito nuclear causado pela Guerra Fria.

Jamais enfrentamos uma ameaça tão séria quanto esta. Não se trata apenas de aquecimento global. Mudanças climáticas, acidificação dos oceanos, depleação da camada de ozônio, uso irresponsável da água doce, perda de biodiversidade, alteração de ciclos globais de nitrogênio e fósforo, poluição química, entre outras centenas de processos biofísicos que se encontram em frangalhos. Falar a respeito de Antropoceno é falar sobre futuro, “estamos prestes a entrar – ou já entramos [...] em um regime do Sistema Terra inteiramente diferente de tudo que conhecemos” (DANOWSKY, VIVEIROS DE CASTRO, 2022, p.27). Em suma, como provocam Débora Danowsky e Viveiros de Castro (*Ibidem*), há mundos por vir? Nossa proposta é pensar estas angústias a partir de documentos audiovisuais, em especial os videogames.

Referências:

- CARREIRO, Marcelo. Jogando o passado: Videogames como Fontes Históricas. Revista História e Cultura, Franca-SP, v.2, n.2, p.157-173, 2013.
- DANOWSKY, Déborah; VIVEIROS DE CASTRO, Eduardo. Há mundo por vir? Ensaio sobre os medos e os fins. Editora Desterro: Florianópolis, 2022.
- FALKENHAYNER, Nicole. Futurity as an Effect of Playing Horizon: Zero Dawn (2017). Humanities 10: 72. 2021.
- FRANÇA, Ana Marcela. Aspectos das “florestas primitivas” e dos “campos cerrados” na iconografia da paisagem dos viajantes: um diálogo possível entre a história ambiental e a história da arte. In: DRUMMOND, José Augusto (org); FRANCO, José Luiz de Andrade (org); DUTRA E SILVA, Sandro (org); BRAZ, Vivian da Silva (org). História Ambiental: natureza, sociedade, fronteira. Rio de Janeiro: Garamond, 2020. p.103-131.

novamente o que foi construído, e agora para sempre. Aloy, a heroína que recupera esse conhecimento, é um clone de Elisabet – a razão de ela não ter mãe.

LEHMAN, Jessi; NELSON, Sara. After the Anthropocene politics and geographic inquiry for a new epoch. III Experimental politics in the Anthropocene, *Progress in Human Geography*, 6-9. 2014

PAULA, Cássio Remus de. O ofício do historiador como pesquisador dos videogames: teorias e métodos. Aedos, Porto Alegre, v. 9, n. 21, p. 265-289, Dez. 2017.

_____. Videogames e Ficção Científica: representações sobre o futuro caótico nos jogos eletrônicos da década de 1980. *REVISTA CAMINHOS DA HISTÓRIA*. v. 20, n. 2/2015.

NAS PROFUNDEZAS DO TEMPO: OS TEMPOS DE DARWIN E A ORIENTAÇÃO DA PRESENÇA NA NATUREZA

Ingrid Freitas Marques¹

1 - Ingrid Freitas Marques. Universidade Federal de Ouro Preto. ingrid.freitas@aluno.ufop.edu.br

RESUMO: A presente proposta de apresentação deriva de uma pesquisa em estágio inicial e por isso, ainda em andamento, que busca observar em duas importantes obras de Charles Darwin, *A Origem das Espécies* (1859) e a *Expressão das Emoções no Homem e nos Animais* (1871), a elaboração de um conceito de tempo profundo, que já vinha sendo denunciado pela natureza mesmo antes dessas publicações, mas que ganha solidez na síntese que elas abordam. Através da aproximação entre História das Ciências e História Ambiental procuramos lançar um olhar contemporâneo sobre essas grandes produções da segunda metade do século XIX, para averiguar em que medida elas podem fornecer suporte à reorganização do lugar do homem na natureza sobretudo a partir de um conceito específico de tempo e em favor da fabricação de uma narrativa, em História, fora dos domínios do antropocentrismo.

PALAVRAS-CHAVE: tempo profundo; revolução darwiniana; antropocentrismo; antropoceno.

ABSTRACT: The present presentation proposal derives from a research in initial stage and, therefore, still in progress, which seeks to observe in two important works by Charles Darwin, *On the Origin of Species* (1859) and *The Expression of the Emotions in Man and Animals* (1871), the elaboration of a concept of deep time, which had already been denounced by nature even before these publications, but which gains solidity in the synthesis that they address. Through the approximation between History of Science and Environmental History we seek to cast a contemporary look at these major productions of the second half of the nineteenth century, to investigate to what extent they can provide support to the reorganization of the place of man in nature mainly from a specific concept of time and in favor of the manufacture of a narrative, in History, outside the realms of anthropocentrism.

KEYWORDS: deep time; darwinian revolution; anthropocentrism; anthropocene.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21905334

INTRODUÇÃO: A História, como disciplina voltada, em sua acepção moderna, para a análise e atribuição de sentido às ações humanas no tempo propõe, de modo incontornável, um exercício de constante mapeamento temporal. A historicidade, ou seja, a consciência de pertencimento ao tempo e ao espaço, valor sumo do ofício, impele o profissional deste campo a determinar os cortes temporais de inserção de um evento ou fenômeno analisado. Até a primeira metade do século XX, as estruturas temporais eram comumente percebidas a partir de acontecimentos particulares ou períodos cujas características, entrelaçadas num enredo, que o historiador identificava e transformava em narrativa, denunciavam uma coesão temporal. Nesse sentido, e para fins explicativos, a Revolução Francesa, eclodida em 1789 e responsável pelo fim do Absolutismo, ocupou uma curta duração temporal, do ponto de vista da História. No entanto, uma vez elencada a fenômenos que exigem um recuo a um passado um pouco mais distante, como por exemplo aquele ao qual pertencem a organização de uma mentalidade de época e o conjunto de ideias que integram o Iluminismo, esse evento ganha um aspecto temporal mais extenso. Esse exercício de atrelamento de um evento a uma estrutura maior foi empreendido pelo historiador alemão Reinhart Koselleck em sua brilhante obra *Crítica e Crise* (1999) na qual demonstra que um movimento de crítica sistemática ao Estado Absolutista contribuiu para que, anos mais tarde, uma crise, a Revolução, despontasse. Não faltam exemplos no interior da disciplina a partir dos quais possamos averiguar eventos de curta duração sendo elencados a cortes de maior durabilidade temporal. A História opera, inevitavelmente, com o manejo dos tempos.

No limiar da segunda metade do século XX, a publicação da obra de Fernand Braudel *O Mediterrâneo e o Mundo Mediterrâneo na época de Filipe II* (1949) lança as bases para uma virada na organização historiográfica da temporalidade. Ao estabelecer as características conceituais da longa duração, para além daquela curta e média que já competiam à disciplina, o autor direciona a atenção do campo aos fenômenos cujo processamento demandava verdadeira extensão das barreiras temporais comuns à História. Esses, por sua vez, não correspondiam às ações humanas tampouco ao escopo que a disciplina consolidara, mas antes, aos acontecimentos do mundo natural, ao ritmo da produção da natureza, da construção das paisagens, da formação das estruturas geológicas, entre outros fenômenos que, conforme notado e assumido por Braudel, exercem influência, frequentemente despercebida pela vida cotidiana, sobre os homens, e portanto, sobre a história. Ora, essa atenção aos elementos da natureza e às reflexões dela provenientes foi possível graças ao conhecimento que a História teve à disposição, no século XX, formulado por áreas que sequer concernem a este período ou integram o grande grupo das Humanidades. Em outra de suas obras, o já mencionado historiador

Koselleck se ocupa de uma imagem bastante rica para aludir à relevância dos tempos para a História. Em *Estratos do tempo: estudos sobre História* (2014), o autor faz uso de uma imagem extraída da História Natural, campo de conhecimento que atuou a partir do século XVII e sofreu diversas transformações até que alcançasse o XIX segundo novas premissas e modelos teórico-metodológicos. Quando o autor fala em “estratos do tempo”, ele faz uso de uma metáfora extraída do modelo geológico porque, assim como para a História, fica posta uma alusão a “diversos planos, com durações diferentes e origens distintas, mas que, apesar disso, estão presentes e atuam simultaneamente.” (KOSELLECK, 2014, p.9) O ponto material que permite essa imagem são as camadas geológicas que remetem, cada uma delas, a momentos distintos da história da Terra e que demandaram um longo período para que, sucessivamente, tomassem forma. Elas nos colocam, sobretudo, diante da “contemporaneidade do não contemporâneo em um dos fenômenos históricos mais reveladores.” (KOSELLECK, 2014, p.9) A configuração das camadas geológicas nos dá acesso a tempos distintos que coexistem representados em sua própria materialidade. O autor resgata uma origem geológica da concepção de história na reflexão que abre sua obra.

Essas camadas, descortinadas pela História Natural, revelaram, paulatinamente, um tempo sempre mais profundo que contemplava a produção da natureza e que foi posto à prova de um severo embate entre naturalistas e teóricos inquietos quanto à velocidade da formação da Terra. Esse tempo profundo, um conceito agora incorporado por trabalhos em História, como os do historiador italiano Paolo Rossi, ganhou solidez no passado com o advento da síntese darwiniana da segunda metade do século XIX. Ou seja, se é possível que desde o século XX, nosso campo se intere da atuação, relevância e das condições dessa categoria de tempo longuíssima é porque desfrutamos do conhecimento exógeno às nossas fronteiras, o que, por sua vez, evidencia o papel ímpar da interdisciplinaridade. Esse tempo longo, que não é dado, mas, em sentido literal, escavado das profundezas da Terra, compõe uma das mais aclamadas resoluções acerca da história decorrida na formação da natureza: a teoria da descendência por meio de seleção natural. O abalo sísmico provocado pela *A Origem das Espécies*, publicada na Londres de 1859 por Charles Darwin, se justifica quando analisado, na cadeia de eventos que a História das Ciências ilumina, aquilo que a obra estabelece sobre o estatuto das ideias de sua época. Revisitar esse e outros materiais produzidos por Darwin pode, acreditamos, fornecer recursos para a consciência de funcionamento de uma natureza integrada na qual plantas, animais-humanos e não-humanos coexistam na contramão das propostas antropocêntricas fundantes da História. É possível ainda, que um olhar atento ao tempo profundo como condição necessária ao processo de consolidação da vida na Terra, num sentido amplo de formação da

vida e das circunstâncias para tal, ofereça algum tipo de orientação ao agir humano no presente. E, sendo essa, uma das máximas em matéria de História - orientação do agir no tempo (Rusen, 2015) - parece no mínimo producente que a disciplina se detenha com maior interesse sobre esse conteúdo.

MATERIAL E MÉTODOS: A pesquisa da qual deriva a proposta de apresentação ora descrita, se organiza a partir de uma aproximação entre História das Ciências e História Ambiental a fim de produzir uma articulação entre o que aquela primeira registra sobre o estatuto das ideias no passado com as demandas que essa última estabelece no presente. Com a História das Ciências é possível reconstruir o panorama epistemológico segundo o qual a apreensão racional da natureza vai sendo consolidada de modo a abrir horizonte às possibilidades que vemos materializadas séculos mais tarde. Nos referimos especificamente à síntese darwiniana que, apesar de corresponder à segunda metade do XIX, não está descolada da rede de fatores que a precede. Por isso, um retorno à organização do campo de conhecimento nascido no século XVII e preocupado com a descrição e classificação das espécies na natureza, a História Natural, se faz imprescindível. A imersão na produção das interpretações acerca do mundo natural em um momento para o qual o vocábulo *ciência* soa inadequado é incontornável para que compreendamos as particularidades da época bem como a terminologia, métodos, teorias e problemas do campo ao qual as pesquisas de Darwin se conectam.

A análise das fontes corresponde a um momento secundário. Nele, nos encarregamos das obras *A Origem das Espécies* (1859) e *A Expressão das Emoções no Homem e nos Animais* (1871) para verificar questões como: 1) as continuidades e rupturas com o passado epistemológico da História Natural; 2) a formulação da ideia de tempo profundo; 3) a condição da inserção dos elementos da natureza - homens, demais animais, plantas - nesse tempo. Por fim, convém lançar um olhar contemporâneo sobre as fontes, construído da reflexão emergente da História Ambiental acerca da necessidade de realocação do homem na natureza. O diagnóstico traduzido na hipótese de que possivelmente tenhamos nos tornado força geológica dadas as mudanças que as ações humanas têm avivado na Terra - Antropoceno - coloca em questão a validade do movimento de separação entre homem e natureza que a Modernidade alavancou. Reflexões recentes têm apelado não somente para que a História ilumine as influências ambientais na trajetória humana, o que já vem sendo feito, mas para que os homens sejam dispostos de maneira distinta no ambiente e que as narrativas se inflem de outros valores e elementos em nome de um descentramento do humano. Nesse sentido, buscamos ainda, entender se o conteúdo formalizado nas obras de Darwin, a concepção de tempo que ele elabora

e à qual atribui a presença da vida na Terra tal qual ela se dá, representa algum potencial de orientação que possa contribuir para esse propósito.

RESULTADOS: Com o retorno, através da História das Ciências, aos séculos XVII e XVIII é possível verificar que à luz dos avanços epistemológicos movidos pelo bem-sucedido método analítico da física newtoniana e no cerne do movimento de reorganização do valor da razão aos moldes iluministas, os estudiosos da natureza põem-se diante da necessidade de, para além de produzir o conhecimento sobre o mundo natural, discorrer sobre as maneiras mais pertinentes e adequadas de o fazer. Longe de alcançar uma resposta unívoca para esse propósito, pensadores e naturalistas se encarregam do desenvolvimento de metodologias e elaborações teóricas múltiplas que, a despeito de suas diferenças fundamentais, fazem convergir, no decorrer do pleno tensionamento das ideias, a consolidação da História Natural.

Parece tentador, é o que nos apresenta Pedro Paulo Pimenta, professor do Departamento de Filosofia da USP e autor de trabalhos indispensáveis para o tema aqui abordado, identificar o itinerário das ideias elaboradas de Lineu (1707-1778) a Cuvier (1769-1832) como a mais precisa evidência, e metonímia, do processo transicional entre História Natural e Biologia (Pimenta, 2018). No entanto, salienta o autor, para que tal interpretação desfrute do mais singelo traço de sentido, se faz necessária a desconsideração de qualquer elaboração que tenha se colocado como contraponto a esses naturalistas e exercido o menor grau de influência sobre o estatuto das ideias de sua época. Permaneceriam, nesse caso, alheias à análise, as contribuições de figuras como Buffon e Lamarck. O primeiro, considerado pai do evolucionismo (Mayr, 1981); o segundo, proponente de uma teoria que, contrária àquela que recebeu maior adesão no início no final do XVIII, formulado por Cuvier, apostava na transformação das espécies no tempo.

A análise, encarregada de um corte já mais próximo do contexto de emergência da síntese darwiniana, encontra a dissolução de um paradigma que orientou massivamente as pesquisas na transição para o XIX, até que tivesse seus pressupostos confrontados por evidências da natureza que denunciavam sua inaplicabilidade. Trata-se da dissolução do paradigma cuveriano. Não há tempo hábil para enumerar tais pressupostos, ainda que eles tenham sido visitados com atenção nessa fase inicial da pesquisa. Importa saber que a elaboração teórica de Darwin nasce respondendo às muitas questões e problemas deixados em aberto com a dissolução do paradigma mais relevante da História Natural até então. Com *A Origem das Espécies* (1859) é possível observar as características mais marcantes de sua síntese: a convicção quanto à modificação das espécies no tempo; a incorporação da ideia de

extinção cuja defesa foi arduamente empreendida por Cuvier no final do século XVIII; a elaboração de uma extensão temporal longuíssima, apta a contemplar as lentas mudanças processadas numa natureza que, à luz de sua teoria, se mostra sempre mais profunda; a transformação de características em nome da preservação das espécies; a atuação da hereditariedade na manutenção de características benéficas à preservação; o contexto de luta pela existência que movimenta a história da natureza. Em Darwin, a natureza ganha uma história.

Uma questão crucial que tem se apresentado a partir da análise das fontes em consonância com nossos objetivos, importados das reflexões da História Ambiental, é a natureza com potencial produtivo assumido. Falar que na obra de 1859, ela se coloca como um agente, poderia nos levar ao temido anacronismo, mas é inegável que quando Darwin observa um quadro de natureza no qual a presença e ausência de espécies se mostra bastante ligada a uma rede de fatores de muitas combinações possíveis, de arranjo das condições que se observam materializadas, ele atribui um sentido ao desenrolar, processual, das coisas biológicas. E o critério capital para tal processo é um corte temporal de longa duração que comporte essas lentas organizações naturais. Hoje, quando nos deparamos com o tempo experimentado em aceleração e com as marcantes mudanças que as ações humanas avivam na Terra, que colocam em risco sua própria condição de existência, parece necessário refazer as premissas da nossa presença no mundo. A pesquisa, em estágio inicial e por isso, ainda em andamento, segue tomando como ponto central as perspectivas evocadas por figuras como Ewa Domanska, Stelio Marras e Dipesh Chakrabarty, cujas propostas se encontram na defesa da urgência pela consideração de outras formas, outros tempos, outros sujeitos, não necessariamente humanos, para a construção de uma narrativa histórica que abra um horizonte fora do antropocentrismo e na qual coexistam agências múltiplas.

Referências:

- BIZZO, Nelio. Ensino de evolução e história do darwinismo. Tese (Doutorado) São Paulo: FFLCH - USP, 1991.
- BRAUDEL, Fernand. O Mediterrâneo e o Mundo Mediterrâneo na época de Filipe II. São Paulo: EdUSP, 2016.
- CHAKRABARTY, Dipesh. O Clima da História: Quatro Teses. Revista Sopro, 91, Julho, 2013.
- DARWIN, Charles. A origem das espécies por meio de seleção natural. São Paulo: Ubu Editora, 2018.

DARWIN, Charles. *The Expression of the Emotions in Man and Animals*. London: Penguin Group, 2009.

DOMANSKA, Ewa. Constituição do ancestral retroativo, novo animismo e modernidades alternativas. In: BENTIVOGLIO, Julio e TOZZI, Veronica (orgs) *Do passado histórico ao passado prático. 40 anos de Meta-história*. Serra/ES: Milfontes, 2017.

KOSELLECK, Reinhart. *Crítica e Crise*. 1^a ed. Rio de Janeiro: Contraponto: PUC-Rio, 2016.

KOSELLECK, Reinhart. *Estratos do tempo: estudos sobre História*. Trad. Markus Hediger. 1^a ed. Rio de Janeiro: Contraponto: PUC-Rio, 2014.

MARRAS, Stelio. *Virada animal, virada humana: outro pacto. scientiae zudia*, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 215 - 60, 2014.

MAYR, Ernst. *The Growth of Biological Thought: diversity, evolution and inheritance*. Cambridge: Harvard, 1981.

PIMENTA, Pedro Paulo. *A trama da natureza – organismo e finalidade na época da Ilustração*. São Paulo: Editora Unesp, 2018.

ROSSI, Paolo. *Os sinais do tempo: história da Terra e história das nações de Hooke a Vico*. São Paulo: Companhia das Letras, 1992.

RUSEN, Jorn. *Teoria da História: uma teoria da história como ciência*. Curitiba: Editora UFPR, 2015.

GT 2

História Ambiental

A DESPOLUIÇÃO DO RIO PINHEIROS: A TENTATIVA DE SE RECUPERAR UM RIO PAULISTANO E GERAR ENERGIA (2001-2011)

Nayra Rodrigues¹;

1 – Nayra Karolyne dos Santos Rodrigues. Universidade Federal de São Paulo. karolyne.nayra@unifesp.br

RESUMO: A pesquisa analisa a tentativa de despoluição do rio Pinheiros ocorrida entre os anos de 2001 a 2011, que buscou, através do método de flotação por ar dissolvido, recuperar as águas desse rio localizado na cidade de São Paulo e bombeá-las à Represa Billings, a fim de aumentar a produção energética da Usina Hidrelétrica Henry Borden, em Cubatão. Considerando que a tentativa teve fim sem que seu objetivo se concretizasse, procurou-se documentar e problematizar o desenvolvimento do Projeto de Despoluição do rio Pinheiros, a fim de encontrar seus empecilhos. Para isso, levamos em consideração a relação dos paulistanos com esse curso d'água ao longo dos séculos XX e XXI, além da possibilidade do uso de tecnologias para o tratamento das águas e o uso destas para a produção de energia elétrica. A problemática da degradação e das tentativas de despoluição dos rios paulistanos é um de grande relevância acadêmica e social, tanto pela importância das águas como um recurso natural como pela importância dos rios para as populações, em especial na cidade de São Paulo, metrópole carente de áreas verdes e de lazer. A pesquisa busca também contribuir para a história ambiental, que tem nos rios um dos seus temas principais de estudo, mas apresentando uma inovação, que é a abordagem que privilegia a recuperação dos rios e não a degradação, que tem prevalecido nos estudos até aqui realizados.

Palavras-Chave: História Ambiental; São Paulo; Rio Pinheiros; Despoluição; Energia.

ABSTRACT: The research analyzes the attempt to clean up the Pinheiros river between 2001 and 2011, which sought, through the dissolved air flotation method, to recover the waters of this river located in the city of São Paulo and pump them to the Billings Reservoir, in order to increase energy production at the Henry Borden Hydroelectric Power Plant, in Cubatão. Considering that the attempt ended without its objective being realized, we tried to document and problematize the development of the Pinheiros River Depollution Project, in order to find its obstacles. For this, we take into account the relationship of São Paulo residents with this watercourse throughout the 20th and 21st centuries, in addition to the possibility of using technologies for the treatment of water and their use for the production of electric energy. The problem of degradation and attempts to clean up São Paulo's rivers is one of great academic and social relevance, both because of the importance of water as a natural resource and because

of the importance of rivers for the populations, especially in the city of São Paulo, a metropolis in need of green and leisure areas. The research also seeks to contribute to environmental history, which has rivers as one of its main themes of study, but presenting an innovation, which is the approach that privileges the recovery of rivers and not degradation, which has prevailed in the studies carried out so far.

Keywords: Environmental History; São Paulo; Pinheiros River; Depollution; Energy.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21909744

Nos últimos tempos, diversas áreas de estudo se mobilizaram para a temática ambiental, buscando explorar os problemas e soluções sobre os impactos da expansão capitalista no meio ambiente. A História também se mobilizou para a questão e desenvolveu-se em muitas vertentes de estudos, como as que exploram as cidades, doenças, plantas e águas. Desde o século XX, começou-se a incluir esse último nos estudos históricos, mas de maneira muito superficial e na maioria das vezes de forma indireta. Apenas a partir da segunda metade do século, a historiografia dos rios se desenvolveu “tanto em termos quantitativos quanto no aspecto da diversidade temática” e na virada para o século XXI, vemos surgir uma historiografia cada vez “mais explícita e substantiva com relação ao tema dos rios” (PÁDUA; CHAMBOULEYRON, 2019, p. 17-18). Mas ainda assim, essa discussão ainda é um tanto nova, levando em consideração a extensa documentação existente.

Desta forma, a intenção foi a de produzir e ampliar o conhecimento sobre o tema dos rios no campo da história ambiental. Consideramos que os avanços pensados para a despoluição podem viabilizar o uso múltiplo de suas águas e cumprimento da sua função social, além do bem estar dos moradores que abrigam toda a bacia hidrográfica. Nossa estudo é realizado em torno dos processos que envolveram a tentativa de recuperar as águas do rio Pinheiros, na cidade de São Paulo, no início do presente século.

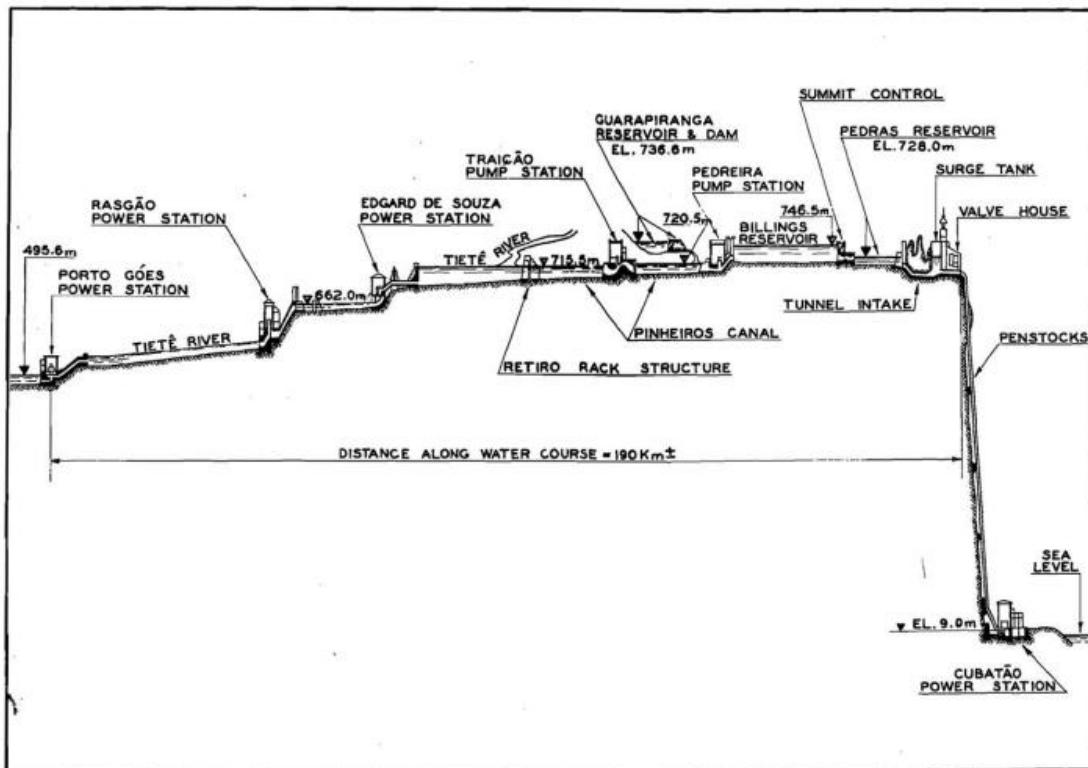
Explora-se também o passado dessa cidade e se percebe que desde o século XIX assistia-se a expansão cafeeira, o desenvolvimento urbano e as ondas de imigração, fatores que influenciaram a expansão industrial e urbana. Todavia, todas essas mudanças não tiveram uma ordenação ou um planejamento e com tempo já se apresentavam seus problemas diretos, como falta de moradias, dificuldades no mercado de trabalho, crescimento da violência urbana, congestionamentos, restrições ambientais e a degradação dos rios. A urbanização, na verdade, alterou uma parte considerável dos meios naturais de todo o mundo, e consequentemente, resultou na perda de muitos cursos d'água que passaram por processos iguais ou similares, a poluição do rio Pinheiros, portanto, não é um processo isolado, mas reconhece-se que este sofreu com as mudanças que ocorreram em São Paulo.

Em meados de 1920, o Pinheiros ainda tinha suas várzeas com ocupações residenciais tênues e recebia parte dos peixes que procuravam por águas limpas, que inclusive eram utilizadas pela população para a prática de esportes e lazer. Em 1950, essa estrutura já era caótica, o rio se encontrava retificado, os peixes desapareceram, os insetos tomaram o lugar, e como propôs o historiador Janes Jorge, o rio já não era visto da mesma forma no meio social em que estava inserido e a relação entre a população local e o curso d'água se alterou de maneira significativa (JORGE, 2017).

Esse crescimento populacional e industrial também desencadeou necessidades sociais e demandas cada vez maiores, como por exemplo, mais energia elétrica para suprir as exigências da cidade moderna. A *Light and Power Company Ltd* foi uma das principais empresas de energia que operava no Brasil durante esses processos históricos, ela foi fundamental para a modernização da cidade de São Paulo, ela “assentava trilhos de bondes, canalizava o gás, colocava poste, estendia os fios elétricos e de telefonia, distribuía força motriz para indústrias e empregava um enorme exército de trabalhadores” (SEABRA, 2015, p. 39-40).

A empresa também participou do processo de metamorfose dos rios, inclusive o Pinheiros, onde realizou o projeto hidroelétrico da Serra de Cubatão, juntamente com seus engenheiros estrangeiros, entre eles, Asa White Keney Billings e Henry Borden. O intuito era justamente ampliar a produção e distribuição de energia, sendo assim, a partir de 1930, foram realizadas obras de retificação e a construção do sistema Tietê-Pinheiros-Billings-Cubatão. Ele se baseou na instalação de duas usinas elevatórias que revertem as águas do rio Pinheiros, fazendo com que as águas do rio Tietê fossem encaminhadas para ele e bombeadas para a represa Billings, de onde partiam para uma queda de mais de setecentos metros da Serra do Mar, que impulsiona a força da água e a transforma em energia com a ajuda das turbinas que foram instaladas no sopé da Serra, na Usina Henry Borden, em Cubatão.

Figura 1 – Complexo Hidrelétrico da Serra de Cubatão (figura)



Fonte: (ACKERMAN, 1953, p. 48) apud. GRINSPUM (2014).

O Reservatório Billings, começou a ser pensado por volta de 1925, pelos mesmos engenheiros da Light, justamente para receber essas águas do rio Pinheiros e do Tietê e cumprir sua função da época, que era a de encaminhar suas águas para a Usina Henry Borden e gerar energia elétrica. Entretanto, existiu um conflito para o uso de suas águas nas décadas seguintes e determinou-se que a Billings também seria utilizada para o abastecimento público (CARMO, R.; TAGNIN, R., 2001). Mais tarde esse destino se tornou prioritário às águas do reservatório.

Em 1992, a classe 2 da Resolução Conjunta SMA/SES 03/92, determinava que as águas bombeadas para a represa também deveriam estar aptas para o abastecimento doméstico, após tratamento convencional; à recreação de contato primário, como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e à criação de espécies destinadas à alimentação humana (SECRETARIA de Estado do Meio Ambiente). O problema é que na última década do século XX, os rios Pinheiros e Tietê já portavam uma grande quantidade de poluentes e por causa disso não poderiam seguir fazendo parte do sistema que encaminhava suas águas para a represa. Por conta disso, em 1992, o Complexo Hidrelétrico de Cubatão foi desativado e só retornou a funcionar em épocas de prevenção de cheias.

Perdeu-se o grande potencial da Usina Henry Borden, já que antes ela atingia altos níveis de capacidade de geração (880 MW), o suficiente para abastecer uma área significativa do Estado de São Paulo. Portanto, desde a interrupção desse sistema, buscou-se pela sua retomada, pois se reconhecia a sua importância. Uma das possíveis soluções para o impasse foi a tentativa de recuperação das águas do rio Pinheiros, que começou a ser planejada no ano de 2001, quando ocorreu em todo o Brasil a “crise do apagão”, ou seja, quando a demanda energética era superior a sua distribuição e os apagões de energia elétrica se tornassem recorrentes.

A partir de então, testes começaram a ser realizados, a fim de encontrar um meio para a despoluição. Um dos testes aplicados partiu da empresa DT Engenharia, que trouxe a proposta de realizar o tratamento das águas do rio no próprio rio, sem a necessidade de se fazer nenhuma derivação, dispensando assim a construção de grandes plantas de tratamento. Esse método – chamado de “flotação” – consiste em separar as partículas sólidas através da introdução de oxigênio, o que resulta na suspensão de um lodo que pode ser removido manualmente. Essa tentativa de despoluição foi abordada nessa pesquisa como nosso principal objeto.

Historicamente, sabe-se que desde o início do século XX essa técnica é usada para separar partículas, inicialmente no processamento de minérios (1907), na indústria de papel e celulose (1920) e na indústria petroquímica e de óleos vegetais (COUTINHO, 2007, p. 6). Para

o tratamento da água o processo também foi utilizado ao longo da história, “na Escandinávia e no Reino Unido, já na década de 1980 existiam cerca de 50 estações de tratamento de água que usavam a flotação como processo principal ou associado” (AWWA, 1990 apud. Ibid.).

No Brasil, entende-se o caso do Pinheiros como o primeiro rio urbano a utilizar a técnica no país. A empresa DT Engenharia – pioneira nos testes – em parceria com a SABESP, desenvolveu a técnica de maneira que ela pudesse ser aplicada em grandes cursos d’água. Após o início da experiência no rio Pinheiros, a flotação também foi aplicada em outros locais, por exemplo, nos Córregos Ressaca e Sarandi, que deságuam no Reservatório da Pampulha, em Belo Horizonte (MG). Mas nestes casos (Pampulha e Pinheiros), por mais que a flotação tenha apresentado bons desempenhos, não atendeu às metas do projeto.

De início, a ideia do Projeto de Despoluição do rio Pinheiros, seria a de operar com vazão de 50m³/s, entretanto, por conta das movimentações negativas dos políticos, ambientalistas e residentes atuantes próximos a Represa Billings e também com a intenção de medir os impactos ambientais que seriam resultados do bombeamento de poluentes para a represa, o projeto “piloto” funcionou com vazão de 10m³/s.

Figura 2 – Flotação aplicada no rio Pinheiros (figura)



Fonte: FCTH.

O que mostraram os resultados da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH), é que ainda que a flotação proporcionasse bons indicadores de que funcionava para tornar a água um pouco mais límpida, ainda assim, falhava em eliminar todos os poluentes tóxicos e garantir oxigênio na água, ou seja, ainda não se enquadra na determinação da Resolução que

limita o bombeamento contínuo para a Represa Billings. Os testes, portanto, tiveram fim em 2011, quando se chegou à conclusão de que seria insustentável se não houvesse maiores melhorias e investimentos.

A flotação, analisando todo o contexto histórico, não é uma técnica é totalmente ineficaz, já que consegue cumprir seu papel para a separação de elementos e em alguns casos, conseguiu auxiliar na recuperação de águas degradadas, como é o caso do Lago do Ibirapuera, das águas de abastecimento animal do Zoológico de São Paulo, dos lagos do Horto Florestal e até o Piscinão de Ramos, no Rio de Janeiro.

Mas, é um fato que isso não funcionou para o rio Pinheiros, o que mostra que a despoluição de um rio localizado em uma região urbana central se trata de um grande desafio, o que nos faz questionar quais seriam as saídas possíveis para atingir a recuperação dessas águas.

Se pensarmos os rios, riachos, ribeirões, córregos, etc, como vasos sanguíneos de uma cidade que está sempre articulada, se entende que o conjunto deve ser levado em consideração para obter avanços. Como propõe Edson Aparecido da Silva (2016), “não há solução isolada para problemas ambientais, de saúde, habitação, mobilidade e sem a integração das políticas públicas a partir dos entes federados: União, Estado e Municípios” (SILVA, 2016, p. 119). Isso é um esforço possível, pois vemos rios de todo o mundo que já estiveram em situação igual ou similar, atualmente recuperados e utilizados para os mais variados fins, inclusive para a geração de energia elétrica. O fracasso da proposta aqui analisada demonstra, portanto, que despoluir um curso d’água urbano não se trata de um processo rápido e econômico, mesmo com o uso da tecnologia.

Referências:

- FCTH, Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. Avaliação do Sistema Pinheiros-Billings com o Protótipo de Flotação. Disponível em http://www.emae.com.br/arquivos/internet/Projetos%20e%20Empreendimentos/Melhoria%20das%20Aguas%20do%20Rio%20Pinheiros/Volume%201%20-%20Sumario_.pdf. Acesso em 26 de fev. de 2022.
- SECRETARIA de Estado do Meio Ambiente. Flotação: Nova vida para o rio Pinheiros. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/portalnovomedia/2011/12/pomar.pdf>. Acesso em: 10 de nov. de 2020.

CARMO, R.; TAGNIN, R. Uso múltiplo da água e múltiplos conflitos em contextos urbanos: o caso do Reservatório Billings. In: Anais do IX Encontro Nacional da ANPUR. Rio de Janeiro, 2001.

COUTINHO, Weber. Emprego da Flotação a Ar Dissolvido no Tratamento de Cursos D'água: Avaliação de Desempenho da Estação de Tratamento dos Córregos Ressaca e Sarandi Afluentes à Represa da Pampulha. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 2007.

GRINSPUM, Gabriel Rodrigues. Metamorfose da Várzea Paulistana: energia, saneamento e urbanização. Orientadora: Anália Maria Marinho de Carvalho. 2014. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2014.

JORGE, Janes. Tietê. O rio que a cidade perdeu 1890-1940. São Paulo: SVMA, 2017.

PÁDUA, José Augusto; CHAMBOULEYRON, Rafael. APRESENTAÇÃO - Movimentos dos rios / movimentos da História. Rev. Bras. Hist., São Paulo, v. 39, n. 81, p. 15-24, ago. 2019.

SEABRA, Odette Carvalho de Lima. Urbanização e industrialização: rios de São Paulo. Labor e Engenho, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 37-48, mar. 2015.

SETOR FLORESTAL BRASILEIRO E A FORMAÇÃO DO PAÍS⁴

Júlia Benfica Senra⁵

RESUMO: Este trabalho tem por objetivo refletir sobre o setor florestal brasileiro desde sua formação até a atualidade e apresentar suas semelhanças com aspectos fundamentais da formação do país, como características de latifúndio, monocultura, exportação e trato da terra. Busca também apresentar a influência desse processo sobre o manejo florestal biodiverso e a interação entre o setor agrícola e o setor florestal.

PALAVRAS-CHAVE: setor florestal brasileiro; latifúndio; monocultura.

ABSTRACT: This work aims to reflect on the Brazilian forestry sector from its formation to the present and to present its similarities with fundamental aspects of the formation of the country, such as characteristics of latifundia, monoculture, exports and land treatment. It also seeks to present the influence of this process on biodiverse forest management and the interaction between the agricultural sector and the forestry sector.

KEYWORDS: Brazilian forestry sector; latifundia; monoculture.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21909756

⁴ Este texto foi extraído do trabalho final da disciplina ECO5040 – Leituras Clássicas da Formação Social Brasileira (Esalq/USP), ministrada pelo professor Adalmir Leonidio no primeiro semestre de 2020.

⁵ Doutoranda no programa de Ecologia Aplicada da Esalq/USP, mestre em Geografia pela UFMG e Engenheira Florestal pela UnB. E-mail: juliabenficas@usp.br

A incorporação do Serviço Florestal Brasileiro (SFB) - criado em 2006 - pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), em 2019, parece ressaltar que prevalece a visão produtivista sobre a floresta em relação à visão conservacionista. Apesar de se dizer que ambas estão aliadas. Serão essas antagônicas? Se tais visões já estivessem aliadas, por que a saída do SFB do Ministério do Meio Ambiente? O Código Florestal Brasileiro - reformulado em 2012 - o qual dispõe sobre questões relativas à proteção da vegetação nativa e à exploração florestal, é visto pelo MAPA como estratégico e fundamental para a agricultura brasileira. Este posicionamento remete às origens da relação entre floresta e agricultura no país.

O Brasil, por ser uma potência florestal e, ao mesmo tempo, ter grandes problemas ambientais e socioambientais, revela um paradoxo. A visão de caminhões carregados de troncos pela estrada e incêndios avassaladores, desperta um incômodo geral na população, mídia e governantes. Entretanto, tal desconforto por vezes não gera reflexões e associações sobre a causa dos fatos. O modo de vida das pessoas no país, majoritariamente urbano e capitalista, gera pressões como a exploração ilegal de madeira e o desmatamento para produção de outros bens. Os diversos usos da floresta fazem parte da história da humanidade e são imprescindíveis para sua sobrevivência. Porém, somente a proteção de algumas florestas intactas para a destruição total de outras já se demonstrou inviável. Reconhecer a importância das florestas biodiversas e manejá-las responsávelmente é um desafio e uma necessidade para a manutenção da vida.

De acordo com Dean (1996), a primeira atividade econômica desenvolvida pelos colonizadores no Brasil foi a exploração do pau-brasil. Amostras dessa árvore foram enviadas a Portugal logo em 1500. No início do século XVII, aproximadamente 2 milhões de árvores pau-brasil já haviam sido extraídas, o que afetou 6 mil km² de Mata Atlântica. A madeira de pau-brasil esteve em destaque nas exportações brasileiras até a segunda metade do século XIX.

Importantes escritores brasileiros fizeram o esforço de caracterizar o Brasil colonial e imperial, e sua formação como país. Freyre (2003), Buarque (1995) e Prado Jr. (1961) retratam a origem do trato da terra em forma de latifúndios de monocultura agrícola. À primeira vista, tudo aqui era desequilíbrio, uma terra de excessos e deficiências, o solo era visto em grande parte como rebelde à disciplina agrícola e os rios eram outros inimigos da regularidade do esforço agrícola. Os matagais eram vistos como quase impossíveis de aproveitamento econômico, bem como locais de larvas, insetos e vermes nocivos ao homem (FREYRE, 2003).

Ao mesmo tempo que era visto como positivo o não necessário de esforço pela abundância de produtos espontâneos, por outro lado condenava-se essa pujança pelas formas de vida vegetal e animal vistas como danosas. Consideradas como inimigas de toda cultura

agrícola organizada e do trabalho sistemático e regular. Apenas em parte, a biodiversidade e as águas foram consideradas prestadoras de funções civilizadoras, como para a comunicação fluvial entre as regiões. Muitos dos colonos que se tornaram grandes proprietários rurais não tinham amor pela terra ou gosto pela sua cultura (FREYRE, 2003).

Em contraposição à agricultura indígena - que era vista como plantações espáças de mandioca, amendoim, além de um ou outro fruto - a iniciativa particular foi responsável pelas grandes plantações no Brasil. Predominava no regime escravocrata o latifúndio. Foi este regime econômico que tornou possível o desenvolvimento do Brasil, com relativa estabilidade em relação aos países vizinhos. Desenvolvimento que não foi sem custos para suas fontes naturais de nutrição e vida. A monocultura latifundiária, principalmente de cana-de-açúcar, mesmo após a abolição da escravidão, persistiu em alguns pontos do país, ainda mais esterilizante e absorvente do que no regime anterior (FREYRE, 2003).

Ao sistema de lavoura estabelecido se deveu a ânsia de prosperidade sem custo, e, em sua maioria, a fixação de um colono sem zelo carinhoso pela terra. A grande lavoura praticada não teria sido realizável sem terra para gastar e arruinar. A pujante vegetação florestal era vista pelos colonizadores como obstáculo, por dificultar o manejo de resíduos durante a produção (BUARQUE, 1995). Prevalece, ainda hoje, a percepção de floresta nativa como entrave à produção e ao lucro, devido aos desafios com maquinários e otimizações de processos.

Um traço importante da relação com a terra apontado por Prado Jr. (1961), é que o colono veio para o Brasil como empresário de um negócio rendoso, um dirigente de produção, e não como trabalhador. A colônia era uma vasta empresa comercial, “destinada a explorar os recursos naturais de um território virgem em proveito do comércio europeu” (PRADO JR., 1961, p.25). A grande propriedade monocultural foi feita para a exploração agrícola em larga escala. A agricultura tropical, tendo como único objetivo produzir alguns gêneros de grande valor comercial e muito lucrativos, sempre foi voltada para o exterior e meramente fornecedora do comércio internacional. A civilização aqui iniciada com a colonização tem como nervo econômico a agricultura (PRADO JR., 1961).

Os colonos queriam se servir da terra como usufrutuários, e não como senhores, apenas para a desfrutarem e a destruírem. O predomínio do ruralismo foi antes uma escolha dos colonos do que uma imposição do meio. As plantações foram feitas a partir das queimadas de mata virgem como recurso, sem a ocorrência de outros métodos de desbravamento, nem mesmo o confronto do rendimento de um hectare por outros processos foi considerado (BUARQUE, 1995). Entretanto, a enxada também foi utilizada, pois alguns estavam convictos de que o arado

e o fogo podiam destruir um solo florestal. Buarque (1995, p.70) afirma que “a lavoura entre nós continuou a fazer-se nas florestas e a custas delas”.

Em busca de propriedades naturais do solo, a mata densa desaparecia pelo fogo. Além deste objetivo, a destruição da floresta também acontecia pelo consumo descontrolado e indiscriminado de lenha. A falta dela era um dos motivos mais comuns para o abandono de um engenho, pois este contava com os recursos naturais abundantes do entorno para sua produção, por exemplo, com as reservas de um solo virgem protegido pela exuberância da vegetação (PRADO JR., 1961). Prado Jr. (1961, p.130) ressalta que “a devastação da mata em larga escala ia semeando desertos estéreis atrás do colonizador, sempre em busca de solos frescos que não exigissem maior esforço de sua parte”.

Mesmo com a Independência do Brasil, o processo histórico brasileiro continuou com o sistema de produção colonial. As primeiras décadas do século XX no Brasil revelam a contradição entre um velho mundo rural e agrícola e o novo mundo moderno que se pretendia construir. A crise desse velho mundo também se refletia no aspecto econômico, pois a economia agrária estava fortemente ligada ao mercado internacional e qualquer flutuação a desestabilizava internamente (LEONIDIO, 2010).

A autenticidade brasileira era relacionada a um país rural e aristocrático, tendo como base a grande família patriarcal e escravocrata. A visão da monocultura da cana como responsável por empobrecer o solo, consumir muita água, tomar lugar das florestas e tirar a vida de homens e animais interfere na discussão de outros monocultivos. Tal desequilíbrio contribui para relações arrogantes e de desprezo pelo mundo natural ao redor. Por outro lado, essa cana plantada a perder de vista foi a matriz de uma civilização e de um ideal de brasiliade que ainda persiste (LEONIDIO, 2010).

A história florestal brasileira também pode ser contada considerando as florestas plantadas. O reflorestamento da Tijuca e a revegetação de morros fluminenses no século XIX, e o reflorestamento em São Paulo, com caráter econômico no início do século XX, são exemplos de registros da influência humana na composição da vegetação (LEÃO, 2000).

Além da busca pela restauração florestal, nos anos 40 o eucalipto já estava difundido no estado de São Paulo, e após a transição das máquinas movidas à lenha para o diesel, esta árvore passou a ter outras utilidades, como a produção de celulose e papel, e painéis de madeira. Em 1961 o Brasil já possuía 560 mil hectares de plantações de eucalipto, e 80% estavam no referido estado. Espécies do gênero *Pinus* também começaram a ser plantadas no Brasil desde os anos 20, seus usos variam entre extração de resina, produção de celulose, fabricação de móveis, chapas e placas (LEÃO, 2000).

A indústria de celulose e papel começou a se desenvolver no país nos anos 50, por meio de estímulos do governo, e se beneficiou de florestas nativas, principalmente a araucária, e da grande demanda de países compradores. Nos anos 70 ganhou força com o Programa Nacional de Papel e Celulose. A celulose proveniente do eucalipto era novidade na época e aos poucos o país ganhou reconhecimento como fornecedor mundial. O setor tem competitividade externa por ter alta produtividade dos reflorestamentos, matéria-prima de qualidade e baixo custo de mão-de-obra. Esta indústria é somente baseada em florestas plantadas (LEÃO, 2000).

Atualmente no Brasil os principais segmentos da indústria com base florestal são celulose e papel, madeira sólida (serrada, painéis, móveis, carvão vegetal e lenha), resinagem, borracha natural, castanha-do-pará, babaçu e erva-mate. O uso múltiplo dos recursos florestais ainda é incipiente. Restrito ao uso da madeira para construção civil, ferramentas, embalagens, utilização industrial e medicinal de resinas e princípios ativos. Além desses usos que são subutilizados, existem também recursos indiretos, como mel de abelhas e criação de animais, bem como fins recreativos e coleta de outros alimentos (LEÃO, 2000).

A maior parte das remessas de madeira serrada para o exterior é proveniente da região amazônica. Nas últimas décadas tem-se buscado uma substituição gradativa pela madeira proveniente de áreas plantadas (LEÃO, 2000). Tratando-se de região amazônica e de usos múltiplos das florestas, cabe mencionar o manejo indígena realizado desde antes do “descobrimento” até os dias de hoje.

Além dos produtos arbóreos e das plantas cultivadas em consórcio, a floresta amazônica como um todo fornece inúmeros gêneros, como outras plantas medicinais e aromáticas, além de animais (CLEMENT, 2019). Produtos múltiplos que existem também em outros biomas brasileiros.

Instituições e legislações foram criadas ao longo do tempo para regulamentar e incentivar às atividades florestais. Por exemplo, o Código Penal de 1890 mencionava superficialmente as florestas, aplicando penas ínfimas a quem provocasse incêndios. Já o Código Civil transparecia que as florestas não eram um bem econômico passível de proteção. A Constituição de 1891 limitava-se a transferir a legislação sobre florestas aos estados. Em 1921 foi criado o Serviço Florestal do Brasil no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, para produção de mudas e pesquisas, sem poder de fiscalização ou abrangência nacional. O primeiro Código Florestal é de 1934, este abrangia matas nacionais e particulares, e visava regulamentar a exploração vegetal (LEÃO, 2000).

A Escola Nacional de Florestas foi criada em 1960 e instalada em Viçosa, Minas Gerais, e posteriormente foi transferida para Curitiba, Paraná. No mesmo período, uma nova versão

mais abrangente do código florestal foi aprovada em 1965. Dentre as mudanças, o novo código permitia a reposição florestal em todos os estados brasileiros e a utilização de espécies exóticas nestes plantios. Em 1966 houve a aprovação da lei de incentivos fiscais, e com ela as empresas podiam abater até 50% do valor do imposto de renda para investir em reflorestamento. Logo após, em 1967 houve a criação do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. Com esses acontecimentos, os anos 60 contribuíram significativamente para o desenvolvimento florestal do país (LEÃO, 2000).

Apesar de já existir o manejo de florestas nativas, após todos esses acontecimentos, o reflorestamento tornou-se uma atividade em larga escala no país. A economia baseada na floresta mais expressiva atualmente se dá por meio de florestas plantadas. Estima-se que 455 milhões de hectares, dos 851 milhões de hectares do território nacional, são propriedades privadas. O setor de florestas plantadas ocupa cerca de 7,84 milhões de hectares, sendo 5,6 milhões de plantios de eucalipto e 1,6 milhão de plantio de pinus. Esses plantios fornecem matéria-prima para uma variedade de produtos, como madeira (painéis, móveis), papel, celulose e biomassa (IBÁ, 2018).

Em decorrência da legislação, a cada hectare plantado para fins comerciais, cerca de 0,7 hectare é destinado para a conservação, em áreas de Reserva Legal (RL), Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Particulares de Patrimônio Natural (RPPNs). Além disso, o plantio em mosaico é uma técnica que permite a formação de corredores ecológicos e um melhor fluxo gênico das espécies entre as florestas nativas e plantadas. A adoção de sistemas voluntários de certificação também melhora as condições socioambientais dos plantios, pois exige o cumprimento de quesitos em diversas áreas. Cerca de 5,5 milhões de hectares manejados de plantios comerciais são certificados no país (IBÁ, 2018).

Geralmente os plantios ocorrem em áreas já consolidadas, degradadas ou com pastagens de baixa produtividade (IBÁ, 2018). Ressalta-se que as datas e as condições para permissão de usos das terras foram sendo alteradas ao longo do tempo. Então, é importante ter uma visão crítica sobre os benefícios e malefícios das instalações de plantios, pois o argumento é que florestas nativas não foram cortadas nesses lugares, mas há casos em que elas poderiam ser regeneradas. Outro alerta para além do uso de espécies exóticas, é o uso da modificação genética de árvores, que cada dia ganha mais espaço.

A semelhança entre o monocultivo de cana e de árvores não é pouca, talvez por isso as florestas estão sendo vistas cada vez mais como parte do agronegócio do que como da natureza. “A produção de cana-de-açúcar e de florestas plantadas são casos particulares onde setores

geram diversos produtos, dentre eles etanol e biomassa, além de produzir energia com subprodutos que contribuem para reduzir impactos do processo produtivo.” (IBÁ, 2018, p. 12).

A floresta assume valores culturais para muitos atores sociais, como povos tradicionais e pesquisadores. Todavia, muitos políticos e economistas consideram a floresta como um empecilho ao desenvolvimento nacional. Tendo valor econômico apenas como solo, nutrientes e espaço após a derrubada para o agronegócio ou extração mineral (CLEMENT, 2019).

Adicionar as florestas à agricultura tradicional parece um caminho convencional considerando a trajetória de formação do país. Assim, mantém-se a antiga exploração da terra, nos moldes latifundiários e monoculturais, ao mesmo tempo que se agrada os clientes cativos internacionais. Como dizia Prado Jr. (1961, p.113) “a nossa economia se subordina inteiramente a este fim”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS: O país parece ter caminhado na direção de um setor florestal mais organizado e atuante, bem como na pesquisa e no investimento em espécies exóticas e nativas. Entretanto, o modelo em sua maioria segue latifundiário, monocultural e voltado para demandas externas.

A exploração predatória das florestas brasileiras existe desde o início da colonização. Atualmente, Mata Atlântica e Cerrado perderam mais da metade de sua composição. O desmatamento ilegal, principalmente na Amazônia, persiste até os dias de hoje e a monocultura de árvores exóticas triunfa na indústria florestal. Os outros biomas vêm sofrendo cada um à sua maneira a devastação crescente. Será que o manejo responsável e biodiverso, há muito empreendido por populações tradicionais, e estudado nas escolas de Engenharia Florestal, terá vez ou continuará como casos isolados?

Já existem iniciativas como o plantio em consórcio com outras espécies nativas, o plantio em mosaico, o manejo da floresta nativa em pé, a utilização de produtos não madeireiros e outras práticas mais biodiversas. No entanto, a mentalidade de usufrutuário permanece nos empreendimentos florestais, e a visão de menor esforço contribui para o atraso de compreensão da complexidade de uma floresta.

A floresta é um sistema complexo, composto por plantas, animais – incluindo as pessoas - microrganismos, minerais, diversas substâncias químicas e suas interações entre si. As manifestações públicas de legislações e instituições acompanharam os movimentos progressistas e conservadores de entendimento e utilização da floresta. Porém, se observa predominantemente nos tomadores de decisão a manutenção da mentalidade colonial que objetiva desfrutar e destruir os bens naturais.

Um país com nome de árvore e detentor da maior biodiversidade do planeta oferece a oportunidade de ressignificação da relação entre as pessoas e as florestas. Seguirá sendo um Brasil simbolicamente e economicamente de uma árvore só? *Caesalpinia echinata?* *Eucalyptus grandis?*

Referências:

- CLEMENT, Charles R. Da domesticação da floresta ao subdesenvolvimento da Amazônia. Grupo de Estudos Estratégicos Amazônicos, Cadernos de Debate, v.14, p. 11-52, 2019. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.
- DEAN, Warre. A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.
- FREYRE, Gilberto. Casa-Grande e Senzala. 48^a Edição São Paulo: Global Editora, 2003.
- HOLANDA, Sérgio. B. Raízes do Brasil. 26. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.
- IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. Florestas plantadas e a conservação da biodiversidade. 2018. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/outros/outreach-final.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.
- LEÃO, Regina M. A floresta e o homem. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000.
- LEONIDIO, Adalmir. Natureza e representação nacional no Brasil dos anos 1930. Fênix–Revista de História e Estudos Culturais. Janeiro, v. 7, 2010.
- PRADO JR., Caio. Formação do Brasil contemporâneo. São Paulo: Brasiliense, 1961.

PANORAMA HISTÓRICO DOS RELATÓRIOS DE SUSTENTABILIDADE NOS 30 ANOS DA RIO 92 E 25 DA GRI

Renato A. Lupianhi¹; Tomás A. B. Ramos²; Alexandre T. Igari³

1 – Renato Augusto Lupianhi. Universidade de São Paulo. renato.lupianhi@usp.br

2 – Tomás Augusto Barros Ramos. Universidade NOVA de Lisboa. tabr@fct.unl.pt

3 – Alexandre Toshiro Igari. Universidade de São Paulo. alexandre.igari@usp.br

RESUMO: Em 2022 completam-se aniversários de marcas importantes no sentido da governança internacional para a responsabilidade social corporativa (RSC), desempenhada pelas organizações através da publicação voluntária de relatórios de sustentabilidade (RS): três décadas da Rio 92, e o quarto de século da criação da *Global Reporting Initiative* (GRI). Assim, o objetivo deste trabalho é traçar um panorama histórico dos últimos 30 anos contemplando os principais esforços de governança internacional que sucederam a Rio 92 voltados para a produção de RS pelas organizações, delineando um paralelo de como tais esforços influenciaram a evolução das práticas de RS pelas empresas, mais especificamente os relatórios de sustentabilidade GRI. A metodologia seguiu uma revisão de literatura narrativa contemplando artigos acadêmicos, capítulos de livros e documentos oficiais que abordam o tema deste trabalho. Pelo lado dos esforços internacionais de governança, citam-se eventos como a publicação da Agenda 21 (resultante da Rio 92), o Pacto Global das Nações Unidas e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Pelo lado da RSC, observa-se a consolidação da GRI como principal forma de confecção de RS globalmente pelas grandes e médias empresas neste século.

Palavras-Chave: Governança Internacional, Rio 92, Responsabilidade Social Corporativa, Relatórios de Sustentabilidade, GRI.

ABSTRACT: 2022 marks anniversaries of important brands in terms of international governance for corporate social responsibility (CSR), performed by organizations through the voluntary publication of sustainability reports (SR): three decades of Rio 92, and the fourth of century since the creation of the Global Reporting Initiative (GRI). Thus, the objective of this paper is to draw a historical overview of the last 30 years, contemplating the main efforts of international governance that succeeded Rio 92 aimed at the production of SR by organizations, outlining a parallel of how such efforts influenced the evolution of SR practices by the companies, more specifically the GRI sustainability reports. The methodology followed a narrative literature review contemplating academic articles, book chapters and official documents that address the theme of this paper. On the side of international governance efforts,

events such as the publication of Agenda 21 (resulting from Rio 92), the United Nations Global Compact and the Sustainable Development Goals are cited. On the CSR side, the consolidation of GRI as the main framework of SR production globally by large and medium-sized companies in this century can be observed.

Keywords: International Governance, Rio 92, Corporate Social Responsibility, Sustainability Reports, GRI.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21909762

Introdução: Em termos gerais o conceito de responsabilidade social corporativa (RSC), está associado ao reconhecimento pelas empresas que suas atividades interferem um conjunto maior do que apenas seus acionistas e sócios (*shareholders*), levando-as para a busca de sua legitimidade junto às partes interessadas (*stakeholders*), por meio da admissão da responsabilidade sobre as consequências de suas operações, tais como impactos e externalidades ambientais (Borger, 2019).

A produção de relatórios de sustentabilidade (RS) intensificou-se nas últimas três décadas e tem servido como uma relevante maneira com que instituições têm praticado a RSC, tornando tais documentos importantes ferramentas de estratégia corporativa e publicidade de práticas para a sustentabilidade das organizações (Opferkuch, Caeiro, Salomone & Ramos, 2021; Rosati & Faria, 2019; Ramos, Cecílio, Douglas & Caeiro, 2013; Fifka, 2013; Lozano, 2013). No âmbito da RSC, os RS são elaborados baseando-se em ações voluntárias das corporações que demonstram informações quantitativas e qualitativas sobre a gestão ambiental, econômica e social de suas operações, fazendo dos RS instrumentos aos *stakeholders* para que esses possam realizar avaliações e tomar decisões (Barbieri, 2016; Ramos et al., 2013; Lozano & Huisingsh, 2011; Roca & Searcy, 2012; Daub, 2007, Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável [WBCSD], 2002).

Diante desse cenário, o ano de 2022 é marcante dentro da visão histórica ambiental, pois nele completam-se 30 anos da Conferência da Organização das Nações Unidas (ONU), sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio 92). A Rio 92 é uma das balizas fundamentais no escopo da governança internacional para a RSC (em especial a voltada para a dimensão ambiental), e influenciou desdobramentos importantes, entre eles a criação da *Global Reporting Initiative* (GRI), que em 2022 completa 25 anos e constitui-se de uma das principais maneiras utilizadas desde então para a confecção de RS, os relatórios de sustentabilidade GRI (RS-GRI) (Roca & Searcy, 2012; Lozano & Huisingsh, 2011; Klettner, Clarke & Boersma, 2013). Assim, o objetivo deste trabalho é traçar um panorama histórico das últimas três décadas dos principais esforços de governança internacional voltados para as divulgações ambientais realizadas pelas corporações, delineando um paralelo em como tais esforços reverberaram na evolução das práticas de RS-GRI pelas empresas).

Metodologia: Para atender ao objetivo proposto, fez-se uma revisão de literatura narrativa contemplando artigos acadêmicos, capítulos de livros e documentos oficiais. Devido à limitação de tamanho deste resumo expandido, escolheu-se tais documentos objetivando narrar os principais acontecimentos históricos sem a pretensão de abranger todos os eventos

que sucederam-se dos esforços internacionais de governança voltados para as divulgações ambientais desde a Rio 92 e a proeminência da prática de RS através dos RS-GRI.

Divulgações ambientais nos esforços da governança global pós-Rio 92: A Agenda 21 constituiu um dos resultados da Rio 92 e abordou a transformação do conceito de desenvolvimento sustentável (calcado em 1987, a partir do relatório “*Our Common Future*” da Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento [WCED], da ONU), numa meta global possível e aceitável, inserindo de vez as dimensões econômicas e sociais para a execução do desenvolvimento sustentável (ONU, 1987; ONU, 1992). A Agenda 21 reforçou o importante papel a ser desempenhado pelas empresas e indústrias para o alcance do desenvolvimento sustentável através de diferentes iniciativas, entre elas: (1) encorajamento para a produção de relatórios anuais dos registros ambientais, uso de energia e recursos naturais, e da implementação de códigos de conduta de promoção das melhores práticas ambientais; e (2) necessidade da ampla disponibilidade de informações para as tomadas de decisão de *stakeholders*, realçando a importância do estabelecimento de padrões para o manejo de tais informações (ONU, 1992).

Anos mais tarde, em 2000, com o apoio da Assembleia Geral da ONU tem-se a criação do Pacto Global das Nações Unidas (PGNU [UNGC, na sigla em inglês]), com a proposta de encorajar as organizações a adotarem práticas de RSC proativamente. O PGNU operacionalizou-se a partir de dez princípios sendo que as organizações que aderissem voluntariamente se comprometiam a alinhar suas estratégias e operações nas áreas de direitos humanos, trabalho, meio ambiente e anticorrupção (Rede Brasil do Pacto Global [RBPG], 2022). No que tange ao meio ambiente, o princípio 8 do PGNU aborda o desenvolvimento de iniciativas para promover maior responsabilidade ambiental, tendo como eixo ações das organizações no sentido de medir, acompanhar e comunicar o progresso da incorporação de princípios de sustentabilidade nas práticas de negócios, incluindo a produção de relatórios, assegurando a transparência e o diálogo imparcial com *stakeholders* (UNGC, 2022).

Já em 2015, a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável foi um dos resultados da Cúpula do Desenvolvimento Sustentável da ONU e apresentou os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), a serem atingidos entre 2015 e 2030 em substituição aos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. O ODS 12 disserta sobre o consumo e produção responsáveis e seu item 12.6 encoraja as companhias a integrar as informações de sustentabilidade em seus ciclos de relatórios (ONU, 2015). Atualmente as organizações que integram o PGNU também assumem a responsabilidade de contribuir para o alcance dos ODS

(RBPG, 2022), resultando em sinergias das práticas empresariais para o alcance do princípio 8 do PGNU e o ODS 12.

As práticas de relatórios de sustentabilidade pós-Rio 92: A elaboração de RS pelas corporações acompanharam os esforços empreendidos pela governança internacional delineados anteriormente. A partir de desdobramentos da Rio 92 houve a intensificação das práticas de relatórios por empresas espalhadas globalmente e de diversos setores econômicos, em publicações que passaram a contemplar simultaneamente dimensões diferentes dos negócios senão apenas a econômica (Opferkuch et al. 2021; Hahn & Kühnen, 2013). Antes da Rio 92 as grandes organizações publicavam voluntariamente aos seus *shareholders* informações sobre meio ambiente de modo complementar às divulgações financeiras, sendo que a partir da segunda metade da década de 1990 observa-se o desenvolvimento de relatórios separados que passaram a ter em seus nomes os termos “relatório de sustentabilidade” (Opferkuch et al. 2021; Borger, 2019; Siew, 2015; Milne & Gray, 2013).

A partir da década de 1990 emergiram iniciativas marcantes para o atendimento das necessidades das empresas e diferentes entidades da sociedade civil organizada, com relação à criação de metodologias de confecção de RS e sua comunicação com *stakeholders* no sentido de viabilizar uma base conceitual de modelos, padrões, diretrizes e ferramentas de gestão (Borger, 2019; Siew, 2015; Lozano & Huisingsh, 2011; Perez & Sánchez, 2009). Desde então nota-se um crescimento mundial na produção de RS a partir de diretrizes, modelos e ferramentas criadas no período, tais como a europeia EMAS (*Eco-Management and Audit Scheme*), em 1993, a série normativa ISO 14000 em 1995, e a GRI (Ramos et al., 2013; Lozano & Huisingsh, 2011).

Um quarto de século dos Relatórios de Sustentabilidade GRI: Há exatos 25 anos, em 1997 foi criada a GRI pelas mãos da Coalizão Norte-Americana para Economias Ambientalmente Responsáveis (CERES), do Instituto Tellus, e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) (Marimon, Alonso-Almeida, Rodríguez & Alejandro, 2012). A GRI é uma instituição sem fins lucrativos que fornece diretrizes para as organizações comunicarem voluntariamente e com qualidade os impactos positivos e negativos de seus empreendimentos nos âmbitos econômicos, ambientais, sociais e de governança, possibilitando que *stakeholders* tomem decisões a partir de informações suficientes, padronizadas e passíveis de comparação entre empresas (GRI 2022; Lozano, 2013; Hahn & Kühnen, 2013; Hahn & Lülf, 2014; Fernandez-Feijoo, Romero & Ruiz, 2013; Marimon et al., 2012). Adicionalmente,

entre as mais proeminentes ferramentas para a elaboração de RS, a GRI é quem possui um escopo mais abrangente (Lozano & Huisingsh, 2011; Klettner et al. 2013). Desde a sua criação, a GRI publicou diferentes atualizações de suas diretrizes/padrões de produção de RS-GRI. As primeiras diretrizes (G1), foram publicadas em 2000, sucedidas em 2002 (G2), 2006 (G3), 2013 (G4) e 2016 (quando as diretrizes tornaram-se padrões que são os vigentes até a produção deste trabalho) (GRI 2000, 2002, 2006, 2013, 2016, 2020). Em 2021 a GRI lançou uma revisão dos padrões publicados em 2016, mas cuja vigência efetiva iniciará apenas em 2023 (GRI, 2021).

A *Klynveld Peat Marwick Goerdeler* (KPMG) – organização global de empresas de serviços profissionais voltados à prestação de atividades de auditorias e consultorias (KPMG, 2022), reconhece os RS-GRI como a forma mais utilizada mundialmente para a produção de RS, a partir da série de pesquisas “*Survey of Sustainability Reporting*”. Essa série retrata o universo de RS com base num escopo que contempla grandes e médias empresas, separando-as, a partir de suas receitas, em dois conjuntos amostrais: (1) N100 (as 100 maiores empresas em cada um dos países pesquisados); e (2) G250 (as 250 maiores empresas em todo o mundo).

Debruçando-se sobre as mais recentes pesquisas da KPMG (KPMG 2008, 2011, 2013, 2015, 2017, 2020), tem-se noção da relevância dos RS-GRI, conforme apresentado na Tabela 1. Considerando o conjunto N100, os RS-GRI têm flutuado numa representatividade mínima de 63% (ocorrida em 2017), sendo que no estudo mais recente publicado em 2020 o valor ficou em aproximadamente 66%. Já no conjunto G250, os RS-GRI foram publicados por um mínimo de 74% de organizações em 2015, sendo que no estudo mais recente sua representatividade ficou em aproximadamente 75%.

Tabela 1: Representatividade das diretrizes/padrões GRI em RS

Grupo	Ano					
	2008	2011	2013	2015	2017	2020
N100	69%	69%	78%	Não informado	63%	66%
G250	77%	80%	82%	74%	75%	75%

Fonte: Compilado de KPMG (2011, 2013, 2015, 2017, 2020).

Considerações Finais: Este trabalho teve como objetivo traçar um panorama histórico desde a Rio 92, que completa em 2022 exatos 30 anos de sua realização, dos principais esforços da governança internacional voltadas para as divulgações ambientais realizadas pelas corporações, descrevendo um paralelo em como tais esforços reverberaram na evolução das práticas de RS-GRI pelas empresas num momento em que a GRI completa um quarto de século.

Para isso utilizou-se de uma revisão de literatura narrativa contemplando artigos acadêmicos, capítulos de livros e documentos oficiais publicados no período que demonstram os eventos que sucederam a Rio 92 sobre o tema abordado, entre eles: (1) princípios e itens do PGNU e os ODS; (2) o eminent protagonismo mundial dos RS-GRI desde então, com destaque para o seu nível de aplicação em grandes e médias empresas no decorrer do século atual. Por conta deste trabalho se tratar de um panorama histórico, a principal limitação reside no fato de não abordar esmiuçadamente os eventos descritos.

Referências:

- BARBIERI, J. C. Comunicações e relatórios ambientais. In: J. C. BARBIERI, Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos (p. 370-413). São Paulo, SP: Saraiva, 2016.
- BORGER, F. G. Responsabilidade corporativa: a dimensão ética, social e ambiental na gestão das organizações. In: A. V. JÚNIOR; J. DEMAJOROVIC, (Orgs.), Modelos e ferramentas de gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações (p. 13-41). São Paulo, SP: Senac São Paulo, 2019.
- DAUB, C-H. Assessing the quality of sustainability reporting: an alternative methodological approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 15, n. 1, p. 75–85, 2007.
- FERNANDEZ-FEIJOO, B.; ROMERO, S.; & RUIZ, S. Effect of Stakeholders' Pressure on Transparency of Sustainability Reports within the GRI Framework. *Journal of Business Ethics*, v. 122, p. 53-63, 2014.
- FIFKA, M. S. Corporate Responsibility Reporting and its Determinants in Comparative Perspective – a Review of the Empirical Literature and a Meta-analysis. *Business Strategy and the Environment*, v. 22, n. 1, p. 1–35, 2013.
- GRI – GLOBAL REPORTING INITIATIVE. GRI - Mission & history. 2022. Disponível em: <<https://www.globalreporting.org/about-gri/mission-history/>>. Acesso em: set. 2022.
- GRI – GLOBAL REPORTING INITIATIVE. Consolidated Set of the GRI Standards 2021. Amsterdã, HO: Autor, 2021.
- GRI – GLOBAL REPORTING INITIATIVE. Consolidated Set of GRI Sustainability Reporting Standards 2020. Amsterdã, HO: Autor, 2020.
- GRI – GLOBAL REPORTING INITIATIVE. Consolidated Set of GRI Sustainability Reporting Standards 2016. Amsterdã, HO: Autor, 2016.

GRI – GLOBAL REPORTING INITIATIVE. G4 Sustainability Reporting Guidelines.

Amsterdã, HO: Autor, 2013.

GRI – GLOBAL REPORTING INITIATIVE. Sustainability Report Guidelines. Amsterdã, HO: Autor, 2006.

GRI – GLOBAL REPORTING INITIATIVE. Sustainability Report Guidelines. Boston, EUA: Autor, 2002.

GRI – GLOBAL REPORTING INITIATIVE. Sustainability Reporting Guidelines 2000. Boston, EUA: Autor, 2000.

HAHN, R.; & LÜLFS, R. Legitimizing Negative Aspects in GRI-Oriented Sustainability Reporting: A Qualitative Analysis of Corporate Disclosure Strategies. *Journal of Business Ethics*, v. 123, p. 401-420, 2014.

HAHN, R.; & KÜHNEN, M. Determinants of sustainability reporting: a review of results, trends, theory, and opportunities in an expanding field of research. *Journal of Cleaner Production*, v. 59, p. 5–21, 2013.

KLETTNER, A.; CLARKE, T.; & BOERSMA, M. The Governance of Corporate Sustainability: Empirical Insights into the Development, Leadership and Implementation of Responsible Business Strategy. *Journal of Business Ethics*, v. 122, p. 145-165, 2013.

KPMG – KLYNVELD PEAT MARWICK GOERDELER. Who we are - KPMG Global. 2022. Disponível em <<https://home.kpmg/xx/en/home/about/who-we-are.html>>. Acesso em: set. 2022.

KPMG – KLYNVELD PEAT MARWICK GOERDELER. The time has come: The KPMG Survey of Sustainability Reporting 2020. [s.l.]: Autor, 2020.

KPMG – KLYNVELD PEAT MARWICK GOERDELER. The road ahead: The KPMG Survey of Corporate Responsibility Reporting 2017. [s.l.]: Autor, 2017.

KPMG – KLYNVELD PEAT MARWICK GOERDELER. Currents of change: The KPMG Survey of Corporate Responsibility Reporting 2015. [s.l.]: Autor, 2015.

KPMG – KLYNVELD PEAT MARWICK GOERDELER. The KPMG Survey of Corporate Responsibility Reporting 2013. [s.l.]: Autor, 2013.

KPMG – KLYNVELD PEAT MARWICK GOERDELER. KPMG International Survey of Corporate Responsibility Reporting 2011. [s.l.]: Autor, 2011.

KPMG – KLYNVELD PEAT MARWICK GOERDELER. KPMG International Survey of Corporate Responsibility Reporting 2008. Amsterdã, HO: Autor, 2008.

LOZANO, R. Sustainability inter-linkages in reporting vindicated: A study of European companies. *Journal of Cleaner Production*, v. 51, p. 57–65, 2013.

- LOZANO, R.; & HUISINGH, D. Inter-linking issues and dimensions in sustainability reporting. *Journal of Cleaner Production*, v. 19, n. 2–3, p. 99–107, 2011.
- MARIMON, F.; ALONSO-ALMEIDA, M. M.; RODRÍGUEZ, M. P.; & ALEJANDRO, K. A. C. The worldwide diffusion of the global reporting initiative: What is the point? *Journal of Cleaner Production*, v. 33, p. 132–144, 2012.
- MILNE, M. J.; & GRAY, R. W(h)ither Ecology? The Triple Bottom Line, the Global Reporting Initiative, and Corporate Sustainability Reporting. *Journal of Business Ethics*, v. 118, p. 13–29, 2013.
- ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Report of the World Commission on Environment and Development. Nova Iorque, Estados Unidos da América: ONU, 1987.
- ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Report of the United Nations Conference on Environment and Development. Rio de Janeiro, RJ: ONU, 1992.
- ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Nova Iorque, Estados Unidos da América: ONU, 2015.
- OPFERKUCH, K.; CAEIRO, S.; SALOMONE, R.; & RAMOS, T. B. Circular economy in corporate sustainability reporting: A review of organisational approaches. *Business Strategy and the Environment*, v. 30, n. 8, p. 4015–4036, 2021.
- PEREZ, F.; & SANCHEZ, L. E. Assessing the Evolution of Sustainability Reporting in the Mining Sector. *Environmental Management*, v. 43, p. 949–961, 2009.
- RAMOS, T. B.; CECÍLIO, T.; DOUGLAS, C. H.; & CAEIRO, S. Corporate sustainability reporting and the relations with evaluation and management frameworks: the Portuguese case. *Journal of Cleaner Production*, v. 52, p. 317–328, 2013.
- RBPG - REDE BRASIL DO PACTO GLOBAL. Pacto Global. 2022. Disponível em: <<https://www.pactoglobal.org.br/a-iniciativa>>. Acesso em: set. 2022.
- ROCA, L. C.; & SEARCY, C. An analysis of indicators disclosed in corporate sustainability reports. *Journal of Cleaner Production*, v. 20, n. 1, p. 103–118, 2012.
- ROSATI, F.; & FARIA, L. G. D. Business contribution to the Sustainable Development Agenda: Organizational factors related to early adoption of SDG reporting. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, v. 26, n. 3, p. 588–597, 2019.
- SIEW, R. Y. J. A review of corporate sustainability reporting tools (SRTs). *Journal of Environmental Management*, v. 164, p. 180–195, 2015.
- UNGC - UNITED NATIONS GLOBAL COMPACT. The Ten Principles | UN Global Compact. 2022. Disponível em: <<https://www.unglobalcompact.org/what-is-gc/mission/principles>>. Acesso em: set. 2022.

WBCDS – CONSELHO EMPRESARIAL MUNDIAL PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Antecedentes. In: WBCDS, Comunicar o Desenvolvimento Sustentável: Encontrar o Equilíbrio (p. 8-9). [s.l.]: Autor, 2002.

SISTEMAS AGROFLORESTAIS, SEMIÁRIDO E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UM DIÁLOGO COM A HISTÓRIA AMBIENTAL

Amanda Guimarães da Silva¹

1 – Doutoranda pelo Programa de Pós - Graduação em História Social. Bolsista Capes. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
amandaguimaraesufc@gmail.com

RESUMO: A proteção e restauração de florestas, no Brasil e no mundo, como alternativa para a mitigação das mudanças climáticas, constitui um dos principais desafios socioambientais do tempo presente. O objetivo deste trabalho é refletir sobre a relação entre Sistemas Agroflorestais e mudanças climáticas em territórios do semiárido brasileiro, a partir do olhar da História Ambiental. Esta pesquisa é realizada a partir de territórios situados na Serra da Ibiapaba, que constitui uma das poucas regiões do Estado do Ceará com remanescentes de Mata Atlântica. A partir de uma pesquisa exploratória, esperamos propor um diálogo teórico e metodológico sobre a temática.

Palavras-Chave: Palavra-chave 1; Sistemas Agroflorestais 2; Agroecologia 3; Semiárido

ABSTRACT: The protection and restoration of forests, in Brazil and in the world, as an alternative for the mitigation of climate change, constitutes one of the main socio-environmental challenges of the present time. The objective of this work is to reflect on the relationship between Agroforestry Systems and climate change in Brazilian semi-arid territories, from the perspective of Environmental History. This research is carried out from territories located in Serra da Ibiapaba, which is one of the few regions in the State of Ceará with remnants of Atlantic Forest. From an exploratory research, we hope to propose a theoretical and methodological dialogue on the subject.

Keywords: Keyword 1; Agroforestry Systems 2; Agroecology 3; semiarid

DOI: 10.6084/m9.figshare.21909765

Introdução:

O Relatório de Avaliação *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*, publicado pelo Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2021), aponta um aquecimento global de 2º C, e seus impactos, como secas agrícolas e ecológicas severas, sobretudo, em países da América do Sul e América Central. (IPCC, P. 34). Um diálogo preocupante ocorre por meio do relatório *O vírus da fome se multiplica: uma receita mortal misturando conflitos armados, covid - 19 e crise climática acelera a fome no mundo* (2021), publicado pela Oxfam Brasil, que apresenta a previsão de 11 pessoas morrendo por minuto, até o final do ano, devido à fome intensa e estrutural. Assim, a América Central e a América do Sul experimentam períodos prolongados de secas, nos quais a agricultura e produção de alimentos sofrerão 63% dos impactos ocasionados pela aceleração das mudanças climáticas. (OXFAM, p. 2)

Com base em Donald Worster (1991) temos que a natureza, por vezes, é compreendida a partir de imagens e sensibilidades que emergem por meio de redes subjetivas de significados. Uma relação possível ocorre entre ecologia e economia, pois, “nem todos os modos econômicos são ecologicamente sustentáveis”, possuindo desdobramentos, durações e especificidades diversas. (WORSTER, p. 209 - 210) Neste sentido, François Hartog, (2014) propõe a reflexão sobre o tempo do meio ambiente, com base na compreensão dos processos de patrimonialização da natureza, empreendidos por instituições internacionais, como a ONU e a UNESCO, sobretudo, após a década de 1970. A natureza é, assim, compreendida a partir do diálogo entre patrimônio natural e cultural, tornando-se excepcional para a sociedade. (HARTOG, p. 239 - 240)

Neste sentido, o Estado do Ceará, caracterizado pelo bioma caatinga e pelo clima semiárido, possui uma população de aproximadamente 8,14 milhões de pessoas. Possui em seu território, somente, 7% de vegetação de Mata Atlântica, de onde provém uma quantidade expressiva dos alimentos consumidos no Estado.⁶ No entanto, somente no ano de 2021, existiam 3 milhões de pessoas em condição de pobreza extrema e de insegurança alimentar.⁷ Além disso, esta é uma das regiões mais afetadas pelas mudanças climáticas no Brasil, pois 19,06% do seu território encontra-se em processo avançado de desertificação, sendo o total de

⁶ INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica.** Relatório Técnico. Período 2019 - 2020. São Paulo: 2021. p. 38-39. Disponível em https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2021/05/SOSMA_Atlas-da-Mata-Atlantica_2019-2020.pdf Acesso: 18 out. 2020

⁷ NASCIMENTO, Thatiany. Com 5,1 milhões de pessoas na pobreza, CE tem 33% da população em situação extrema vivendo com R\$ 89. Diário do Nordeste. 07 de janeiro de 2021. Disponível em <<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/metro/com-51-milhoes-de-pessoas-na-pobreza-ce-tem-33-da-populacao-em-situacao-extrema-vivendo-com-r-89-1.3030635>> Acesso: 15 mai. 2022.

100% suscetível à este fenômeno⁸. Neste sentido, práticas agroecológicas baseadas em Sistemas Agroflorestais contribuem para resiliência socioecológica deste território e para o fortalecimento da diversidade de resposta destes ecossistemas. Assim, a pesquisa contribui ao pensar, coletivamente, estratégias para o enfrentamento destas questões.

A partir do relatório *Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil (2016)*, os Sistemas Agroflorestais são apontados como alternativas para a produção de alimentos, à contramão da agricultura convencional, pois protegem florestas e diminuem os processos de emissões de carbono, desflorestamento e desertificação. (CGEE, p. 21) De acordo com o *World Agroforestry Centre (2016)*, localizado em Nairobi, Quênia, os SAFS são compreendidos como “sistemas baseados na dinâmica, na ecologia e na gestão dos recursos naturais”. Possuem uma organização específica baseada na associação de elementos dentro da paisagem agrícola, como árvores e culturas alimentares. A organização social entre sujeitos e natureza, a partir de SAFs, são efetivas, pois, “diversificam e sustentam a produção com maiores benefícios sociais, econômicos e ambientais para todos aqueles que usam o solo em diversas escalas”. (INCRAF, P. 22)

Material e Métodos:

Com base em François Dosse (2012), temos que a história do tempo presente possui diálogos entre o presente e a longa duração. A especificidade desse tempo histórico, em detrimento da história imediata, por exemplo, reside no que chamam de “a contemporaneidade do não contemporâneo” ou a análise do espaço de experiência existente. (DOSSE, p. 06) A partir dos estudos de Donald Worster (1991), é possível pensar sobre a relação entre história ambiental e economia pois, “o historiador ambiental deseja saber que papel a natureza teve na moldagem dos métodos produtivos e, inversamente, que impactos esses métodos tiveram na natureza.” (WORSTER, p. 209).

Jacques Revel (2018), por sua vez, ao refletir sobre as escalas de análise e a diversidade de espaços, tempos e experiências, aponta a micro história como metodologia de reflexão, pois, “as séries documentais particulares podem sobrepor-se na duração como no espaço, permitindo-nos assim encontrar o mesmo indivíduo em contextos sociais diferentes (REVEL, p. 22). José Pádua (2010), assim, reflete sobre a história ambiental e sua disposição nas longas e curtas durações. Ao propor exercícios de história ambiental situados na curta duração, o autor aponta

⁸ Áreas Fortemente Degradadas em Processo de Desertificação. Funceme: 13 jun 2018. Disponível em <<http://www.funceme.br/?p=1739#:~:text=De%20acordo%20com%20o%20%C3%BAltimo,de%20lrau%C3%A7uba%20e%20seus%20circunvizinhos>>. Acesso: 15 mai 2022.

a importância de compreender “a presença de grandes escalas na constituição dos fenômenos que estão sendo analisados (...) seja no aspecto natural (...), seja no da formação de populações e sociedades humanas que nela e com ela interagem. (PÁDUA, p. 88).

Assim, Verena Alberti (2014) reflete sobre metodologias de pesquisa a partir da história oral, que incorporada às pesquisas contemporâneas, contribui pois “o relato pessoal deixou de ser visto como exclusivo de seu autor, tornando-se capaz de transmitir uma experiência coletiva, uma visão de mundo tornada possível em determinada configuração histórica e social”. É necessário, contudo, cuidados específicos, pois faz-se necessário “preparar a entrevista, contatar o entrevistado, gravar o depoimento, transcrevê-lo, revisá-lo e analisá-lo”, sendo necessários investimentos de tempo e dinheiro. (ALBERTI, 2014, p. 163 - 165)

Essas reflexões são importantes pois, em conjunto, permitem refletir sobre os diálogos entre História do Tempo Presente e História Ambiental, assim como, aproximações e distanciamentos entre os conceitos de Estado, Economia, Sociedade Civil e Costume e seus desdobramentos no tecido social. São importantes a partir de delimitações metodológicas, como a micro história, que permite pensar realidades locais e os diálogos com outras experiências, assim como, a história oral, que permite pensar experiências sociais situadas no tempo e no espaço. Esperamos expandir e aprofundar as possibilidades teóricas, historiográficas e metodológicas de reflexões.

Resultados:

A pesquisa é desenvolvida a partir da experiência de organização social empreendida pela *Rede EcoCeará de Agroecologia*, formalizada em 2017 por agricultoras e agricultores familiares, associações comunitárias, sindicatos, consumidores, ONGs e instituições de ensino superior. Essa rede surge com a finalidade de praticar alternativas contrárias ao modelo de produção e consumo convencional de alimentos, a partir de práticas agroecológicas, em parte, baseadas em Sistemas Agroflorestais. Em conjunto, a rede tem como princípios a promoção da agricultura ecológica e sustentável, integrada aos limites planetários, a igualdade de gênero, bem como a convivência com o semiárido. Alguns pontos norteadores da Rede EcoCeará são [1] *Estratégias de Comercialização*; [2] *Certificação Participativa (OCS e SPG)*; [3] *Gênero e Ecofeminismo*. Atualmente, é composta por famílias de diversos territórios do Estado do Ceará, como a Serra da Ibiapaba, o Maciço do Baturité, e áreas em processo de desertificação, como o Sertão dos Inhamuns e o Sertão Central. (MANUAL GUIA REDE ECOCEARÁ, 2020, p. 05 - 07)

A partir de algumas atividades de campo, foi possível mapear agricultores e agricultoras familiares que utilizam práticas agroecológicas baseadas em sistemas agroflorestais, assim como, compreender alguns aspectos de produção de alimentos relacionados com costumes e tradições. Por meio de entrevistas e visitas, foi possível compreender também, aspectos relacionados com a organização em grupos, atividades festivas, como festas da colheita, assim como aspectos relacionados com a biodiversidade local, por meio das casas de sementes e das culturas alimentares cultivadas e consumidas. A pesquisa encontra-se em fase inicial de revisão de literatura pertinente ao tema, assim como, construção de sumário de fontes e alinhamento de instrumentos teóricos e metodológicos de pesquisa.

Discussão:

Pensando as florestas como objeto importante em nossas investigações, temos com base no *Atlas da Mata Atlântica*, publicado pelo *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE* (2019), temos que o Estado do Ceará concentrava, neste período, 7,40% de bioma de Mata Atlântica, situada em territórios como o Maciço de Baturité e a Serra da Ibiapaba. (INPE, p. 38 - 39) No entanto, alguns estudos como os apresentados em *Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil* (2016), apontam áreas situadas na região Nordeste e os processos de desertificação existentes, destacando regiões cearenses, como o Sertão dos Inhamuns e o Sertão Central, por exemplo, como “núcleos de desertificação”, pois o “processo de degradação da cobertura vegetal e do solo alcançou uma condição de irreversibilidade, apresentando-se como pequenos desertos.” (CGEE, p. 21)

Os Sistemas Agroflorestais são percebidos em diálogo profícuo com os Sistemas Agroalimentarios, sendo compreendido em diversas áreas do conhecimento como alternativas contemporâneas para a conservação de ecossistemas. Possuem impactos positivos para a recuperação de áreas degradadas, por meio da produção de alimentos a partir de associação de culturas. Podemos apontar os estudos de Altamir Schembergue *et al* (2017), situados dentro das ciências econômicas, que pensam as relações entre sistemas agroflorestais e variáveis econômicas e agronômicas; os estudos de Tatiana Parreira Martins *et al* (2014), situados dentro das ciências biológicas, que pensam as implicações de associações de culturas diversas e sua incidência na recuperação de reservas legais, assim como, a importância de espécies e manejos para cada território. Ou estudos situados em áreas como engenharia florestal, como o de Roncal Garcia, Sandra *et al* (2008), que pensam o sequestro de carbono a partir de sistemas agroflorestais situados em comunidades indígenas, em territórios no México.

Assim, com base em José Pádua (2015), é importante refletir sobre territórios e

territorialidades a partir “[do] contexto de vivências cotidianas dos seres humanos com um caleidoscópio de formas de vida, solos, climas, cursos de água, etc”, inseridos em “(...) espaços ecológicos concretos, transformados em ‘lugares’ pela vivência coletiva das sociedades” (PÁDUA, p. 238) Em diálogo com Denis Desjardins e Gerardo Salcido (2019), do ponto de vista das ciências econômicas, temos que os Sistemas Agroalimentarios, conceito empreendido em 1990, comprehende o vínculo entre produção, serviço, agricultura, território, produtores e consumidores, com maiores benefícios biofísicos, econômicos, sociais e culturais. Refletem sobre os atores e redes envolvidas, assim como a relação econômica, social e cultural com o território de produção. (REQUIER; SALCIDO, p. 119 - 132)

Do ponto de vista das ciências econômicas, os estudos de Marcio Pochmann (2008) apontam como as políticas públicas e leis produzidas ao longo dos séculos XIX e XX contribuíram para o fortalecimento de dois modelos predominantes de estrutura agropecuária, a saber, a empresarial, com culturas relacionadas com trigo, soja, milho e arroz, e a de subsistência, com culturas relacionadas com a mandioca e o feijão, que em conjunto, não possuem diálogos entre si. (POCHMANN, p. 146) Em um diálogo com Denis Desjardins e Gerardo Salcido (2019), com estudos inseridos nas ciências econômicas, uma questão central nos circuitos alimentares na América Latina, no século XXI consiste na relação entre grandes produtores, com produções especializadas e monocultoras; e pequenos e médios camponeses e agricultores familiares, que enfrentam desigualdades no acesso ao mercado de comercialização de alimentos. (REQUIER; SALCIDO, p. 119 - 132)

Pensando o território do Ceará, com base em Frederico de Castro Neves (2000), temos que ao longo do século XVIII e XIX, a produção cearense era destinada, em sua maioria, para a agricultura de subsistência. Quando não, a pouca produção de algodão era direcionada para o mercado externo ou trocada por produtos essenciais. A economia agropastoril, com pouco capital investido, pouca mão de obra e muita terra é compreendida como a organização econômica tradicional existente neste território. Em períodos de seca, a soberania alimentar dos povos era profundamente afetada, sendo a fome um elemento presente no imaginário social cearense. (NEVES, p. 43) Assim, pensando o território cearense, com base em Eurípedes Funes e Kênia Rios (2019), temos que o século XIX foi acompanhado pela teoria do progresso e da aceleração da produção, de modo que o semiárido foi percebido como um espaço inóspito e de natureza hostil. Deste modo “(...) as tragédias climáticas apontam para o semiárido como território de pobreza e do flagelo, elementos que dificultavam a participação do semiárido no tempo do moderno e do progresso.” (RIOS; FUNES, p. 208)

Em conjunto, essas reflexões contribuem ao direcionar nossa atenção para a compreensão sobre as imagens e sensibilidades sobre a natureza, em sua dimensão sujeito e espaço físico, assim como, sobre os movimentos contemporâneos de patrimonialização do meio ambiente. São importantes, também, ao apresentarem chaves de compreensão relacionadas com a história agrária brasileira, com recorte para a região Nordeste. Contribuem, também, para a compreensão sobre os movimentos do Estado para acesso à terra, a organização econômica agrária ao longo dos séculos e os impactos sobre a biodiversidade alimentar em diversos territórios. Propõem, em conjunto, reflexões relacionadas com o tempo do semiárido cearense, em uma perspectiva de povos, territórios, biodiversidade, aspectos físicos e climáticos, com possibilidades de análises a partir dos diálogos entre sistemas agroalimentares e sistemas agroflorestais.

Conclusão:

Acreditamos que a pesquisa exploratória apresentada contribui com as discussões relacionadas com os estudos de História Ambiental, devido ao diálogo interdisciplinar entre Territorialidades e Globalidades. O diálogo entre recorte geográfico específico e experiências sociais em diversos países da América Latina, contribui para a reflexão sobre os impactos e desdobramentos das mudanças climáticas em curso em regiões do semiárido. Assim como a pesquisa científica contribui para criação de políticas públicas voltadas para a construção de sociedades sustentáveis. Podemos citar estratégias para superação da fome em territórios com vulnerabilidades socioeconômicas; práticas de mitigação de fenômenos como desflorestamento e desertificação; assim como metodologias de mapeamento socioambiental em comunidades camponesas. Por meio de uma análise em escala, com especificidades sociais, econômicas e geográficas, esperamos refletir sobre as relações entre seres humanos e espaço biofísico ao longo do tempo.

Referências:

- ALBERTI, Verona. Fontes Orais: Histórias dentro das Histórias. In: PINSKY, Carla Bassanezi (orgs). *Fontes Históricas*. São Paulo: Contexto, 2014.
- ALTAMIR Schembergue et al. Sistemas Agroflorestais como Estratégia de Adaptação aos Desafios das Mudanças Climáticas no Brasil. *Rev. Econ. Sociol. Rural.* N. 55 (1). Jan-Mar 2017. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/resr/a/Wh4yNYqTzKtYhXXST8QFCTF/?lang=pt>> Acesso: 02 ago 2021.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE) Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil. Brasília: CGEE, 2016. P. 21. Disponível em <https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/DesertificacaoWeb.pdf> Acesso: 18 out. 2020.

DOSSE, François. História do Tempo Presente e Historiografia. Revista Tempo e Argumento. vol. 4, núm. 1, enero – jun, 2012, p. 5-23.

FUNDAÇÃO CEPEMA. Manual Guia Rede EcoCeará de Agroecologia e convivência com o Semiárido. Rede EcoCeará. Fortaleza: Fundação Cepema. 2017.

HARTOG, F. Regimes de historicidade: presentismo e experiências do tempo. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica. Relatório Técnico. Período 2019 - 2020. São Paulo: 2021. p. 38-39. Disponível em https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2021/05/SOSMA_Atlas-da-Mata-Atlantica_2019-2020.pdf Acesso: 18 out. 2020

INSTITUTO SOCIEDADE, POPULAÇÃO E NATUREZA (ISPNE) / CENTRO INTERNACIONAL DE PESQUISA AGROFLORESTAL (INCRAF). Restauração Ecológica com Sistemas Agroflorestais: como conciliar preservação com produção. Opções para Cerrado e Caatinga. Brasília, 2016. P. 22

FUNDAÇÃO CEPEMA. Manual Guia Rede EcoCeará de Agroecologia e convivência com o Semiárido. Rede EcoCeará. Fortaleza: Fundação Cepema. 2017.

MARTINS, Tatiana Parreiras et al. Sistemas agroflorestais como alternativa para as reservas legais. Rev. Ambient. soc. N. 17 (3). Set 2014. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/asoc/a/PTxQk86pRxYtpphMQpG8L9x/?lang=pt#>> Acesso: 02 ago. 2021.

NEVES, Frederico de Castro. A multidão e a História: saques e outras ações de massas no Ceará. Rio de Janeiro: Relume Dumará. Fortaleza: Secretaria da Cultura e do Desporto, 2000. p. 43

OXFAM BRASIL . O vírus da fome se multiplica: uma receita mortal misturando conflitos armados, covid - 19 e crise climática acelera a fome no mundo.: 2021. Disponível em <<https://www.oxfam.org.br/especiais/o-virus-da-fome-se-multiplica/>> Acesso: 13 ago. 2021.

PÁDUA, José Augusto. A Mata Atlântica e a Floresta Amazônica na construção do território brasileiro: estabelecendo um marco de análise. Revista de História Regional. 20 (02), 2015, p. 232 – 251.

_____, José Augusto. As bases teóricas da História Ambiental. Dossiê Teorias Socioambientais. Estudos Avançados. Vol. 24 (68), 2010.

POCHMANN, Marcio. O emprego no desenvolvimento da nação. São Paulo: Boitempo, 2008, p. 138.

REVEL, Jacques. Microanálise e Construção do Social. REVEL, Jacques (orgs.) Jogos de Escalas: a experiência da microanálise. Rio de Janeiro: Editora Fundação Getúlio Vargas, 2018, p. 15 - 38.

REQUIER - DESJADINS, Denis; SALCIDO, Gerardo Torres. Sistemas Agroalimentários Localizados (SIAL) y circuitos cortos en América Latina. IN: GUIBERT, Martine; SABOURIN, Eric (orgs.) Ressources, Inégalités et Développement des Territoires Ruraux En Amérique Latine, Dan La Caraíbe et en Europe. Instituto des Amériques (idA), et al: 2019. p. 119 - 132. Disponível em <https://institucional.ufrrj.br/portalcpda/livros-docentes-cpda/> Acesso: 10 ago. 2021

RIOS, Kenia Sousa; FUNES, Eurípedes. História Ambiental: desafio do tempo presente.

REIS, Tiago Siqueira (orgs.) Coleção História do Tempo Presente. Roraima: Editora UFRR, 2019, P. 208.

RONCAL-GARCIA, Sandra et al. Sistemas agroflorestais e estoque de carbono em comunidades indígenas de Chiapas, México. INCI [online]. 2008, vol.33, n.3, pp. 200-206. Disponível em <http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-18442008000300009&script=sci_abstract&tlang=pt> Acesso: 02 ago. 2021.

WORSTER, Donald. Para fazer história ambiental. Estudos Históricos, Rio de Janeiro, vol. 04., n. 08, 1991, p. 210.

A IMPORTÂNCIA DO PARQUE ESTADUAL DA SERRA DE CALDAS NOVAS PARA O ESTADO DE GOIÁS

Auto Neto¹; Joana Castro²

1 – Auto de Paula Rodrigues Neto. Universidade Estadual de Goiás. ndp.netodepaula@gmail.com

2 – Joana D'arc Bardella Castro. Universidade Estadual de Goiás. joanabardellacastro@gmail.com

RESUMO: O primeiro parque criado pelo estado de Goiás se consolida como a unidade de conservação mais visitada na região. Inserido dentro dos municípios de Caldas Novas e Rio Quente, o Parque Estadual da Serra de Caldas Novas faz parte do bioma Cerrado e devido as inúmeras características e particularidades atrai visitantes como pesquisadores, educadores, cientistas e esportistas. Criado em 1970 e com a revisão concluída do seu Plano de Manejo em 2021, o PESCaN tem sua gestão concentrada pela Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento do Estado de Goiás. O presente trabalho tem como objetivo destacar o Parque Estadual da Serra de Caldas Novas como uma importante Unidade de Conservação para o Cerrado Goiano. Sendo assim, é válido identificar, quais seriam os destaques do PESCaN para Goiás? Foi utilizado como método de pesquisa a bibliografia, onde é possível estudar documentos publicados em periódicos, em plataformas de pesquisa e em sites oficiais como o IBGE e o IMB. Os resultados alcançados na pesquisa foram os destaques do bioma Cerrado, sua história e legislação, seu recente plano de manejo, sua localização privilegiada, seus aspectos físicos, biológicos e estruturais e por fim, sua atividade turística. Conclui-se que o PESCaN além de ser uma Unidade de Conservação importante para o bioma Cerrado, também se destaca por ser um atrativo turístico ambiental mesmo próximo de uma região muito forte em águas termais.

Palavras-Chave: Bioma Cerrado; Unidade de conservação; Caldas Novas; Rio Quente; PESCaN.

ABSTRACT: The first park created by the state of Goiás is consolidated as the most visited conservation unit in the region. Inserted within the municipalities of Caldas Novas and Rio Quente, the Serra de Caldas Novas State Park is part of the Cerrado biome and due to its numerous characteristics and particularities, it attracts visitors such as researchers, educators, scientists and sportsmen. Created in 1970 and with the review of its Management Plan completed in 2021, PESCaN is managed by the Secretary of the Environment and Development of the State of Goiás. The present work aims to highlight the Serra de Caldas Novas State Park as an important Conservation Unit for the Cerrado Goiano. Therefore, it is valid to identify, what would be the highlights of PESCaN for Goiás? Bibliography was used as a research

method, where it is possible to study documents published in journals, on research platforms and on official websites such as IBGE and IMB. The results achieved in the research were the highlights of the Cerrado biome, its history and legislation, its recent management plan, its privileged location, its physical, biological and structural aspects and, finally, its tourist activity. It is concluded that PESCaN, in addition to being an important Conservation Unit for the Cerrado biome, also stands out for being an environmental tourist attraction even close to a very strong region in thermal waters.

Keywords: Cerrado biome; Conservation unit; Caldas Novas; Rio Quente; PESCaN.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21909777

Introdução: Os parques são áreas verdes destinadas ao lazer, entretenimento e à recreação dos indivíduos que residem em sua proximidade, também são preservação dos recursos ambientais naturais, que são extensas áreas localizadas fora dos limites urbanos que visam a preservação da fauna e da flora (LOBODA; ANGELIS, 2005).

O Parque Estadual da Serra de Caldas Novas está inserido no bioma Cerrado, o segundo maior da América do Sul, ocupando 1.983,017 km² presentes em todo território brasileiro, representando 23,30% (IBGE, 2019).

O PESCAN foi criado em 25 de setembro de 1970 pelo governo do estado de Goiás por meio da Lei Estadual nº 7.282/70, na qual a lei determina como apontado por Albuquerque (1998, p.116) que “a sua área comprehende não só o topo, mas também suas fraldas e encostas, sendo toda a área considerada de preservação permanente e proibida a sua alienação ou exploração no topo ou em parte”, na qual visa proteger uma das regiões mais belas do estado e de maior ocorrência de águas termais do Brasil.

Por ser o parque estadual que mais atrai turistas em Goiás e o pioneiro criado pelo estado, estando localizado em uma das regiões mais visitadas por turistas nacionais e estrangeiros, o PESCaN possui características que o faz ser atrativo e possuir particularidades específicas em relação a outros recursos naturais e que podem lhe tornar referência à mesmo nível turístico que as águas termais da região do Meia Ponte.

O estudo tem como objetivo destacar o Parque Estadual da Serra de Caldas Novas como uma importante Unidade de Conservação para o Cerrado Goiano. Sendo os municípios de Caldas Novas e Rio Quente destaque internacionais pelos belos *resorts* beneficiados pelas águas termais da região, quais seriam os destaque do PESCaN para Goiás?

Material e Métodos: Gil (1988) apresenta como caráter exploratório quando se objetiva proporcionar maior esclarecimento com relação ao objeto de estudo e discussão quanto aos estudos levantados. Ainda Gil (1988, p. 45), defende que as pesquisas exploratórias têm como objetivo:

[...] proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. [...] Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. Seu planejamento é, portanto, bastante flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado. Na maioria dos casos, essas pesquisas envolvem: a) levantamento bibliográfico; [...] c) análise de exemplos que “estimulem a compreensão” (Sellitz et al., 1967, p.63).

Os documentos para pesquisa bibliográfica se deram através da mídia eletrônica, no portal Capes, SciELO, Web Of Science, anais de congressos e periódicos de revistas científicas.

Os dados secundários foram coletados em pesquisas nas plataformas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Mauro Borges (IMB) e Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento, Sustentável do Estado de Goiás (SEMAD).

Resultados: O território brasileiro é formado pelos biomas Amazônia, Caatinga, Pantanal, Mata Atlântica e Pampa, sendo cada um com característica, atributos e belezas distintas, abrigando diferentes tipos de vegetação e de fauna (MMA/BRASIL, 2022). Ribeiro e Walter (2008), caracterizam o bioma como diferentes fitofisionomias, com formação campestres: Campo Limpo, Campo Sujo e Campo Rupestre; formação savânica: Vereda, Palmeiral, Parque do Cerrado e Cerrado sentido Restrito; e florestais: Cerradão, Mata Seca, Mata de Galeria e Mata Ciliar.

O Ministério do Meio Ambiente (MMA), considera o Cerrado como ou *hotspot* mundial de biodiversidade, explicando que o Cerrado representa:

“[...] extrema abundância de espécies endêmicas e sofre uma excepcional perda de habitat, especialmente devido a instalação e desenvolvimento de atividades agropecuárias. De acordo com o Terra Class Cerrado de 2018, restam 49,9% da área do Cerrado coberta por vegetação natural. O bioma também tem importante papel social: muitas populações sobrevivem de seus recursos naturais, incluindo etnias indígenas, geraizeiros, ribeirinhos, babaqueiras, vazanteiros e comunidades quilombolas que, juntas, fazem parte do patrimônio histórico e cultural brasileiro, e detêm um conhecimento tradicional de sua biodiversidade (MMA/BRASIL, 2022).

De acordo com Britto (2003), em 1872 nos Estados Unidos da América, o Parque Nacional de Yellowstone foi o primeiro parque a ser criado pelo Estado; já o pioneiro parque brasileiro a ser criado foi em 1937, sendo o Parque Nacional do Itatiaia, na cidade de Itatiaia no estado do Rio de Janeiro (HASSLER, 2005), em Goiás, o primeiro parque a ser criado foi justamente o objeto de estudo dessa pesquisa, o Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCaN). Atualmente, o estado de Goiás, possui um total de 54 Unidades de Conservação (UC), sendo 27 parques, compostos por 2 parques nacionais, 9 parques estaduais e 16 parques municipais, como cita Mendes (2007, p.21).

De acordo com a Semad (2021), o Governo de Goiás possui 24 unidades de conservação (UC) e 21 reservas particulares de patrimônio natural (RPPN) sob sua gerência, correspondendo a 3,74% do território goiano protegido e o Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCaN) faz parte do grupo gerenciado.

Após 18 anos de existência do parque, foi criado o plano de manejo, na qual foi elaborado em 1998 e revisado em 2021 pela SEMAD, muito decorrente pela abertura do parque aos turistas em 1995. De acordo com a Sistema Estadual de Unidade de Conservação (SEUC) e em conformidade com o Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC), o plano de

manejo é o documento técnico mediante o qual fundamenta nos objetivos gerais de uma unidade de conservação (SEMAP, 2021). O plano de manejo é o documento formal que define as diretrizes de gestão do recurso ambiental (PESCaN), como o seu zoneamento e o uso da área de manejo, bem como a implantação das estruturas físicas ao parque, como detalhado pela Semad (2021, p.9).

A versão final do plano de manejo do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas teve a sua versão final produzida entre os meses de julho e agosto de 2021 com participação de 30 representantes do setor público, privado e do terceiro setor na oficina do plano de manejo, realizada com 9 encontros remotos (devido ao covid-19) gerida pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAP), que tem por missão “gerenciar as unidades de conservação e proteger o patrimônio natural e promover o desenvolvimento sustentável do estado de Goiás.

A Serra de Caldas Novas, que leva o nome do parque é privilegiada pela sua localização, ficando entre Goiânia (177 km) e Brasília (320 km), posição que favorece para a visitação de turistas. Como mencionado por Ramos e Oliveira (2008, p. 61), a Serra de Caldas está a 1.043 metros acima do nível do mar e pertence a microrregião Meia Ponte, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O Parque Estadual da Serra de Caldas Novas possui superfície de 12.256,60 hectares e perímetro de 43.152,7138,34 metros, sendo seu território distribuído entre os municípios de Caldas Novas ocupando 97,78% do seu território; em Rio Quente, ocupando 2,34% de seus limites; e de Marzagão com uma minúscula parcela, sendo ocupada 0,08%, suas coordenadas geográficas são “*Lat 17° 47' 34,69"S | Long 48° 42' 1,97"W*”, pertencendo ao bioma Cerrado, com registo na Zona Rural, CEP: 75.690-000, Caldas Novas – GO, possuindo contatos via telefone fixo, e-mail, site oficial e mídias sociais (SEMAP, 2021, p.11).

Ramos e Oliveira (2008, p. 61) mostram que a Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento de Goiás (SEPLAN, 2004) classifica e destacam as cidades de Caldas Novas e Rio Quente sendo os municípios que mais atraem turistas em Goiás, juntamente com Pirenópolis e Goiás Velho, porém, a atenção que Caldas causa ao turista, o leva a visitar e conhecer o PESCaN, sendo atraídos pelos aquíferos termais, se consolidando como o mais importante polo turístico das Águas Quentes a nível nacional e internacional (Goiás, 2004).

O Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCaN) está localizado na mesorregião do Sul Goiano que possuem 1.530.775 habitantes (IMB, 2022) na microrregião do Meia Ponte na qual concentram uma população de 418.379 habitantes das 21 cidades que o compõe (IMB, 2022).

Ribeiro e Valter (2008) e Lima et al (2010) descrevem o Parque Estadual da Serra de Calda Novas destacando as suas características por formações campestres, savânicas e florestais, se insere no bioma Cerrado com sua vegetação característica no Plantô da Serra como cerrado *stricto sensu*. Os campos rupestres, cerradão, veredas e matas de galerias é encontrado nos florais rochosos, próximo aos córregos e nascentes (NOVAES, 1983; MAGNANO et al., 1983; LOPES et al., 2009).

Silva e Toschi (2016), descreve em sua pesquisa por meio da SEMARH/GO (2014, p.10) que “o topo da serra possui um cume aplainado (platô), uma chapada elipsoidal com eixos medindo aproximadamente 15 km de extensão por 9 km de largura, situada á 1.043 metros de altitude em relação ao nível do mar.” Mendes (2007) referencia Lima-Ribeiro at al. (2006) que “no topo da serra encontra-se uma vegetação típica do bioma Cerrado *sentido restrito* ocorrendo sobre vários tipos de latossolos.”, ainda complementa que:

“[...] nas encostas há um mosaico de fitofisionomias que vão desde Cerradão, Cerrado sentido restrito, Campo Sujo e Campo Limpo, Campo Rupestre, Vereda em locais úmidos e Matas de Galeria junto aos córregos que nascem na Serra. Devido às ações antrópicas que a Serra já sofreu a região apresenta um ambiente alterado (LIMA-RIBEIRO et al. 2006) (MENDES, 2007, p. 27).

Silva e Toschi (2016), apresentam que as atividades que mais demandam atenção dos visitantes são os atrativos turísticos de lazer, educação e recreação, sendo os principais a Trilha da Cascatinha com 716 metros; a Trilha do Paredão com 1.161 metros; o Museu da Fauna e a Rua da Pedra.

Assim como outras cidades do Brasil e do estado de Goiás, o turismo é a principal receita do município de Caldas Novas e Rio Quente (BELISARIO, 2005). Mesmo o PESCaN sendo uma unidade de conservação, o desenvolvimento de atividades turísticas é válida para o parque (SCHERL et al. 2006 e COSTA, 2022) desde que de forma planejada, monitorada e manejado se torna uma estratégia valiosa a favor da conservação ambiental, cultural e histórica, fortalecendo o desenvolvimento econômico da região RUSCHAMANN, 1997).

Conclusão: Com inúmeras características apresentadas do PESCaN, bem como as suas particularidades, o Parque Estadual da Serra de Caldas Novas se destaca pelo o seu recente plano de manejo totalmente atualizado e concluído; sua localização privilegiada em todas as esferas sediada no centro do país, de fácil acesso no centro-oeste, próximo as principais capitais Goiânia e Brasília e inserida no coração do cerrado goiano; seus aspectos físicos e biológicos lhe diferencia de outros parques e atrai pesquisadores e cientistas; sendo uma unidade de conservação acompanhada de perto pelo seu gestor (SEMAD); suas atividades turísticas são

decorrentes dos turistas que vem com interesse nas atividades econômicas das cidades vizinha e mesmo assim tem seu destaque, e economicamente contribui muito para a economia local para pequenas famílias na região, se destacando como principal parque estadual de Goiás por diversos fatores.

Agradecimentos: Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais do Cerrado da Universidade Estadual de Goiás (RENAC/UEG).

Referências:

- ALBUQUERQUE, C. Caldas Novas: ecológica. Caldas Novas, Kelps, 1998, 284 p.
- BELISÁRIO, A. M. D. A Serra de Caldas Novas como Elemento Simbólico: paisagem e territorialidade. In: Anais III Colóquio os territórios do turismo no Estado de Goiás. Universidade Federal de Goiás, Campus II, Goiânia, 2005a.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Bioma Cerrado. [Brasília]: MMA, 28 jan. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/cerrado>>. Acesso em: 17 set. 2022.
- BRITO, M. C. W. Unidades de conservação: intenções e resultados. 2^a ed. São Paulo: Annablume: Fapesp, 2003.
- COSTA, P. C. Unidades de Conservação: matéria-prima do ecoturismo. São Paulo: Aleph, 2002.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 1988. Souza PDR, 2018. Potencialidades Turísticas Eco Esportivas na Região das Águas Termais do Estado de Goiás. Goiás. Universidade Estadual de Goiás.
- HASSLER, M. L. A importância das unidades de conservação no Brasil. In: Sociedade & Natureza. Uberlândia, Brasil, v. 17 n.33, p. 79-89, 2005.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019. Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250.000. Rio de Janeiro, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 168 p. (Relatórios metodológicos, v. 45).
- IMB. Instituto Mauro Borges. Disponível em: <https://www imb go br/index php?option=com_content&view=article&id=95&catid=32&Itemid=179>. Acessado em 17 set. 2022.
- LIMA, T. A.; PINTO, J. R. R.; LENZA, E. PINTO, A. S. Florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em uma área de cerrado rupestre no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás. Biota Neotropica, v. 10, n. 2, 2010.

- LOBODA, C. R.; ANGELIS, B. L. D., 2011. de. Áreas Verdes Públcas Urbanas: Conceitos, usos e funções. Ambiênci, Guarapuava, v. 1, n.1, jan./jul. 2005, p. 125-139. Disponível em: <ÁREAS VERDES PÚBLICAS URBANAS: CONCEITOS, USOS E FUNÇÕES | Loboda | AMBIÊNCIA (unicentro.br)>. Acesso em: 09 de junho de 2011.
- LOPES, S. F.; VALE, V. S.; SCHIAVINI, I. Efeito de queimadas sobre a estrutura e composição da comunidade vegetal lenhosa do cerrado sentido restrito em Caldas Novas, GO. Revista Árvore, Viçosa, v.33, n.4, p. 695-704, 2009.
- MAGNAGO, H.; SILVA, M. T. M.; FONZAR, B. C. Vegetação. In: PROJETO RADAM BRASIL, Folha SE. 22 – Goiânia. Rio de Janeiro, p. 577-636, 1983.
- MENDES, P. C. B. Turismo e Meio Ambiente no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas – GO (PESCAN). 2007. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2007.
- NOVAES, A. S. S. Pedologia. In: PROJETO RADAMBRASIL, Folha SE. 22-Goiânia. Rio de Janeiro, 1983 p. 413-576.
- RAMOS, L. M. J.; OLIVEIRA, S. de F. (2008). REFLETINDO A EDUCAÇÃO AMBIENTAL E O ECOTURISMO: UMA ANÁLISE DO PLANO DE MANEJO DO PARQUE ESTADUAL DA SERRA DE CALDAS NOVAS/GO A PARTIR DO PROGRAMA DE USO PÚBLICO. REMEA - Revista Eletrônica Do Mestrado Em Educação Ambiental, 21. <https://doi.org/10.14295/remea.v21i0.3036>
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In SANO, S. M.; ALMEIDA, 2008.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In Cerrado: ecologia e flora (S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). Embrapa Cerrados, Planaltina. p.151 -212.
- RUSCHAMANN, D. V. M. Turismo e planejamento sustentável: a proteção do meio ambiente. Campinas: Papirus, 1997.
- SCHERL, L.; WILSON, A.; WILD, R.; BLOCKHUS, J.; FRANKS, P.; McNEELY, J.; McSHANE, T. As áreas protegidas podem contribuir para a redução da pobreza? Oportunidades e limitações. International Union for Conservation of Nature - IUNC, 2006.
- SEMAD, 2021. Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas. Goiânia - GO: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento, Sustentável do Estado de Goiás (Semad), 96p.
- SILVA, A.; TOSCHI, M. (2016). Compreensões de meio ambiente e práticas ambientais dos visitantes do parque estadual Serra de Caldas Novas – PESCaN. Élisée - Revista De

Geografia Da UEG, 5(1), 222-245. Recuperado de
<https://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/view/4198>.

GT 3

Governança, Políticas Públicas, Direito Ambiental e Educação Socioambiental

LIXO NAS REDES: DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS COLETADOS PELOS PESCADORES ARTESANAIS

Nicole Russo Guerrato¹; Leandra Regina Gonçalves²

1 – Nicole Russo Guerrato. Universidade Federal de São Paulo. nicole.guerrato@unifesp.br

2 – Leandra Regina Gonçalves. Universidade Federal de São Paulo.
goncalves.leandra@unifesp.br

RESUMO: O lixo no mar é um problema de grande visibilidade nos tempos atuais. A gravidade dessa realidade e a intensidade do seu impacto na zona costeira e marinha tem estimulado ações e discussões em diversas instituições e fóruns regionais, nacionais e internacionais. Recentemente, buscando fomentar o assunto, a Organização das Nações Unidas (ONU) incluiu estratégias de enfrentamento da poluição no mar na Agenda 2030. Para além do debate sobre o impacto do lixo no mar e na biodiversidade, a quantidade de lixo nas redes de pesca tem intensificado situações de conflito ambiental prejudicando o modo de vida de comunidades costeiras. Deste modo, entende-se como essencial avaliar a dimensão do conflito ambiental enfrentado pelos pescadores artesanais impactados pelo lixo que é capturado nas redes de pesca, e discutir estratégias de governança que possam contribuir com a sustentabilidade, e qualidade de vida das populações costeiras.

Palavras-Chave: Conflito ambiental; diagnóstico; pescador artesanal; governança ambiental.

ABSTRACT: Marine debris is a highly visible problem nowadays. The gravity of this reality and the intensity of its impact on the marine environment has stimulated actions and discussions in various institutions and regional, national and international forums. Recently, seeking to subsidize the subject, the United Nations (UN) included strategies to combat marine pollution in the 2030 Agenda. In addition to the debate on the impact of marine litter to biodiversity, the amount of marine litter found in fishing nets has intensified environmental conflict situations and hindered the livelihood of artisanal fisheries and coastal communities. In this way, it is essential to assess the dimension of the environmental conflict faced by artisanal fishermen impacted by the marine litter that is found in fishing nets, and to discuss governance strategies that can contribute to the sustainability and quality of life of coastal populations.

Keywords: Environmental conflict; diagnosis; artisanal fisherman; environmental governance.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21916149

Introdução

O lixo no mar é um problema de escala mundial, atualmente observado em todo o oceano, desde as áreas mais remotas, biota, gelo marinho, superfície e até mesmo no oceano profundo (Barnes *et al.* 2010; Ryan 2015; Law 2017; Waller *et al.* 2017). Estima-se que 4–12 milhões de toneladas de plástico entram no oceano anualmente, e sem o gerenciamento adequado dos resíduos, a quantidade cumulativa de lixo plásticos no oceano deverá aumentar para até 250 milhões de toneladas até 2025 (Jambeck *et al.* 2015).

Na busca de soluções práticas, o tema vem ganhando importância na agenda internacional. Um dos exemplos é o objetivo 14 da Agenda 2030 da ONU (UN, 2015). O lixo no mar é um dos grandes motivadores da Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (2021-2030) e reverbera no cenário nacional, amparado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010), também no estado de SP pela Política Estadual de Resíduos Sólidos (São Paulo 2006) que serviu de base para o Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo (São Paulo, 2014; 2020)

O assunto é complexo por várias razões, mas em especial por ser introduzido por fontes difusas e pela difícil rastreabilidade da origem destes resíduos e também dos seus responsáveis. Em muitos casos, as estimativas são consideradas especulativas, e atividades de monitoramento e diagnóstico sobre este problema tornam-se fundamentais para buscar soluções pragmáticas.

Os danos causados pelo lixo no mar são múltiplos variando desde casos de emaranhamento e ingestão afetando a biodiversidade (Gall e Thompson 2015; Tekman *et al.* 2017); declínio no turismo em função do lixo na costa e praias (McIlgorm *et al.* 2011; Keswani *et al.* 2016); destruição de corais no fundo do mar (Kühn *et al.* 2015), disseminação de espécies invasoras (Kiessling *et al.* 2015); e entre outros como o acúmulo de contaminantes na cadeia alimentar (Li *et al.* 2016). Neste resumo destaca-se o impacto que o lixo no mar causa para a atividade pesqueira. Uma pesquisa realizada na Escócia, mostrou que 86% dos barcos escoceses reportaram problemas devido à quantidade de lixo capturado nas redes de pesca (Mouat *et al.*, 2010) e estimou que o lixo causou um impacto entre 11,7 e 13 milhões em média a cada ano, equivalente a 5% da receita total da pesca. O impacto do lixo no mar nas atividades pesqueiras pode ocorrer direta ou indiretamente, afetando as artes de pesca, as embarcações e a economia familiar (Ivar do Sul, 2005; Nash, 1992; Takehama, 1989; Pinheiro *et al.*, 2021). A captura de lixo nas redes de pesca pode: danificar os materiais, aumentar os gastos com reparos e reduzir o tempo gasto na pesca (Ivar do Sul, 2005), obstruir o equipamento, reduzindo seu potencial de captura, resultando em maior demanda por tração da embarcação para puxar as redes a bordo, exigindo mais combustível (Graça-Lopes *et al.*, 2002).

O assunto ainda é pouco explorado, mas, já nota-se um aumento de publicações sobre o tema na última década (Nash 1992; Wyles *et al* 2019). Entre 1989 e 2016, foi possível verificar que, a partir de 2012, ocorreram mais publicações científicas relacionadas ao lixo no mar e à pesca no mundo (Schneider *et., al*, 2018).

Avaliações de coletas de lixo no mar são frequentemente realizadas (Keswani *et., al.* 2016), mas não há uma visão geral quantitativa publicada que descreva o resultado dos esforços de coleta (Law, 2017). Além disso, essas revisões tradicionalmente adotam uma perspectiva que se concentra na redução de insumos e no impacto do lixo no mar no oceano, em vez de atividades a jusante para o lixo coletado (Iñiguez *et al.* 2016). No Brasil, diversos trabalhos foram realizados para quantificar e diagnosticar os resíduos encontrados na zona costeira brasileira (Andrades *et al.*, 2020; Marin *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2020), em ambos estudos mostraram a predominância do plástico nos itens encontrados na zona costeira. Dessa forma, diagnósticos são cruciais para compreender o impacto ambiental do lixo no mar, e contribuem com elementos fundamentais para a formulação de políticas públicas para problemas complexos que ocorrem em diferentes escalas de gestão e governança (Gonçalves *et al.* 2020).

Nesse sentido, este resumo apresenta os resultados parciais do diagnóstico sobre o conflito enfrentado pelos pescadores artesanais, que capturam accidentalmente lixo no mar durante a sua atividade de subsistência.

Material e Métodos:

A pesquisa ocorreu em Bertioga (SP). Em Bertioga, os pescadores artesanais de arrasto camaroeiro (Colônia Z-23), possuem representação no Conselho Gestor da APAMLC, do qual participam ativamente nos processos de tomadas de decisões e nas discussões sobre conflitos pesqueiros e territoriais na Unidade.

Além disso, apresenta intensa atividade pesqueira de arrasto camaroeiro. Entre os anos de 2016 e 2021, houveram 7.394 desembarques pesqueiros na região ao longo de todos estes anos, 352 embarcações atuantes de arrasto-duplo e arrasto-simples, e a quantidade (em kg) de pescado ultrapassou o marco de 1 milhão durante estes 5 anos, de acordo com os dados fornecidos pelo Programa de Monitoramento de Atividade Pesqueira (Relatório PMAP).

Para o monitoramento do desembarque pesqueiro, dois monitores trabalharam juntos com uma rede de pescadores que, voluntariamente concordaram em trazer os resíduos sólidos, capturados accidentalmente na rede de arrasto, até a área de desembarque. O monitoramento envolveu acompanhamento do desembarque e a triagem dos resíduos. Na triagem, os resíduos

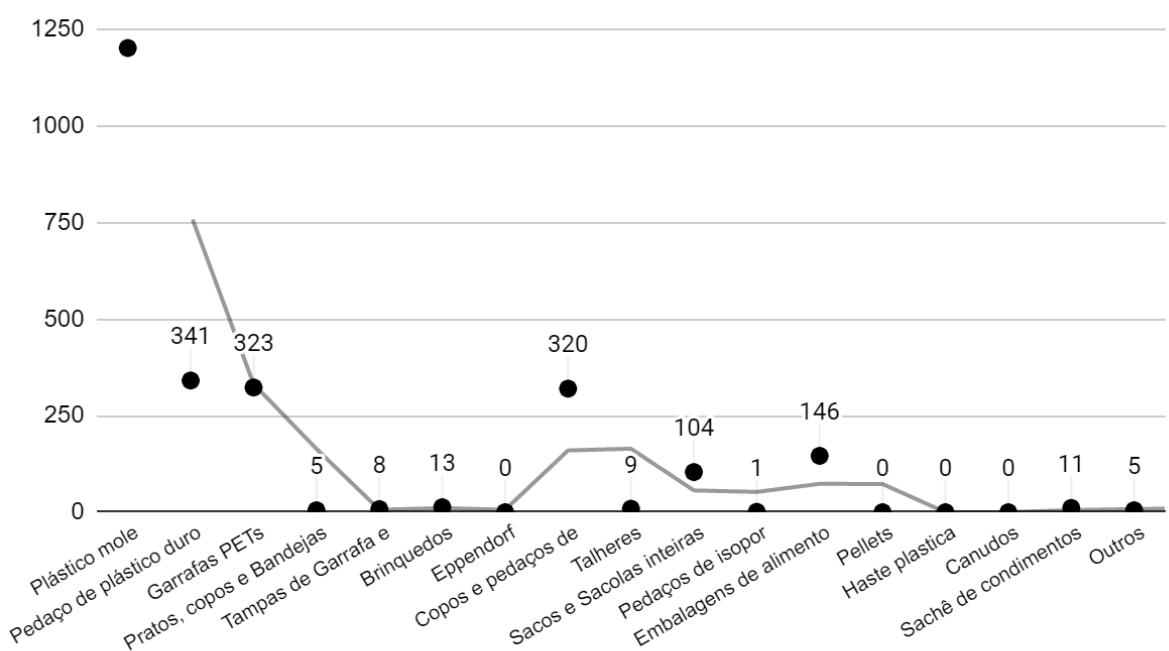
foram pesados, medidos e classificados, segundo critérios adaptados conforme proposto por Ivar do Sul (2005). As análises quantitativas serviram para entender a relação dos pescadores com o problema e contribuir para a elaboração do diagnóstico.

Foram realizadas saídas de campo diárias, durante o período de maior esforço pesqueiro, entre os meses de fevereiro até agosto, respeitando o período do defeso do camarão (Instrução Normativa IBAMA nº189/2008)

Resultados:

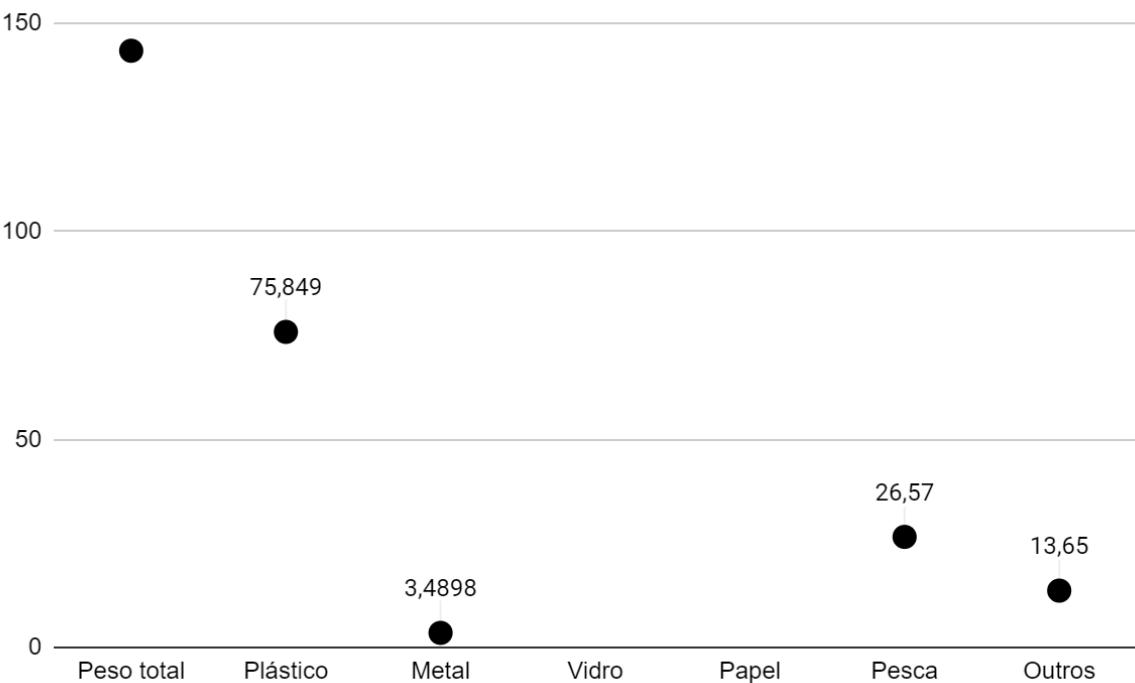
Foram recolhidos 143,43 kg de lixo do mar, destacando-se o peso mais significativo de plástico (75,84 kg) seguido de itens relacionados à pesca (26,57 kg) (Figura 1).

Figura 1 - Peso total dos resíduos, em kg (eixo Y), separado por Plástico, Metal, Vidro, Papel, Pesca e Outros (eixo X).



Os itens mais encontrados, em quantidade, foram pedaços de plásticos não definidos e já fragmentados, representando 48,31% de todo o plástico coletado. Seguido por fragmentos de plásticos duros (13,70%), e Garrafa PET (12,98%) (Figura 2).

Figura 2- Gráfico da quantidade total de resíduos recolhidos de fevereiro a agosto de 2022 (eixo Y), separado por categorias (eixo X).



Discussão:

O lixo no mar é um problema de conflito ambiental enfrentado pelas comunidades costeiras, entre elas os pescadores artesanais (Nash *et al.*, 1992; Ivar do Sul *et al.*, 2005; Pinheiro *et al.*, 2021, Graça-Lopes *et al.*, 2002). A presença significativa do lixo nas redes de pesca mostraram que este conflito é uma relação diária enfrentada pelos pescadores de arrasto camaroeiro de Bertioga.

Dos resíduos encontrados nas redes, grande parte é de origem plástica, corroborando com dados descritos na literatura, no qual entre 61% e 87% do lixo é composto por plástico (Barboza *et al.*, 2019; Tekman *et al.*, 2019). Assim como no trabalho realizado por Song e colaboradores em 2021, a maior quantidade de resíduos coletados nas redes de arrasto de fundo foram plásticos, seguidos de itens relacionados à pesca.

Além disso, é importante ressaltar que dos plásticos, majoritariamente era composto por plástico de uso único, corroborando com outro estudo realizado no Brasil do qual diagnosticou o lixo no mar proveniente das redes de arrasto de praia, que apesar de ser outra modalidade

pesqueira obteve em seus resultados quantidades significativas de plásticos de uso único quando comparado a outros itens de resíduos coletados (Pinheiro *et al.*, 2021)

Alguns itens relatados com frequência na literatura científica não foram encontrados, (i.g. eppendorf, pellets e hastes plásticas), isto pode ser devido ao tamanho da malha da rede de fundo ser superior ao tamanho dos objetos. (BRASIL,1984).

Entretanto, vale salientar que os pequenos fragmentos de plásticos representam uma quantidade significativa dos resíduos encontrados na zona costeira da baixada santista (Ribeiro, VV *et al.*, 2021). Itens menores que 2 cm podem sofrer quebras sucessivas e tornar-se itens cada vez menores, fato potencialmente impactante, principalmente porque o tamanho reduzido favorece o acúmulo no meio ambiente (Galloway, 2015; Lusher *et al.*, 2015).

A modalidade de pesca de arrasto de fundo, permite que os resíduos que são coletados nas redes já tenham um certo período de tempo no oceano, ou tenham pesos consideráveis para não boiar na superfície. Dessa forma, foi possível notar que grande parte dos resíduos já apresentavam um certo grau de decomposição e isso pode ser evidenciado pela presença de tocas de poliquetas tubícolas, representados pela família *Sabellariidae*, dos quais constroem fortes tubos de areia e formam colônias (figura 3).

Figura 3 - Tubos agregados de uma colônia de poliquetas associados aos resíduos de origem plástica.



Fonte: Fotos tiradas pela autora.

Este estudo sugere que proteger os oceanos dos impactos da poluição plástica exigirá soluções abrangentes, integração de diversos atores envolvidos para a formulação de uma política pública efetiva, uma governança multinível e transdisciplinar que abordem toda a gama de produtos que não são destinados corretamente e param no oceano. É necessário o desenvolvimento e a implementação de novas estratégias para impedir a entrada dos plásticos no oceano, visto que é estimado em 8 milhões de toneladas de resíduos plásticos adentrando no oceano anualmente (Jambeck *et al.*, 2015). Entretanto, fazer isso requer uma melhor compreensão da falha fundamental do mercado responsável pela má gestão de resíduos nessas regiões

Conclusão:

A maior parte dos resíduos são de origem plástica, seguido de itens relacionados à pesca. Os resíduos coletados nas redes de pesca são antigos, fato evidenciado pela qualidade e estágio de degradação dos materiais, impedindo muitas vezes a sua identificação. A sensibilização da sociedade sobre a importância da zona limpa e potenciais efeitos deletérios que a poluição

representa para a biota, saúde e bem estar humano são componentes essenciais nos esforços para mitigar a presença de lixo antropogênico em ambientes marinhos e costeiros. Além disso, é necessário aproximar os atores-chaves de diversos segmentos e instituições para possibilitar a governança multinível e a participação local nas tomadas de decisão e fomentar criações de políticas públicas eficazes no combate ao lixo no mar.

Referências:

- ANDRADES, R., PEGADO, T., GODOY, B.S., REIS-FILHO, J.A., NUNES, J.L.S., GRILLO, A.C., MACHADO, R.C., SANTO, R.G., DALCIN, R.H., FREITAS, M.O., KUHNEN, V.V., BARBOSA, N.D., ADELIR-ALVES, J., ALBUQUERQUE, T., BENTES, B., GIARRIZZO, T. Anthropogenic litter on Brazilian beaches: baseline, trends and recommendations for future approaches. *Mar. Pollut. Bull.* 151, 110842. 2020
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110842>. 2020
- BARBOZA, L. G. A., CÓZAR, A., GIMENEZ, B. C. G., BARROS, T. L., KERSHAW, P. J., e GUILHERMINO, L. “Macroplastics pollution in the marine environment,” in *World Seas: an Environmental Evaluation*, 2nd Edn eds, C. Sheppard. (Cambridge, MA: Academic Press);2019, 305–328.
- BARNES, D. K., Walters, A., & Gonçalves, L. Macroplastics at sea around Antarctica. *Marine environmental research*, 70(2),250-252.2020.
- BRASIL, Lei N° 12.305 Política Nacional de Resíduos Sólidos -PNRS, de 02 de agosto de 2010.
- BRASIL. Portaria N° 55, Portaria da Superintendência do desenvolvimento da Pesca-SUDEPE de 22 de dezembro de 1984.
- GALL, S. C., & THOMPSON, R. C. The impact of debris on marine life. *Marine pollution bulletin*, 2015 92(1-2),170-179.2015.
- GALLOWAY, Tamara S. Micro-and nano-plastics and human health. In: *Marine anthropogenic litter*. Springer, Cham, 2015. p. 343-366.
- GONÇALVES, L.R.; OLIVEIRA, M.; TURRA, A. Assessing the Complexity of Social-Ecological Systems : Taking Stock of the Cross-Scale Dependence. *Sustain.*, 1–22. 2020.
- IBAMA, 2008c INSTRUÇÃO NORMATIVA nº 189, de 23 de setembro de 2008. Diário Oficial da União Brasília, 24 de setembro de 2008.
- IÑIGUEZ, M.E., CONESA, J.A., FULLANA, A. Marine debris occurrence and treatment: a review. *Renewable & Sustainable Energy*. 2016

IVAR DO SUL, J.. Lixo Marinho na Areá de Desova de Tartarugas Marinhas do Litoral Norte da Bahia: consequências para o meio ambiente e moradores locais. 2005.

JAMBECK, J. R., GEYER, R., WILCOX, C., SIEGLER, T. R., PERRYMAN, M., ANDRADY, A., LAW, K. L. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771. 2015.

KESWANI, A., OLIVER, D.M., GUTIERREZ, T., QUILLIAM, R.S. Microbial hitchhikers on marine plastic debris: human exposure risks at bathing waters and beach environments. *Marine Environmental Research*. 118, 10–19. 2016.

KISSLING, T., GUTOW, L., & THIEL, M. Marine litter as habitat and dispersal vector. In *Marine anthropogenic litter* (pp. 141-181). Springer, Cham. 2015

KÜHN, S., REBOLLEDO, E. L. B., & VAN FRANEKER, J. A. Deleterious effects of litter on marine life. *Marine anthropogenic litter*, 75-116. 2015.

LAW, K. L. Plastics in the marine environment. *Annual review of marine science*, 9,205-229. 2017

LI, W. C., TSE, H. F., & FOK, L. Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. *Science of the total environment*, 566,333-349. 2016.

LUSHER, A. L., HERNANDEZ-MILIAN, G., O'BRIEN, J., BERROW, S., O'CONNOR, I., e OFFICER, R. Microplastic and macroplastic ingestion by a deep diving, oceanic cetacean: the True's beaked whale Mesoplodon mirus. *Environ. Pollut.* 199:185–191. doi: 10.1016/j.envpol.2015.01.023.2015

MARIN, C.B., NIÉRO, H., ZINNKE, I., PELLIZZETTI, M.A., SANTOS, P.H., RUDOLF, A.C., BELTRÃO, M., WALTRICK, D. de S., POLETTE, M. Marine debris and pollution indexes on the beaches of Santa Catarina State, Brazil. *Reg. Stud. Mar. Sci.* 31, 100771 <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100771.V.V>. 2019

MCILGORM, A., CAMPBELL, H. F., & RULE, M. J. The economic cost and control of marine debris damage in the Asia-Pacific region. *Ocean & Coastal Management*, 54(9), 643-651. 2011.

MOUAT, J., LOZANO, R. L., & BATESON, H.. Economic impacts of marine litter. *Kommunenes Internasjonale Miljøorganisasjon*. 2010.

NASH, A.D. Impacts of Marine Debris on Subsistence Fishermen: An Exploratory Study, *Marine Pollution Bulletin*, Volume 24, No. 3, pp.;1992.

PINHEIRO, L. M., JUNIOR, E. L., DENUNCIO, P., & MACHADO, R. Fishing plastics: A high occurrence of marine litter in surf-zone trammel nets of Southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 173,112946. 2021.

- RIBEIRO V.V, PINTO, M.A.S, MESQUITA, R.K.B, MOREIRA, L.B, COSTA, M.F, CASTRO, Í.B. Marine litter on a highly urbanized beach at Southeast Brazil: A contribution to the development of litter monitoring programs. *Mar Pollut Bull.* 2021 Feb;163:111978. doi: 10.1016/j.marpolbul.2021.111978. Epub 2021 Jan 16. PMID: 33465634.
- RYAN, P. G. A brief history of marine litter research. In *Marine anthropogenic litter* (pp. 1-25). Springer, Cham. 2015.
- SÃO PAULO. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo. Versão Preliminar. Volume I: Panorama. 2014.
- SÃO PAULO, Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Lei nº 12.300. Política Estadual de Resíduos Sólidos, de 16 de março de 2006
- SANTOS, A.A., NOBRE, F.S. de M., RIBEIRO, F., NILIN, J. Initial beach litter survey in a conservation unit (Santa Isabel Biological Reserve, Sergipe) from northeast Brazil. *Mar. Pollut. Bull.* 153, 111015 <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111015>. 2020.
- SCHNEIDER, F., PARSONS, S., CLIFT, S., STOLTE, A., & MCMANUS, M. C. Collected marine litter—a growing waste challenge. *Marine pollution bulletin*, 128, 162-174. 2018.
- TEKMAN, M. B., GUTOW, L., MACARIO, A., HAAS, A., WALTER, A., & BERGMANN, M. Alfred-wegener-institut helmholtz-zentrum für Polar-und meeresforschung. Litterbase. 2019.
- Transformando Nossa Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Texto final da Agenda 2030, aprovado na Cúpula das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, em Nova York-EUA. 2015
- WALLER, C. L., GRIFFITHS, H. J., WALUDA, C. M., THORPE, S. E., LOAIZA, I., MORENO, B., & HUGHES, K. A. Microplastics in the Antarctic marine system: an emerging area of research. *Science of the total environment*, 598, 220-227. 2017.
- WYLES, K. J., PAHL, S., CARROLL, L., & THOMPSON, R. C.. An evaluation of the Fishing For Litter (FFL) scheme in the UK in terms of attitudes, behavior, barriers and opportunities. *Marine pollution bulletin*, 144, 48-60. 2019.

GOVERNANÇA MARINHA A PARTIR DAS MARGENS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO (UCs) MARINHAS NO NORDESTE DO BRASIL

Agnes Amaral¹; Elia Cia Alves¹; Andrea Quirino Steiner³

1 – Agnes Maria Freitas Amaral. Universidade Federal da Paraíba (UFPB). agnesmfamaral@gmail.com

2 – Elia Cia Alves. Universidade Federal da Paraíba (UFPB). elia.cia@academico.ufpb.br

3 – Andrea Quirino Steiner. Universidade Federal de Pernambuco. andrea.steiner@ufpe.br

RESUMO: Qual é a importância dos atores não-estatais para as Unidades de Conservação (UCs) marinhas? Para responder a esta pergunta, comparamos duas UCs no Nordeste do Brasil, em duas etapas diferentes no tempo: a Área de Proteção Ambiental da Costa dos Corais (uma área federal bem consolidada criada em 1997 e a maior UC costeiro-marinha do Brasil) e uma UC mais recente, criada em 2018 em nível estadual, a APA Naufrágio Queimado. Os dados estão sendo coletados através de análise documental e observação participante. A comparação entre as UCs está sendo realizada utilizando MSSD (Most Similar Systems Design) e análise descritiva. Dados preliminares encontraram 11 Organizações Não Governamentais (ONGs) de proteção marinha em atividade na UC da Costa dos Corais. A maioria destas organizações está ligada a iniciativas de limpeza de praias, projetos socioambientais voltados para a conservação dos pescadores e do peixe-boi (ou seja, organizações de conscientização e educação e de manejo e conservação). A área também inclui várias colônias de pescadores. Com relação à UC Naufrágio Queimado, a implementação tem sido lenta e tem se mantido principalmente no papel. Os atores não-estatais - em sua maioria acadêmicos - pressionaram sua criação, corroborando contribuições teóricas a respeito da função de atores não-estatais na governança marinha. A percepção das interações de governança se dá considerando o desempenho principal da comunidade epistêmica e das iniciativas sociais em ação nos momentos de criação das UCs e conservação ambiental desses espaços.

Palavras-Chave: governança marinha; unidade de conservação (UC); atores não-governamentais; proteção ambiental

ABSTRACT: What is the importance of non-state actors for Brazilian marine protected areas (MPAs)? To answer this question we compare two MPAs in northeastern Brazil, in two different stages in time: the Costa dos Corais Environmental Protection Area (a well consolidated federal area created in 1997 and the largest coastal-marine MPA in Brazil) and a more recent MPA, created in 2018 at the state level, the Naufrágio Queimado EPA. The data is

being collected through documental analysis and observant participation. The comparison between the MPAs is being carried out using MSSD (Most Similar Systems Design) and descriptive analysis. Preliminary data found 11 marine protection nongovernmental organizations in activity in the Costa dos Corais MPA. Most of these organizations are linked to beach cleanup initiatives, social-environmental projects directed at fisherfolk and manatee conservation (i.e., awareness and education and management and conservation organizations). The area also includes several fisherfolk colonies. Regarding the Naufrágio Queimado MPA, implementation has been slow and it has remained a paper park. Non state actors - mostly academics - pressured its creation, corroborating theoretical contributions regarding the role of non state actors in marine governance. The perception of governance interactions takes place considering the main performance of the epistemic community and the social initiatives in active action at the moments of creation of the MPAs and environmental conservation of these spaces.

Keywords: ocean governance; marine protected area; non-state actor; environmental protection

DOI: 10.6084/m9.figshare.21916170

INTRODUÇÃO: O período entre 2021 a 2030 foi estabelecido internacionalmente pela Organização das Nações Unidas (ONU) como a Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável. A Comissão Oceanográfica Intergovernamental da UNESCO (IOC/COI-UNESCO) ganhou destaque na construção de um plano de implementação, definindo questões da literacia oceânica que necessitam ser elaboradas e aplicadas para manutenção do oceano e dos seus recursos.

É significativa a maneira como o oceano participa do ciclo hidrológico e como se conecta a todos os outros serviços que a natureza oferece, conhecidos como serviços ecossistêmicos (SE) (BOMBANA et al, 2021). A compreensão da amplitude e da importância do oceano possibilita o entendimento de que eventos que acontecem nesse espaço não trarão somente consequências localizadas. Assim, a COI/UNESCO assinala a urgência de tratar a relação com o oceano como uma problemática global (UNESCO, 2017).

Além dos governos, uma diversidade de atores não-estatais estão dispostos a participar da governança marinha. São as comunidades epistêmicas, as ONGs, o setor privado e a sociedade civil as principais menções de atores participantes. Dentre esses atores, as ONGs buscam articular-se em redes de *advocacy*, com agência na proteção de interesses públicos muitas vezes desconsiderados, como o caso de proteção e conservação ambiental (PARMENTIER, 2012). Por isso que este trabalho direcionou uma análise principalmente para a atuação de ONGs e comunidade epistêmica na governança oceânica brasileira. Discutiu-se aqui processos políticos de governança marinha nas Unidades de Conservação (UCs) marinhas da região Nordeste do Brasil. Questionando a atuação de atores não-governamentais, destacou-se a contribuição de iniciativas na conservação do oceano.

MÉTODOS: Este estudo consistiu em uma pesquisa de natureza empírica realizada com uma abordagem qualitativa. Utilizou-se análise comparada de duas UCs marinhas em diferentes estágios de estabelecimento. A partir de uma perspectiva pluri metodológica, diversas estratégias de pesquisa foram integradas para desenvolver uma análise qualitativa dos casos.

A análise comparada foi estruturada a partir de Arend Lijhart (1971) e Todd Landman (2008), que explicam o método como incentivo à descoberta de relações empíricas entre variáveis e à conquista de resultados analíticos. Essa comparação se distingue em dois tipos: Sistemas de Design Similares (MSSD) e Sistema de Design Diferentes (MDSD). Em caso de MSSD, observa-se uma comparação de casos que possuem um maior número de variáveis em

comum e estáveis, enquanto algumas poucas diferenças que se neutralizam no panorama geral (LANDMAN, 2008).

Compreende-se, então, a produção de uma análise comparada limitada entre dois casos, a partir da percepção dos MSSD, os quais possuem maior número de características em comum. O objetivo é compreender relações empíricas acerca de variáveis teóricas sobre governança marinha. Os casos da APA dos Corais (PE) e da APA Naufrágio Queimado (PB) se caracterizam como oportunidade de aplicação do método comparativo relacionando-se com o estabelecimento e a manutenção de áreas de proteção na região.

Para os procedimentos, utilizou-se a Revisão Sistemática de Literatura (RSL) sobre governança marinha brasileira. Empregou-se também um procedimento descritivo da criação e da estruturação das APAs selecionadas. Para a coleta de dados, foram consideradas fontes primárias e secundárias. Do primeiro grupo, destacam-se: documentos oficiais relativos à criação e funcionamento das UCs; de pesquisa de campo; e de entrevistas espontâneas. Das fontes secundárias, foram coletadas informações em websites institucionais, em redes sociais desses grupos e em produções acadêmicas diversas sobre as áreas.

TEORIA E CASOS: O reconhecimento dos problemas ambientais como urgentes em sua mitigação e complexos em seus impactos sociopolíticos é uma realidade que ganhou proeminência, a partir do final do século XX, principalmente, após a entrada do tema na agenda política da conferência da ONU, em 1972. Entretanto, o marco de adensamento institucional diante dos problemas ambientais é reconhecidamente a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio 92) em 1992 (O'NEILL, 2009).

Ao observar esses processos de modo específico ao oceano, destaca-se o papel da governança marinha, que surge como consequência da trajetória histórica de discussão ambiental e do reconhecimento do oceano como um espaço complexo e único. Os diferentes atores são cruciais para a compreensão de que o oceano não existe de modo exclusivo e dos seus diversos impactos. Essa visão possibilita ampliar a discussão sobre conservação ambiental, enfatizando a compreensão do oceano como um sistema socioecológico, impossibilitando a cisão dos componentes sociais e ecológicos no que tange ao oceano (BOMBANA et al, 2021).

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92), em 1992, promoveu o debate de forma intensiva acerca do uso sustentável dos oceanos. E, ademais, obteve como consequência a Agenda 21, documento com especificações para proteção do oceano. Países assinaram ainda instrumentos internacionais, dentre os quais, destacam-se a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), visando à conservação e o uso dos recursos

oceânicos. Posteriormente, a Rio+20 deu continuidade ao desenvolvimento de instrumentos regulatórios semelhantes ao da Agenda 21.

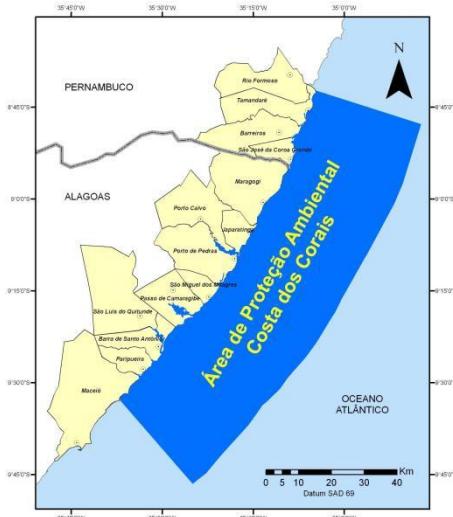
A década de 1990 ganha reconhecimento também no que tange ao conhecimento dos recursos marinhos, bem como da necessidade de soluções variadas que resolvam os problemas específicos do oceano, incentivando desenvolvimento de pesquisa e ações práticas amparadas na iniciativa da “Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável” (2021-2030) desenvolvida pela ONU.

Nesse processo de governança marinha, destacam-se as ONGs. Devido atuação no desenvolvimento da agenda política, na educação, na produção científica, na rápida resposta aos problemas e no fenômeno do *watch-dogging* (CAMPBELL et al, 2016), são percebidas como atores de *advocacy*, protegendo interesses específicos e contribuindo para uma convergência de normas sociais e culturais (KECK, SIKKINK, 1999; PARMENTIER, R., 2012). A realidade brasileira se enquadra nessa discussão, porque, apesar da participação social encontrar disposição legal em diversos instrumentos como na Constituição Federal e na Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), existem lacunas entre esses dispositivos e a prática inclusiva na criação e aplicação de políticas públicas marinhas. Esses vácuos são intensificados quando se analisa a participação do setor de pesca artesanal, que possui um histórico de marginalização social e uma estrutura organizacional institucionalmente fragilizada (PRETTO; MARIMON, 2017).

Ainda que as UCs sejam consideradas um espaço amostral, a maioria da produção acadêmica acerca do tema se destina a averiguar biologicamente estudos de caso. A RSL proposta por Cia Alves et al (2022) indica uma abordagem mais localizada no nível institucional. Isso pode ser considerado evidência das lacunas institucionais e científicas no tange ao processo político de governança marinha do Brasil. Assim, ao observar as UCs brasileiras, permite-se uma compreensão dos processos de governança marinha no país e identificação das necessidades do modelo para mais efetividade da conservação marinha no Brasil.

Criada em 1997, a *Área de Proteção Ambiental da Costa dos Corais* (APACC) comprehende municípios dos Estados de Alagoas e Pernambuco. Foi estruturada com intuito de garantir a melhor conservação dos recifes localizados nessa região, a manutenção da flora e fauna, a preservação do Peixe-boi marinho, o ordenamento do turismo e demais atividades econômicas existentes. Para sua implantação, uma série de ações prévias foram realizadas em parceria com a comunidade científica e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). É interessante observar também uma vertente de atuação educacional ambiental pelos atores envolvidos nesse processo (BRASIL, 1997).

Figura 1: Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais



Fonte: ICMBIO, 2022.

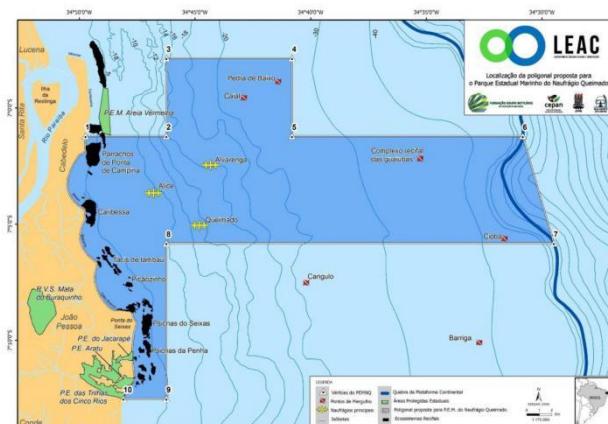
Dentre as especificidades burocráticas, o Decreto S/N de 23 de outubro de 1997 relata a possibilidade de criação de um Conselho Gestor da APA, para que tanto as atividades administrativas, quanto práticas de zoneamento e gestão ambiental sejam bem sucedidas. A prática se revela muito mais complexa, tanto pela existência recente desses modelos de participação nas UCs quanto pelos distintos interesses dos atores, resultando no direcionamento de práticas personificadas e descontínuas nesses espaços (PRETTO; MARIMON, 2017).

Por esse motivo, é recorrente a constatação de setores marginalizados sendo pouco beneficiados pelas políticas adotadas nesses espaços. Questões que envolvem os interesses de pescadores, do setor turístico e de comunidades locais, por exemplo, ganham destaque nos debates científicos (CAMPBELL et al, 2016; PRETTO; MARIMON, 2017; VIERROS et al, 2020). Essa é uma das razões que fomenta o surgimento de iniciativas da sociedade civil nas UCs, bem como a participação articulada de comunidades epistêmicas nesses espaços. Essas iniciativas de atores não-estatais proporcionam atuações efetivas no que tange a conservação das UCs.

No caso da APACC, foram mapeadas 11 dessas iniciativas, das quais cinco eram de Pernambuco, cinco de Alagoas e quatro eram de escopo nacional ou atuavam, ao menos, nos dois estados. A maior parte encontra-se no tipo “conscientização, capacitação, educação e alcance”, com atuações intensas na limpeza de praias, sendo uma diversidade de iniciativas que contam com apoio de organizações internacionais na promoção da educação ambiental. A categorização do mapeamento dessas ações é feita com base nos estudos de Parmentier (2012).

Já a discussão acerca da *UC Parque Estadual Marinho do Naufrágio Queimado* acentuou-se em 2018, com a proposta de criação desenvolvida por iniciativa da comunidade científica da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) (SANTOS, B. et al, 2018). A proposta se baseia no Decreto Estadual n.º 35.750/2015, com a instituição de uma comissão para desenvolvimento de estudos técnicos e direcionamento dos procedimentos para ampliação do território marinho. A iniciativa teve influência da CDB, que propunha ações concretas para redução da perda dos SE, uma vez que o território protegido no Estado da Paraíba até 2015 era de somente 0,5% do litoral. Assim, a criação de um edital direcionado a conservação das UCs por instituições sem fins lucrativos pela Fundação Grupo Boticário financiou projetos de pesquisadores da UFPB (JOÃO PESSOA, 2022).

Figura 2: Mapa Unidade de Conservação Queimado



Fonte: Página da SUDEMA⁹.

Apesar da inexistência de um Plano de Manejo, espera-se que a APA Naufrágio Queimado abarque localidades como Parrachos, Barretas, Caribessa, Picãozinho, Piscinas Naturais dos Seixas, Alice, Queimado e Alvarenga (SANTOS, B. et al, 2018). Além da ampla diversidade de fauna e flora, essas regiões se destacam como polo turístico, o que direciona o debate para participação dos atores não-estatais que dependem do turismo para sobrevivência, como os operadores de Catamarãs.

Como é uma UC em estruturação, observou-se principalmente o desenvolvimento e diálogo com os atores envolvidos no processo de criação e estabelecimento. Existe, então, o objetivo de contribuir para instauração da unidade a partir da pesquisa e do diálogo com os atores não-estatais que ocupam esse espaço. Nota-se, por parte da comunidade científica, um

⁹ Disponível em: <<https://sudema.pb.gov.br/unidades-de-conservacao-1/unidade-de-conservacao-queimado>>. Acesso em 23 de ago. 2022.

desejo de fomentar a relação intermediária entre os agentes estatais e os atores para que a construção da UC seja democratizada e completa nas necessidades daqueles envolvidos.

DISCUSSÃO: Foi possível observar que as duas UCs se distinguem em diversos sentidos, principalmente devido ao tempo de estabelecimento da APACC, que já encontra-se estabilizada e com um Conselho enquanto Naufrágio Queimado ainda carece de um Plano de Manejo efetivo para consolidação da UC. Talvez por esse motivo, a APACC possua uma maior diversidade de atores não-estatais atuantes. Ademais, o tempo de estabelecimento também proporciona um maior número de publicações e pesquisas científicas de cunho político e reconhecimento internacional, enquanto a Paraíba encontra-se em deficiência nesse sentido.

Entretanto, em termos participativos, é possível notar, nos dois casos, uma ação ativa da comunidade científica e o desejo em participarativamente das decisões, fornecendo principalmente conhecimento científico e diálogo. Busca-se, principalmente na Naufrágio Queimado, um modelo participativo que fuja do *top-down*, na intenção de permitir uma maior manifestação dos atores e mitigar o número de conflitos.

Assim, na APACC, há um maior número de ações concretas em termos de conscientização, capacitação, educação e desenvolvimento de políticas, além de um investimento internacional consolidado. Enquanto na Naufrágio Queimado, os atores são dispersos e com atuação direcionada ao turismo. Os dois casos, em termos de escala, compreendem uma atuação localizada e regionalizada mais abundante, ainda que sejam influenciados por ações globais como a CDB.

CONCLUSÃO: Procurou-se destacar os vácuos de ações concretas dentro da governança marinha, bem como evidenciar as potencialidades e os impactos positivos em ações coletivas realizadas por atores não-estatais. Considerando a complexidade dos problemas ambientais que afetam o oceano, observou-se a iminência da realização de pesquisas e análises políticas acerca desta temática. Assim, no âmbito acadêmico, esse estudo contribuiu para aumento da literatura sobre governança marinha na região Nordeste do Brasil e de estudos empíricos sobre UCs. A percepção das potencialidades a serem estudadas na região demonstraram a necessidade de uma maior dedicação aos casos estudados, principalmente sobre a UC da Paraíba. Observa-se a existência de distintas áreas possíveis de estudos, como os impactos da questão de gênero na relação entre atores não-estatais em UCs, além de investimentos internacionais para avanço da governança marinha democratizada nos municípios nordestinos.

Referências:

- BOMBANA, B. et al. Uso e conservação do oceano: para além do que se vê. In: HARARI, Joseph (org.). Noções de oceanografia. São Paulo: Instituto Oceanográfico, 2021. E-book. Cap. 36: p. 819-845.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Decreto S/N de 23 de outubro de 1997. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental da Costa dos Corais, nos Estados de Alagoas e Pernambuco, e dá outras providências. Brasília, MMA, 1997.
- CAMPBELL, L. M. et al. Global oceans governance: new and emerging issues. Annual review of environment and resources, v. 41, pp. 517-543, 2016. Disponível em:<https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-environ-102014-021121>. Acesso em: 04 abr. 2022.
- CIA ALVES, E. E. et al (2022). Como fazer uma revisão sistemática da literatura? In: FERNANDES, I. F. (org.). Desafios metodológicos das políticas públicas baseadas em evidências. Boa Vista: Editora IOLE, 2022. p.119-158.
- JOÃO PESSOA. Superintendência de Administração do Meio Ambiente - Sudema (ed.). Unidade de Conservação Queimado. Disponível em: <https://sudema.pb.gov.br/unidades-de-conservacao-1/unidade-de-conservacao-queimado>. Acesso em: 23 ago. 2022.
- KECK, M. E.; SIKKINK, K. Transnational advocacy networks in international and regional politics. International Social Science Journal, v.51, p.89-101, 1999.
- LANDMAN, Todd. Issues and methods in comparative politics: an introduction. Routledge, 2008.
- LIJPHART, Arend. Comparative politics and the comparative method. American political science review, v. 65, n. 3, p. 682-693, 1971.
- O'NEILL, K.. The environment and international relations. Cambridge University Press, 2009.
- PARMENTIER, R. Role and impact of international NGOs in global ocean governance. In: CHIRCOP et al. (eds.), Ocean Yearbook, v. 26, n.1, 2012.
- PRETTO, D. J., MARIMON, M. P. C. Desafios à gestão participativa na perspectiva dos gestores e conselheiros da reserva biológica marinha do arvoredo, Santa Catarina. UFPR: SANTOS, B. et al. Proposta de criação do parque estadual marinho do Naufrágio Queimado. Universidade Federal da Paraíba, 2018.

UNESCO. Declaração sobre a Contribuição da Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI). 2017. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/pt/rio-20/saving-ocean/statement-iocs-contribution/>. Acesso em: 04 mar. 2022

VIERROS, M. K. et al. Considering Indigenous Peoples and local communities in governance of the global ocean commons. *Marine Policy*, v. 119, n. 104039, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308597X19309212>. Acesso em: 01 mai. 2022.

**A POLÍTICA MUNICIPAL DE MUDANÇA DO CLIMA DE SÃO PAULO
ATRAVÉS DA ATUAÇÃO DO COMITÊ MUNICIPAL DE MUDANÇA DO CLIMA E
ECOECONOMIA - IV SICAM – OUTUBRO/2022**

Igor Tostes Fiorezzi¹

1 – Igor Tostes Fiorezzi é bacharel em Direito e graduando em História, ambos pela Universidade de São Paulo.
igor.tostesfiorezzi@gmail.com

RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo investigar as vantagens da denominada abordagem policêntrica para a governança climática, enfatizando seus aspectos locais. Para tanto, escolheu-se fazer um estudo de caso a partir da Política Municipal de Mudança do Clima da cidade de São Paulo. Esse estudo foi baseado nas atas que registraram a atuação do Comitê Municipal de Mudança do Clima e Ecoeconomia entre 2009 e 2012. A título de conclusão, foi possível identificar as vantagens e as dificuldades de se aplicar a abordagem policêntrica nas esferas locais de governança.

Palavras-Chave: Mudanças Climáticas; Governança; Política Municipal de Mudança do Clima; Políticas Públicas; Direito Ambiental.

ABSTRACT: The present work aims to investigate the advantages of the so-called polycentric approach to climate governance, emphasizing its local aspects. For this purpose, a case study was chosen based on the Municipal Policy on Climate Change in the city of São Paulo. This study was based on the minutes that recorded the performance of the Municipal Committee for Climate Change and Ecoeconomy between 2009 and 2012. As a conclusion, it was possible to identify the advantages and difficulties of applying the polycentric approach in the local spheres of governance.

Keywords: Climate Change; Climate Governance; São Paulo Climate Change Policy; Public Policy; Environmental Law

DOI: 10.6084/m9.figshare.21916176

Introdução: O conceito de governança está relacionado à criação de instituições, regras, organizações e políticas, que visam orientar e controlar os comportamentos sociais¹⁰. Esta definição pode potencialmente ser aplicada a muitos campos. Por exemplo, dentro do direito ambiental, governança pode significar o arcabouço de regras, instituições, processos e comportamentos que afetam a ação, as políticas e a tomada de decisões vinculadas às relações da sociedade com o meio ambiente¹¹.

Para o Nusdeo, o conceito de governança, em sua definição mais atual, tem em seu cerne o diálogo entre atores não estatais e estatais em diferentes esferas e níveis. Está vinculado à criação de normas e regulamentos por meio de uma estrutura dinâmica que contém não apenas agentes estatais, mas também indivíduos, sociedade civil, ONGs, comunidades, empresas e consumidores. Este tipo de arranjo pode ser utilizado para a execução de diversos projetos¹².

Em relação às mudanças climáticas, o conceito aplicável é o de governança das mudanças climáticas. Refere-se à elaboração de normas, regras e princípios que orientam os países para as ações necessárias para lidar com os efeitos adversos das mudanças climáticas.

A governança climática internacional surgiu dentro do regime de combate às mudanças climáticas, que começou a ser discutido na Conferência de Estocolmo em 1972 e aprofundado na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima no Rio de Janeiro em 1992. Esta última convenção criou um regime internacional de cooperação em torno do problema ambiental global das mudanças climáticas. Outro marco importante na discussão da governança internacional das mudanças climáticas foi o Protocolo de Kyoto em 1997, que consolidou um sistema de governança das mudanças climáticas controlado pelos poderes únicos e unitários dos Estados-nação. Nesse acordo, os Estados-nação são os órgãos centrais responsáveis pela implementação das metas de redução de emissões¹³. O sistema de governança das mudanças climáticas no qual se baseou o Protocolo de Kyoto perdeu força, pois os esforços internacionais não responderam adequadamente à necessidade de proteção ambiental¹⁴.

Em contraste com as soluções de base Estado-nação descritas acima, a abordagem policêntrica desenvolvida por Ostrom considera que algumas soluções para problemas de

¹⁰ Jordan, A. et al. *Governing Climate Change Polycentrically*. In: Jordan, Andrew; et al. (Ed.). *Governing climate change: polycentricity in action?* Cambridge: Cambridge University Press, 2018, p. 11.

¹¹ Cavalcanti, C. *Economia e Ecologia: Problemas da Governança Ambiental no Brasil*. Revista Iberoamericana de Economia Ecológica, v. 1, p. 1-10, 2004.

¹² Nusdeo, A. M. de O. *Litigância e governança climática. Possíveis impactos e implicações*. In: Setzer, J.; Cunha, K.; Fabbri, A. B. (org). *Litigância Climática: novas fronteiras para o direito ambiental no Brasil*. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2019, p. 140.

¹³ Jordan, A. et al, *op. cit.*, p. 6.

¹⁴ Nusdeo, *op. cit.*, p. 144-145.

pequena e média escala podem ser elaboradas com auto-organização entre os indivíduos, independentemente da ação de um sujeito estatal¹⁵, em esferas locais e regionais.

Em outras palavras, a diferença entre os dois sistemas é que a abordagem de governança policêntrica se baseia no surgimento de iniciativas de governança local, realizadas por meio de processos auto-organizados. A governança policêntrica difere da abordagem monocêntrica, estabelecida pelo Protocolo de Kyoto, que aposta apenas na construção de soluções pelos Estados-nação.

Desenvolver um tema como as mudanças climáticas a partir de uma abordagem policêntrica tem algumas vantagens. Segundo Ostrom, é preciso reconhecer a importância e o efeito das múltiplas escalas sobre a questão climática, especialmente as locais e regionais. Lidar com um problema tão complexo e multinível, como a crise climática, não deve depender apenas de uma única escala, como a nacional¹⁶.

Para Osofsky, uma abordagem policêntrica traz oportunidades para iniciativas que não aconteceriam de outra forma, engajando assim uma gama mais ampla de atores, como sociedade civil e ONGs. Osofsky também considera que há certa dificuldade do sistema monocêntrico em captar as ações de governança que ocorrem nos níveis local e regional, uma vez que esse modelo se volta para soluções nacionais e supranacionais, estipuladas por tratados internacionais entre Estados-nação soberanos¹⁷.

Partindo desses marcos teóricos, a pesquisa teve como objetivo principal investigar a implantação da Política Municipal de Mudança do Clima na cidade de São Paulo do ponto de vista da governança climática. Trata-se de uma investigação de caráter exploratório, que tentou responder à indagação sobre as possibilidades que existem ao se estudar a implementação de políticas públicas de mudança do clima a partir dessa chave de leitura indicada pela teoria. Como objetivos intermediários, a pesquisa tentou traçar quais ações locais podem ter se desenhado e quais seus desdobramentos.

Material e Métodos: A Política Municipal de Mudança do Clima foi instituída pela Lei Nº 14.933 de 5 de junho de 2009, durante a gestão do Prefeito Gilberto Kassab, e tem como princípios: prevenção; precaução; poluidor-pagador; usuário-pagador; protetor-receptor;

¹⁵ Ostrom, E. A Polycentric Approach for Coping with Climate Change, The World Bank Policy Research Working Paper, n. 5095, 2009, p. 10.

¹⁶ Ostrom, *op. cit.*, p. 35.

¹⁷ Osofsky, H. M. Polycentrism and climate change. In: FARBER, Daniel; PEETERS, Marjan, Climate Change Law. Cheltenham: Edward Elgar, 2016, p. 334-335.

responsabilidades comuns, porém diferenciadas; abordagem holística, internalização dos empreendimentos e direito de acesso à informação.

O Comitê Municipal de Mudança do Clima e Ecoeconomia, por sua vez, foi instalado no dia 21 de setembro de 2009, tendo realizado sua primeira reunião no dia 19 de novembro de 2009. Sua principal proposta era subsidiar a política do clima do município, perseguindo os compromissos estabelecidos pela Lei de forma a suscitar discussões e viabilizar medidas que pudessem se transformar em políticas públicas.

Escolheu-se para a pesquisa a metodologia de estudo de caso, como desenvolvida teoricamente por Yin¹⁸. Para tanto, levou-se em conta outros estudos de caso sobre o tema de mudanças climáticas, desenvolvidos por Osofsky (2005, 2006, 2007, 2008).

A fim de realizar a tarefa de forma satisfatória, foram adotadas duas precauções metodológicas sugeridas por Yin¹⁹ com a função de aumentar a confiabilidade do estudo. A primeira delas foi a adoção de um Protocolo de Estudo de Caso. O documento trouxe, em síntese, a visão geral do estudo de caso e seus objetivos, a descrição dos procedimentos de acesso a documentos e fontes de informações, os processos de ajuda e orientação, e as questões do estudo²⁰.

A segunda precaução foi a elaboração de um Banco de Dados contendo todas as atas do Comitê, bem como de uma ficha de análise de cada uma das atas pesquisadas. Em razão da disponibilidade de tempo e recursos do pesquisador, limitou-se a investigação para os quatro primeiros anos de atuação do Comitê, de 2009 a 2012.

Resultados: Durante os quatro primeiros anos de sua atuação, o Comitê organizou-se de modo a criar uma sistematização setorial, em Grupos de Trabalho (GTs), a partir dos seis grandes temas que a Lei prevê: transporte, energia, gerenciamento de resíduos, saúde, construção e uso do solo, dividindo os representantes e participantes governamentais e não governamentais entre esses setores de acordo com suas finalidades e competências. Nesse processo, é possível notar a presença expressiva de algumas instituições que apresentam contribuições e participam ativamente do processo decisório, tais como as secretarias municipais de Educação, Serviços, Relações Internacionais, Habitação, Transportes, Desenvolvimento Urbano, Infraestrutura, além de universidades, como a USP, e associações

¹⁸ Yin, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. Tradução de Daniel Grassi. 2^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

¹⁹ Yin, *op. cit.*, p. 59.

²⁰ Yin, *op. cit.*, p. 89.

como o ICLEI. Aliás, o processo decisório parece incorporar um modelo relativamente aberto, mesmo sem a presença de votações ou hierarquias facilmente identificadas, pautando-se em discussões e manifestações livres. Nas reuniões, os presentes parecem envolvidos em exprimir suas opiniões e construir, em conjunto, os encaminhamentos sobre os temas discutidos.

Foi possível notar que o tema mitigação é predominante entre as discussões dos GTs, sendo a preocupação com a poluição atmosférica a principal pauta observada, gerando discussões e projetos que visavam à redução da emissão de gás carbônico e à substituição de combustíveis fósseis por renováveis. Entretanto, destoam sutilmente da tendência os GTs de saúde e uso do solo, que se propõem a abordar o tema adaptação, sobretudo no contexto das enchentes.

Entre as iniciativas mapeadas, destacou-se a realização do inventário de gases de efeito estufa. Sobre ela, há uma menção sobre a importância para orientar as políticas públicas e, em especial, os seis eixos da Lei de Mudanças Climáticas: “Destacou que para o município de São Paulo é essencial a realização deste estudo, pois constitui ferramenta importante para orientar as políticas públicas em diferentes setores e principalmente nos setores contemplados pelos 6 eixos da Lei de Mudanças Climáticas: Transporte, Energia, Uso do Solo, Resíduos Sólidos, Saúde e Construção”²¹.

Uma segunda iniciativa foi a realização da pegada ecológica do Estado de São Paulo e da capital. O seu cálculo à época serviu como indicador de planejamento para os governos e motor de políticas públicas nessa área. Isso se encaixou na tentativa dos Secretários Municipais, à época da Rio +20, de destacar a importância da formação de bancos de dados que consigam especificar e dimensionar a evolução da política ambiental no Estado de São Paulo e nos municípios²².

Além disso, viu-se também a instituição das Diretrizes para o Plano de Ação da Cidade de São Paulo para Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas, são previstas ações de adaptação nos eixos de: Construções, Uso do solo e Saúde. Esse compromisso também instituiu dois instrumentos: o primeiro deles educação e conscientização para a mitigação e a adaptação; o segundo são instrumentos econômicos, como a criação de fundos para mitigação e adaptação. No entanto, importa dizer que não há discussão de prazos para implementação.

²¹ COMITÊ MUNICIPAL DE MUDANÇA DO CLIMA E ECOECONOMIA. Ata de 23 de outubro de 2011, p. 2.

²² COMITÊ MUNICIPAL DE MUDANÇA DO CLIMA E ECOECONOMIA. Ata de 27 de maio de 2012, p. 2.

Outra contribuição efetiva parece ser a Proposta Preliminar para o Plano de Ação Piloto na Bacia do Aricanduva para Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas. Nesse documento, aparecem como ações da SVMA o Programa 100 parques – referente à instalação e expansão de parques lineares – e o Projeto Indicadores GEO Cidades: Módulo vulnerabilidade e de adaptação às mudanças climáticas em cidades²³. Como projeto da Secretaria de Saúde aparece a identificação de populações expostas a eventos extremos do clima. Sem atribuições específicas, são previstas também campanhas de educação e conscientização para a adaptação às mudanças climáticas.

No fim do período sob análise, uma contribuição efetiva parece ser o mapeamento de áreas de risco feito pelo IPT, com elaboração de proposta de expansão dos parques lineares. Há também a apresentação de um Balanço de Compromissos referentes à Lei Municipal de Mudanças do Clima. Nele, aparecem repetidas ações acima referidas. É o caso da identificação e mapeamento de populações em risco pela Secretaria Municipal de Saúde, da adaptação e preservação de mananciais, bem como implantação de parques lineares e remoção de famílias em áreas de risco, que são ações conjuntas da SVMA e SEHAB e, por fim, da elaboração de Indicadores GeoCidade pela SVMA²⁴.

Por fim, ainda em 2012, é também feita referência ao Programa de Proteção aos Mananciais, operação Defesa das Águas, da Secretaria do Verde e Meio Ambiente, que já estava ativo há pelo menos cinco anos²⁵ e às iniciativas da Secretaria Municipal de Saúde quanto à divulgação anual de dados relativos ao impacto das mudanças climáticas sobre a saúde pública e uma ação conjunta com a Defesa Civil na implementação dos alertas de ar seco e nos Plano Preventivo de Defesa Civil – Chuvas e Plano Piloto da Bacia do Aricanduva²⁶.

A título de complementação, é importante notar que houve um convite ao Município de São Paulo para participação na Conferência Rio+20, tendo sido lhe oferecido pela FIESP um espaço para apresentação de programas estratégicos voltados à mitigação e à adaptação. Esse evento foi importante a ponto de ter sido destinado, no calendário do Comitê, o mês de julho para os eventos relacionados a Rio+20²⁷.

²³ COMITÊ MUNICIPAL DE MUDANÇA DO CLIMA E ECOECONOMIA. Ata de 18 de agosto de 2011.

²⁴ COMITÊ MUNICIPAL DE MUDANÇA DO CLIMA E ECOECONOMIA. Ata de 01 de março de 2012, p. 2.

²⁵ COMITÊ MUNICIPAL DE MUDANÇA DO CLIMA E ECOECONOMIA. Ata de 31 de novembro de 2012, p. 4.

²⁶ COMITÊ MUNICIPAL DE MUDANÇA DO CLIMA E ECOECONOMIA. Ata de 31 de novembro de 2012, p. 4.

²⁷ COMITÊ MUNICIPAL DE MUDANÇA DO CLIMA E ECOECONOMIA. Ata de 25 de março de 2012, p. 2-3.

Entre as atuações mais ativas dentro do comitê, notam-se a de Eduardo Jorge e Wolf Steinbaum, da Secretaria do Verde e Meio Ambiente, Miguel Bucalem, da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, e as organizações da sociedade civil Fundação Clinton, C40 e ICLEI.

Discussão: O estudo de caso sobre a atuação do Comitê Municipal de Mudança do Clima e Ecoeconomia revelou aspectos importantes das ações tomadas a nível local para o combate ao câmbio climático. Entre 2009 e 2012, o órgão parece ter sido, de alguma forma, um articulador relevante de medidas climáticas na cidade de São Paulo. Destaca-se, além disso, o espaço criado que possibilitou interação entre diversos tipos de agentes - com ênfase nos agentes municipais e nas organizações da sociedade civil, como Fundação Clinton, C40 E ICLEI - nas discussões sobre a governança climática no município de São Paulo.

Conclusão: A pesquisa concluiu que estudar o fenômeno das mudanças climáticas e da governança climática segundo uma abordagem policêntrica é interessante e traz vantagens. Isso porque a abordagem policêntrica de compreensão da governança climática permite investigar estruturas locais, abrindo espaço para situar políticas climáticas como parte de um processo que envolve diversos agentes em esfera local, regional, nacional e global.

Apesar disso, a pesquisa revelou também algumas dificuldades para a realização do estudo de caso. Entre as barreiras, podemos destacar a dificuldade de acessar e de compilar todo o material produzido pelo Comitê, devido à disponibilização apenas online e em um único portal. Além disso, notou-se também a falta de outros documentos que pudessem subsidiar uma melhor compreensão do funcionamento do Comitê. Por fim, também relatamos uma ausência de continuidade nos trabalhos ao longo do tempo, uma vez que os trabalhos parecem ter sido mais intensos nos primeiros anos de atuação para, posteriormente, serem menos frequentes e possivelmente descontinuados.

Seja como for, notou-se que há bastante espaço para realizar esse tipo de estudo, o que traz oportunidade de novas pesquisas, voltadas para a atuação de outros órgãos decisórios. Nesse sentido, poderia ser interessante, por exemplo, investigar a governança climática em outras realidades, como cidades de pequeno e médio porte, com outras conjunturas políticas e econômicas.

Por fim, uma questão que ainda merece mais atenção e a qual não foi possível solucionar relaciona-se à elaboração de parâmetros adequados para avaliar a qualidade e a continuidade das políticas adotadas em sede de governança climática. Ainda que a documentação do Comitê

tenha fornecido bastante informação sobre as políticas adotadas, foi difícil identificar o estado atual de implementação dessas políticas e, assim, realizar uma avaliação satisfatória quanto aos resultados.

Agradecimentos: agradeço aos colegas da Oficina de Direito Ambiental e à orientação da Professora Associada Dra. Ana Maria de Oliveira Nusdeo.

Referências:

- COMITÊ MUNICIPAL DE MUDANÇA DO CLIMA E ECOECONOMIA. Atas 2009 a 2012. Disponível em:
https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/comite_do_clima/atas_do_conselho/index.php?p=255063. Acesso em: 04 set. 2022.
- CAVALCANTI, C. Economia e Ecologia: Problemas da Governança Ambiental no Brasil. Revista Iberoamericana de Economia Ecológica, v. 1, p. 1-10, 2004.
- JORDAN, A. et al. Governing Climate Change Polycentrically. In: JORDAN, A. et al. (Ed.). Governing climate change: polycentricity in action? Cambridge: Cambridge University Press, 2018.
- NUSDEO, A. M. de O. Litigância e governança climática. Possíveis impactos e implicações. In: Setzer, J.; Cunha, K.; Fabbri, A. B. (org). Litigância Climática: novas fronteiras para o direito ambiental no Brasil. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2019.
- OSOFSKY, H. M. Polycentrism and climate change. In: FARBER, D. ; PEETERS, M., Climate Change Law. Cheltenham: Edward Elgar, 2016.
- OSTROM, E. A Polycentric Approach for Coping with Climate Change, The World Bank Policy Research Working Paper, n. 5095, 2009.
- YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. Tradução de Daniel Grassi. 2^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

MEIO AMBIENTE E PARTICIPAÇÃO SOCIAL: ANÁLISE DO DEBATE POLÍTICO DO CONSEMA PROMOVIDA PELO GOVERNO PAULISTA NAS REDES SOCIAIS

Liliane Ribeiro Santos¹; Claudio Penteado²

1 – Liliane Ribeiro Santos. Universidade Federal do ABC. liliane.ribeiro@aluno.ufabc.edu.br

2 – Claudio Luis de Camargo Penteado. Universidade Federal do ABC. claudio.penteado@ufabc.edu.br

Resumo: A presente pesquisa pretendeu analisar o uso das redes sociais digitais pela Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente-SIMA na promoção do debate político em torno das questões pautadas pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente-CONSEMA, no estado de São Paulo. O estudo foi feito através de levantamento de informações nas páginas do Facebook e Instagram da SIMA, tendo como base referências teóricas sobre participação social e democracia digital. A análise final concluiu que as redes sociais têm sido utilizadas, prioritariamente, como canais de informação e divulgação, com pouco vínculo à política ambiental discutida no Consem.

Palavras Chave: participação social; Consem; Redes sociais; Política ambiental

Abstract: The present research intended to analyze the use of digital social networks by the Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente-SIMA to promote political debate around the issues guided by the State Council of Environment-CONSEMA, in the state of São Paulo. The study was done through a survey of information on SIMA's Facebook and Instagram pages, based on theoretical references about social participation e digital democracy. The final analysis concluded that social networks have been used, primarily, as channels of information and dissemination, with little link to the environmental policy discussed at Consem.

Key words: social participation; Consem; Social networks; Environmental policy

DOI: 10.6084/m9.figshare.21916230

INTRODUÇÃO: O debate da sociedade é condição essencial para o desenvolvimento de políticas públicas ambientais efetivas e representativas. Segundo Barros (2021) ao elucidar a teoria política verde, traz que “a participação cidadã no debate e nos processos decisórios sobre questões ambientais é fundamental para potencializar e fortalecer a dimensão participativa da democracia representativa” (BARROS, 2021, p. 271). Essa ideia implica na participação social que pode ser considerada um dos princípios democráticos no que diz respeito à soberania popular. A consolidação de instituições participativas de políticas públicas, através da Constituição Federal de 1988, ampliou o acesso da sociedade civil ao Estado. Avritzer (2009, apud Avritzer, 2008) entende instituição participativa como uma forma diferenciada de deliberar sobre políticas, incorporando cidadãos e associações da sociedade civil. A interação entre sociedade civil organizada e o estado é vista como positiva por autores como Carlos (2020) que evidencia a cooperação, o diálogo e a colaboração, estabelecidos pelos movimentos sociais com o governo.

Na área ambiental, antes mesmo da CF 1988, a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), lei nº 6938/1981 representou o marco regulatório para implementação de um sistema ambiental colegiado no Brasil, tendo como um dos seus propósitos promover a pluralidade e a paritariedade entre estado e sociedade civil (através de entidades representativas) nas decisões ambientais. Além do Conselho Nacional de Meio Ambiente-Conama em nível federal, a lei prevê colegiados em nível local como é o caso dos “Conselhos Estaduais de Meio Ambiente (CEMAs) e dos Conselhos Municipais de Meio Ambiente (CMMAs), órgãos paritários passíveis de desempenharem competências consultiva, deliberativa, normativa e fiscalizadora” (SOUZA e NOVICKI, 2014, p. 28).

No estado de São Paulo, o órgão consultivo máximo do Sistema Ambiental Paulista é o Conselho Estadual de Meio Ambiente-Consema que possui caráter consultivo, normativo e recursal. Foi criado em 1983, em um momento de “reaproximação dos órgãos governamentais com os setores da sociedade civil” (SÃO PAULO, 2020) para acompanhar a política ambiental do estado de São Paulo. O conselho é composto por 36 membros, paritário entre sociedade civil e governo. O principal representante desse último é a Secretaria de Infraestrutura em Meio Ambiente que ocupa 9 dos assentos, inclusive o da presidência.

Partindo da ideia de que conselhos gestores são “responsáveis pela formulação de políticas públicas com base na decisão de membros da sociedade civil e do governo” (PEREZ e SANTOS, 2020, p. 140-141), é importante considerar o alerta de Jacobi (2003) de que o mero estabelecimento de conselhos não garante a efetividade dos mesmos. O autor explica que “o desinteresse e frequente apatia da população quanto à participação é generalizada, resultado do

pequeno desenvolvimento de sua cidadania e do descrédito nos políticos e nas instituições” (JACOBI, 2003, p. 332).

Uma alternativa de modelo de debate público pode ser identificada na abordagem de Penteado (2015) sobre a consolidação dos meios de comunicação como espaços de informação política e de relação social que favorecem a apresentação e o debate das políticas públicas, para além da sua ideia técnico científica dos governos. Sivaldo Silva relaciona essa concepção com a prática da democracia digital, que por sua vez favorece as relações entre instituições participativas e a sociedade.

Instâncias participativas institucionalizadas, como conselhos de cidadãos, conferências públicas, audiências públicas e orçamentos participativos encontraram na democracia digital elementos capazes de dinamizar ou fortalecer as relações políticas entre gestores, representantes e destes com o público mais amplo. (SILVA, 2016, p. 247).

O ambiente midiático, sobretudo os de interação social, podem representar importantes canais para discussão de questões ambientais. Para Penteado (2015) a possibilidade de maior participação da sociedade civil no processo de políticas públicas através do uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) se dá pelo seu caráter interativo e colaborativo e principalmente pela facilidade de comunicação, maior acesso à informação e menor custo de participação política. A influência da mídia tradicional nas práticas políticas é notória e objeto de estudos acadêmicos. É importante que essa investigação seja direcionada também para o debate desenvolvido nas formas de mídia mais contemporâneas, principalmente as que vêm se tornando cada vez mais populares, como é o caso das redes sociais.

Sendo assim, o objetivo dessa pesquisa é analisar o debate promovido nas redes sociais da SIMA acerca das políticas ambientais pautadas no Consema. Para tanto, foram coletadas informações nas páginas do Facebook e Instagram da instituição e analisadas as postagens com base nas categorias estabelecidas por Santos, Penteado e Araújo (2015): eInformação; eConsulta; eMobilização; eEngajamento; eDeliberação e eEmpoderamento.

Os espaços não institucionais oferecem uma nova dinâmica de participação no debate político ambiental, sendo um possível influenciador de agenda de governos e instrumento de pressão popular. Diante do exposto, se torna relevante o estudo da influência das redes sociais no desenvolvimento de política pública e sua relação com a participação democrática nesse processo. Sendo os debates gerados em torno das políticas do âmbito do Sistema Ambiental Paulista ideais para a análise proposta.

METODOLOGIA: Preliminarmente, foram levantadas as pautas das reuniões do Consem, no período de novembro/2018 a março/2021, em um total de 27 reuniões, correspondente a um mandato inteiro, tendo em vista as eleições para membros da sociedade civil. A SIMA é representante da metade dos assentos destinado ao governo, ocupando a presidência do conselho.

Selecionados os assuntos, foi feito um levantamento de todas as postagens nas páginas oficiais das redes sociais Facebook e Instagram da Secretaria, coletando todas as divulgações no período compreendido entre três dias antes e três dias após cada data de reunião realizada. Primeiramente, cada uma das publicações foi classificada, independente do assunto e, depois, foi realizado uma análise específica daquelas sobre o CONSEMA, contabilizando também elementos de interação como curtidas, comentários, compartilhamentos e visualizações.

As publicações foram classificadas por meio do método de análise de conteúdo. De acordo com Samapaio & Lycarião (2021), a metodologia de Análise de Conteúdo é uma técnica de pesquisa já consolidada na área de Comunicação Política, que visa identificar, por meio de categorias pré definidas (códigos), os sentidos mobilizados nas publicações (incluindo análise de textos, imagens, áudio, vídeos, etc). As categorias de análise para a pesquisa em questão foram: tipo de interesse; tema ambiental; linguagem; reivindicação; posicionamento político e e-participação. Essa última consiste em uma adaptação das dimensões abordadas por Santos; Penteado e Araujo (2015) para estabelecer o índice de eParticipação Política e Influência da sociedade civil no ciclo de política públicas.

Por fim, foram separadas as postagens de cada período, que se referiam aos assuntos da pauta da respectiva reunião do Consem, subsidiando assim a análise sobre o uso das redes sociais digitais pela SIMA para promover o debate participativo do cidadão na política ambiental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Em uma primeira análise geral das postagens, os dados foram sintetizados em porcentagem de incidência de cada categoria, nas tabelas 1 e 2, correspondentes ao Facebook e ao Instagram, respectivamente.

Tabela 1. Classificação das publicações no Facebook-SIMA

	Classificação	
		Publicações SIMA
	Nº de postagens	194
		%

	Coletivo	81
Interesse	Institucional	5
	Outro	14
	Biologia Marinha	1
	Clima	2
	Desenvolvimento Sustentável	1
	Educação Ambiental	3
	Fauna	6
	Flora	9
Tema	Gestão Ambiental	17
	Recursos Hídricos	8
	Resíduos Sólidos	6
	Restauração	1
	Unidade de Conservação	3
	Urbanismo	10
	Outros	35
	Comum	90
Linguagem	Técnica	10
	Política	1
	Sim	0
Reivindicação	Não	98
	Indefinido	2
	Informação	97
	Consulta	0
E-Participação	Envolvimento	3
	Colaboração	0
	Empoderamento	0
	Progressista	0
Posicionamento Político	Liberal	0
	Estatista	0
	Neutro	85
	Indefinido	15
CONSEMA	Referência ao CONSEMA	11

Fonte: Autores – coleta entre 18/11/2021 e 28/03/2022

Tabela 2. Classificação das publicações no Instagram-SIMA

	Classificação	
		Publicações SIMA
	Nº de postagens	131
		%
Interesse	Coletivo	89
	Institucional	2

	Outro	8
	Biologia Marinha	1
	Clima	2
	Desenvolvimento Sustentável	1
	Educação Ambiental	2
	Fauna	10
	Flora	8
Tema	Gestão Ambiental	13
	Recursos Hídricos	10
	Resíduos Sólidos	6
	Restauração	1
	Unidade de Conservação	3
	Urbanismo	2
	Outros	42
Linguagem	Comum	98
	Técnica	1
	Política	2
Reivindicação	Sim	0
	Não	100
	Indefinido	0
E-Participação	Informação	98
	Consulta	0
	Envolvimento	2
	Colaboração	0
	Empoderamento	0
Posicionamento Político	Progressista	0
	Liberal	1
	Estatista	0
	Neutro	92
	Indefinido	8
CONSEMA	Referência ao CONSEMA	4

Fonte: Autores – coleta entre 18/11/2021 e 28/03/2022

Em relação ao *interesse* das postagens, foram identificadas abordagens de interesse coletivo, com finalidade na temática ambiental tratada. Porém, é importante comentar que a instituição prioriza a agenda de suas unidades, isto é, os assuntos destacados nas redes partem dos programas e projetos da Secretaria para a sociedade, e não o inverso. De qualquer forma, observa-se uma diversidade de *temas* ambientais abrangidos, ainda que irregularmente distribuídos. Em ambas as redes, a Secretaria trata, principalmente, de temas relacionados à gestão, haja vista que se trata de um órgão de administração pública.

É significativa a proporção de publicações que são elaboradas em *linguagem* comum, com textos simples e curtos. Mesmo sendo responsável pela gestão pública ambiental do estado de São Paulo, com importantes decisões legais e técnicas, a SIMA se dedica a postagens mais lúdicas com linguagens mais populares, sobretudo no Instagram. O que por um lado é importante para acessar um público mais leigo, mas por outro não se aprofunda em informações mais concretas para subsidiar um debate político consciente sobre a questão ambiental, que envolve um conhecimento mais técnico. E como já é previsível a um órgão de governo, são ausentes posts com mensagens reivindicatórias, sendo as redes mais utilizadas para reafirmar o trabalho que já vem sendo desenvolvido. Tampouco, foram identificadas *reivindicações* de políticas ambientais a outros órgãos de governo e/ou setores sociais e econômicos. Sendo assim, postagens que pouco estimulam o cidadão a se posicionar somo sujeito ativo na discussão da questão exposta na rede.

A informação é predominante na categoria de *e-participação*, com algumas poucas postagens demandando o envolvimento da população na gestão de alguma questão específica. E pode-se considerar que as postagens transmitidas nas páginas das redes sociais da SIMA não trazem explicitamente mensagens com *posicionamento* política ideológico.

Partindo para uma segunda análise, foram consideradas apenas as postagens relativas ao Consema. O primeiro resultado relevante a observar é que, mesmo os dados tendo sido coletados em períodos de reuniões, o colegiado não foi destaque nas redes sociais da SIMA, tendo referência em 22 das 194 publicações no Facebook e em 5 das 131 publicações do Instagram. Além disso, a maior parte dessas postagens do Consema correspondem aos vídeos das reuniões que são transmitidas on-line na página do Facebook, ou sua menção ao vídeo que resume as atividades semanais do órgão. Enquanto a referência a assuntos das pautas de reuniões foi verificada uma única vez, em uma postagem (publicada em ambas redes). Em geral, a maioria das publicações são repetidas no Facebook e no Instagram. Os resultados da análise das categorias, como podem ser vistos na tabela 3, se repetem em relação às postagens gerais, com exceção da linguagem que é mais técnica, pelo fato das postagens do Consema se referirem às reuniões do órgão colegiado, nas quais são apresentados documentos e as questões são apresentadas em um nível mais especializado.

Tabela 3. Publicações relativas ao CONSEMA- Facebook e Instagram

Nota:
n/a: não aplica

Classificação

		Publicações Facebook	Publicações Instagram
	Nº de postagens	22	5
Interesse	Coletivo	22	5
Tema	Gestão Ambiental	22	5
Linguagem	Comum	5	5
	Técnica	17	0
Reivindicação	Não	22	5
E-Participação	Informação	21	4
	Envolvimento	1	1
Posicionamento Político	Neutro	22	5
	Intervalos		
	0 a 10	4	3
	11 a 20	2	1
Curtidas	21 a 40	8	0
	40 a 80	7	0
	> 80	1	1
	0 a 10	20	n/a
	11 a 20	2	n/a
Compartilhamentos	21 a 40	1	n/a
	41 a 80	0	n/a
	> 80	0	n/a
	0 a 10	11	5
	11 a 20	2	0
Comentários	21 a 40	1	0
	41 a 80	4	0
	> 80	4	0
	0 a 100	0	5
	101 a 500	6	0
Visualizações	501 a 1.000	6	0
	1.001 a 10.000	9	0
	> 10.000	0	0

Fonte: Autores – coleta entre 18/11/2021 e 28/03/2022

A interação medida através de elementos como curtidas, comentários, compartilhamento e visualizações não foi de grande impacto, concentrando-se nos dois intervalos menores e apontando um baixo envolvimento da população com o conselho ambiental paulista, através das redes sociais da SIMA.

CONCLUSÃO: Embora a própria SIMA considere o CONSEMA como “um fórum democrático de discussão dos problemas ambientais, sendo uma instância catalisadora de demandas e propositora de medidas que visam aprimorar a gestão ambiental do Estado” (O CONSEMA, 2022), os resultados da pesquisa demonstram que a instituição não utiliza suas redes sociais para promover esse debate integrador de atores sociais. Essas acabam sendo mais utilizadas como um canal para divulgação das questões que já estão em processo de discussão na administração pública.

Contudo, é importante mencionar que a participação acontece mesmo que apenas no grau de informação, sendo importante, portanto, sua ampliação através da prática das demais dimensões participativas. Para tanto, o potencial das redes sociais poderia ser fundamental.

Referências:

- AVRITZER, L. (2008). Instituições participativas e desenho institucional: algumas considerações sobre a variação da participação no Brasil democrático. *Revista Opinião Pública*, v. 14, n. 1, p. 43-64, 2008. Disponível em <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/op/article/view/8641267/8780>. Acesso em 27 de março de 2021.
- BARROS, A.T. Parlamento, cidadão e políticas ambientais: a percepção dos participantes das audiências públicas na Câmara dos Deputados sobre meio ambiente. *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 58, p. 265-295, jul./dez. 2021. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/71480/44878>. Acesso em 14 de setembro de 2022.
- CARLOS, E. (2020). Movimentos sociais e instituições participativas: efeitos do engajamento institucional no contexto pós-transição. 1 ed. Belo Horizonte: 2020.
- CRIAÇÃO E VÍNCULO. Disponível em <https://www.infraestruturaeambiente.sp.gov.br/consema/criacao-e-vinculacao/> Acesso em 16 de fevereiro de 2021.
- JACOBI, P. R. (2003). Espaços públicos e práticas participativas na gestão do meio ambiente no Brasil. *RSE – Revista Sociedade e Estado*, v. 18, n. 1/2, p. 137-154, jan./dez. 2003. Disponível em <https://www.scielo.br/pdf/se/v18n1-2/v18n1a14.pdf>. Acesso em 7 out. 2020.
- PEREZ, O.C.; SANTOS, G.G.C. A produção acadêmica sobre participação social no Brasil: trajetória e agendas de pesquisa. *Livro Ciências sociais hoje: ciência política*. São Paulo : Zeppelini Publishers, 2020. Disponível em:

file:///C:/Users/55119/Downloads/PEREZ_O_C_SANTOS_G_G_C_A_producao_academ.pdf
f. Acesso em: 24 de maio de 2022.

PENTEADO, C. L. C. (2015). Mídia e políticas públicas: possíveis campos exploratórios. RBCS – Revista Brasileira de Ciências Sociais, v. 30, n. 87, p. 129-142, fev. 2015. Disponível em <https://www.redalyc.org/pdf/107/10738405008.pdf>. Acesso em 7 out. 2020.

SAMPAIO, R.C.S; LYCARIÃO, D. Análise de conteúdo categorial: manual de aplicação.

Brasília: Enap, 2021. Disponível em:

https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/6542/1/Analise_de_conteudo_categorial_final.pdf.
Acesso em: 10/04/2022.

SANTOS, M.B.P.; PENTEADO, C.L.C.; ARAÚJO, R.P.A. Sociedade civil e a Participação Política: aplicação do Índice de Participação Política e Influência (IPPI). In: VII Congreso Latinoamericano de Ciencia Política. Lima/Peru. 2015. Disponível em:

file:///C:/Users/55119/Downloads/Santos_Penteado_Araujo_alacip_2015.pdf. Acesso em: 18 de novembro de 2021.

SILVA, S.P. O uso de fóruns on-line na eleição do conselho nacional de políticas públicas culturais: modos de apropriação por eleitores candidatos e governo. Livro Democracia digital, comunicação política e redes: teoria e prática. Rio de Janeiro: Folio Digital: Letra e Imagem, 2016. Disponível em

http://livro.democraciadigital.org.br/files/2017/05/Cap9_SILVA_2016.pdf. Acesso em 01 de maio de 2022.

SOUZA, D.B.; NOVICKI, V. A participação social na questão ambiental: limites e possibilidades nos conselhos de meio ambiente no Brasil. Revista Meta: Avaliação, v. 3, n. 7, p. 25-40, jan./abr. 2011. Disponível em file:///C:/Users/55119/Downloads/2252-18780-1-PB.pdf. Acesso em 05 de julho de 2022.

**PROIBIÇÃO DO RETROCESSO AMBIENTAL E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL NO BRASIL: PARTICIPAÇÃO SOCIAL, POSTURA
JURISDICIONAL E OS PRINCÍPIOS DA RIO-92**

Lana Rodrigues Araújo¹; Vitor Calandrini²; Raíssa Musarra³; Paulo Santos de Almeida⁴

1 – Universidade de São Paulo/EACH, PPg-SUS. lrodriguesaraújo@usp.br

2 – Universidade de São Paulo/EACH, PPg-SUS. vitor.calandrini.araujo@usp.br

3 – Universidade de São Paulo/IEE. raissa.musarra@usp.br

4 – Universidade de São Paulo/EACH, PPg-SUS. psalmeida@usp.br

RESUMO: Os recentes direcionamentos de governança no Brasil demonstram que parte das conquistas verificadas anteriormente foram prejudicadas por atos de governo que levaram ao retrocesso da proteção e sustentabilidade ambiental. Objetiva-se analisar e discutir o retrocesso ambiental e a posição do Supremo Tribunal Federal que fortifica a posição de maior participação social e de defesa da proteção ambiental como política pública e função institucional do Estado. Adotou-se, metodologicamente, investigação documental teórica, normativa e jurisprudencial (STF). Como resultados compreendemos que as decisões do STF ratificam a necessidade de revisão do Estado brasileiro de diretrizes na realização das atuais políticas ambientais para a efetivação da finalidade constitucional de participação social e proteção e preservação socioambiental com para a promoção da sustentabilidade das presentes e futuras gerações. Conclui-se que o posicionamento da Corte suprema brasileira evidencia a proibição do retrocesso, que não deve ser admitido, e portanto, posiciona-se pela condução das políticas a serem revistas de forma ampla pelas demais instâncias, legisladores, governantes e sociedade em geral, de modo que não se tolere o desrespeito à governança baseada na participação social e aos princípios ambientais.

Palavras-Chave: retrocesso; participação social; jurisdição constitucional; desenvolvimento sustentável; proteção ambiental.

ABSTRACT: The governance in Brazil has shown that part of the achievements previously verified was hampered by governmental actions that led to the setback of environmental protection and sustainability. This work aims to analyze and discuss the environmental backwardness and the position of the STF (Brazilian Supreme Court), which strengthens the position of greater social participation and defense of environmental protection as a public policy and institutional function of the State. Methodologically, a theoretical, normative and jurisprudential (STF) documentary investigation was adopted. As a result, we understand that the decisions of the STF ratify the need for the Brazilian State to review its

guidelines in the realization of current environmental policies for the constitutional purpose of social participation, and socio-environmental protection and preservation of the natural environment to promote the sustainability of present and future generations. The conclusions of the Brazilian supreme court points out that the prohibition of regression should not be admitted, therefore, the conduct of policies must be reviewed widely by other instances, policy makers, and society, so that we do not tolerate the disrespect for governance based on participation, civil society and environmental principles.

Keywords: retrogression; social participation; constitutional jurisdiction; sustainable development; environmental protection.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21916233

Introdução: na Era do Antropoceno tem sido a degradação ambiental por ações antrópicas como uma problemática conhecida e resistida devido aos limites ecossistêmicos de um planeta de recursos finitos, especialmente, em países continentais como o Brasil, que demandam gestão efetiva de políticas públicas para sua proteção.

As mudanças climáticas intensificam os impactos ambientais e agravam o panorama de grupos sociais vulneráveis, a exemplo de comunidades residentes em regiões semiáridas - no Brasil, em 10 estados (9 no nordeste e parte de Minas Gerais) (INSA, 2021) - com a desertificação prejudicam o acesso a recursos hídricos, fundamentais para sobrevivência, elemento de satisfação de necessidades básicas e fonte de renda alimentar.

A Declaração da RIO-92 (UN, 1992) possui 27 princípios socioambientais relevantíssimos que se relacionam com o tema tratado. O princípio 1º tem humanos como centro do desenvolvimento sustentável, não focando na vertente puramente econômica, mas relacionando decisões considerando alinhamento de “uma vida produtiva e saudável em harmonia com a natureza”.

O princípio 2º aborda o direito do Estado de explorar recursos naturais em seu território; considerando a necessidade de salvaguardar recursos indispensáveis para presentes e futuras gerações e o exercício do direito ao desenvolvimento (princípio 3º), para a sobrevivência digna sob a perspectiva de necessidades elementares e promoção do bem-estar.

O princípio 4º determina que a "proteção ambiental deve constituir parte integral do processo de desenvolvimento e não pode ser considerada de forma isolada dele", assim como o princípio 7º, que afirma que "Estados devem cooperar em um espírito de parceria global para conservar, proteger e restaurar a saúde e integridade dos ecossistemas da Terra". O princípio 11, estabelece que a legislação ambiental deve ser efetiva, refletindo “o contexto ambiental e de desenvolvimento” territoriais característicos. Estes três ressaltam o papel de preservação e conservação a ser prioritariamente observado pela lei e ações dos governos em suas políticas.

O princípio 10 explicita a relevância da participação cidadã no tratamento de problemas ambientais junto aos entes governamentais, que devem estimular participação, promover acesso a informações importantes para processos decisórios e a esferas administrativas e judiciais em torno dessas questões. Este guarda conexão com o princípio 22 por reconhecer o papel das comunidades indígenas e tradicionais para a gestão ambiental e o desenvolvimento pelos conhecimentos e práticas que possuem, devendo participar ativamente de processos que visem alcançar ideais sustentáveis e proteção do ambiente e dos recursos naturais (princípio 23), atentando especialmente para os mais vulneráveis (princípio 6º).

Nesta senda, o princípio 13 evoca previsão normativa quanto “à responsabilidade e compensação para as vítimas da poluição e de outros danos ambientais”, ao lado da “internalização dos custos ambientais e o uso de instrumentos econômicos”, com o princípio do poluidor-pagador e o respeito ao interesse público. O princípio 17 prevê a análise do “impacto ambiental, como instrumento nacional, realizada para as atividades propostas que possam ter um impacto negativo significativo sobre o meio ambiente sujeitas a uma decisão de uma autoridade nacional competente”, compreendendo-se sua indispensabilidade.

A participação social configura-se como pilar essencial da governança ambiental. Elevam-se importantes documentos de Direito Internacional, destaque-se: a Convenção Aarhus (Convenção sobre Acesso à Informação, Participação Pública na Tomada de Decisão e Acesso à Justiça em Matéria Ambiental) e o Acordo Regional de Escazú para América Latina e Caribe (Acordo sobre Acesso à Informação, Participação Pública na Tomada de Decisão e Acesso à Justiça em Matéria Ambiental).

A primeira reconhece acesso à informação e a participação social na tomada de decisões na qualidade e implementação das decisões e para conscientização pública sobre questões ambientais, com público ciente dos procedimentos, livre acesso a eles e aos saberes necessários para utilizá-los. O segundo, que possui natureza jurídica vinculante, surgiu como desdobramento da Rio+20 (SARLET *et al.*, 2022).

No Brasil, há diretrizes estabelecidas sobre participação pública, contudo, sem o alcance dos documentos citados, ainda não ratificados. O art. 225, §1º, IV, CF/88 (BRASIL, 1988) prevê obrigação do Governo de impor, legalmente, o estudo de impacto ambiental para instalação de obra ou atividade que potencialmente causem degradação ambiental significativa e, recepcionando a Resolução 01/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA -, órgão deliberativo do Ministério do Meio Ambiente, incorpora determinação sobre necessidade de estudos de impacto ambiental para licenciamento com discussão em audiências públicas (art. 11, §2º, da Resolução CONAMA 001/86 e art. 192, §2º, CF).

A participação na proteção ambiental também é possível por instrumentos processuais, entre eles, a Ação Popular - Lei nº 4.717/65 (BRASIL, 1965) e a Ação Civil Pública - Lei nº 7.347/85 (BRASIL, 1985). Por via direta, a iniciativa popular nos procedimentos legislativos (art. 61, caput e §2º; arts. 22, IV e 24, §3º, I, CF/88), referendos sobre leis (art. 14, II e art. 24, §3º, II, CF/88), Tomadas Públicas de Contribuição e Audiências Públicas; e no desempenho de representantes em órgãos colegiados com relativos poderes normativos, como CONAMA, Comitês de Bacias Hidrográficas e Conselhos Municipais de Meio Ambiente.

As Arguições de Descumprimento de Preceito Fundamental (ADPFs) regidas pela Lei nº 9.882/99 (BRASIL, 1999) podem ser propostas nos casos em que há fundamento de controvérsia constitucional na lei. Nesses casos, entidades da sociedade civil podem participar como *Amicus Curiae*²⁸, a exemplo de diversas normas editadas pelo Governo Federal ultimamente que cercearam a participação da sociedade civil nos processos decisórios.

O Supremo Tribunal Federal (STF) é o órgão de cúpula do Poder Judiciário. Entre as principais atribuições, compete a ele a guarda da Constituição (art. 102, CF/88) e o julgamento das ADPFs. Questão ambiental é matéria constitucional com base no art. 225, no art. 23 e no art. 24, I, VI, VII e VIII (BRASIL, 1988).

Material e Métodos: metodologicamente utilizou-se de análise qualitativa descritiva, de ordem lógica indutiva (GIL, 2002; BITTAR, 2001) quanto às ações e decisões vinculadas à governança ambiental com participação da sociedade civil sobre intervenções que ferem o princípio da vedação ao retrocesso na legislação ambiental brasileira, e daqueles contidos na Declaração do Rio para o Meio Ambiente e Desenvolvimento - RIO 92 (UN, 1992) -, tendo como principais resultados processos no STF do Brasil entre 2020 e 2022, especialmente as ADPFs.

Resultados: Entre 2020 a 2022 foram identificados vários processos judiciais de ADPF julgados no pleno do STF correlacionados ao princípio da vedação ao retrocesso ambiental, o que demonstra atuação da corte na vanguarda do meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Sarlet *et al.* (2022) salientam que direitos participativos estão sob forte ataque no Brasil nos últimos anos”, demonstrando a importância da ratificação do Acordo de Escazú pelo Estado brasileiro. Exemplo disso é decisão no julgamento da ADPF 622 - requerida pela Procuradoria Geral da República -, sobre “constitucionalismo abusivo”, ou “prática que promove a interpretação ou a alteração do ordenamento jurídico, de forma a concentrar poderes no Chefe do Executivo e a desabilitar agentes que exercem controle sobre a sua atuação”, com “retrocesso democrático e à violação a direitos fundamentais”.

Bem como a ADPF 623, que resultou na redução da participação social na composição do CONAMA efetivada no Decreto 9.806/2019. A ministra Rosa Weber manifestou-se: “a dimensão objetiva do direito fundamental ao meio ambiente e o projeto constitucional de

²⁸ *Amicus curiae* (art. 138, CPC) terceiro admitido no processo a fornecer subsídios instrutórios (probatórios ou jurídicos) à solução de causa revestida de especial relevância ou complexidade como assistente simples. Auxilia o órgão jurisdicional com elementos para decisão, significando “amigo da corte” (STF, 2022).

democracia participativa na governança ambiental”, de modo que “[...] a moldura normativa a ser respeitada na organização procedural dos Conselhos é antes uma garantia de contenção do poder do Estado frente à participação popular, missão civilizatória que o constitucionalismo se propõe a cumprir”.

A ADPF 651 foi julgada em 2022, após a publicação do Decreto Presidencial nº 10.239/2020, que alterou a composição do Conselho Deliberativo do Fundo Nacional do Meio Ambiente, do Conselho Nacional da Amazônia e do Comitê Orientador do Fundo Amazônia, retirando membros da Sociedade Civil Organizada e deixando sua base majoritariamente composta por membros do executivo federal, sendo deliberada a procedência parcial do pedido, declarando inconstitucional o art. 5º do Decreto n. 10.224/2020, restituindo a Sociedade Civil no Conselho.

A ADPF 656, julgada em 2020, questionou portaria assinada pelo Secretário de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA -, que estabelece prazos para aprovação tácita de utilização de agrotóxicos, independentemente da conclusão de estudos técnicos relacionados aos efeitos ambientais nocivos ou às consequências à saúde da população brasileira, deliberando-se pela suspensão da eficácia de parte da norma, prevalecendo interesse público em face do aprovado pela então Portaria 43/ 2020 do MAPA.

A ADPF 748 discute a inconstitucionalidade da Resolução CONAMA nº 500/2020, com a imediata restauração da vigência e eficácia das Resoluções CONAMA nºs 284/2001, 302/2002 e 303/2002, sobre as áreas de preservação permanente, sendo decidido liminarmente pela procedência parcial do pedido por unanimidade e, dessa forma, pela restauração de áreas especialmente protegidas com perda de grau de proteção.

A ADPF 749 reforça a discussão sobre a inconstitucionalidade da Resolução CONAMA nº 500/2020, solicitando retorno da vigência das Resoluções CONAMA nºs 284/2001, 302/2002 e 303/2002, em caráter definitivo, ao contrário da ADPF 748 que solicitava a análise liminar, deliberando-se inconstitucionalidade unanimemente.

Na seara da participação e informação ambiental, a ADPF 760 demonstra, de acordo com a expressão da ministra Cármem Lúcia, que há uma “cupinização” da participação da sociedade em órgãos colegiados na estrutura administrativa-ambiental (ADPF 623, ADPF 622, ADPF 651, ADPF 760, apud SARLET *et al.*, 2022).

As decisões referentes às ADPF citadas demonstram participação efetiva do STF na manutenção de preceitos constitucionais, respondendo a demandas feitas pela sociedade civil por meio de instrumentos legais como a ADPF, amparada em dezenas de entidades representantes da sociedade civil organizada atuantes como *amicus curiae* (Quadro 1).

Ratificando a necessidade de revisão pelo Estado brasileiro de diretrizes na realização das atuais políticas ambientais.

Quadro 1 - Atuação como *Amicus Curiae* nas ADPFs indicadas

Ação	Amicus Curiae
ADPF 622	INSTITUTO ALANA; AVANTE- EDUCAÇÃO E MOBILIZAÇÃO SOCIAL; CASA DE CULTURA ILE ASE D'OSOGUIA IAO; CENTRAL UNICA DOS TRABALHADORES-CUT; CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRABALHADORES NA AGRICULTURA; CONSELHO FEDERAL DE PSICOLOGIA; CONSELHO FEDERAL DE SERVIÇO SOCIAL; GABINETE ASSESSORIA JURÍDICA ÀS ORGANIZAÇÕES POPULARES; INSTITUTO FAZENDO HISTÓRIA; ASSOCIAÇÃO MAYLE SARA KALI; CECUP - CENTRO DE EDUCACAO E CULTURA POPULAR; MOVIMENTO NACIONAL DE DIREITOS HUMANOS - MNDH; INSTITUTO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS CRIMINAIS; ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS CENTROS DE DEFESA DA CRIANÇA E DO ADOLESCENTE; CONECTAS DIREITOS HUMANOS; CONSELHO FEDERAL DA ORDEM DOS ADVOGADOS DO BRASIL - CF/OAB.
ADPF 623	CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - CBIC; AELO-ASSOCIAÇÃO DAS EMPRESAS DE LOTEAMENTO E DESENVOLVIMENTO URBANO; SINDICATO DAS EMPRESAS DE COMPRA, VENDA, LOCAÇÃO, ADMINISTRAÇÃO DE IMÓVEIS RESIDENCIAIS E COMERCIAIS DE SAO PAULO - SECOWI/SP; ASSOCIAÇÃO DE SAÚDE AMBIENTAL TOXISPHERA; REDE SUSTENTABILIDADE; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS MEMBROS DO MINISTÉRIO PÚBLICO DE MEIO AMBIENTE; ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS MEMBROS DO MINISTÉRIO PÚBLICO - CONAMP; WWF - BRASIL; INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL; TRANSPARÊNCIA INTERNACIONAL; LABORATÓRIO DO OBSERVATÓRIO DO CLIMA; REDE DE ORGANIZAÇÕES NÃO GOVERNAMENTAIS DA MATA ATLÂNTICA - RMA; CONECTAS DIREITOS HUMANOS; CONSELHO FEDERAL DA ORDEM DOS ADVOGADOS DO BRASIL.
ADPF 651	MOVIMENTO NACIONAL DE DIREITOS HUMANOS – MNDH.
ADPF 749	PARTIDO VERDE, MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE SÃO PAULO, INSTITUTO DOS ADVOGADOS BRASILEIROS, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS MEMBROS DO MINISTÉRIO PÚBLICO DE MEIO AMBIENTE, REDE NACIONAL PRÓ-UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL, C MARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, AELO-BRASIL - ASSOCIAÇÃO DAS EMPRESAS DE DESENVOLVIMENTO URBANO DO BRASIL, SINDICATO DAS EMPRESAS DE COMPRA, VENDA, LOCAÇÃO E ADMINISTRAÇÃO DE IMÓVEIS RESIDENCIAIS E COMERCIAIS DE SÃO PAULO - SECOWI, CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE COMPANHIAS DE ENERGIA ELÉTRICA - ABCE; PARTIDO VERDE - PV; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS MEMBROS DO MINISTÉRIO PÚBLICO DE MEIO AMBIENTE - ABRAMPA; REDE NACIONAL PRÓ UNIDADES DE CONSERVAÇÃO - REDE PRO UC; CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL - CNA; C MARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - CBIC; ASSOCIAÇÃO DAS EMPRESAS DE LOTEAMENTO E DESENVOLVIMENTO URBANO - AELO; SINDICATO DAS EMPRESAS DE COMPRA, VENDA, LOCAÇÃO E ADMINISTRAÇÃO DE IMÓVEIS RESIDENCIAIS E COMERCIAIS DE SÃO PAULO - SECOWI; SINDICATO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS DE CIMENTO - SNIC; CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE COMPANHIAS DE ENERGIA ELÉTRICA - ABCE.
ADPF 760	CONSELHO NACIONAL DAS POPULAÇÕES EXTRATIVISTAS - CNS; LABORATÓRIO DO OBSERVATÓRIO DO CLIMA - OC; GREENPEACE BRAZIL; CONECTAS DIREITOS HUMANOS; INSTITUTO ALANA; ASSOCIAÇÃO DE JOVENS ENGAJAMUNDO; ARTIGO 19 BRASIL; ASSOCIAÇÃO CIVIL ALTERNATIVA TERRAZUL; INSTITUTO DE ESTUDOS AMAZÔNICOS - IEA; TERRA DE DIREITOS.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Existem múltiplas demandas ambientais, como enfrentamento às secas e enchentes em diferentes partes do país, as repercussões da crise climática e sua intensificação pela forma negativa de condução de políticas enquanto normas e ações do governo, implicando atuação conjunta.

Discussão: As tentativas de redução das instâncias de participação das normas questionadas no STF foram diretamente relacionadas aos conselhos envolvidos na temática

ambiental. Conselhos gestores foram, para GOHN (2001), conquistas dos movimentos populares e da sociedade civil organizada criados por leis após pressões e demandas da sociedade civil após a CF de 1988. Mas precisam de paridade, condições de acesso e exercício, capacidade e poderes normativos de decisão, evitando mera existência como instância consultiva e opinativa.

As decisões do STF nos julgados mencionados representam reconhecimento dessa necessidade de integração por defender-se a manutenção e respeito de normas e princípios previstos na CF/88 e tratados internacionais – como os elencados – que dispõem sobre a busca por relações mais equilibradas entre sociedade e recursos naturais, como forma de resistência e garantia da participação, do acesso à informação e limite à exploração dos recursos naturais, especialmente em biomas protegidos atualmente ameaçados por posições políticas.

Assim, vislumbra-se no conjunto de medidas do Poder Executivo “ampliando a sua capacidade de domínio e apagando a presença e a força dos contrapoderes” (SINGER, 2020), tentando apagamento da presença e força deliberativa da sociedade civil na seara ambiental.

Conclusão: Conforme se observa pelos casos demonstrados nas ADPFs, não apenas tem sido cada vez mais tolhida a participação social nas discussões e processos decisórios, como percebido o tom dos desafios quanto às ações do governo nas alterações legislativas, as quais acarretariam mais prejuízos à preservação e conservação ambientais não fosse intervenção do Judiciário como tentativa de assegurar observância de preceitos constitucionais pátrios, a exemplo dos relacionados aos princípios estabelecidos na Declaração da RIO 92 (UN, 1992).

Conclui-se que o posicionamento da Corte suprema brasileira evidencia retrocesso inadmissível, demandando ampla revisão pelas demais instâncias, legisladores e sociedade em geral, sem tolerância ao desrespeito à governança baseada na participação social e princípios ambientais.

Mesmo diante de casos que constataram atuação voltada para proteção de direitos e interesses legitimados em valores da sustentabilidade e desenvolvimento, percebe-se instabilidade a marcar ações governamentais socioambientais. Demandando observância principiológica (p.e. RIO 92) e normativa (CF/88 e infraconstitucional), e uma constante atenção aos desdobramentos políticos vindouros.

Agradecimento: à CAPES pelo suporte econômico da mestrandona Lana Rodrigues Araújo, bolsista no PPg-SUS/EACH/USP.

Referências:

- BITTAR, E. C. B. Metodologia da pesquisa jurídica: teoria e prática da monografia para os cursos de Direito. São Paulo: Saraiva, 2001.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, 1988. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm Acessado em: 18 set. 2022.
- BRASIL. Lei nº 4.717, de 29 de junho de 1965. Regula a ação popular. Diário Oficial da União, de 5.7.1965. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4717.htm. Acesso em: 17 set. 2022.
- BRASIL. Lei nº 7.347, de 24 de julho de 1985. Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico (VETADO) e dá outras providências. Diário Oficial da União, de 25.7.1985. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7347orig.htm. Acesso em: 17 set. 2022.
- BRASIL. Lei nº 9.882, de 3 de dezembro de 1999. Dispõe sobre o processo e julgamento da arguição de descumprimento de preceito fundamental, nos termos do § 1º do art. 102 da Constituição Federal. Diário Oficial da União, de 6.12.1999. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9882.htm. Acesso em: 17 set. 2022.
- CEPAL. Regional Agreement on Access to Information, Participation and Justice in Environmental Matters in Latin America and Caribbean. 2018. Disponível em:
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43583/1/S1800428_en.pdf. Acesso em: 14 set. 2022.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4a ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GOHN, M. da G. Conselhos Gestores e Participação Sociopolítica. São Paulo, Cortez, 2001.
- Instituto Nacional do Semiárido - INSA. O semiárido brasileiro. 2021. Disponível em:
<https://www.gov.br/mcti/pt-br/rede-mcti/insa/semiarido-brasileiro>. Acesso em: 26 nov. 2021.
- ONU, Organização das Nações Unidas. Documento “O Futuro Que Queremos”: Rio + 20 (junho, 2012) – Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável.
- ONU. Convenção sobre acesso à informação, participação do público no processo da tomada de decisão e acesso à justiça em matéria de ambiente. Aarhus, 1988.
- SARLET, I. W.; CAPPELLI, S.; FENSTERSEIFER, T. COP 1 do Acordo de Escazú e os direitos ambientais de participação. 15 de abril de 2022, Conjur Online. Disponível:
<https://www.conjur.com.br/2022-abr-15/direitos-fundamentais-cop-acordo-escazu-2018-direitos-ambientais-participacao>. Acessado em: 17 set. 2022.

SINGER, A. Autoritarismo furtivo. A Terra é Redonda, 13 de junho de 2020.

Supremo Tribunal Federal – STF. ADPF 623. Disponível em:

<https://portal.stf.jus.br/processos/detalhe.asp?incidente=5774620>. Acesso em: 16 set. 2022.

Supremo Tribunal Federal – STF. ADPF 651. Disponível em:

<https://portal.stf.jus.br/processos/detalhe.asp?incidente=5853176>. Acesso em: 16 set. 2022.

Supremo Tribunal Federal – STF. ADPF 656. Disponível em:

<https://portal.stf.jus.br/processos/detalhe.asp?incidente=5866860>. Acesso em: 16 set. 2022.

Supremo Tribunal Federal – STF. ADPF 748. Disponível em:

<https://www.stf.jus.br/arquivo/cms/noticiaNoticiaStf/anexo/adpf748.pdf>. Acesso em: 16 set. 2022.

Supremo Tribunal Federal – STF. ADPF 749. Disponível em:

<https://www.stf.jus.br/arquivo/cms/noticiaNoticiaStf/anexo/adpf749.pdf>. Acesso em: 16 set. 2022.

Supremo Tribunal Federal – STF. ADPF 760. Disponível em:

<https://portal.stf.jus.br/processos/detalhe.asp?incidente=6049993>. Acesso em: 16 set. 2022.

UNITED NATIONS (UN). United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, Brazil, 3-14 June 1992. Disponível em: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N92/836/55/PDF/N9283655.pdf?OpenElement>. Acesso em: 16 set. 2022.

CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS: PERSPECTIVAS E DESAFIOS PARA ALCANÇAR O ODS 11 DA AGENDA 2030 NO BRASIL

Luiz Fernando Ferreira¹; Paulo Augusto Zaitune Pamplim²;

1 – Luiz Fernando Ferreira. Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG). luiz.ferreira@sou.unifal-mg.edu.br

2 – Paulo Augusto Zaitune Pamplim. Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG). paulo.pamplim@unifal-mg.edu.br

RESUMO: Mesmo ocupando apenas 3% da superfície terrestre, e concentrando pouco mais de 50% da população mundial, as cidades apresentam um grande impacto global pelas concentrações de poluentes e gases do efeito estufa. Estima-se que em 2050 cerca de 70% da população terrestre irá ocupar essas cidades, o que requer, como medida de urgência, ações voltadas para o desenvolvimento sustentável nestas. O objetivo número 11 da Agenda 2030 da ONU busca esse desenvolvimento, e em conjunto com os demais ODS erradicar a fome, diminuir as desigualdades e garantir um meio ambiente ecologicamente equilibrado. Para avaliar e acompanhar esse objetivo, foram desenvolvidos indicadores mundiais e nacionais, que acompanham o desenvolvimento sustentável e certifica as cidades que apresentam um desempenho maior nesse sentido, como o caso da *World Council on City Data* (WCCD), que desenvolveu indicadores baseados das ISO 37120, 37122 e 37123 para certificar as cidades no mundo, e o Instituto Cidades Sustentáveis, no Brasil, que desenvolveu indicadores que permite avaliar o desempenho social das cidades e as classificar em um ranking. A partir desses indicadores, e outros programas brasileiros de incentivo ao desenvolvimento sustentável, foi possível concluir que as desigualdades regionais presentes no país podem ser o principal desafio para atingir, efetivamente, um desenvolvimento sustentável nas comunidades e cidades brasileiras.

Palavras-Chave: Desastres Ambientais; ISO 37120; ONU; Superpopulação;

ABSTRACT: Even occupying only 3% of the Earth's surface, and concentrating just over 50% of the world population, cities have a great global impact due to the concentrations of pollutants and greenhouse gases. It is estimated that in 2050 about 70% of the terrestrial population will occupy these cities, which requires, as an urgent measure, actions aimed at sustainable development in these cities. Goal number 11 of the UN 2030 Agenda seeks this development, and together with the other SDGs, eradicate hunger, reduce inequalities and ensure an ecologically balanced environment. In order to assess and monitor this objective, global and national indicators were developed, which accompany sustainable development and certify cities that present a greater performance in this regard, such as the case of the World Council on City Data (WCCD), which developed indicators based on ISO 37120, 37122 and 37123 to certify cities around the world, and the Sustainable Cities Institute, in Brazil, which developed indicators that allow evaluating the social performance of cities and classifying them in a ranking. Based on these indicators, and other brazilian programs to encourage sustainable development, it was possible to conclude that the regional inequalities present in the country may be the main challenge to effectively achieve sustainable development in brazilian communities and cities.

Keywords: Environmental disasters; ISO 37120; UN; Overpopulation;

DOI: 10.6084/m9.figshare.21916239

Introdução: A urbanização tem sido acompanhada por grandes pressões ambientais e uma demanda acelerada por serviços básicos, empregos, infraestrutura, moradias populares e terras. Esta demanda torna as cidades mais vulneráveis a catástrofes naturais e impactos das mudanças climáticas, além disso, a alta concentração de pessoas contribui para o agravamento destes fenômenos (as cidades são responsáveis por 60-80% do consumo de energia e 75% das emissões de CO₂) (ONU, 2021).

Sob este contexto, o 11º objetivo consiste em tornar as cidades e assentamentos humanos inclusivos, promover a segurança, a resiliência e a sustentabilidade destes, garantindo até 2030 (ONU BRASIL, 2021):

11.1 o acesso habitação segura, preços acessíveis, serviços básicos e urbanização das favelas;

11.2 o acesso a sistemas de transporte seguros, com preços acessíveis e sustentáveis, por meio da expansão dos transportes públicos e da melhoria da segurança rodoviária, atentando-se especialmente à mulheres, crianças, deficientes e idosos;

11.3 o aumento da urbanização inclusiva e sustentável;

11.4 o fortalecimento da proteção dos patrimônios culturais e naturais;

11.5 a diminuição, de forma significativa, do número de pessoas e mortes por catástrofes, assim como das perdas econômicas causadas pelas mesmas;

11.6 a redução do impacto ambiental negativo per capita, atentando-se especialmente à qualidade do ar e gestão de resíduos municipais;

11.7 o acesso a espaços públicos seguros e verdes, principalmente à mulheres, crianças, deficientes e idosos.

Há entretanto, a necessidade de indicadores que permitam mensurar qualitativa e quantitativamente, de forma padronizada, consistente ou comparável o desempenho sustentável das cidades ao longo do tempo ou entre tais (ISO, 2014). Neste contexto, este trabalho objetivou levantar dados acerca dos estratégias adotadas para avaliação do Objetivo do Desenvolvimento Sustentável 11 no Brasil e os desafios para alcançá-lo.

Material e Métodos: Este trabalho foi realizado entre os meses de agosto e novembro de 2021, na disciplina de Ciências Ambientais do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG). A proposta foi baseada nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU (ODS). O tema ao qual este trabalho se fundamenta é o ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis).

As buscas foram realizadas no Google Acadêmico, no site da ONU Brasil (<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>), em sites de municípios do estado de São Paulo, e no site do Instituto de Cidades Sustentáveis (ICS, 2021).

Resultados e discussão:

Impactos ambientais das cidades

As cidades ocupam menos de 3% da superfície terrestre, entretanto, uma alta concentração populacional, industrial e consequentemente diferentes atividades e uso de recursos se localiza nestas. Isso acarreta grande poluição local e impactos ambientais, tais como: perda de áreas verdes; resíduos sólidos e poluição do solo e atmosférica; principalmente em decorrência do aumento de consumo e produção de lixo, do tráfego, aumentando emissões de gases e afetando o meio ambiente regional e planetário (POREDOS, 2011).

Conforme a International Organization for Standardization (2018), 70% do PIB (Produto Interno Bruto) global são gerados pelas cidades, nas quais se concentra 53% da população. Estima-se que até 2050 se concentrará 70% da população nestas cidades, significando que a possibilidade de um futuro sustentável se torna ainda mais importante e urgente que nunca. Esse crescimento é impulsionado pelo aumento de novos investimentos e oportunidades de emprego, acarretando a migração da população de zonas rurais para zonas urbanas, entretanto, uma grande porcentagem dessa população vive em vilas ou cidades de países de baixa ou média renda (UNEP, 2013).

No início da década de 2000, no mundo, havia 371 cidades com um milhão ou mais de habitantes. Em 2018 este número aumentou para 548, e em 2030 estima-se que aumente para 706 cidades. Megacidades é uma denominação para cidades com mais de 10 milhões de habitantes. Atualmente existem 33 megacidades no mundo (Tabela 1), podendo este número chegar a 43 cidades até 2030 (ONU, 2018). Principalmente nas megacidades, em função do crescimento acelerado da população, há o crescimento exponencial da demanda por bens e serviços, aumentando consequentemente os impactos ambientais e sociais (PIÑA; MARTÍNEZ, 2016).

Tabela 1: Rank das 10 cidades mundiais mais populosas

As 10 cidades mais populosas do mundo em 2018 e 2030 (ONU, 2018)

Rank	Cidade	População em 2018 (milhões de pessoas)	População em 2030 (milhões de pessoas)
-------------	---------------	---	---

1º	Tóquio, Japão	37.468	36.574
2º	Delhi, Índia	28.514	38.939
3º	Shanghai, China	25.582	32.869
4º	São Paulo, Brasil	21.650	23.824
5º	Cidade do México, México	21.581	24.111
6º	Cairo, Egito	20.070	25.517
7º	Mumbai, Índia	19.980	24.572
8º	Beijing, China	19.618	24.282
9º	Dhaka, Bangladesh	19.578	28.076
10º	Osaka, Japão	19.281	*

Fonte: ONU (2018).

*Obs: estima-se que Osaka (Japão), em 2030 não estará no rank das 10 megacidades mais populosas no mundo, sendo esta substituída pela Kinshasa (República Democrática do Congo) com 21.914 milhões de habitantes.

Impactos das cidades no território brasileiro

Nos centros urbanos, o crescimento acelerado é historicamente associado às desigualdades na distribuição de riquezas entre as regiões brasileiras e as cidades. A maioria das áreas desenvolvidas do país se concentram nas regiões central e sul, enquanto na região norte se concentra a maior pobreza do país (HUMMELL; CUTTER; EMRICH, 2016). A região sudeste, por exemplo, concentra a maior população do país (42% da população brasileira), da qual cerca de 14% da população da região se concentra na cidade de São Paulo (IBGE, 2021). Nestas região e nas demais regiões do Centro-Sul do país, o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) são considerados médios-muito baixos, enquanto nas regiões norte e nordestes o IVS é alto-muito alto, em decorrência de seu pouco desenvolvimento em relação à outras regiões do país (IPEA, 2015). Ainda, nestas regiões de IVS mais elevadas, os índices de degradação ambiental (Tabela 2) também são mais acentuados, sendo as queimadas, o desmatamento e o assoreamento os impactos mais citados segundo o IBGE (2010).

Tabela 2: Prejuízo por desastres ambientais no ano de 2020

Prejuízos por desastres ambientais nas principais regiões do Brasil em 2020 (CNM, 2021)		
Região	Principais desastres	Prejuízo (R\$)

Norte	Enchentes e inundações (não mensurado os prejuízos por queimadas e desmatamento).	1.060.647.329
-------	---	---------------

Nordeste	Seca e estiagem.	15.996.777.786
Centro-Oeste	Inundações e incêndios florestais.	2.258.823.918
Sudeste	Inundações; Alagamentos; Enchentes; Enxurradas; Deslizamento de terra; Estiagem (norte da região); Excesso de chuva (Sul da região);	19.153.646.306
Sul	Excesso de chuvas fortes e ventos; Deslizamento de terras; Inundações.	24.102.063.485

Fonte: Confederação Nacional de Municípios (2021).

Entretanto, nessas regiões mais populosas, desastres ambientais como inundações, alagamentos, enchentes, enxurradas, deslizamento em função da ocupação desordenada e da impermeabilização dos solos são frequentes, o que no ano de 2020 contribuiu para o prejuízo de mais de R\$19 bilhões decorrentes de desastres ambientais (CNM, 2021).

Indicadores de Sustentabilidade Urbana

Os indicadores de sustentabilidade urbana são ferramentas que permitem às cidades o monitoramento de seu desenvolvimento sustentável, pois possibilita a avaliação de impactos socioeconômicos e ambientais pelos planejadores, gestores e formuladores de políticas públicas (EUROPEAN COMMISSION, 2018).

A ISO 37120 (*Sustainable cities and communities - Indicators for city services and quality of life*) (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2018) propõe um sistema de indicadores (totalizando mais de 100 indicadores, classificados como: (i) indicadores essenciais; (ii) indicadores de apoio; e (iii) indicadores de perfil) e medições de sustentabilidade para cidades e comunidades sustentáveis (DE ABREU; MARCHIORI, 2020). Esta norma pode ser usada em conjunto com a ISO 37101 (2016) (que define objetivos para o desenvolvimento sustentável das cidades e estratégia para alcançá-los), e aplicada a qualquer cidade, município ou governo local comprometido a medir, independente do tamanho e localização, de maneira comparável e verificável o seu desempenho sustentável (ISO, 2014).

O Conselho Mundial de Dados da Cidade (WCCD - *World Council on City Data*), facilita a implementação e adoção da ISO 37120 nas cidades pelo mundo, e com base nos indicadores da ISO 37120, ISO 37122 e ISO 37123 já certificou mais de 50 cidades no mundo, entre elas Toronto, Los Angeles, Cambridge, Amsterdam, Buenos Aires, e outras (WCCD, 2017). No Brasil, nenhuma cidade foi certificada pela WCCD (Buenos Aires foi a única cidade da América Latina certificada), entretanto há no país o Instituto Cidades Sustentáveis (ICS), que visa com

base nos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 mobilizar, estimular, sensibilizar e comprometer os municípios e suas governanças ao desenvolvimento sustentável, combatendo as desigualdades e promovendo os direitos humanos (ICS, 2021).

Cidades sustentáveis no Brasil de acordo com o ICS

O ICS, por meio do Programa Cidades Sustentáveis (PCS), estruturou 12 eixos temáticos programa dos ODS, para mensurar o desempenho sustentável das cidades brasileiras, compará-las e classificá-las (PCS, 2021a). Esses eixos são: (I) ação local para a saúde; (II) bens naturais comuns; (III) consumo responsável e opções de estilo de vida; (IV) cultura para a sustentabilidade; (V) economia local dinâmica, criativa e sustentável; (VI) do local para o global; (VII) educação para a sustentabilidade e qualidade de vida; (VIII) equidade, justiça social e cultura de paz; (IX) governança; (X) gestão local para a sustentabilidade; (XI) melhor mobilidade, menos tráfego; e (XII) planejamento e desenho urbano. Com base nisso, o PCS disponibiliza um ranking com as cidades mais sustentáveis do Brasil composto por 770 municípios (PSC, 2021b).

Segundo o Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades (2021), as 23 cidades que lideram o ranking são da região sudeste do Brasil, mais especificamente do estado de São Paulo, o que pode estar associado ao fato desta região apresentar os melhores indicadores de sustentabilidade do país, principalmente nas dimensões econômicas, educacionais, saúde, meio ambiente, ciência e tecnologia (MACHADO, 2012), além desta concentrar cerca de metade do PIB do país (IBGE, 2020), o que a permite o investimento em programas de incentivo ao desenvolvimento sustentável.

As desigualdade da distribuição das riquezas nas diferentes regiões ou estados podem ser um desafio para o desenvolvimento sustentável nas cidades brasileiras, entretanto, na região sudeste pode contribuir grandemente para a conservação da Mata Atlântica, um dos *Hotspots* mais ameaçados do planeta (MITTERMEIER, 2005), através de incentivos para o desenvolvimento sustentável ou Pagamentos por Serviços Ambientais, como por exemplo o Projeto Conservador das Águas do município de Extrema, interior de Minas Gerais, que incentiva através de pagamentos o reflorestamento e conservação de nascentes de água por meio dos produtores locais, um projeto premiado pela ONU Habitat (PREFEITURA DE EXTREMA, 2021).

Conclusão: Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU é uma necessidade da contemporaneidade, pois visam combater a desigualdade e garantir a saúde ambiental do

planeta para as próximas décadas, um cenário que atualmente parece distante. Iniciativas como as da *World Council on City Data* (WCCD), do Instituto Cidades Sustentáveis e do Instituto de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo são grandes aliadas para o alcance dos 17 ODS, pois promovem não só métricas e indicadores para avaliação do desenvolvimento sustentável, como estimula os municípios a se aliarem a esta causa através de certificações e incentivos financeiros.

O desenvolvimento sustentável frente à expansão demográfica no mundo é uma urgência, principalmente nos grandes centros urbanos onde desastres ambientais em função da superpopulação são frequentes. O ODS 11 da ONU, juntamente com os indicadores ISO 37120, 27122 e 37123, além dos indicadores estabelecidos pela ICS são ferramentas que podem contribuir fortemente para isso, entretanto, as desigualdades entre regiões do mundo ou dentro de um país, aquilo que a ONU toma como missão para combater, pode se configurar como o maior desafio para cidades e comunidades efetivamente sustentáveis.

Agradecimentos: A CAPES, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA/UNIFAL-MG), e a Universidade Federal de Alfenas.

Referências:

- CNM. Estudo técnico: danos e prejuízos causados por outros desastres no Brasil durante a pandemia em 2020. 2021. Disponível em: <https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca/Estudo-danos-e-prejuizos-causados-por-desastres-durante-a-pandemia-em-2020_26.07.2021.pdf> Acesso em 23 set. 2021.
- DE ABREU, J. P. M.; MARCHIORI, F. F. Aprimoramentos sugeridos à ISO 37120 “Cidades e comunidades sustentáveis” advindos do conceito de cidades inteligentes. *Ambient. constr.* Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 527-539, jul-set 2020.
- EUROPEAN COMMISSION. In-depth report: indicators for sustainable cities. European Union: European Commision, 2018.
- HUMMELL, B. M. de L.; CUTTER, S. L.; EMRICH, C. T. Social vulnerability to natural hazards in Brazil. *International journal of disaster risk science*, v. 7, p. 111-122, jun 2016.
- IBGE. Notícia: mais de 90% dos municípios enfrentam problemas ambientais. 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo.html?busca=1&id=1&idnoticia=1286&t=mais-90-municipios-enfrentam-problemas-ambientais&view=noticia>> Acesso em: 23 set. 2021.

- IBGE. Produto Interno Bruto. 2021. Disponível em:
<<https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>> Acesso em: 21.out. 2021.
- ICS. Sobre nós. 2021. Disponível em:<<https://icidadessustentaveis.org.br/sobre-nos/>> Acesso em: 15. out. 2021.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 37120 briefing note: the first ISO International Standard on city indicators. Geneve, 2018.
- IPEA. Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros. Brasília: IPEA, 2015.
- ISO. ISO 37120 - Sustainable development of communities: indicators for city services and quality of life. Switzerland: ISO, 2014.
- MACHADO, G. V. Matriz de Indicadores de Sustentabilidade dos Estados Brasileiros. Revista Brasileira de Planejamento e Orçamento. Brasília, v. 2, n. 1, p. 61 -117, 2012.
- MITTERMEIER, R. A. et al. Global biodiversity conservation : the critical role of hotspots. In: ZACHOS, F. E.; HABEL, J. C. (Org). Biodiversity hotspots: distribution and protections of conservation priority areas. 1. Ed. Berlin: Springer-Verlag, 2011.
- ONU BRASIL. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil/Cidades e comunidades sustentáveis. 2021. Disponível em <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>> Acesso em: 31 ago. 2021
- ONU. GOAL 11: Sustainable cities and communities. 2021. Disponível em:<<https://www.unep.org/explore-topics/sustainable-development-goals/why-do-sustainable-development-goals-matter/goal-11>> Acesso em: 31 ago.2021
- ONU. The world's cities in 2018. Data booklet. 2018. Disponível em:
<https://www.un.org/en/events/citiesday/assets/pdf/the_worlds_cities_in_2018_data_booklet.pdf> Acesso em: 23 set. 2021.
- PCS. Programa Cidades Sustentáveis. 2021. Disponível em:<<https://www.cidadessustentaveis.org.br/inicial/home>> Acesso em 15. out. 2021a.
- PCS. Índice de desenvolvimento sustentável das cidades: classificação. 2021. Disponível em:<<https://idsc-br.sdgindex.org/rankings>> Acesso em: 16. out. 2021b.
- PIÑA, W. H. A.; MARTÍNEZ, C. I. P. Development and urban sustainability: an analysis of efficiency using data envelopment analysis. Sustainability, v. 8, n. 148, feb. 2016.
- POREDOS, K. Sustainable cities: response to urban environmental problems. Dela, v. 36, p. 25-48, 2011.
- PREFEITURA DE EXTREMA. Projeto Conservador das Águas. 2021. Disponível em:
<<https://www.extrema.mg.gov.br/conservadordasaguas/>> Acesso em: 21. out. 2021.

UNEP. Integrating the environment in urban planning and management: key principles and approaches for cities in the 21 century. United Nations Environment Programme, 2013.

WCCD. The world council on city data. Bogotá: WCCD, 2017. Disponível
em:<<https://unstats.un.org/unsd/bigdata/conferences/2017/presentations/day1/session3/p-session1A/3%20-%20City%20Data%20-%20JAMES%20PATAVA%20-%20WCCD.pdf>>
Acesso em: 14.out.2021.

PROPOSTA DE UM JOGO DE TABULEIRO EM ESCALA REAL PARA SENSIBILIZAÇÃO SOBRE AS QUEIMADAS URBANAS

Keila Camila da Silva¹; Jefferson Cesar Padrin Filho²

1 – Keila Camila da Silva. Universidade Federal de Santa Maria. keila_ambiental@hotmail.com

2 – Jefferson Cesar Padrin Filho. Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente de Dois Córregos. jeffersonpadrin@gmail.com

RESUMO: Este trabalho procurou apresentar o jogo “Trilha das Queimadas” com objetivo de se tornar um material didático de apoio pedagógico para as atividades de educação ambiental no município de Dois Córregos, São Paulo. É composto por um tabuleiro contendo 26 casas, 16 cartões, 02 dados e uma cartilha com as orientações. Ao longo do jogo o participante é desafiado a responder perguntas sobre o meio ambiente com foco nas queimadas urbanas. Foi replicado e disseminado em 09 escolas e instituições do município de Dois Córregos. Evidenciou-se a sensibilização de alunos sobre a importância de se evitar as queimadas urbanas demonstrando que as vivências em educação ambiental funcionam como uma eficiente ferramenta para fixação de conhecimentos ambientais.

Palavras-Chave: Educação Ambiental; Jogo de tabuleiro; Queimadas urbanas

ABSTRACT: This paper aimed to present the game "Trail of the Burns" aiming to become a didactic material of pedagogical support for environmental education activities in the city of Dois Córregos, São Paulo. It consists of a board containing 26 squares, 16 cards, 02 dice and a booklet with the guidelines. Throughout the game the participant is challenged to answer questions about the environment focusing on urban burnings. It was replicated and disseminated in 09 schools and institutions in the city of Dois Córregos. The awareness of students about the importance of avoiding urban burnings was evidenced, demonstrating that the experiences in environmental education work as an efficient tool for the fixation of environmental knowledge.

Keywords: Environmental education; board game; urban burnings.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21916242

Introdução:

Atualmente, em decorrência das constantes e progressivas alterações que a natureza vem sofrendo, nota-se que as questões ambientais são amplamente discutidas. No âmbito educacional, sob a égide da educação ambiental, o trabalho direciona-se fundamentalmente para a preservação da natureza, em especial aos recursos que ela disponibiliza para o homem.

Em seu contato com o meio ambiente, a sociedade pode ocasionar diversos impactos, sendo a educação ambiental um dos instrumentos para minimizar os negativos e maximizar os positivos. Um dos seus objetivos é a formação de cidadãos conscientes da necessidade de preservar o meio ambiente e, como consequência, a sua própria sobrevivência, pois a qualidade de vida dependerá da forma em que se encontra a natureza.

Notoriamente, as atividades lúdicas fornecem um ambiente agradável, motivador, prazeroso, planejado e enriquecido, que possibilita o aprendizado e o desenvolvimento de várias habilidades. Acrescenta-se a isso, a possibilidade de utilizar jogos didáticos, de modo a auxiliar os alunos na construção do conhecimento em qualquer área (PEDROSO, 2009).

As atividades lúdicas permitem desenvolver e aprimorar capacidades, explorar e refletir sobre a realidade, incorporar, e, ao mesmo tempo, questionar regras e papéis sociais. Ao utilizar brincadeiras, jogos e brinquedos na prática pedagógica, é possível ampliar e enriquecer a rede de significados construtivos, tanto para crianças como para os jovens (MALUF, 2006).

O jogo didático é aquele elaborado com o intuito de proporcionar determinadas aprendizagens, diferenciando-se do material pedagógico por contemplar o aspecto lúdico (CUNHA, 1988).

De acordo com Silva (2016), pelo atributo de sua capacidade reflexiva, o homem usa e transforma os recursos da natureza de forma qualitativa e quantitativa diferente dos outros seres vivos, e, ao passo que essas transformações ocorrem rapidamente e em escala sem precedentes, as consequências têm sido catastróficas para o meio ambiente.

Segundo Oliveira (2000) para o tratamento da questão ambiental nos processos educacionais é fundamental considerar a interação homem e meio ambiente como elemento de caracterização das relações sociedade e natureza.

Silva e Grillo (2009) salientam que a aplicação dos jogos educativos terá função primordial nesse processo, pois servirá como um meio pelo qual as pessoas, principalmente as crianças, realizarão atividades lúdicas e recreativas, estimulando a criatividade, agilidade e construção de conhecimentos, ao mesmo tempo, que levarão à reflexão sobre suas atitudes e papel na conservação do meio ambiente.

Nesse sentido, o uso de jogos educativos garante que as crianças possam vivenciar situações ambientais reais, de forma lúdica e divertida, e que garante a assimilação dos conhecimentos mais rápido. Ainda mais quando realizado em ambientes abertos, funciona como um laboratório de aprendizagem ao ar livre, garantindo o uso dos diversos sentidos e reflexões por parte dos alunos e educadores.

Material e Métodos:

Apresentação do jogo

O jogo “Trilha das Queimadas” é um tabuleiro em escala real com foco nas causas e consequências das queimadas no ambiente urbano. É direcionado para o público com faixa etária do 1º ano ao 9º ano de ensino fundamental podendo ser realizados ajustes conforme o público envolvido.

É constituído de um tabuleiro contendo 26 casas montadas em tatames de EVA, 16 cartões impressos e plastificados, uma cartilha com orientações e regras sobre o jogo e 02 dados grandes confeccionados com caixas de papelão e finalizados em EVA. As figuras 1 e 2 apresentam o esboço feito em meio digital do jogo de tabuleiro e os cartões:

Figura 1 – Roteiro do jogo



Fonte: os autores (2022).

Figura 2 – Cartas do jogo



Fonte: os autores (2022).

A figura 3 apresenta o jogo completo montado na Praça Major Carlos Neves no dia 05 de junho de 2019, Dia Mundial do meio Ambiente e que foi disponibilizado para participação de alunos interessados:

Figura 3 – Jogo completo: cartões, casas e dados



Fonte: os autores (2022).

Nesse jogo de tabuleiro a escolha da quantidade de participantes é livre. A ordem de cada participante é definida de acordo com o número que cada um obtém ao lançar os dados, porém se dois ou mais participantes tiram o mesmo número, joga-se novamente o dado até definição final. Para se iniciar a partida o primeiro jogador lança novamente os dados, o que define a quantidade de casas que terá que andar no tabuleiro.

Cada casa possui suas particularidades. As casas em branco (1, 4, 6, 7, 9, 11, 15, 17, 19 e 23) representam a parada de ações do participante.

As casas como pontos de interrogação representam que o participante deve responder uma pergunta, onde o mediador irá guiar por meio dos cartões. Caso o jogador acerte a resposta ele tem a vantagem de poder jogar novamente. Se o participante errar a pergunta ou não souber responde-la deve permanecer na casa em que está.

As casas com a imagem de atenção representam que o jogador irá receber informações importantes sobre as queimadas urbanas.

As casas com a frase “Você sabia?” dão curiosidades sobre as queimadas.

As casas com a imagem de árvores informam sobre o benefício das árvores para a qualidade do ar. O jogador que cai nessa casa pode caminhar duas casas para a frente.

As casas que contém o fogo informam sobre as causas e consequências das queimadas no meio urbano. E o participante deve voltar 6 casas.

O vencedor do jogo é o participante que percorrer toda a trilha e chegar ao fim.

O jogo foi testado com o público infantil no dia 05 de junho de 2019, montado no coreto da praça Major Carlos Neves em comemoração ao Dia Mundial do Meio Ambiente e disponibilizado para participação em período integral sendo aplicado para diversas turmas e escolas interessadas.

Durante a atividade, foram observados o comportamento e as dúvidas dos educandos quanto ao jogo e suas regras. Os alunos não tiveram o apoio dos professores e dos autores deste artigo para suas respostas, contando com seus conhecimentos sobre o assunto para responder as questões.

Posteriormente, foi deixado em cada escola ou entidade interessada em abordar a temática com os alunos com uma ficha de avaliação para que o educador prenchesse o ano de ensino e acrescentasse comentários após o uso do jogo com as turmas.

Resultados:

O jogo foi aprovado pelos educandos e educadores por apresentar uma forma inovadora do jogo em escala real e devido aos alunos serem as peças, demonstrando um maior nível de integração.

A proposta do jogo de tabuleiro e sua função educativa foi facilmente observada durante a aplicação com os alunos, verificando-se que o mesmo auxilia os educadores na prática da educação ambiental, favorecendo a sensibilização e permitindo aos alunos vivenciar questões ambientais próximas de seu cotidiano.

O jogo foi testado para o público infantil no dia 05 de junho de 2019, montado no coreto da praça Major Carlos Neves em comemoração ao Dia Mundial do Meio Ambiente e disponibilizado para participação em período integral, sempre com a presença de um mediador.

Posteriormente foi replicado e disseminado nas escolas e instituições interessadas através de agendamento prévio com a Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente do município de Dois Córregos. O jogo ficou disponível em 09 instituições presentes no município, a EMEF Benedito dos Santos Guerreiro, a APAE, a Brinquedoteca, a EE Benedito dos Santos Guerreiro, a EMEF Francisco Simões, a EMEFEI Oscar Novakoski, a EMEFEI Profª Laura Rebouças de Abreu, a EMEF Prof ° Valdomiro Casagrande e o Projeto Coragem, como demonstrado na tabela 1.

Tabela 1 – Relação das instituições municipais participantes do jogo

ESCOLA	PERÍODO
EMEF Benedito dos Santos Guerreiro	13/06/2019 a 19/06/2019
APAE	04/07/2019 a 12/07/2019

Casa de Brinquedo (Brinquedoteca)	15/07/2019 a 26/07/2019
EE Benedito dos Santos Guerreiro	05/08/2019 a 09/08/2019
EMEF Francisco Simões	12/08/2019 a 16/08/2019
EMEFEI Oscar Novakoski	19/08/2019 a 26/08/2019
EMEFEI Profª Laura Rebouças de Abreu	26/08/2019 a 30/08/2019
EMEF Profº Valdomiro Casagrande	02/09/2019 a 06/09/2019
Entidade assistencial Projeto Coragem	09/09/2019 a 13/09/2019

Fonte: autores (2022).

Os participaram tiveram a oportunidade de fixar conceitos sobre queimadas urbanas, suas causas e consequências por meio de uma aula lúdica e rápida. O uso de jogos tem como utilidade fazer com que os alunos gostem de aprender, pois, a mudança da rotina é necessária para despertar a participação e o interesse do aluno envolvido.

Nas casas finais, os alunos já estavam aptos a perceber e assimilar que o fogo é intolerável no meio urbano e que a presença da vegetação traz diversos benefícios nessa temática das queimadas urbanas.

Foi realizada uma disputa saudável entre os participantes, aguçando aqueles que estavam apenas na torcida a quererem participar também. A figura 4 a seguir apresenta fotos ilustrativas das atividades nas escolas:

Figura 4 - Fotos ilustrativas do jogo nas escolas



Fonte: autores (2022).

Recebemos um total de 21 avaliações de professores das instituições participantes envolvendo alunos de diversas faixas etárias, que vão do 1º a 9º anos, de períodos matutinos e vespertino, além de algumas classes mistas (composta por várias idades).

A tabela 2 a seguir demonstram as palavras-chave identificadas nas respostas dos educadores. Para chegar a esse resultado foram identificadas as principais palavras que apareceram durante as respostas:

Tabela 2 - Palavras-chave encontradas nas respostas

PALAVRAS-CHAVE	QUANTIDADE	%
Aprendizagem/Reflexão	20	95,2%
Diversão/Interação social	13	62%

Fonte: autores (2022).

Em 95,2% (20) das avaliações foi identificada a ideia de aprendizagem e fixação de conteúdo, levando os alunos a refletir sobre as queimadas urbanas. Em 62% das respostas (13) foi demonstrado um maior nível de interação social entre os alunos o que foi impulsionado pelo lúdico e pela disputa saudável.

Assim, por combinar aspectos lúdicos aos cognitivos, entende-se que o jogo é um importante instrumento para trabalhar a educação ambiental, uma vez que, além de permitir ao aluno tornar-se sujeito construtor de seu próprio conhecimento, promove a sensibilização e posicionamento em relação aos problemas ambientais, potencializando a mudança de atitudes e construção de valores ambientalmente corretos.

Conclusões:

A utilização dos materiais lúdicos como esse jogo funcionam como uma eficiente estratégia para a aprendizagem e assimilação de conteúdos sobre a temática ambiental.

Neste sentido, destaca-se que os jogos didáticos são atividades lúdicas que favorece no processo de aprendizagem e a interação social e estimula o interesse do educando pelo o conhecimento.

Desse modo, o jogo “Trilhas das Queimadas” oferece uma atividade lúdica, dinâmica e que proporciona conhecimento e diversão através de vivências para os educandos.

Entende-se que o uso de jogos para trabalhar a educação ambiental é uma proposta relevante e viável, pois este material, quando bem preparado e estruturado, permite ao aluno construir seu próprio conhecimento num trabalho voltado para a coletividade, socialização de conhecimentos prévios e sua utilização para a edificação de conhecimentos novos e mais complexos.

Por fim, espera-se que o jogo criado neste trabalho possa servir de exemplo e inspiração para aplicação em outros níveis de ensino e realidades cabendo aos interessados realizarem as adequações necessárias conforme o contexto ao qual estão inseridos.

Referências:

- PEDROSO, C.V. Jogos didáticos no ensino de biologia: uma proposta metodológica baseada em módulo didático. In: IX CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (EDUCERE). Curitiba: PUCPR, p. 3183-3184, 2009. Disponível em: <https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2009/2944_1408.pdf>. Acesso em 02 de janeiro de 2020.
- MALUF, A.C.M. Atividades lúdicas como estratégias de ensino aprendizagem. Psicopedagogia Online, 2006.
- CUNHA, N. Brinquedo, desafio e descoberta. Rio de Janeiro: FAE, 1988.
- SILVA, A. F. O jogo didático como instrumento para educação ambiental nas séries finais do ensino fundamental: proposta para trabalhar os temas diversidade da vida nos ambientes e

diversidade dos materiais. Revbea, São Paulo, V. 11, nº 5: 167-183, 2016. Disponível em: <<http://revbea.emnuvens.com.br/revbea/article/view/5018>>. Acesso em: 02 de janeiro de 2020.

SILVA, D.M.C; GRILLO, M. A utilização de jogos educativos como instrumento de Educação Ambiental: o caso Reserva Ecológica de Gurjaú (PE). Contrapontos: Revista do Programa de Pós-Graduação em Educação da Univali. Santa Catarina, v. 8, n. 2, p. 229-238, 2008. Disponível em: <<https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/rc/article/view/949/805>>. Acesso em 02 de janeiro de 2020.

GT 4

Impactos Socioecológicos de Grandes Projetos de Investimento

USINAS HIDRELÉTRICAS NA AMAZÔNIA: RECURSOS, USUÁRIOS, IMPACTOS E CONFLITOS

Guilherme Prado Alves¹; Silvia Sayuri Mandai²; Evandro Mateus Moretto³

1 – Guilherme Prado Alves. Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

guilhermepradoalves@usp.br

2 – Silvia Sayuri Mandai. Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE-USP). silvia.mandai@usp.br

3 – Evandro Mateus Moretto. Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

evandromm@usp.br

RESUMO: A Amazônia é um bioma complexo e permeado por interações entre os sistemas biofísico e socioeconômico. A inserção de usinas hidrelétricas nesse contexto podem representar um fator desencadeador de conflitos entre os usuários afetados. Assim, este trabalho se propõe a identificar os serviços ecossistêmicos e seus usuários mais afetados pela instalação de duas usinas hidrelétricas na Amazônia (Jirau e Santo Antônio), descrever os principais impactos que recaem sobre os sistemas biofísico e social associados e elencar os conflitos socioambientais que emergiram ou se intensificaram a partir deste cenário. Para a coleta de dados, foi realizada uma análise documental sobre os estudos de viabilidade e de impacto ambiental dos empreendimentos e uma revisão da literatura. Os serviços ecossistêmicos identificados se relacionam à pesca, agricultura, criação de animais, caça de animais silvestres, extrativismo vegetal, extração de madeira, mineração de ouro, que envolvem usuários como pescadores comerciais, ribeirinhos, povos indígenas e madeireiros. Os impactos identificados afetaram a provisão dos serviços ecossistêmicos, com destaque para a pesca e atividades de uso e ocupação da terra, de onde emergiram conflitos socioambientais que se estabeleceram entre usuários com concepções distintas sobre o uso dos recursos. Este mapeamento preliminar ilustra a realidade local, dando visibilidade para grupos e modos de vida muitas vezes invisibilizados na tomada de decisão.

Palavras-Chave: Serviços Ecossistêmicos; Pesca; Uso e cobertura da terra; Avaliação de Impacto

ABSTRACT: The Amazon is a complex biome permeated by interactions between biophysical and socioeconomic systems. The insertion hydroelectric projects in this context can represent a factor that triggers conflicts between the affected users. Thus, this work aims to identify the ecosystem services and the most affected users by two hydroelectric plants in the Amazon (Jirau and Santo Antônio); describe the impacts on the associated social and biophysical systems; and list the socio-environmental conflicts that emerged or intensified from this scenario. For data collection, we applied document analysis on the project's feasibility and

environmental impact studies and a literature review. We identified ecosystem services related to fishing, agriculture, animal husbandry, hunting, plant extraction, logging, and gold mining. These functions involve users such as artisanal fishermen, riverside, indigenous peoples and loggers. The impacts affected the provision of ecosystem services, with emphasis on fishing and land use and cover activities, from which socio-environmental conflicts emerged between users with different conceptions about the use of resources. This preliminary mapping illustrates the local reality, bringing visibility to groups and ways of life that are often invisible in decision-making.

Keywords: Ecosystem services; Fishery; Land use and cover; Impact Assessment.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21923709

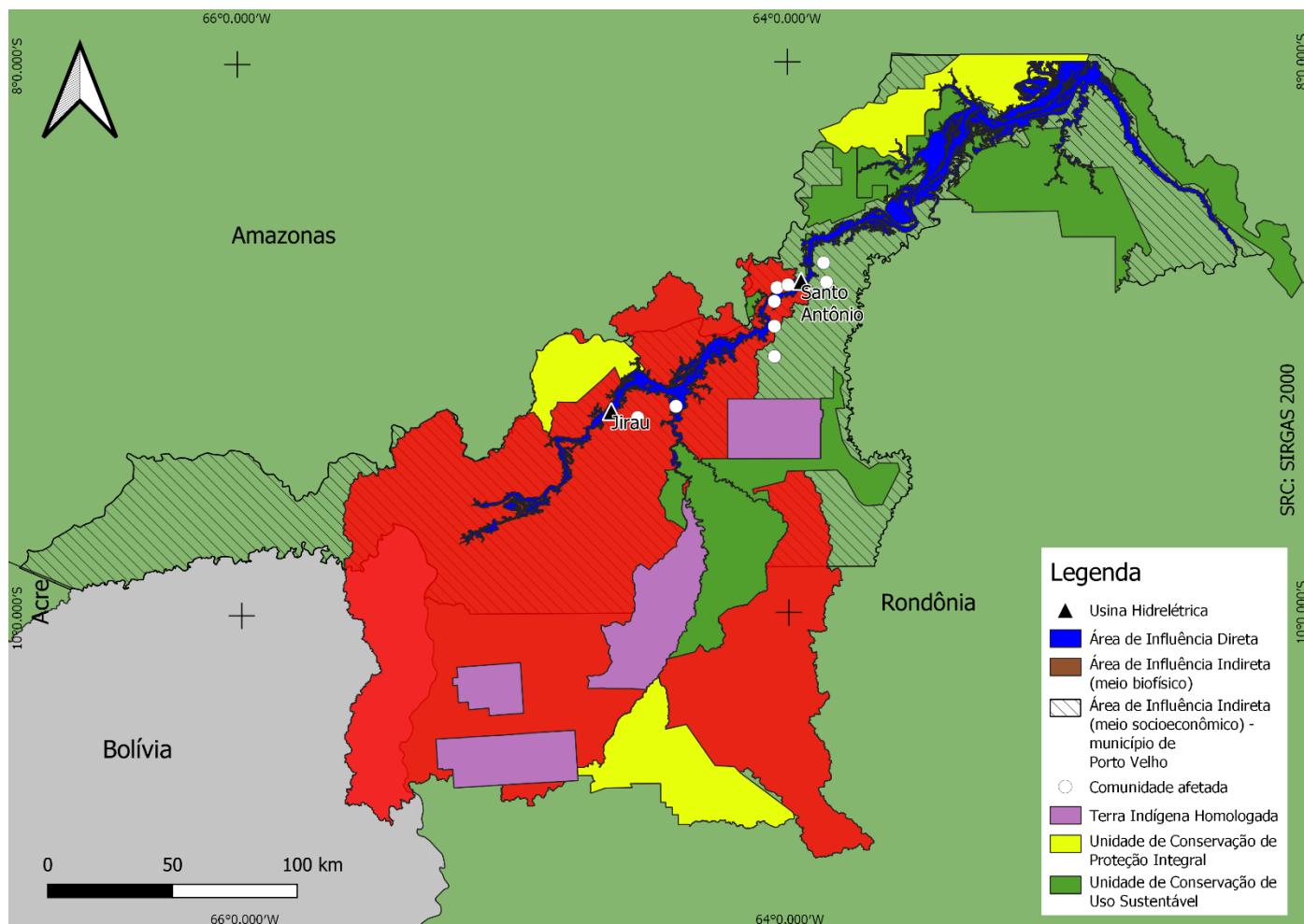
INTRODUÇÃO: A Amazônia é um bioma formado por relações complexas entre os sistemas biofísicos e sociais (BUSCHBACHER et al., 2016). A inserção de um projeto de infraestrutura neste contexto pode representar um fator estressor capaz de desestruturar os sistemas socioecológicos vigentes, uma vez que dificuldades são impostas ao acesso aos serviços ecossistêmicos e à disponibilidade de recursos (ROQUETTI; MORETTO; PULICE, 2017).

O anúncio, instalação e operação de uma usina hidrelétrica altera as dinâmicas entre comunidades humanas e funções ecossistêmicas e resultam em impactos sociais, culturais e ambientais, que promovem o aumento das tensões e conflitos entre grupos sociais que possuem interesses divergentes sobre o ambiente e sobre os empreendimentos (ZIMMERLI; SIENA, 2014; ACSELRAD, 2004). No caso das Usinas Hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio, uma série de impactos foi inexplorada ou subestimada nos estudos de viabilidade e de impacto ambiental (MORAN, 2016; ROQUETTI; MORETTO; PULICE, 2017; FEARNSIDE, 2016; MORAN et al., 2018). Os impactos sobre os meios físico, químico e biótico geraram repercussões nos sistemas socioeconômicos e culturais, abrindo uma janela de oportunidades para o surgimento e intensificação de conflitos socioambientais (ATHAYDE et al., 2019; DEL BENE; SCHEIDEL; TEMPER, 2018).

Considerando o contexto de inter-relações entre os sistemas socioeconômico e biofísico, este trabalho assume como objetivo identificar os serviços ecossistêmicos e seus usuários mais afetados pela instalação das usinas hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio no Rio Madeira (RO), apontar os principais impactos associados e elencar conflitos socioambientais que emergiram ou se intensificaram a partir deste cenário.

MATERIAL E MÉTODOS: A área de estudo foi delimitada pelas Áreas de Influência Direta e Indireta dos empreendimentos, indicada na Figura 1.

Figura 1: Área de estudo constituída pelas áreas de influência direta e indireta das usinas hidrelétricas de Jirau e de Santo Antônio no rio Madeira, no estado de Rondônia.

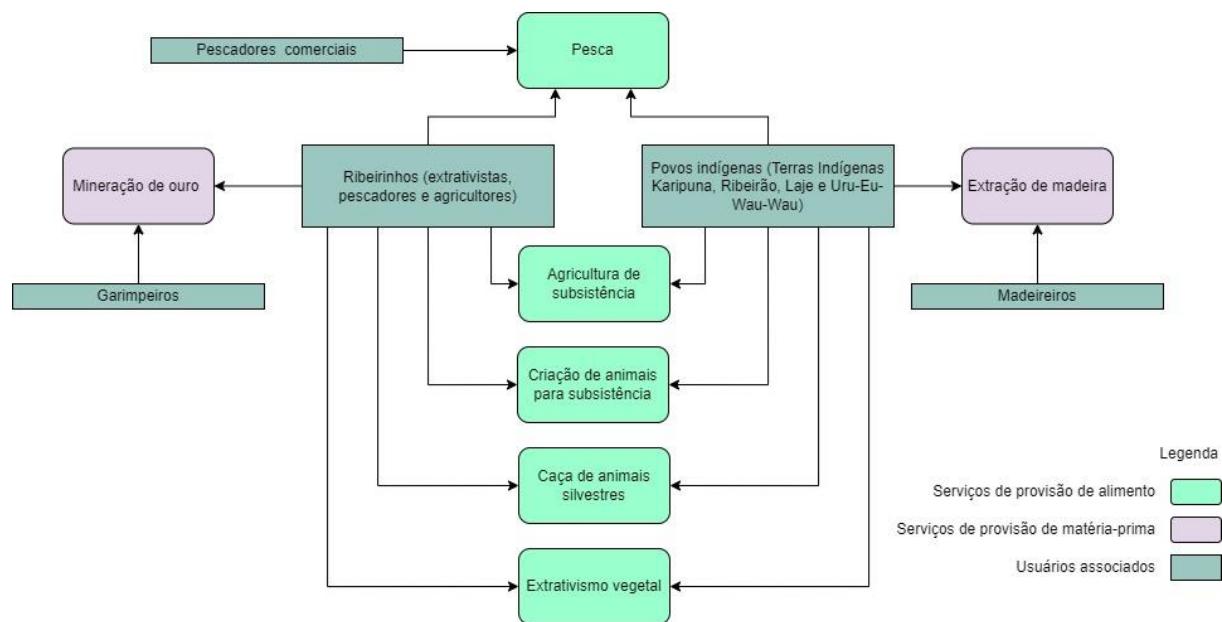


Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados foram coletados, inicialmente, a partir de levantamento documental. Os documentos utilizados nessa etapa foram: Estudo de Viabilidade Ambiental (EVA), Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) do Complexo do Rio Madeira. Tais documentos foram obtidos através do Portal de Licenciamento Ambiental do IBAMA (<http://licenciamento.ibama.gov.br>). Para complementar as informações obtidas, foi realizada uma revisão da literatura nas bases de artigos científicos Scielo e Web of Science, utilizando as palavras-chave “impactos ambientais”, “conflitos socioambientais” e “hidrelétricas do Madeira”, em português e inglês.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A partir da revisão da literatura, foram estabelecidas as relações entre os principais serviços ecossistêmicos impactados pelas usinas hidrelétricas Jirau e Santo Antônio e seus usuários associados, como ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Serviços ecossistêmicos e usuários associados.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A pesca é o uso que se relaciona com a maior quantidade de usuários na região, envolvendo pescadores comerciais, comunidades ribeirinhas e povos indígenas. Além dos grupos explicitados, há aqueles que não estão em contato direto com a extração do recurso, mas ainda assim fazem parte da cadeia pesqueira, como atravessadores, comerciantes nos comércios locais e regionais e consumidores (LIMA et al., 2012; DORIA et al., 2012). De fato, a pesca constitui uma atividade histórica e essencial para a sustentação dos modos de vida e de produção de inúmeras comunidades amazônicas. O pescado representa um recurso natural explorado

tanto para a subsistência, quanto para a comercialização, e é considerado a principal fonte de proteínas para as comunidades às margens do Rio Madeira (LOPES et al., 2015; PINTO et al., 2022).

No que tange aos usuários, as comunidades indígenas como Karipuna, Ribeirão, Laje e Uru-Eu-Wau-Wau e as comunidades ribeirinhas apresentam perfis semelhantes uso de recursos, porém cada grupo com sua especificidade sociocultural. De maneira geral, em ambos os grupos há ocorrência de pesca para subsistência, agricultura em lavouras perenes e temporárias, caça de animais silvestres para consumo próprio, extrativismo vegetal e coleta de cocos e castanhas (LEME ENGENHARIA, 2005; LEÃO; AZANHA; MARETTO, 2005; CAVALCANTE; SANTOS, 2012).

Observa-se, ainda a extração de madeira como prática realizada por madeireiros e comunidades indígenas. Trata-se de uma importante atividade econômica da região, especialmente para o município de Cujubim, onde estão instaladas inúmeras indústrias madeireiras. Essa prática é atrativa para a população local pela oferta de emprego e pela disponibilidade de matéria-prima nos maciços florestais da região (FERRONATO et al., 2016). No caso das comunidades indígenas, a extração de madeira ocorre para a confecção de abrigo e de cercas (LEÃO; AZANHA; MARETTO, 2005).

A mineração de ouro aluvionar movimenta principalmente famílias ribeirinhas. Os jovens ribeirinhos veem na exploração do ouro no Rio Madeira uma oportunidade para melhoria econômica e ascensão social e se inserem na atividade por meio da exploração em balsinhas²⁹. Geralmente, esse tipo de garimpo ocorre em pequena escala, durante os períodos mais secos do Rio Madeira (maio a setembro), quando o rio baixa seu nível d'água. No restante do ano, os ribeirinhos voltam para suas comunidades e desenvolvem atividades agroextrativistas. Dessa forma, durante os períodos de cheia, predominam as dragas, que pertencem a grupos mais capitalizados (HERRAIZ; SILVA, 2016; CAVALCANTE; SANTOS, 2012; PESTANA et al., 2022).

IMPACTOS E CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS DECORRENTES DAS USINAS HIDRELÉTRICAS: Embora sejam previstos impactos de usinas hidrelétricas sobre os meios social e biofísico, de níveis locais, regionais e mundiais (STICKLER et al., 2013), os processos de planejamento, gestão e tomada de decisão sobre esses empreendimentos

²⁹ Embarcação de pequeno porte, geralmente financiada por grupos de famílias ribeirinhas, que operacionaliza o garimpo pelo revolvimento e sucção dos sedimentos na calha do rio.

geralmente criam espaços de governança ilegítimos e excludentes, culminando em impactos precariamente geridos que alteram significativamente as dinâmicas socioecológicas (CARMONA; SILVA, 2020). Deste contexto de crise e mudança abrupta, podem surgir conflitos socioambientais, incitados pela distribuição inadequada das externalidades negativas e pela dificuldade de acesso aos recursos naturais por parte dos usuários (ACSELRAD, 2004).

Considerando o sistema pesqueiro da área de estudo, foram estimados os seguintes impactos provenientes das usinas hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio: interrupção de rotas migratórias de peixes; concentração de cardumes à jusante das barragens; alteração na estrutura da comunidade de peixes; alteração nos padrões de reprodução de espécies; perda de diversidade de espécies; bioacumulação de metilmercúrio em peixes; perda de áreas de desova de peixes; e perda de elementos da ictiofauna (DORIA et al., 2012; LIMA et al., 2012; WINEMILLER et al., 2016; NUNES et al., 2015; HACON et al., 2014). Tais impactos causaram repercussões sobre o sistema socioeconômico, como modificações na pesca nos reservatórios das usinas hidrelétricas; redução do emprego e renda dos pescadores; aumento da pesca em áreas restritas; aumento da demanda do pescado; comprometimento dos padrões de alimentação das comunidades ribeirinhas; e alteração na organização social e política das comunidades (DORIA et al., 2012; LIMA et al., 2012; HACON et al., 2014). Deste cenário surgiram tensões entre os usuários do recurso, desencadeando, principalmente, conflitos por áreas de pesca, que se tornaram escassas pela competição entre pescadores locais e pescadores que migraram de outras áreas em que a pesca se tornou inviável. Ainda há relatos de conflitos entre os pescadores e órgãos de fiscalização, em vista do avanço da pesca ilegal sobre áreas protegidas e do abuso de poder (LIMA et al., 2012). Durante a fase de operação, o aumento do número de pescadores nas colônias, ausência de pessoal especializado nas agências governamentais para monitorar os planos de compensação e mitigação de impactos, interesses políticos entre organizações e deficiências nos programas de monitoramento da pesca intensificaram conflitos (DORIA et al., 2021).

Assim como a pesca, as atividades relacionadas ao uso e ocupação da terra sofreram impactos da instalação e operação das usinas hidrelétricas. Cavalcante e Santos (2012) enumeram processos de desestruturação de formas de uso e ocupação do território já consolidadas anteriormente à instalação das usinas hidrelétricas. De acordo com os autores, as políticas de incentivo ao desenvolvimento de projetos de infraestrutura foram implementadas sob a lógica de mercado, gerando benefícios para atores externos e promovendo tensões socioambientais sobre as organizações sociais locais. Com a apropriação do uso da água para a produção de energia elétrica, algumas atividades terrestres associadas ao recurso também foram

deterioradas, como é o caso da agricultura de várzea, mineração em pequena escala e atividades recreativas e culturais. Sem a devida fiscalização pelo poder público, populações ribeirinhas, terras indígenas e Unidades de Conservação se tornaram expostas a impactos socioambientais, e as tensões entre os grupos que disputam o território criaram contextos propícios para a emergência de conflitos (FERRONATO et al., 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS: Acredita-se que este mapeamento preliminar dos serviços ecossistêmicos, usuários associados, impactos ambientais e conflitos socioambientais tenha potencial de apresentar, ainda que de maneira breve, a dinâmica das relações entre esses elementos no contexto de usinas hidrelétricas na Amazônia, de modo a permitir a compreensão da realidade na região, destacar grupos invisibilizados nos processos de tomada de decisão e trazer luz aos conflitos socioambientais que são decorrentes da instalação de uma usina hidrelétrica. Para o desenvolvimento futuro desta proposta, pretende-se analisar o mecanismo de Avaliação de Impacto Ambiental associado ao estudo de caso, com o intuito de compreender a atuação deste instrumento no gerenciamento ou intensificação dos conflitos socioambientais.

AGRADECIMENTOS: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, por meio de concessão de bolsa de estudos de doutorado, do Projeto de bolsa de doutorado FAPESP 2020/07372-4, do Projeto SPEC-FAPESP 2019/17113-9, e do Projeto financiado pela National Science Foundation (NSF) 1617413.

Referências:

- ACSELRAD, H. As práticas espaciais e o campo dos conflitos ambientais. In: ACSELRAD, H. (org.) Conflitos ambientais no Brasil. Rio de Janeiro: Dumará Distribuidora de Publicações, 2004. E-book.
- ATHAYDE, S.; MATHEWS, M.; BOHLMAN, S.; BRASIL, W.; DORIA, C. R. C.; DUTKA-GIANELLI, J.; FEARNSIDE, P. M.; LOISELLE, B.; MARQUES, E. E.; MELIS, T. S.; MILLIKAN, B.; MORETTO, E. M.; OLIVER-SMITH, A.; ROSSETTE, A.; VACCA, R.; KAPLAN, D. Mapping research on hydropower and sustainability in the Brazilian Amazon: advances, gaps in knowledge and future directions. Current Opinion in Environmental Sustainability, v. 37, p. 50-69, 2019.

- BUSCHBACHER, R.; ATHAYDE, S.; BARTELS, W.; MELLO, R. Resilience Assessment as a Tool for Understanding the Amazon Frontier as a Social-Ecological System. Sustainability in Debate, v. 7, n. 2, p. 20-35, 2016.
- CARMONA, S.; SILVA, C. How do environmental impact assessments fail to prevent social conflict? Government technologies in a dam project in Colombia. Journal of Political Ecology, v. 27, n. 1, p. 1073-1091, 2020.
- CAVALCANTE, M. M. A.; SANTOS, L. J. C. Hidrelétricas no Rio Madeira-RO: tensões sobre o uso do território e dos recursos naturais na Amazônia. CONFINS, v. 15, n. 15, 2012.
- DEL BENE, D.; SCHEIDEL, A.; TEMPER, L. More dams, more violence? A global analysis on resistances and repression around conflictive dams through co-produces knowledge. Sustain Sci., v. 13. p. 617-633, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0558-1>
- DORIA, C. R. C.; DUTKA-GIANELLI, J.; SOUZA, M. P.; LORENZEN, K.; ATHAYDE, S. Stakeholder Perceptions on the Governance of Fisheries Systems Transformed by Hydroelectric Dam Development in the Madeira River, Brazil. Front. Environ. Sci., 2021.
- DORIA, C. R. C.; RUFFINO, M. L.; HIJAZI, N. C.; CRUZ, R. L. A pesca comercial na bacia do rio Madeira no estado de Rondônia, Amazônia brasileira. Acta Amaz., v. 42, n. 1, p. 29-40, 2012.
- FEARNSIDE, P. M. Impacts of Brazil's Madeira River Dams: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. Environmental Science & Policy, v. 38, p.164-172, 2014.
- FEARNSIDE, P. M. Tropical dams: to build or not to build? Science, v. 351, n. 6272, p. 456-457, 2016. DOI: 10.1126/science.351.6272.456-b
- FERRONATO, M. L.; MACHADO, D. M. S.; STOLERMAN, P.; CASAGRANDE, L. P. Aspectos socioambientais de Cujubim, Rondônia: Ciclo de exploração dos recursos naturais. RPGeo, v. 3, n. 1, p. 26-49, 2016.
- HACON, S. S.; DÓREA, J. G.; FONSECA, M. F.; OLIVEIRA, B. A.; MOURÃO, D. S.; RUIZ, C. M. V.; GONÇALVES, R. A.; MARIANI, C. F.; BASTOS, W. R. The Influence of Changes in Lifestyle and Mercury Exposure in Riverine Populations of the Madeira River (Amazon Basin) near a Hydroelectric Project. International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 11, n. 3, p. 2437-2455, 2014.
- HERRAIZ, A. D.; SILVA, M. N. S. Diagnóstico socioambiental do Extrativismo Mineral Familiar (Garimpo) na calha do Rio Madeira, em Humaitá, Amazonas. PEGADA – A Revista da Geografia do Trabalh, v. 16, n. 2, 2016. DOI: 10.33026/peg.v16i2.3892.

LEÃO, A. C. S.; AZANHA, G.; MARETTO, L. C. Estudo socioeconômico sobre as terras e povos indígenas situados na área de influência dos empreendimentos do Rio Madeira (UHEs Jirau e Santo Antônio): Diagnóstico final e potenciais interferências nas Terras Indígenas Karitiana, Karipuna, Lage, Ribeirão e Uru-Eu-Wau-Wau. Brasília: 2005. Disponível em: <<https://biblioteca.trabalhoindigenista.org.br/wp-content/uploads/sites/5/2018/06/MadeiraDiagnosticoPovosIndigenas.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2022.

LEME ENGENHARIA. Estudo de Impacto Ambiental dos Aproveitamentos Hidrelétricos Santo Antônio e Jirau – Rio Madeira – RO. Disponível em: <[http://licenciamento.ibama.gov.br/Hidrelectricas/Santo%20Antonio%20\(Rio%20Madeira\)%20-%202002001.000508_2008-99/EIA-RIMA/CD%201_EIA%20UHEs%20Madeira/](http://licenciamento.ibama.gov.br/Hidrelectricas/Santo%20Antonio%20(Rio%20Madeira)%20-%202002001.000508_2008-99/EIA-RIMA/CD%201_EIA%20UHEs%20Madeira/)>. Acesso em: 02 set. 2022.

LIMA, M. A. L.; DORIA, C. R. C.; FREITAS, C. E. C. Pescarias em comunidades ribeirinhas na Amazônia Brasileira: perfil socioeconômico, conflitos e cenário da atividade. Ambiente & Sociedade, v. 15, n. 2, p. 73-90, 2012.

LOPES, G. C. S.; CATARINO, M. F.; LIMA, A. C.; FREITAS, C. E. C. Small-scale fisheries in the Amazon Basin: general patterns and diversity of fish landings in five sub-basins. Bol. Inst. Pesca, v. 42, n. 4, p. 889-900, 2016.

MARQUES, A. R.; TONIOLI, M. A.; LAHSEN, M.; PULICE, S.; BRANCO, E. A.; ALVES, D. S. Governança da água no Vale do Paraíba Paulista: Rede de atores e Sistemas Socioecológicos. Ambiente & Sociedade, v. 23, p. 2020;23:e01381, 2020.

MORAN, E. F. Roads and dams: infrastructure-driven transformations in the Brazilian Amazon. Ambiente & Sociedade, v. 19, n. 2, p. 207-220, 2016.

MORAN, E. F.; LOPEZ, M. C.; MOORE, N.; MÜLLER, N.; HYNDMAN, D. W. Sustainable hydropower in the 21st century. PNAS, v. 115, n. 47, p. 11891-11898, 2018.

NUNES, D. M. F.; MAGALHÃES, A. L. B.; WEBER, A. A.; GOMES, R. Z.; NORMANDO, F. T.; SANTIAGO, K. B.; RIZZO, E.; BAZZOLI, N. Influence of a large dam and importance of an undammed tributary on the reproductive ecology of the threatened fish matrinxã *Brycon orthotaenia* Günther, 1864 (Characiformes: Bryconidae) in southeastern Brazil. Neotropical Ichthyology, v. 13, p. 317–324, 2015.

PESTANA, I. A.; REZENDE, C. E.; ALMEIDA, R.; LACERDA, L. D.; BASTOS, W. R. Let's talk about mercury contamination in the Amazon (again): The case of the floating gold miners' village on the Madeira River. The Extractive Industries and Society. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2022.101122>. In press.

- PINTO, D. M.; PINTO, V. A.; SANT'ANNA, I. R. A.; ARANTES, C. C.; DORIA, C. R. C. Mudanças na dinâmica pesqueira em comunidades afetadas por grandes hidrelétricas na Amazônia. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 6, e3211628775, 2022.
- ROQUETTI, D.; MORETTO, E. M.; PULICE, S. M. P; Deslocamento populacional forçado por grandes barragens e resiliência socioecológica: o caso da Usina Hidrelétrica de Barra Grande no Sul do Brasil. *Ambiente & Sociedade*, v. 20, n. 3, p. 117-138, 2017.
- STICKLER, C. M.; COE, M. T.; COSTA, M. H.; NEPSTAD, D. C.; MCGRATH, D. G.; DIAS, L. C. P.; RODRIGUES, H. O.; SOARES-FILHO, B. S. Dependence of hydropower energy generation on forests in the Amazon Basin at local and regional scales. *PNAS Early Edition*, p. 1-6, 2013.
- WINEMILLER, K. O.; MCINTYRE, P. B.; CASTELLO, L.; CHOUINARD, E. F.; NAM, S.; BAIRD, I. Hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*, v. 351, p. 128-129, 2016.
- ZIMMERLI, E. R.; SIENA, O. Conflitos Socioambientais decorrentes das Usinas de Santo Antônio e de Jirau no Rio Madeira. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 7, n. 3, p. 89-104, 2014.

IMPACTOS SOCIOECOLÓGICOS DURANTE A CONSTRUÇÃO DE HIDRELÉTRICAS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA: OS ARARA DA VOLTA GRANDE DO XINGU E A BARRAGEM DE BELO MONTE

Renata Utsunomiya¹; Evandro M. Moretto^{1,2}

1 – Renata Utsunomiya. Universidade de São Paulo. renata.uts@gmail.com

2 – Prof. Dr. Evandro Mateus Moretto. Universidade de São Paulo. evandromm@usp.br

RESUMO: A hidrelétrica de Belo Monte foi construída entre 2011 e 2015 na Amazônia brasileira, quando iniciou a operação barrando e desviando parte da vazão da Volta Grande do Xingu, trecho a jusante com ecossistema único onde se localizam comunidades ribeirinhas e indígenas como os Arara que residem na Terra Indígena Arara da Volta Grande do Xingu. A partir de análise documental, diários de campo e entrevistas, o estudo visa analisar as mudanças que ocorreram nos modos de vida dos Arara e os impactos socioecológicos percebidos por estes durante período da construção da hidrelétrica de Belo Monte. Foram identificados impactos socioecológicos resultantes de atividades da construção, como detonações e iluminação noturna, alterações na dinâmica regional e na organização social, ressaltando como necessário o direito à consulta e à participação efetiva de comunidades locais afetadas, além da gestão efetiva de impactos socioecológicos, com abordagem adaptativa durante todas as etapas de licenciamento ambiental de projetos de desenvolvimento.

Palavras-Chave: Arara da Volta Grande do Xingu; Povos Indígenas; Hidrelétricas na Amazônia; Belo Monte; Impactos Socioecológicos

ABSTRACT: The Belo Monte Dam, in the Brazilian Amazon, was built between 2011 and 2015, when operation started, damming and dewatering part of the flow of the Big Bend of Xingu river, a downstream stretch with a unique fluvial ecosystem, where riverine and indigenous communities are located, such as the Arara, located in the Arara da Volta Grande do Xingu Indigenous Land. Based on document analysis, diary notes and interviews, the study aims to analyze the changes that occurred in the Arara's livelihoods and the socio-ecological impacts perceived by them during the period of construction of the Belo Monte hydroelectric dam. Socio-ecological impacts resulting from construction activities were identified, such as detonations and night lighting, changes in regional dynamics and social organization, highlighting the requirement of the right to proper consultation and the effective participation of affected local communities, as well as the effective management of socio-ecological impacts, with an adaptive approach during all steps of the environmental licensing of development projects.

Keywords: Arara of the Big Bend of Xingu River; Indigenous people; Hydropower in the Amazon; Belo Monte dam; Socio-ecological impacts

DOI: 10.6084/m9.figshare.21923718

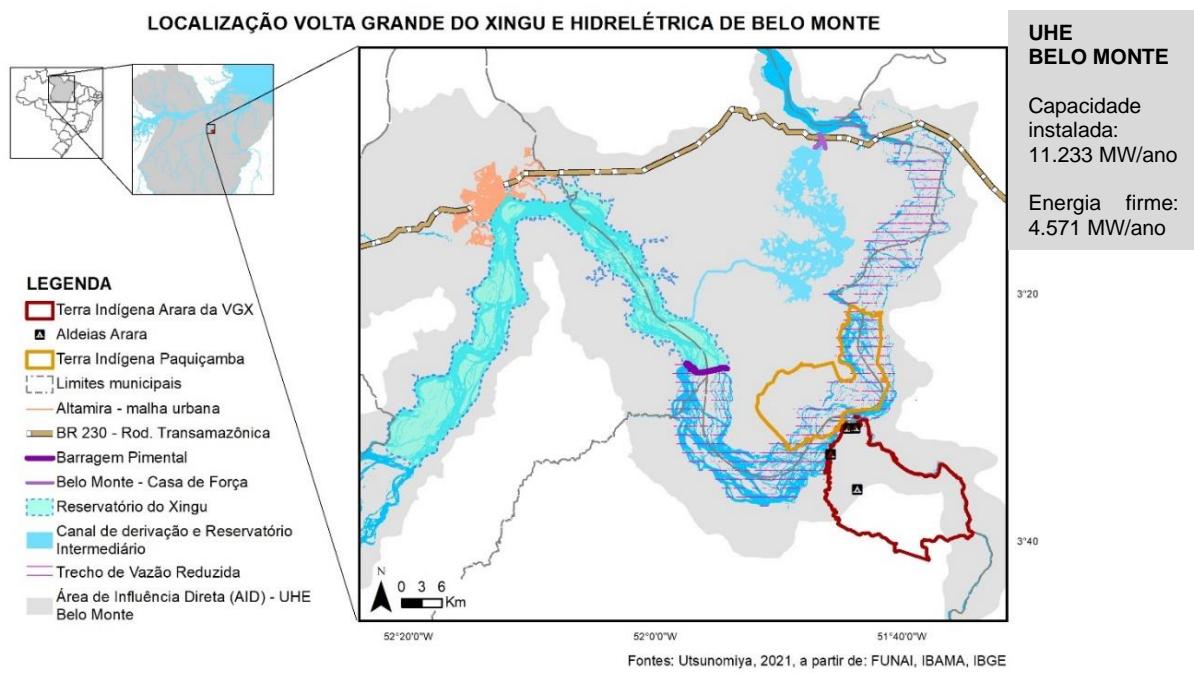
Introdução

A bacia amazônica é a maior bacia hidrográfica da Terra, cuja grande diversidade sócio e biocultural tem sido ameaçada por grandes projetos de desenvolvimento principalmente desde os anos 70, no período da ditadura militar brasileira. Nesse contexto houve um crescente cenário de espólio de populações locais, marcadas historicamente por grandes obras e atividades extractivas, como a indústria madeireira, atividades minerárias e a implantação de hidrelétricas de grande porte. Desde as primeiras grandes hidrelétricas na Amazônia, como Tucuruí e Balbina, povos indígenas têm sido afetados não apenas pelo alagamento de parte de seu território, mas também com uma série de impactos socioecológicos e alterações negativas nos seus modos de vida e na sua reprodução física e cultural. Em geral, há também uma falta de estudos com comunidades afetadas localizadas à jusante de hidrelétricas, e também sobre alterações nos sistemas socioecológicos locais que iniciam já no período de construção dessas obras (LAUFER et al, 2017; FEARNSIDE, 2015; WCD, 2000). O objetivo deste trabalho é analisar as mudanças que ocorreram nos modos de vida do povo Arara, da Terra Indígena Arara da Volta Grande do Xingu, e os impactos socioecológicos percebidos por estes durante período da construção da hidrelétrica de Belo Monte, entre os anos de 2011 e 2015.

Área de Estudo

A usina hidrelétrica (UHE) de Belo Monte obteve a Licença Prévia em 2010, a Licença de Instalação em 2011, e a Licença de Operação em novembro de 2015, quando iniciou o enchimento do reservatório. As licenças foram emitidas pelo IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – responsável pelo Licenciamento Ambiental do empreendimento. A UHE inclui: (1) a barragem Pimental, com 6 turbinas e vertedouro; (2) Reservatório do Xingu, à montante de Pimental; (3) Canal de derivação que desvia parte da vazão para o (4) Reservatório Intermediário, que alimenta as turbinas da segunda barragem; (3) Belo Monte, a casa de força principal com 18 turbinas cuja instalação foi finalizada em 2019. Desde o início de sua operação, o trecho da Volta Grande do Xingu (VGX), abaixo da barragem de Pimental até o ponto no qual a vazão desviada é restituída, passou a ter a vazão reduzida – e a ser chamado de Trecho de Vazão Reduzida (TVR) – vide Figura 1, e a vazão liberada nesse setor passou a ser controlada pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico.

Figura 1 - Volta Grande do Xingu e a hidrelétrica de Belo Monte



Fonte: Elaboração própria.

Volta Grande do Xingu (VGX) é o trecho do rio Xingu que inicia à jusante da cidade de Altamira (PA), trecho com paisagem aquática única, com muitos meandros, ilhas, corredeiras e pedrais (ARARA; JURUNA, 2018). Nesta região há comunidades ribeirinhas e indígenas, como os Arara que se encontram na Terra Indígena (TI) Arara da Volta Grande do Xingu (Figura 1, em vermelho), cuja demarcação foi delimitada em 2008 e homologada em 2015, com 25.500 hectares, no município de Senador José Porfírio, Pará. Atualmente tem 4 aldeias, e cerca de 205 habitantes. Os Arara da VGX são um povo indígena sob processo de etnogênese, devido às históricas relações interétnicas desde o fim do século XIX, o que levou a um tardio reconhecimento da identidade étnica e demarcação da TI, já no período que coincide com o planejamento e construção da hidrelétrica de Belo Monte.

Material e Métodos

O estudo tem como fundamento teórico os Sistemas Socioecológicos definidos como “sistemas de interações entre o ser humano e o meio ambiente” (OSTROM, 2009). As discussões acerca dos impactos socioecológicos nos modos de vida dos Arara da VGX são

descritas nas dimensões: (1) Humana e Natural – relativa as percepções ambientais pelos Arara; e (2) Social – sobre as relações sociais internas e externas. Utiliza-se a análise documental, incluindo uma caracterização socioambiental de 2015, parte das atividades do Projeto Básico Ambiental – Componente Indígena (PBA-CI) da UHE Belo Monte (VERTHIC, 2015) a qual eu, a primeira autora, participei como assessora junto ao consultor responsável pelo estudo. Além disso, há observações diretas e anotações de diário de campo durante essa e outras atividades que ocorreram desde 2014, estas narradas em primeira pessoa, além de entrevistas semiestruturadas realizadas em 2021 e 2022. Com exceção de Leônicio Arara, os demais interlocutores estão com nomes fictícios.

Resultados

Dimensão Humana e Natural

O conhecimento ecológico local (CEL) dos Arara está enraizado no complexo ecossistema da Volta Grande, a sobrevivência e as atividades econômicas sempre envolveram uma circulação no rio e na floresta com multiatividades sazonais ao longo do ano. Os diferentes ciclos econômicos que perpassaram a VGX também estiveram embasados no conhecimento dos locais, como os Arara, com a circulação pelas ilhas no tempo da borracha (entre os anos 1940-80), as trilhas na terra firme nas coletas de castanha-do-brasil, e a pesca comercial em diversos pesqueiros nos rios Xingu e Bacajá. Aliados a essas atividades, a subsistência com base na pesca, caça, extrativismo e na agricultura itinerante, principalmente para produção de farinha, foram o sustento dos Arara e de muitas comunidades indígenas e ribeirinhas da região. O líder Leônicio Arara resumiu a versatilidade desse CEL em um encontro em Pernambuco em 2003 em que afirmou que o “índio carrega sua indústria” e que a “indústria do índio nunca acaba” pois “se me jogarem no meio do mato eu me viro, caço, faço fogo e não como cru”. Outro exemplo é quando, ao se referir as formas de trançar palha de palmeiras para carregar uma caça abatida, ou produtos da floresta e da roça, afirma que o “índio fazia tudo assim, ele não tinha nada feito, mas na hora que ele arrumava qualquer coisa ele fazia qualquer coisa pra trazer tudo de lá.” (Leônicio Arara, informação pessoal, 2014).

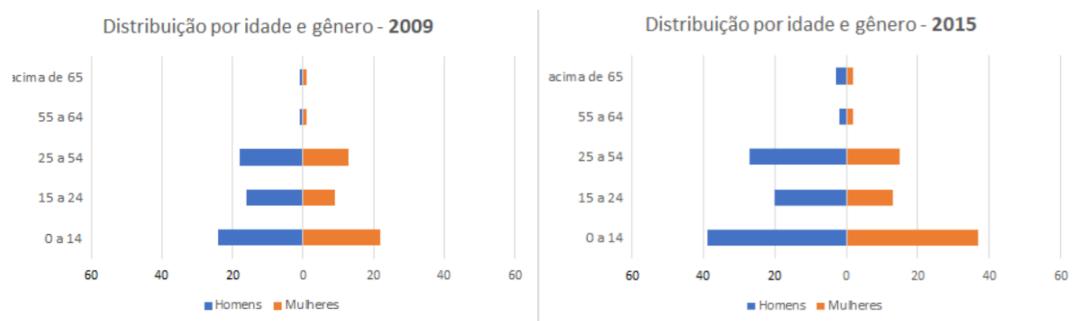
No período da construção da UHE Belo Monte, com a ensecação do sítio Pimental, haviam relatos de mudanças na qualidade da água. Em 2014, uma mulher Arara ressaltou o problema da falta de um poço para evitar o consumo da água direto do rio e o problema do lixo espalhado na aldeia. Já o pescador C. Arara (informação pessoal, 2014) destacou que a “claridão da obra” afastou os animais e que as explosões que aconteciam na obra do canal de derivação

(a cerca de 30 km) também afugentavam as caças. Presenciei da beira do rio da aldeia Terrawangã esses clarões que distinguia três focos referentes aos sítios Pimental, canal de derivação e Belo Monte, cujas construções ocorriam 24 horas por dia com refletores iluminando a obra à noite. Escutei durante uma manhã uma detonação realizada no canal enquanto estava na TI Paquiçamba, na outra margem do rio, a cerca de 24 km da obra do canal de derivação. Em 2015 também foi identificado que 89% dos entrevistados já percebiam uma diminuição no peixe, e que “antigamente era mais fácil”. Dois pescadores relataram que avistaram pescadores em área bem próxima as aldeias com uso de muitas redes de pesca (“malhadeiras”). A maioria dos entrevistados associavam a invasão de pesca com a demanda pelo aumento populacional de Altamira e pelo preço bom de venda à época, considerando a VGX como área abundante de peixes e relativamente próxima à cidade. (VERTHIC, 2015)

Dimensão Social

A população da TI Arara da VGX é jovem e segue uma tendência de crescimento (Figura 2), com 68 pessoas em 2002; 112 em 2008; e 148 em 2015. Há uma flutuação na população, pois as famílias migram temporariamente de acordo com trabalhos, estudos, etc (PATRÍCIO, 2006; PATRICIO et al., 2009; VERTHIC, 2015).

Figura 2: Pirâmide demográfica dos Arara da VGX.



Fonte: elaboração própria com base em Patricio et al (2009) e Verthic (2015).

Os serviços de educação e saúde chegaram na comunidade por volta de 2008, com uma escola do ciclo básico, além de uma farmácia com uma técnica de enfermagem, mas havia a demanda para melhoria dessas estruturas, como me relatou uma Arara em 2014 e a maioria da população possuía baixa escolaridade (VERTHIC, 2015). As atividades de subsistência como roça, caça, pesca e extrativismo envolviam relações de afinidades entre núcleos familiares, que se organizavam na maioria das tarefas cotidianas, como no compartilhamento de alimentos como caças abatidas (PATRÍCIO, 2006; PATRÍCIO et al, 2009; VERTHIC, 2015). No período

que estive na aldeia Terrawangã em 2014 e 2015, o terreiro que fica próximo ao rio, ao lado de onde morava o líder e pajé Leônio Arara, era o centro da vida social, onde acontecia as práticas de cura, e onde os diálogos importantes ocorriam (ARARA et al, 2020). Na beira do rio, no fim da tarde, é onde se juntavam principalmente as mulheres, com as crianças, para lavar louça, roupa e banhar, um importante momento de socialização entre elas. Em 2011 há a criação da segunda aldeia, Guary-Duan, alterando a organização social anterior que tinha uma aldeia com uma liderança anciã e uma liderança jovem.

Em relação aos aspectos externos, as relações de afinidade com outras comunidades e com a cidade de Altamira envolviam casamentos, comércio, procura por remédios e práticas de cura, atividades de pesca e caça coletivas, entre outras. Os Arara tinham e têm relações interétnicas com os Juruna, da TI Paquiçamba, os Xikrin/Kayapó da TI Trincheira-Bacajá, além de moradores de outras localidades da VGX como colonos, garimpeiros e famílias que trabalham na pesca comercial e ornamental. Nesse período ainda haviam colonos que ocupavam a TI, cuja permanência inibia os Arara de explorar a porção centro-sul da TI, a homologação saiu apenas em março de 2015, e depois dessa etapa que a FUNAI iniciou a desintrusão (ARARA; JURUNA, 2018).

O principal parceiro à época foi o CIMI – Conselho Indigenista Missionário – que teve papel importante na luta pela demarcação. Segundo Verthic (2015, p. 95) os Arara possuíam “baixo acesso e domínio das relações com as instituições governamentais e suas políticas públicas” e o Ministério Público Federal e a FUNAI eram solicitados nos casos de reivindicações de direito e os Arara se mobilizaram junto ao Movimento Xingu Vivo e demais povos indígenas da região. C. Arara (informação pessoal, 2021) me descreveu sobre duas “ocupações” dos canteiros de obras do sítio Pimental em 2012 pelos indígenas. A maioria dos homens Arara se organizaram junto aos Juruna da TI Paquiçamba e na aldeia apenas anciões, mulheres e crianças permaneceram. As lideranças dos diferentes povos indígenas presentes se reuniam para tomada de decisões e informavam o seu grupo. Destaca-se que nesse período pré-operação essas lideranças indígenas participavam de diversos momentos críticos de decisões do licenciamento ambiental, desde a negociação sobre as infraestruturas nas aldeias, definição dos planos de proteção territorial, reuniões sobre o início do enchimento do reservatório, entre outros.

As mudanças em Altamira durante o período de construção também eram sentidas pelos Arara quando estes deslocavam até “a rua” para acesso a serviços e compra e venda de produtos. A cidade teve um aumento populacional e passava por obras, derrubada de bairros que seriam alagados e construção de reassentamentos. Os Arara relataram medo do trânsito caótico, e do

crime que aumentou devido a presença de muitas pessoas “de fora”. Houve a derrubada de comércios que ficavam na beira onde costumavam comprar e como narrou F. Arara (informação pessoal, 2014): “não sei andar na cidade”. No período 2014-2015 residi na cidade de Altamira e presenciei essas rápidas transformações na cidade.

Discussão

No período de construção da UHE Belo Monte podemos ressaltar a importância do conhecimento ecológico dos Arara, ao observar mudanças na fauna associada a atividades como detonações e iluminação da obra, o que também é reportado em outros casos, como os Kayabi afetados pela UHE São Manuel em 2017, no Mato Grosso (UTSUNOMIYA et al, 2020; LAUFER et al, 2017; UTSUNOMIYA et al, 2020). O rio Xingu se apresentava como o centro da vida social no cotidiano da aldeia na beira do rio, já apresentava mudanças na água que pioraram no período pós-operação da hidrelétrica. As mudanças na cidade de Altamira e na dinâmica regional também foram percebidas pelos Arara, devido ao rápido aumento populacional durante a construção da usina, refletindo também em acirramento da competição por recursos pesqueiros. Esse período envolveu mobilizações sociais, alterações na organização social interna, momentos de negociação com empreendedor e outras instituições e, no caso das comunidades das VGX, ainda haviam as preocupações acerca da vazão que passaria a ser reduzida no trecho do rio onde se localizam. O caso de Belo Monte repetiu o histórico de negação aos povos indígenas do direito à consulta na construção de hidrelétricas na Amazônia mesmo após aprovação da Convenção n.169 de 1989, da Organização Internacional do Trabalho, a qual o Brasil é signatário que prevê o direto ao consentimento livre prévio e informado aos indígenas e às comunidades tradicionais (HANNA; VANCLAY, 2013).

Conclusão

O processo de Licenciamento Ambiental de hidrelétricas, sobretudo na região amazônica frequentemente traz à tona impactos no sistema socioecológico não previstos nos Estudos de Impacto Ambiental, ressaltando a importância da gestão adaptativa (MORETTO et al, 2021). A gestão de impactos socioecológicos necessita incorporar o direito à consulta como um processo contínuo com participação efetiva das comunidades locais nos processos de decisão desde as fases prévias às licenças, até a gestão efetiva de impactos socioecológicos na fase de operação, com uma abordagem adaptativa e participativa, ainda que não haja adaptação

suficiente quando os modos de vida dos povos indígenas são afetados negativamente. Além disso, no caso de Belo Monte, as ações implantadas antes e durante a construção não foram suficientes para uma mínima preparação das comunidades lidarem com as mudanças no sistema socioecológico da Volta Grande do Xingu que, após o início da operação de Belo Monte no fim de 2015, tiveram transformações severas devido ao desvio de até 80% da vazão natural afetando os modos de vida, a segurança alimentar e a reprodução física e cultural dos Arara, Juruna e demais comunidades da VGX (ZUANON et al, 2020).

Agradecimentos: Povo Arara da VGX, Rede de Barragens Amazônicas e Hilton Nascimento.

Referências:

- ARARA, A. F. N. et al. A Casa de Memória Leônico Arara e os Arara da Volta Grande do Xingu. Espaço Ameríndio, v.14, n. 1, 2020.
- ARARA; JURUNA. Plano de gestão territorial e Ambiental Volta Grande do Xingu: TIs Paquiçamba, Arara da VGX e AI Juruna do Km 17. Altamira: Verthic, 2018, 95 pgs.
- FEARNSIDE, P. Hidrelétricas na Amazônia: Impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras. Manaus: Editora do INPA, v.1, 2015.
- HANNA, P.; VANCLAY, F. Human rights, Indigenous peoples and the concept of Free, Prior and Informed Consent. Impact Assessment and Project Appraisal, v. 31, n. 2, p. 146–157, 2013.
- LAUFER, J. et al. Gestão Participativa da Biodiversidade em Terras Indígenas afetadas por Barragens Hidrelétricas na Amazônia Brasileira. Relatório: Oficina Xingu. Palmas e Gainesville, 2017.
- MORETTO et al. Gestão Adaptativa na Etapa de Acompanhamento da Avaliação de Impacto Ambiental. Estudos Avançados, v. 35, n.103, p.201-218, 2021.
- OSTROM, E. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. Science, v. 325, n. 5939, p. 419–422, 2009
- PATRÍCIO, M. M. Relatório Circunstanciado de Identificação e Delimitação da Terra Indígena Arara da Volta Grande do Xingu. FUNAI/CGID, 2006.
- PATRICIO, M. M. et al. EIA/RIMA AHE Belo Monte: Estudo socioambiental do componente indígena. Terra Indígena Arara da Volta Grande do Xingu. Brasília: Estudo de Impacto Ambiental AHE Belo Monte, 2009.

UTSUNOMIYA, R. et al. Povos indígenas e hidrelétricas na Amazônia: a percepção e avaliação de impactos socioambientais a partir de abordagem transdisciplinar e participativa In: Produção do conhecimento interdisciplinar nas ciências ambientais. Ponta Grossa: Atena, 2020.

VERTHIC. 5º Relatório Consolidado Semestral do Projeto Básico Ambiental da Usina Hidrelétrica de Belo Monte. Relatório: Caracterização socioambiental da TI Arara da VGX. Altamira, 2015.

WCD – WORLD COMMISION OF DAMS. Tucuruí Hydropower Complex, Brazil. A WCD case study prepared as an input to the World Commission on Dams, p. 1–196, 2000.

ZUANON, J. et al. Condições para a manutenção da dinâmica sazonal de inundação, a conservação do ecossistema aquático e manutenção dos modos de vida dos povos da volta grande do Xingu. Papers do NAEA, v. 28, n. 2, 2020.

EFEITOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE NAS COMUNIDADES RIBEIRINHAS DO RIO XINGU EM ALTAMIRA, PA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Gabriela Cruz Nascimento ¹; Geovana Cunha da Cruz ^{1²}; Matuzalem Nascimento

Bezerra ^{2³}; Fernanda Cristine dos Santos Bengio ^{3⁴}

1 – Gabriela Cruz Nascimento. Universidade Federal do Pará. gabriela04cruz03@gmail.com

2 – Geovana Cunha da Cruz. Universidade Federal do Pará. geovanacruz@gmail.com

3 – Matuzalem Nascimento Bezerra. Universidade Federal do Pará. matuzalennascimento@email.com

4 – Fernanda Cristine dos Santos Bengio. Universidade Federal do Pará. febengio@ufpa.br

RESUMO: A Usina Hidrelétrica Belo Monte (UHE) trouxe diversos impactos sociais e ambientais para as comunidades que residem na região. Em função da construção da usina muitas famílias e suas diversidades étnicas, sociais e culturais foram afetadas, ocasionando transtorno nas populações indígenas, habitantes de igarapés (seringueiros, castanheiros, ribeirinhos) e quilombolas. Nesse contexto, o presente trabalho buscou realizar uma pesquisa bibliográfica, com o intuito de identificar e discutir os efeitos causados pela construção da UHE Belo Monte sobre as comunidades ribeirinhas do rio Xingu no município de Altamira, Pará. A abordagem metodológica é de natureza descritiva e com procedimentos de revisão de literaturas científicas disponíveis em banco de dados *on-line*. A partir das 12 publicações analisadas, somente 7 falavam sobre os efeitos da implementação da UHE de Belo Monte na vida dos ribeirinhos. Contudo, espera-se que novos estudos sobre a temática sejam realizados visando ampliar o conhecimento e gerar novas ações e estratégias que possam resolver as problemáticas abordadas no texto.

Palavras-Chave: Ribeirinhos; Comunidades tradicionais; Impactos; Usina hidrelétrica de Belo Monte.

ABSTRACT: The Belo Monte Hydroelectric Power Plant has brought several social and environmental impacts for the communities living in the region. Due to the construction of the plant many families and their ethnic, social and cultural diversity were affected, causing disruption in indigenous populations, stream dwellers (rubber tappers, chestnut, riverine) and quilombolas. In this context, the present work sought to conduct a bibliographic research, with the intent of identifying and discussing the effects caused by the construction of the Belo Monte Dam on the riverine communities of the Xingu River in the municipality of Altamira, Pará. The methodological approach is descriptive in nature, with review procedures of scientific literature available in on-line databases. From the 12 publications analyzed, only 7 spoke about the effects of the implementation of the Belo Monte Dam on the lives of the riverbank dwellers. However,

it is expected that new studies on the theme are carried out in order to expand the knowledge and generate new actions and strategies that can solve the problems addressed in the text.

Keywords: Ribeirinhos; Traditional Communities; Impacts; Belo Monte Hydroelectric Plant.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21923724

Introdução: A Usina Hidrelétrica de Belo Monte foi implementada com o intuito de gerar desenvolvimento e crescimento econômico na região, introduzindo setores como o agropecuário, que objetivavam atender a demanda da população. Dentro do contexto histórico, no início do ano de 1975 a Eletronorte iniciava os estudos para a implementação da UHE Belo Monte, que anteriormente era inibido por uma resistência composta de ambientalistas, movimentos sociais e comandado pela população que seria atingida pela obra, posteriormente a isso a usina teve seu retorno em 2001 devido uma “crise energética” que afetou o país, trazendo de volta o debate a favor da geração de energia e da matriz energética (FAINGUELERNT, 2016).

Com a necessidade de energia no país em julho de 2010, foi iniciado o processo de edificação da UHE Belo Monte, nas cidades de Altamira, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu, localizadas na região amazônica no estado do Pará (FLEURY 2013). Em meio a tantas controvérsias a UHE Belo Monte acabou sendo iniciada somente no primeiro semestre de 2011, contendo por fim, o início de suas operações somente em novembro de 2015 depois que o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) liberou a licença para o começo das obras (NASCIMENTO, 2016, p.20).

Desde então a implementação da UHE Belo Monte veio produzindo inúmeros impactos sociais e ambientais para as comunidades que residem na região, cabe ressaltar também que em decorrência dessa construção muitas famílias e suas diversidades étnicas, sociais e culturais foram afetadas, gerando transtornos nas populações indígenas, habitantes de igarapés (seringueiros, castanheiros, ribeirinhos) e quilombolas locais (FAINGUELERNT, 2016). No grupo das comunidades citadas, os ribeirinhos foram diretamente afetados, já que muitas de suas moradias estavam localizadas nas áreas de influência da Belo Monte, esse acontecimento gerou cicatrizes, danos e perturbações que atuam até os momentos atuais (NASCIMENTO, 2016).

Nesse contexto, a construção de reassentamentos próximos ao rio ou a realocação em ilhas que não fossem afetadas pela construção da barragem, seria a única forma de garantir aos ribeirinhos a manutenção de suas condições de sustento e trabalho, no entanto isso não foi realizado. Ao contrário, a Norte Energia não só reassentou os ribeirinhos em áreas distantes do rio, como também urbanizou os baixões de Altamira interrompendo a interconexão da cidade com o rio (NASCIMENTO, 2016, p.249).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi realizar uma pesquisa bibliográfica, com o intuído de identificar e discutir os efeitos causados pela construção da UHE Belo Monte nas comunidades ribeirinhas do rio Xingu no município de Altamira, Pará.

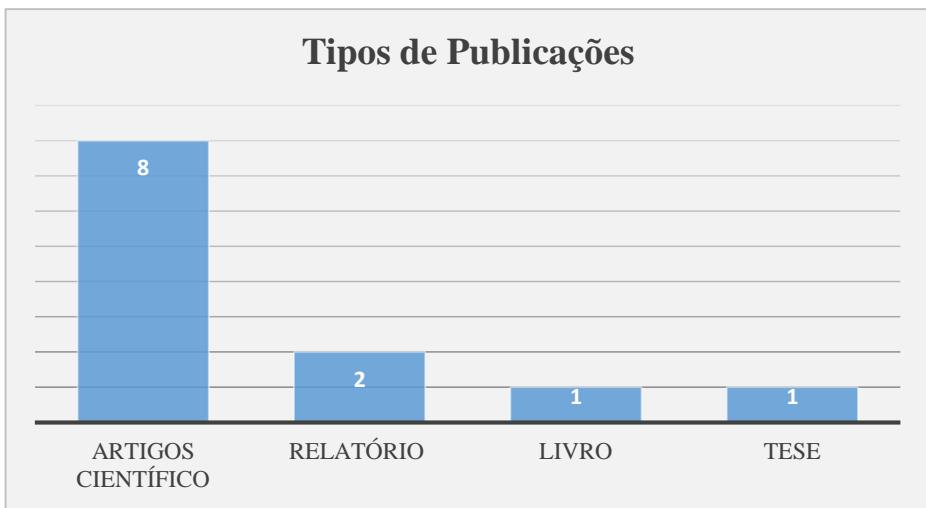
Material e Métodos: Foi realizado uma abordagem metodológica de natureza descritiva com procedimento de revisão bibliográfica, a partir da análise de literaturas científicas disponíveis *on-line*, utilizando os seguintes bancos de dados como fonte: Capes, Scielo e Google Scholar. Para facilitar a filtragem e escolha dos trabalhos publicados foram utilizadas as seguintes palavras-chaves como ferramentas de busca: Ribeirinhos; Comunidades tradicionais; Impactos; Usina hidrelétrica de Belo Monte.

O critério utilizado para exclusão das publicações foram a não adequação ao tema e/ou apresentação de duplicidade, ou seja, a mesma publicação em base de dados diferentes. Ao final da pesquisa foi verificado um total de 12 publicações coletadas tendo como referências os últimos 6 anos.

Após esse processo inicial de pesquisa e coleta dos dados, deu-se início a leitura dos títulos e resumos, em alguns casos introdução, nesta fase não houve exclusão de publicações. Posteriormente, iniciou-se a análise dos textos, observando seus objetivos, metodologias, discursões e conclusões. Por fim, foi realizada a leitura completa dos 12 textos que foram divididas em duas categorias tituladas X e Y. O X para textos que comentam sobre efeitos positivos e/ou negativos que a UHE Belo Monte causou na vida dos ribeirinhos do rio Xingu. O Y para textos que não comentavam de forma alguma sobre os efeitos da usina em relação às comunidades ribeirinhas da região.

Resultados: A partir dos dados analisados, foi verificado que a maior parte das publicações coletadas apresentaram predominância no formato de Artigo científico (8), seguido de Relatórios (2), Livro (1), e Tese (1) (Figura 1).

Figura 1: Classificação dos tipos de publicações encontradas.



Fonte: Autor (2022)

Diante das pesquisas analisadas, foi possível elaborar um esquema correspondente a divisão do material por categoria X e Y (Tabela 1). Nota-se que nos materiais coletados existe uma ascendência na presença de comentários sobre as comunidades ribeirinhas do Xingu. Isto sem levar em consideração o posicionamento em relação a questão levantada.

Tabela 1- Resultado da divisão do material coletado por categoria X e Y.

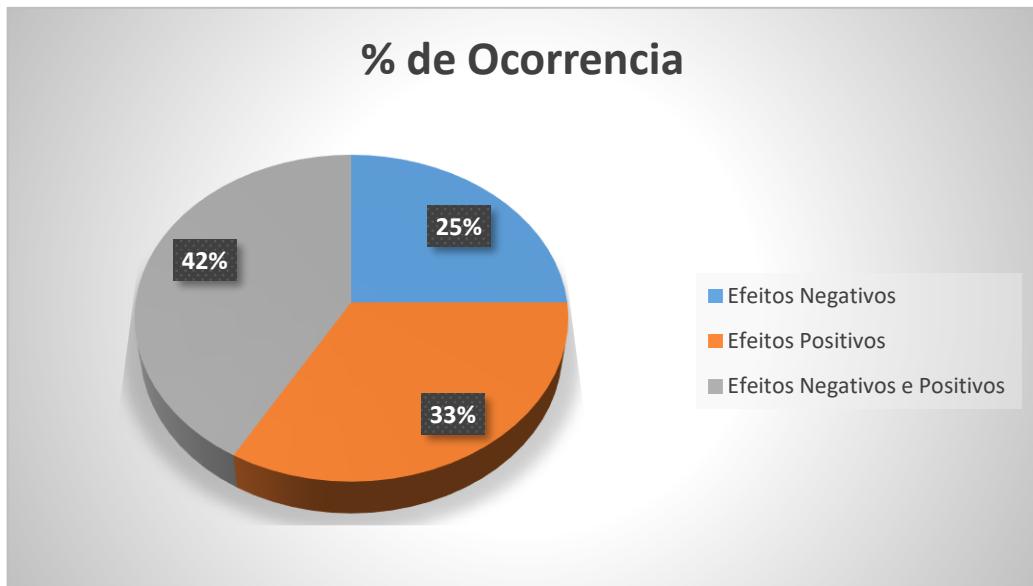
Materiais Coleta	Categoria	Categoria
Artigo 1	X	
Artigo 2	X	
Artigo 3		Y
Artigo 4	X	
Artigo 5	X	
Artigo 6		Y
Artigo 7		Y
Artigo 8	X	
Relatório 1	X	
Relatório 2	X	
Livro 1	X	
Tese 1	X	

Fonte: Autor (2022)

De 15 publicações analisadas, 9 delas falavam sobre os efeitos negativos e positivos da UHE de Belo Monte na vida dos ribeirinhos (figura 2), também foi possível observar que 25% dos trabalhos apoiam o projeto Belo Monte e comentaram de forma individual sobre os benefícios da implementação para as comunidades incluindo a ribeirinha, e que 33% comentaram somente sobre os efeitos negativos da usina, detalhando como ela afetou e ainda

afeta as comunidades tradicionais da região. Por fim, 42% abordaram sobre ambos, fazendo uma comparação ativa dos temas.

Figura 2: % de ocorrência nas publicações sobre os efeitos negativos e positivos causados pela UHE de Belo Monte na vida dos ribeirinhos do rio Xingu.



Fonte: Autor (2022)

Através da análise dos efeitos abordados, foi possível observar que de acordo com as publicações selecionadas, as que continham informações sobre os efeitos positivos constatavam que a construção da UHE Belo Monte abriu mais vagas de emprego para a região aumentando a economia local. Porém, foi constatado uma demanda ainda maior de efeitos negativos presentes nos trabalhos, na qual situavam a alteração ambiental como um dos principais fatores que prejudicou a região em que a usina está situada (MARIUZZO, 2018). Verificou-se que impactos específicos na fauna e flora influenciaram tão fortemente a região da área da barragem, que determinada alterações como o desmatamento, e o desvio do rio, afetaram diretamente muitas comunidades que dependiam desses ambientes como forma de sustento e moradia (FAINGUELERNT, 2020).

Com a implementação do empreendimento veio também o aumento da violência, prostituição e criminalidade na cidade de Altamira, além do deslocamento dos moradores das áreas afetadas pela usina que tiveram sua cultura e sua forma de viver amplamente afetadas (FAINGUELERNT, 2020). Os habitantes que viviam da pesca e de suas plantações, foram designados para um ambiente novo totalmente diferente do que eles estavam acostumados, sendo direcionados a lidar com a falta de mantimento e recursos básico para sua sobrevivência

(PRATES; ALMEIDA, 2021). Outra questão crítica, foi o prejuízo a atividade pesqueira que sustenta a região, devido a perda da diversidade que representa a ictiofauna nos locais afetados, muitos pescadores que dependiam desse alimento para sobreviver, tiveram suas vidas afetadas pela abaixa quantidade de peixes disponíveis nos corpos hídricos (PRATES; ALMEIDA, 2021).

Conclusão: Diante do que se foi analisado, foi possível avaliar que a implementação da UHE de Belo Monte trouxe mais efeitos negativos do que positivos para a região, e a partir de uma visão em contexto social e ambiental fica evidente que esse ocorrido não foi um acontecimento favorável, já que traz consigo uma serie de risco direcionados a integridade física e moral dos moradores da região. Por isso, espera-se que novos estudos sobre a temática sejam realizados visando ampliar o conhecimento e gerando novas ações e estratégias que possam resolver as problemáticas abordadas nesse texto.

Referências:

- FAINGUELERNT, Maíra Borges. A trajetória histórica do processo de licenciamento ambiental da usina hidrelétrica de Belo Monte. *Ambiente & Sociedade*, v. 19, p. 245-264, 2016. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/asoc/a/ThnyR8RrxkcBNSqVGKKxqqP/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 23 jul. de 2022
- FAINGUELERNT, Maíra Borges. A trajetória histórica do processo de licenciamento ambiental da usina hidrelétrica de Belo Monte. *Ambiente & Sociedade*, v. 19, p. 245-264, 2016. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/asoc/a/ThnyR8RrxkcBNSqVGKKxqqP/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 19 de jul. 2022
- FLEURY, Lorena Cândido; ALMEIDA, Jalcione. A construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte: conflito ambiental e o dilema do desenvolvimento. *Ambiente & Sociedade*, v. 16, p. 141-156, 2013. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/asoc/a/bzmFrBhVYLhJXQcbcQKB8XN/abstract/?lang=pt> Acesso em: 22 de jul. 2022
- MARIUZZO, Patrícia. Ribeirinhos de Belo Monte. *Ciência e Cultura*, v. 70, n. 1, p. 6-8, 2018. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252018000100003&script=sci_arttext&tlang=es. Acesso em: 18 de jul. 2022
- NASCIMENTO, Sabrina Mesquita do et al. Violência e estado de exceção na Amazônia brasileira: um estudo sobre a implantação da hidrelétrica de Belo Monte no rio Xingu (PA).

2017. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/handle/2011/10428> Acesso em: 20 de jul. 2022

PRATES, Camila; ALMEIDA, Jalcione. Como Belo Monte se tornou sustentável? Ponderações baseadas no estudo da controvérsia da pesca na região de Altamira/PA. Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 58, 2021. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/74746>. Acesso em: 21 de jul. 2022

IMPACTOS CUMULATIVOS À AGRICULTURA DE VÁRZEA NAS COMUNIDADES RIBEIRINHAS DO BAIXO MADEIRA, RONDÔNIA, BRASIL

Silvia Sayuri Mandai¹; Evandro Mateus Moretto²

1 – Silvia Sayuri Mandai. Universidade de São Paulo. silvia.mandai@usp.br

2 – Evandro Mateus Moretto. Universidade de São Paulo. evandromm@usp.br

RESUMO: Os impactos cumulativos são aqueles resultantes de mudanças ambientais incrementais no tempo e no espaço, desencadeados por atividades antrópicas e processos naturais. Os efeitos de três Usinas Hidrelétricas (UHEs) no rio Madeira, juntamente com a grande cheia de 2014 e o garimpo têm gerado alterações nos sistemas biofísicos e sociais do baixo Madeira. Esse trabalho discute as percepções das comunidades ribeirinhas do rio Madeira acerca dos impactos cumulativos à agricultura de várzea a jusante das UHEs Jirau, Samuel e Santo Antônio em cascata no estado de Rondônia, pela perspectiva dos sistemas socioecológicos. Os resultados preliminares das entrevistas em profundidade com as comunidades Belmont e Cujubinzinho apontam as mudanças na relação entre a produção de alimentos e os pulsos de cheia do rio, modificando a autonomia das comunidades ribeirinhas.

Palavras-Chave: Avaliação de Impacto; Bacia do rio Madeira; Barragens; Cumulatividade; Sistemas socioecológicos.

ABSTRACT: Cumulative impacts are those resulting from incremental environmental changes in time and space, triggered by human activities and natural processes. The effects of three Large Hydroelectric Plants (LHPs) on the Madeira River, together with the great flood of 2014, and mining, have generated changes in the biophysical and social systems of the lower Madeira. This paper discusses the perceptions of riverine communities on the Madeira river about the cumulative impacts of floodplain agriculture downstream the Jirau, Samuel and Santo Antônio LHPs in the state of Rondônia, from the perspective of socio-ecological systems. The preliminary results of in-depth interviews with the Belmont and Cujubinzinho communities point to changes in the relationship between food production and river flood pulses, modifying the autonomy of riverine communities.

Keywords: Cumulative effects; Dams; Impact Assessment; Madeira river basin; Socioecological systems.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21923733

Introdução: Os impactos cumulativos são aqueles decorrentes de um conjunto de atividades antrópicas e eventos naturais, que interagem ao longo do tempo e do espaço (SPALING, 1994; IFC, 2013; FOLEY et al., 2017). No baixo Madeira, ou seja, o trecho mais a jusante do rio Madeira, há a cumulatividade dos impactos das Usinas Hidrelétricas (UHEs) Jirau, Santo Antônio e Samuel, tanto pelo barramento das águas, quanto pelo controle das águas pelas UHEs durante a fase de operação. Também há os efeitos da grande cheia de 2014 na região e do garimpo ao longo do rio. Conjuntamente, tais estressores geram impactos maiores do que apenas a soma de seus impactos individuais aos sistemas socioecológicos.

O baixo Madeira é caracterizado por relações socioecológicas históricas entre os sistemas biofísicos (e.g., rio) e as comunidades ribeirinhas. O baixo Madeira possui as várzeas, isto é, áreas que são sazonalmente alagadas no período das chuvas (entre outubro e março) e que secam no verão amazônico (entre abril e setembro). Pelo fato das águas do rio Madeira serem ricas em sedimentos, as várzeas ficam férteis depois que as águas baixam e esta fertilidade é empregada para a agricultura de várzea pelas comunidades ribeirinhas, nem sendo necessária a adubação do solo (JUNK et al., 2020).

O solo das várzeas é mais úmido e argiloso, sendo usado para diversos plantios, como o milho, abóbora, macaxeira, mandioca e banana. O plantio na várzea começa em abril ou maio, sendo que a colheita é após 3 a 6 meses, a depender do cultivo. No período seco, além das várzeas, há a formação das praias no rio Madeira, as quais possuem solo arenoso, utilizado por cágados para a deposição de ovos. Na transição entre as praias e as várzeas, o solo é arenoso e argiloso/barrento, sendo usado para o plantio da melancia e dos feijões de corda, de praia ou manteiguinha.

A agricultura de várzea tem sido importante para as relações socioecológicas das comunidades ribeirinhas, tanto para a subsistência quanto para a geração de renda das famílias. Contudo, com o barramento do rio e regime de operação das barragens, ocorrem alterações na dinâmica dos rios e das várzeas, acarretando em mudanças na agricultura dos ribeirinhos, o que pode impactar os sistemas socioecológicos e o bem-estar das comunidades.

Portanto, esse trabalho buscou analisar as percepções das comunidades ribeirinhas do rio Madeira acerca dos impactos cumulativos à agricultura de várzea a jusante das UHEs Jirau, Samuel e Santo Antônio em cascata no estado de Rondônia, pela perspectiva dos sistemas socioecológicos.

Material e Métodos: Os impactos cumulativos para as comunidades ribeirinhas foram analisados por meio de entrevistas em profundidade semiestruturadas (e.g., REED et al., 2009;

ABU et al., 2019; SHACKLETON et al., 2022), pois elas permitem capturar mudanças em processos e estruturas com os atores sociais (e.g., PREISER et al., 2022). Foram 13 entrevistas conduzidas nas unidades domésticas das zonas rurais de duas comunidades ribeirinhas do rio Madeira, Belmont e Cujubimzinho, todas no município de Porto Velho, no estado de Rondônia.

As entrevistas ocorreram em setembro de 2022, seguindo o roteiro validado e autorizado pelo comitê de ética da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (CAAE: 56471322.5.0000.5390). O conteúdo das entrevistas foi decodificado (Tabela 1) em categorias analíticas escolhidas *a priori*, com base em Roquetti (2018), e *a posteriori*, de acordo com o que emergiu durante as análises.

Tabela 1: Guia de códigos para analisar as entrevistas realizadas.

Código	Descrição
Agricultura de Várzea	Trechos que indicam e explicam que a unidade doméstica:
Áreas das várzeas - aumento	teve aumento das áreas de várzea
Áreas das várzeas - redução	teve redução das áreas de várzea
Áreas das várzeas - igual	não teve alteração das áreas de várzea
Competição por área da agricultura de várzea com o garimpo	teve redução das áreas de várzea disponíveis para a agricultura
Abandono, sem migração para terra firme	deixou de praticar a agricultura de várzea, sem migrar para a terra firme
Migração total para a terra firme	deixou de cultivar na várzea, passando a cultivar na terra firme exclusivamente
Migração parcial para a terra firme	deixou de cultivar na várzea parcialmente, passando a cultivar na terra firme
Migração da moradia	mudou seu local de moradia, mantendo os locais de cultivo nas várzeas
Produção - aumento	aumentou sua produção
Produção - redução	diminuiu sua produção
Produção - igual	não teve alteração na quantidade produzida
Variedade de cultivos - aumento	passou a plantar mais tipos de cultivo
Variedade de cultivos - redução	passou a plantar menos tipos de cultivo
Variedade de cultivos - igual	continua a plantar os mesmos tipos de cultivo
Alimentação - compra do que produzia	compra produtos que anteriormente eram produzidos pela unidade doméstica
Alimentação - igual	não teve mudanças nos hábitos alimentares da família
Qualidade do solo - aumento	aumentou a fertilidade do solo
Qualidade do solo - redução	diminuiu a fertilidade do solo
Qualidade do solo - igual	não teve a fertilidade do solo alterada
Transição para o uso de fertilizantes	passou a usar fertilizantes na prática agrícola
Transição para o uso de agrotóxicos	passou a usar agrotóxicos na prática agrícola

Fonte: elaboração própria.

Resultados e Discussão: As comunidades ribeirinhas relataram mudanças nas áreas de várzea, pela alteração do regime fluvial ocasionado pelas barragens e principalmente pela grande cheia de 2014. As comunidades ribeirinhas apontam que a cheia foi um evento natural grande, mas que os operadores das UHEs demoraram muito para liberar as águas, pois os profissionais ainda não conheciam muito bem a dinâmica do rio no período das cheias. Assim,

quando o volume de água estava muito grande, a água represada foi liberada de uma vez e inundou drasticamente várias regiões a jusante. Cabe destacar que a grande cheia ocorreu dois anos após o início de operação da última UHE construída, a de Santo Antônio. Fearnside (2014) aponta que as barragens não possam ser responsabilizadas sozinhas por todos os estragos da cheia de 2014, porém, é provável que a UHE de Santo Antônio tenha intensificado a erosão da orla de Porto Velho cumulativamente.

Com essa grande cheia de 2014, as famílias de diversas comunidades ribeirinhas do baixo Madeira tiveram grandes perdas e precisaram deixar suas moradias por cerca de três meses. Algumas foram para a área urbana temporariamente, enquanto outras acabaram migrando de vez. Neste último caso, foram relatadas as dificuldades em se acostumar com um estilo de vida diferente da zona rural e o aumento no custo de vida. Cabe destacar que, na zona rural do baixo Madeira, essas famílias tinham suas próprias moradias e cultivavam alimentos que eram utilizados para suas subsistência e geração de renda. Já na zona urbana, elas foram morar de aluguel ou com familiares e tiveram que trabalhar em outros tipos de emprego que não fossem a pesca e agricultura, resultando em uma difícil adaptação inicial. Pelo fato da comunidade Belmont estar mais próxima da área urbana, essa mudança foi mais comum que nas outras comunidades.

Além da área urbana, a grande cheia de 2014 fez com que muitas famílias de Cujubinzinho migrassem suas moradias para comunidades ribeirinhas com relevo mais elevado, como as comunidades Aliança, Cujubim Grande e Nova Aliança. Inclusive, a última é um novo assentamento, construído após a cheia de 2014, principalmente por famílias que tiveram suas casas inundadas em Cujubinzinho. Em Nova Aliança, parte das famílias passou a desempenhar a agricultura de terra firme em suas novas propriedades. Em Cujubim Grande, há a Vila dos Alagados, a qual é composta por pessoas de Cujubinzinho que migraram suas moradias para Cujubim Grande. Cabe destacar que foi recorrente a menção ao sentimento de insegurança pelos ribeirinhos, relatando o receio de outra grande cheia ou do rompimento das barragens, assim como ocorrido em Brumadinho, em Minas Gerais.

Apesar de terem mudado os locais de moradia (zona urbana ou comunidades ribeirinhas de relevo mais alto), muitos dos ribeirinhos mantiveram seus locais de cultivo nas várzeas, porém com algumas mudanças, assim como descrito a seguir.

Em Belmont, tem ocorrido o desbarrancamento das várzeas, que foi agravado pela grande cheia de 2014. Os entrevistados disseram ter perdido cerca de 250 metros de extensão das várzeas e o barranco das várzeas ficou muito íngreme. Assim, muitas famílias migraram os cultivos da várzea para a terra firme. Com esse deslocamento, as principais mudanças foram: a

redução da produção, o uso de fertilizantes, pois as terras são menos férteis, e a aplicação de agrotóxicos, pois há mais insetos na terra firme. Além disso, o cultivo de melancia e abóbora ficou mais difícil, visto que nas várzeas havia mais umidade para a manutenção desses cultivos, enquanto na terra firme o solo é mais arenoso. Dessa maneira, houve redução na quantidade produzida e na variedade de cultivos e aumento na dependência de suprimentos agrícolas (fertilizantes e agrotóxicos). Essas mudanças associadas a alterações nos locais de moradia apontam para a redução na autonomia das comunidades ribeirinhas. Nenhum dos entrevistados fazia parte de associações de agricultura e nem ouviu falar em mobilizações sociais para lidar com essas mudanças na agricultura de várzea.

Na comunidade ribeirinha Cujubinzinho houve o aterramento (“terra cresceu”) após a operação das UHEs e da grande cheia de 2014. Assim, houve o aumento das praias, das várzeas e das terras firmes. No trecho entre as praias e as várzeas, havia o plantio extensivo de feijão, para o consumo e venda. Entretanto, esse tipo de cultivo tem diminuído por três motivos principais. Primeiramente, foi relatado que a colheita e beneficiamento do feijão de praia requerem muita mão-de-obra, mas muitos jovens estão abandonando a zona rural, principalmente para trabalhar no garimpo. O outro motivo também está relacionado ao garimpo, pois as balsinhas, principalmente no verão amazônico (mesma época do cultivo do feijão), estão usando as praias para garimpar ouro. Por fim, foi relatado que os repiques ocasionados pelas UHEs, decorrentes da abertura das comportas, fizeram com que alguns produtores agrícolas perdessem seus cultivos pelo aumento repentino do nível do rio. Portanto, houve o desestímulo da produção nas áreas de praia, principalmente por essa imprevisibilidade no calendário de plantio e colheita. Mesmo assim, alguns produtores ainda plantam feijão para consumo próprio, mas não para a venda.

Os entrevistados de Cujubinzinho mencionaram que logo após a grande cheia de 2014, o solo das várzeas ficou muito ruim para o plantio, principalmente pelo fato de ter ficado mais arenoso e ácido. Segundo eles, demorou muito tempo para que a terra voltasse a ficar boa, cerca de três anos. Mesmo com certa melhora, os produtores relataram a necessidade de revolver bastante o solo em busca do solo anterior à cheia de 2014, que, segundo eles, era melhor para a agricultura. Com isso, é necessário alugar tratores que aram a terra.

Atualmente, há dois cultivos predominantes nas várzeas: milho e banana “pratão”. Contudo, anteriormente, havia outros cultivos, como abóbora, macaxeira, mandioca e melancia, resultando em redução da diversidade de cultivos agrícolas. Foi mencionado que o preço de mercado do milho e banana está compensando bastante. Assim, com a venda desses produtos, as famílias compram os alimentos que deixaram de plantar para sua alimentação. Contudo, a

grande predominância de milho e banana em toda a comunidade reduz a diversidade de espécies e deixa a região mais vulnerável a pragas. No caso do milho, alguns mencionaram a necessidade do uso de agrotóxico.

Também em relação ao garimpo, os entrevistados nos relataram que muitas pessoas migraram para o garimpo após a grande cheia de 2014, quando muitos perderam quase tudo, estavam com o solo ruim para a agricultura e ficaram sem trabalho. Além disso, relataram que a ida para o garimpo estava associado com rumores de que, com as explosões da cachoeira de Santo Antônio, havia ocorrido a liberação de muito minério de ouro ao longo do rio Madeira. Mais recentemente, as dificuldades socioeconômicas intensificadas pela pandemia da Covid-19 fizeram com que mais indivíduos migrassem para o garimpo em busca de renda. Desse modo, ao longo do tempo, tem ocorrido a redução da mão-de-obra para a agricultura de várzea por conta de uma competição com a atividade garimpeira.

Cumulativamente, há mudanças na segurança alimentar das comunidades ribeirinhas, representada pelos serviços ecossistêmicos de provisão da agricultura de várzea. Analisar os impactos cumulativos é uma abordagem pertinente, visto que as questões socioecológicas são complexas e não são isoladas. Do mesmo modo, Oliveira et al. (2021) alertam para a necessidade de se analisar os efeitos das UHEs e dos eventos climáticos extremos conjuntamente, ainda mais em um cenário de intensificação das mudanças climáticas.

O trabalho é preliminar e, posteriormente, irá analisar as percepções de outras comunidades ribeirinhas, incluindo o serviço de provisão da pesca. Os autores pretendem complementar tais resultados com outros dados dos sistemas biofísicos, como as dinâmicas de uso e cobertura da terra e da vazão do rio Madeira. É importante entender as alterações nos sistemas biofísicos, juntamente com as percepções das comunidades ribeirinhas de modo a compreender as interdependências e complexidades entre os sistemas sociais e biofísicos.

Conclusão: A operação das UHEs, a atividade garimpeira e a grande cheia de 2014 (evento climático extremo) cumulativamente têm contribuído para alterações na disponibilidade e composição das várzeas e praias para a agricultura e para a redução de mão-de-obra e da diversidade de cultivos agrícolas. Com a grande cheia de 2014 ocorreu o deslocamento dos locais de diversas famílias, resultando em mudanças nos estilos de vida e nos tipos de cultivo para terras firmes. De modo geral, houve o aumento da dependência de insumos artificiais e alimentos externos, que antes eram cultivados pelas próprias famílias. Portanto, houve impactos aos sistemas socioecológicos e à autonomia dessas comunidades ribeirinhas.

Agradecimentos: Agradecemos o apoio financeiro da FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processos nº2019/17113-9 e nº2020/07372-4) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências:

- ABU, R.; REED, M.G.; JARDINE, T.D. Using two-eyed seeing to bridge Western science and Indigenous knowledge systems and understand long-term change in the Saskatchewan River Delta, Canada. *International Journal of Water Resources Development*, v. 36, n. 5, p. 757–776, 2020.
- FOLEY, M.M.; MEASE, L.A.; MARTONE, R.G.; PRAHLER, E.E.; MORRISON, T.H.; MURRAY, C.C.; WOJCIK, D. The challenges and opportunities in cumulative effects assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 62, p. 122-134, 2017.
- IFC. International Finance Corporation. Good Practice Handbook: Cumulative Impact Assessment and Management. IFC, 2013.
- JUNK, W.J. Condições físico-químicas da água na várzea da Amazônia Central. In: JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F.; WITTMANN, F.; SCHÖNGART, J. Várzeas Amazônicas: Desafios para um Manejo Sustentável. Manaus: Editora do INPA, 2020. p. 66-77.
- OLIVEIRA, W.L.; MEDEIROS, M.B.; MOSER, P.; SIMON, M.F. Mega-dams and extreme rainfall: Disentangling the drivers of extensive impacts of a large flooding event on Amazon Forests. *PLOS ONE*, v. 16, n. 2, p. e0245991, 2021.
- ROQUETTI, D.R. Mudam as pessoas, mudam os lugares: transformações ambientais e nos modos de vida de populações deslocadas por barragens. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- SPALING, H. Cumulative effects assessment: concepts and principles. *Impact Assessment*, v. 12, n. 3, p. 231–251, 1994.
- PREISER, R.; SCHLÜTER, M.; BIGGS, R.; GARCÍA, M.M.; HAIDER, J.; HERTZ, T.; KLEIN, L. Complexity-based social- ecological systems research philosophical foundations and practical implications. In: Biggs R, de Vos A, Preiser R, Clements H, Maciejewski K SM, editor. *The routledge handbook of research methods for social-ecological systems*. New York: Routledge; 2022. p. 27–46.
- REED, Mark S.; GRAVES, Anil; DANDY, Norman; POSTHUMUS, Helena; HUBACEK, Klaus; MORRIS, Joe; PRELL, Christina; QUINN, Claire H.; STRINGER, Lindsay C. Who's

in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. Journal of Environmental Management, v. 90, n. 5, p. 1933–1949, 2009.

SHACKLETON, S.; BEZERRA, J.C.; COCKBURN, J.; REED, M.G.; ABU, R. Interviews and surveys. In: Biggs R, de Vos A, Preiser R, Clements H, Maciejewski K SM, editor. The routledge handbook of research methods for social-ecological systems. New York: Routledge; 2022. p.107–118.

AVALIAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EM SEDIEMNTOS E CARGA SUSPENSA DO RIO ÁGUA DOS PAPAGAIOS EM CAMPO MOURÃO – PARANÁ

Taila Lorena de Souza¹; Mauro Parolin²; Tainara da Silva Camargo³;

1 – Taila Lorena de Souza. Universidade Estadual de Maringá - UEM. tailalorenaseouza@gmail.com

2 – Mauro Parolin. Universidade Estadual de Maringá - UEM. mauroparolin@gmail.com

3 – Tainara da Silva Camargo. Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR. tainaracamargo2429@gmail.com

RESUMO: O presente trabalho realizou a análise de microplástico na carga suspensa e sedimentos do rio Água dos Papagaios. Curso hídrico localizado na área rural do município de Campo Mourão – Paraná. Em frente a grande demanda e produção de produtos derivados do plástico, torna-se importante a abordagem sobre sua proliferação no meio ambiente, desta forma, visando a evolução de pesquisas a respeito da temática e dada sua importância, foi realizado coletas para a investigação e classificação através da metodologia proposta por Horton et al. (2017), Di & Wang. (2018) e Olivatto (2017) em água doce, uma vez que os mananciais servem de abastecimento hídrico para cidades. Através de nosso estudo foi identificado partícula de microplástico categorizada como fragmento na amostra de carga suspensa do rio, a análise realizada nos sedimentos não foi identificada. A investigação reforça a necessidade de abordarmos a respeito deste tipo de contaminante que é de grande importância em frente aos danos ambientais e a saúde daqueles que podem vir a consumir produtos contaminados por microplástico.

Palavras-Chave: Recursos hídricos; Investigação; Contaminação; Microplástico;

ABSTRACT: The present work carried out the analysis of microplastic in the suspended load and sediments of the Água dos Papagaios river. Water course located in the rural area of the municipality of Campo Mourão - Paraná. In front of the great demand and production of products derived from plastic, it becomes important to approach its proliferation in the environment, in this way, aiming at the evolution of research on the subject and given its importance, collections were carried out for the investigation and classification through the methodology proposed by Horton et al. (2017), Di & Wang. (2018) e Olivatto (2017) in fresh water, since the springs serve as a water supply for cities. Through our study, a microplastic particle categorized as a fragment was identified in the suspended load sample from the river, the analysis performed on the sediments was not identified. The investigation reinforces the need to address this type of contaminant, which is of great importance in the face of

environmental damage and the health of those who may consume products contaminated by microplastic.

Keywords: Water resources; Investigation; Contamination; Microplastic;

DOI: 10.6084/m9.figshare.21923745

Introdução: Atualmente pesquisas que abordam os microplásticos ganham destaque em diversas áreas do conhecimento, pois a poluição deste tipo de material é crescente devido a ampla utilização de plásticos e similares na indústria e consequentemente grande descarga no meio ambiente.

A produção de plástico tem crescido significativamente, de 1,5 milhões de toneladas em 1950 para mais de 300 milhões de toneladas em 2017, estima-se que o consumo do plástico acompanhe o aumento da população chegando a atingir o contingente de 9,2 bilhões de habitantes no ano de 2050, tal fator ampliará também a quantia de microplástico no ambiente (HORTON et al., 2017).

Microplástico é definido, segundo Thompson et al. (2004), como toda partícula de plástico, inferior a 5mm presente no ambiente, seu material é classificado em duas categorias: primária e secundária.

A categoria primária possui tamanho microscópio desde sua produção, denominados “pellets” compõem produtos do dia-a-dia como de higiene pessoal (WALLER et al., 2017). Os microplásticos secundários são originados principalmente pela degradação de macroplásticos que passam por processos de deformações mecânicas (erosão, abrasão), físico-químicas (foto oxidação, temperatura, corrosão) e biológicas (degradação por microrganismos) fragilizando suas estruturas gerando sua fragmentação (OLIVATTO, et al., 2018).

Ressalta-se que a preocupação quanto a esse tipo de resíduo é crescente devido aos possíveis impactos ambientais que podem vir a causar, como sua ingestão por animais, liberação de aditivos tóxicos e o transporte de outras substâncias prejudiciais ao ambiente aquático e ao ser humano (MADUREIRA et al, 2019).

Grande parte das pesquisas voltadas a relatar presença de microplásticos na água e/ou sedimentos se concentram no ambiente costeiro, apenas nas últimas décadas que surgiram pesquisas voltadas ao ambiente de água doce, como de Li et al. (2018) e Klein et al. (2018), sendo estes, menos de 4% dos estudos relacionados à microplásticos (LAMBERT E WAGNER, 2018).

É necessário dedicar maior atenção aos níveis de poluição por microplásticos em ambientes de água doce devido a demanda quanto ao consumo de água potável pela população, é crucial compreendermos seus componentes, características e sua dinâmica, pois este gera além do impacto ambiental possíveis danos à saúde (CAUWENBERGHE, et al. 2018).

A poluição por microplástico é tida como um dos fatores antropogênicos mais ressaltantes que afetam a biodiversidade, onde o ambiente impactado pode ser afetado em

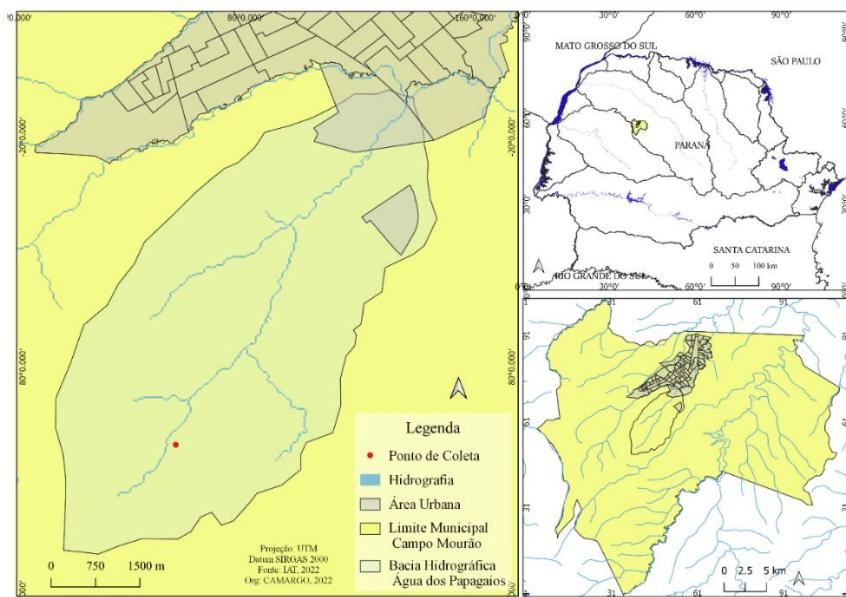
termos físicos, químicos e biológicos, sendo um tema relevante e atual dentro do campo de pesquisa ambiental (OLIVATTO, et al., 2018).

No Brasil, os estudos sobre investigação e caracterização de microplásticos são recentes e pouco numerosos, estes, quando realizados se concentram na linha costeira principalmente das regiões Nordeste e Sudeste (MADUREIRA et al, 2019). Compreendo o atual déficit de pesquisas concentradas em água doce, objetiva-se com este estudo investigar a presença dos microplásticos em uma bacia de pequeno porte localizada em meio a área rural do município de Campo Mourão – Paraná.

Justifica-se a necessidade deste estudo voltado a detecção e caracterização de microplásticos nas águas superficiais e sedimentos no rio Água dos Papagaios devido a relevância do tema relacionado a questão ambiental contribuindo também com a evolução de pesquisas voltadas a temática.

Material e Métodos: O estudo foi realizado na bacia do rio Água dos Papagaios (Figura 1), localizada no município de Campo Mourão - Paraná. É classificada segundo Strahler (1952) como de terceira ordem de grandeza, possui $18,5 \text{ km}^2$ de extensão com área de $30,93 \text{ km}^2$ (COLAVITE, 2011).

Figura 1 – Localização da bacia Água dos Papagaios



Fonte: Os autores (2022).

A bacia localiza-se em meio a área rural do município de Campo Mourão, seus principais córregos são cercados de produção agrícola, possui estradas vicinais no decorrer do seu curso e é circundada pela BR 487 (COLAVITE, 2011).

A metodologia utilizada para a coleta, armazenamento e processamento das amostras baseia-se nos trabalhos de Horton et al. (2017) e Di & Wang. (2018).

A coleta de sedimentos foi realizada com o auxílio de uma draga de aço inox, do tipo *Van Veen*, em uma profundidade de 1 a 5 centímetros do fundo do rio. Após a coleta as amostras foram armazenadas em recipientes de plástico e direcionadas ao laboratório.

Em laboratório 100 gramas das amostras foram separadas, pesadas, levadas a estufa a 60° C e posteriormente peneiradas.

Foram realizados dois processos químicos principais nas amostras: a eliminação de matéria orgânica e separação por densidade. Para o primeiro processo foi utilizado solução composta de H₂O₂ (v.130) por um período de 24 horas em temperatura ambiente. O segundo processo é realizado através da agitação da amostra, por um período de 10 minutos, em solução composta por ZnCl₂ (1,7 g/mL), resultando na decantação do restante do material da amostra e flutuação dos microplásticos.

Para a visualização dos microplásticos foi utilizado lupa dos quais foram identificados e classificados a partir da proposta de Frias et al. (2018) e Olivatto (2017) (Figura 2) segundo seu tamanho (Macroplásticos, Mesoplásticos, Microplásticos grandes, Microplásticos pequenos

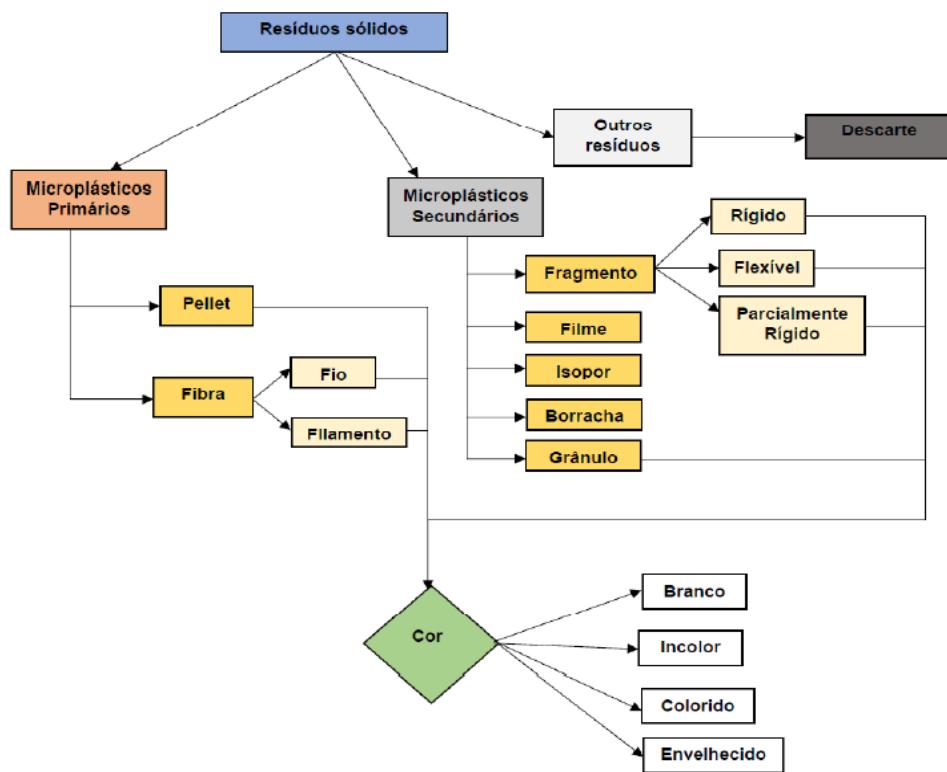
e Nanoplásticos), tipo (Fragmento, Fibra, Filme, Corda e filamentos, Microesferas, Esponja/espuma, Borracha), e cor.

Os processos realizados para a coleta de amostra de água são baseados nos estudos de Su et al. (2018).

A coleta foi realizada com auxílio balde com capacidade de armazenamento igual a 10 L, imergindo-o em uma profundidade de 15 a 20 centímetros. Foram coletados no ponto de amostragem 30 L de água superficial. Após a coleta as amostras são armazenadas em frascos e levadas a laboratório.

Os procedimentos laboratoriais referentes a separação e análise das amostras seguem o mesmo padrão referente as amostras de sedimentos.

Figura 2 – Fluxograma aplicado para a etapa de triagem na análise dos microplásticos nas amostras de sedimentos e carga suspensa



Fonte: Olivatto (2017)

Resultados: As amostras de sedimentos e carga suspensa do rio Água dos Papagaios passaram por uma triagem onde foram categorizadas e analisadas separadamente em placas de Petri.

Não foi identificado a presença de microplástico nas análises realizadas em amostras de sedimento

Foram utilizados 30 L de água para a análise de carga suspensa, deste, separado o total de 0,18g totalizando 0,006 g/l. Nas análises realizadas nestas amostras foram identificados fragmentos dos quais caracterizam-se com microplástico, devido sua coloração e estrutura irregular (Figura 3).

A estrutura identificada pode ser classificada como um fragmento de origem secundária, de estrutura rígida com cerca de 1000 µm e coloração azul.

Figura 3 – Microplástico classificado como Fragmento rígido (colorido)



Fonte: Os autores (2022).

Discussão: O microplástico identificado é classificado, de acordo com suas características, como do tipo fragmento, baseados em estudos como Derraik (2002) e Ferrari (2019), podemos considerar que tal resíduo é resultado de inúmeras fragmentações de um macroplástico proveniente de materiais utilizados no dia a dia da população.

A categoria de fragmento é considerada como um mais abundante tipo microplástico encontrados em sedimentos e carga suspensa de rios/oceanos, sendo superados apenas pela tipologia de fibras, derivadas da lavagem de roupas (FERRARI, 2019).

Os fragmentos, segundo Madureira et al, (2019) apresentam cores variadas com destaque para tons de azul e verde, a coloração indica que em sua composição possui metais pesados a base de silicato (esverdeado) e de cobalto (azul).

Considerando a localização do ponto de coleta e o uso e ocupação da área analisada, podemos associar a presença do microplástico identificado a ação antrópica na área de drenagem da bacia.

Analisando as proporções do fragmento considera-se que o mesmo passou por um processo intenso e longo de desgaste, o que evidencia a hipótese que o seu descarte ocorreu nas estradas vicinais próximas ao corpo hídrico e devido ao transporte superficial entrou em contato com as águas do estudo.

Conclusão: A partir deste trabalho contatou-se a presença de fragmento de microplástico nas águas superficiais do rio Água dos papagaios, fator que evidencia a influência da dinâmica antrópica em sua área de drenagem.

Quanto aos sedimentos analisados, não foi constatado a presença de microplástico, fator positivo quanto a preservação ambiental, uma vez que fragmentos encontrados em sedimentos possuem maior densidade e evidenciam maior vulnerabilidade do local a poluição (LEONOR, 2020)

O fragmento identificado encontrava-se na carga suspensa do rio evidenciando a problemática atual a respeito do descarte irregular de resíduos que com o passar do tempo são transportados e depositados nos corpos hídricos.

A realização da análise e comprovação da existência de microplástico na carga suspensa do rio Água dos papagaios levanta a necessidade de maior atenção quanto a temática nos rios de água doce. É um importante alerta quando a investigação relacionada ao tema pois trata-se de um rio de pequeno porte em uma área não urbanizada que possui poluentes prejudiciais a qualidade ambiental e a saúde da população.

O rio Água dos papagaios compõe a bacia Rio do Campo, uma das principais bacias do município de Campo Mourão que é responsável pelo abastecimento hídrico da população, a detecção dos fragmentos de microplástico a montante desta bacia pede mais estudos a respeito da temática por parte da área acadêmica e iniciativas do poder público afim de evitar maiores contaminações e possível ingestão dos mesmos.

Agradecimentos: Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelo financiamento e apoio a realização da pesquisa.

Referências:

CAUWENBERGHE, L.; JANSSEN, C. R. Microplastics in bivalves cultured for human consumption. Environmental Pollution. V.193, p 65 – 70. 2014. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.06.010>>. Acesso em: setembro de 2022.

COLAVITTE, A. P. LUZ, L. D. BELTRAMIN, R. H. MORIGI, J. B. BATISTA, M. R. ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM: Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Água dos Papagaios. In: II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Londrina. Anais: UNOPAR, Londrina, 2011. p. 1 – 11. Disponível em:
<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/VIII-013.pdf>. Acesso em: Setembro de 2022.

Di, M; WANG, J. Microplastics in surface waters and sediments of the Three Gorges Reservoir, China. *Science of the Total Environment*, 2018. p1620–1627. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.150>. Acesso em: setembro 2022.

FERRARI, M. F. AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM ESGOTO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO – PR (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, 2019. Disponível em:

<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7073/1/microplasticosesgotocampomourao.pdf>. Acesso em: setembro de 2022.

FRIAS, J; PAGTER, E; NASH, R; O'CONNOR, I; CARRETERO, O; FILGUEIRAS, A; VIÑAS, L; GAGO, J; ANTUNES, J; BESSA, F; SOBRAL, P; GORUPPI, A; TIRELLI, V; PEDROTTI, M. L; SUARIA, G; ALIANI, S; LOPES, C; RAIMUNDO, J; CAETANO, M; GERDTS, G. Standardised protocol for monitoring microplastics in sediments. JPI-Oceans BASEMAN Project, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.36256.89601/1>. Acesso em: setembro de 2022.

HORTON, A. A; SVENSEN, C; WILLIAMS R.J; DAVID J. SPURGEON, E. L. Large microplastic particles in sediments of tributaries of the River Thames, UK – Abundance, sources and methods for effective quantification. *Marine Pollution Bulletin*, 2017. p218–226. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.004>. Acesso em maio 2022.

KLEIN, S., DIMZON, I.K., EUBELER, J., KNEPPER, T.P., 2018. Freshwater Microplastics: Emerging Environmental Contaminants?. Springer, p. 51 - 67. Disponivel em:
<http://uilis.unsyiah.ac.id/oer/files/original/791b7aa2fb522a93ebf0b51162c96bab.pdf>. Acesso em: setembro de 2022.

LAMBERT, S; WAGNER, M, WAGNER, M., 2018. Freshwater Microplastics. Springer International Publishing. p. 303. 2018. Disponivel em:<
<https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/42902>>. Acesso em: setembro de 2022.

LEONOR, D. A. S. Micro plásticos em águas e sedimentos da costa algarvia. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de ciências e tecnologia,

Universidade de Lisboa, Lisboa, 2020. Disponível em:
https://run.unl.pt/bitstream/10362/118698/1/Leonor_2020.pdf. Acesso em: Setembro de 2022.

LI, J; LIU, H; CHEN, P. Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *Water Research*, 2018. p362 – 374. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.054>. Acesso em: maio 2022.

MADUREIRA. E. A. L; SILVA, A. L. C; CASTILLO, C. B; MACEDO, A. V; POLUIÇÃO POR MICRO RESÍDUOS SÓLIDOS NO LITORAL DE LIMÓN, CARIBE SUL DA COSTA RICA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRFIA FISICA APLICADA. 2019. Fortaleza. Anais. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2019. P 1 – 12.

OLIVATTO, G. P.; CARREIRA, R.; TORNISIELO, V. L.; MONTAGNER, C. C. Microplásticos: Contaminantes de Preocupação Global no Antropoceno. *Rev. Virtual Quim.*, 2018. Disponível em:<<http://static.sites.sbjq.org.br/rvq.sbjq.org.br/pdf/v10n6a16.pdf>>. Acesso em: setembro de 2022.

SU, L., XUE, Y., LI, L., YANG, D., KOLANDHASAMY, P., LI, D., SHI, H. Microplastics in Taihu Lake, China. *Environ. Pollut.* p. 711 - 719. 2018. Disponivel em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27381875/>. Acesso em: setembro de 2022.

THOMPSON, R. C; OLSEN, Y; MITCHELL, R. P; DAVIS, A; ROWLAND, S. J; JOHN, A. W. G; MCGONIGLE, D. RUSSELL. A. E. Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science*. v. 304, p. 838, 2004. Disponível em:<
<https://www.science.org/doi/epdf/10.1126/science.1094559>>. Acesso em: setembro de 2022.

WALLER, C.L; HUW J; GRIFFITHS, A; CLAIRE, M; WALUDA, E; LOAIZA, I; MORENO, B; PACHERRES, O; HUGHES, K. A. Microplastics in the Antarctic marine system: An emerging area of research. *Science of the Total Environment*, v. 598, p. 220–227, 2017. Disponível em:< <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.283>>. Acesso em: setembro de 2022.

GT 5

Governança Florestal e Agroecologia

DECLÍNIO DA POPULAÇÃO DE POLINIZADORES E SEUS VETORES DE DEGRADAÇÃO: ÊNFASE NOS AGROTÓXICOS E SEUS DESDOBRAMENTOS.

Gabriela dos Santos Simões¹; Rodrigo Ramirez Frederico²

1 – Gabriela dos Santos Simões. Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). gabriela.simoes@ga.ita.br

2 – Rodrigo Ramirez Frederico. Universidade de São Paulo (USP). rodrigo.frederico@usp.br

RESUMO: A polinização é considerada um serviço ecossistêmico de regulação, provisão e cultural, fundamental para a manutenção do ciclo de vida, proteção do habitat e do patrimônio genético. A polinização contribui também com a garantia do fornecimento confiável e diversificado de alimentos, além da promoção de valores culturais e ao conhecimento tradicional. Grande parte da diversidade da flora existente no mundo depende do serviço de polinização exercido pelas abelhas, que vem sofrendo com a redução das suas populações por diversas atividades humanas. O desaparecimento das abelhas possui diversas causas, sendo uma delas o uso excessivo e incorreto de agrotóxicos e defensivos agrícolas. Como agravante da queda das populações de abelhas, só nos últimos 3 anos foram liberadas mais de 1.500 novas substâncias agrotóxicas no Brasil, dentre elas substâncias proibidas nos Estados Unidos e Europa, por estarem associados com doenças, além de oferecerem perigo ao meio ambiente. As abelhas, e o importante serviço de polinização provido por elas e outros animais, se encontram cada vez mais ameaçados, reflexo de um modelo agrícola predatório e ultrapassado, além de um processo de desmonte ambiental que o Brasil enfrenta nos últimos anos, sendo que os riscos do declínio dessas espécies são altos, e podem trazer consequências graves aos ecossistemas, à biodiversidade, e à própria sociedade.

Palavras-Chave: Polinização; Abelhas; Agrotóxicos; Serviços Ecossistêmicos

ABSTRACT: Pollination is considered a regulation, provision and cultural ecosystem service, fundamental for the maintenance of the life cycle, protection of habitat and genetic heritage. Pollination also contributes to ensuring a reliable and diversified supply of food, in addition to promoting cultural values and traditional knowledge. Most of the diversity of the existing flora in the world depends on the pollination service exercised by bees, which have been suffering from the reduction of their populations due to various human activities. The disappearance of bees has several causes, including the excessive and incorrect use of pesticides. As an aggravating factor in the decline in bee populations, in the last 3 years, more than 1,500 new pesticides were released in Brazil, including substances banned in the United States and Europe, as they are associated with diseases, in addition to damaging the environment. Bees, and the important pollination service provided by them and other animals,

are increasingly threatened, a reflection of a predatory and outdated agricultural model, in addition to a process of environmental dismantling that Brazil has faced in recent years. The risks of the decline of these species are high, and can have serious consequences for ecosystems, biodiversity, and society itself.

Keywords: Pollination; Bees; Pesticides; Ecosystem Services

DOI: 10.6084/m9.figshare.21923763

Introdução: Os últimos diagnósticos sobre a biodiversidade global apontam que a deterioração dos ambientes naturais, que vêm ocorrendo em uma frequência e intensidade cada vez mais preocupantes, é irreversível, sinalizando que os caminhos rumo a um futuro sustentável discutidos por tratados internacionais estão mais difíceis, e ainda muito longe de serem alcançados (IPCC, 2022).

Neste sentido, o 5º Panorama da Biodiversidade Global assinala prognósticos alarmantes: a biodiversidade continua diminuindo nas paisagens utilizadas para produzir alimentos e a produção agrícola permanece entre os principais vetores de perda de biodiversidade global, e, embora os recursos naturais estejam sendo usados de forma mais eficiente, a demanda por alimentos continua a aumentar e, portanto, os impactos à biodiversidade permanecem bem acima dos limites ecológicos seguros. Com isso, as espécies que ocorrem nestes ambientes continuam se aproximando de um processo de extinção (CDB, 2020), não sendo diferente para as populações de polinizadores, abarcando grupos de espécies extremamente importantes para a dinâmica global (JOLY, PADGURSCHI et al., 2019).

Quando tratamos de biodiversidade, sabemos que grande parte da diversidade da flora existente no mundo depende do serviço de polinização exercido pelas abelhas, besouros, borboletas, aves, dentre outros polinizadores (IPBES, 2016). A Classificação Internacional de Serviços Ecossistêmicos, CICES, traz a polinização como um serviço de regulação, provisão e cultural, fundamental para a manutenção do ciclo de vida, proteção do habitat e do patrimônio genético (CICES, 2022), e consequentemente da biodiversidade. Além disso, a própria manutenção do serviço de polinização é influenciada pela qualidade dos ecossistemas, conforme explicitado por Cardinale et al. (2012), na qual a biodiversidade é apontada como um fator essencial de sustentação à polinização.

Os polinizadores são uma fonte de múltiplos benefícios para as pessoas, pois, além do abastecimento de alimentos, contribuem diretamente para provisão de biocombustíveis, fibras, além da promoção de valores culturais relacionados ao conhecimento tradicional (IPBES, 2016). Segundo a FAO, a polinização é responsável pela reprodução de cerca de 90% das plantas com flores silvestres do mundo, bem como 75% das culturas alimentares, contribuindo não somente para a segurança alimentar, mas também para a conservação da biodiversidade (FAO, 2019).

No Brasil, a importância da polinização das abelhas para as culturas agrícolas é destacada por IPBES (2016), uma vez que 66% das espécies de polinizadores são de abelhas, representando o grupo animal que mais contribui com esse serviço ecossistêmico. Além da *Apis mellifera*, espécie manejada em apiários para produção de mel e enriquecimento de culturas,

outras espécies de abelhas nativas contribuem significativamente para a polinização de diversas culturas agrícolas (IPBES, 2016). Neste cenário, a diminuição das populações de abelhas afeta toda a cadeia alimentar, e a morte em grande escala desses insetos é uma enorme ameaça à diversidade vegetal, animal e alimentícia (IPBES, 2016).

A diminuição em massa das colmeias de abelhas em larga escala nos Estados Unidos passou a ser notada por volta de 2006/2007, em um contexto de redução abrupta e sistemática do tamanho das populações de abelhas operárias, fenômeno posteriormente denominado de Síndrome do Colapso das Colônias (VANENGELSDORP et al., 2009). De acordo com o relatório sobre polinizadores, polinização e produção de alimentos, da Plataforma Intergovernamental Ciência-Política sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (2016), os principais vetores de declínio da população dos polinizadores é a fragmentação e degradação dos habitats, em conjunto com as práticas de manejos convencionais, que se apoiam no uso intensivo do solo e o alto uso de defensivos agrícolas, incluindo pesticidas e herbicidas.

Diante do contexto exposto, o presente estudo tem como objetivo trazer um panorama recente sobre o declínio da população de polinizadores, com ênfase no Brasil, expor quais são as principais ameaças, principalmente no que tange ao uso de agrotóxicos e defensivos agrícolas, e como elas afetam estas espécies extremamente fundamentais para a dinâmica e diversidade global.

Material e Métodos: A metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho se baseia em uma revisão, na qual foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados Scopus e Web of Science com objetivo de levantar e revisar os artigos científicos clássicos e mais citados sobre o tema. O trabalho também foi embasado nos últimos relatórios publicados pelas instituições de referência, como a Plataforma Intergovernamental e Brasileira sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura.

Resultados e discussão: A tendência global verificada pelos relatórios temáticos sobre polinização e os trabalhos científicos da área, relatam o declínio das populações de polinizadores, e com ele, a redução dos serviços ecossistêmicos fundamentais prestados por elas. O panorama atual sobre o declínio de polinizadores, assim como as causas associadas, com foco em agrotóxicos, será discutido nesta seção.

A partir dos dados do GBIF, Zattara e Aizen (2021) observaram uma queda em 25% na riqueza de espécies de abelhas reportadas entre 2006 e 2015, o que de acordo com os autores,

sugere uma evidência de que há um declínio das espécies de abelhas, e consequentemente da diversidade desse grupo. No que se diz respeito às abelhas melíferas, ou seja, as abelhas produtoras de mel manejadas, há claras evidências de queda nas populações, tanto nos Estados Unidos, redução de 59% entre 1947 e 2005; quanto na Europa, redução de 25% entre 1985 e 2005, o que aumenta as incertezas sobre a continuidade a médio e longo prazo do serviço de polinização exercido pelas abelhas (VANENGELSDORP, 2007; POTTS et al., 2010)

As causas que representam uma ameaça às populações de polinizadores são diversas, e podem estar associadas tanto a fatores ambientais quanto biológicos (IPBES, 2016). Dentre os principais fatores, podemos elencar: perda de habitat, mudança no uso das terras, agricultura intensiva, uso de agrotóxicos e pesticidas, mudanças climáticas; além da diminuição da riqueza de flores a serem polinizadas, doenças e parasitas, competição, dentre outras (GOULSON, 2015; IPBES, 2016). A intensificação da atividade agrícola também é um fator que promove a redução da diversidade de espécies de abelhas, e consequentemente da polinização, podendo comprometer a própria produtividade, uma vez que muitas culturas se beneficiam das abelhas para reprodução, sustentando a continuidade da atividade agrícola ao longo do tempo (KREMEN, WILLIAMS e THORP, 2002).

O Atlas dos Insetos traz o preocupante dado de que 40% das espécies pode vir a ser extinta nas próximas décadas, e reforça que o uso de defensivos agrícolas como uma das principais causas de mortalidade entre os insetos, apontando que o modelo convencional agrícola está fortemente relacionado ao declínio acentuado dos polinizadores. Além disso, em países tropicais, como o Brasil, a simplificação das paisagens no campo, que são principalmente transformadas em extensas monoculturas, faz com que às interações entre as espécies sejam perdidas e consequentemente os serviços ecossistêmicos providos por elas (BÖLL, 2021).

Especificamente sobre os agrotóxicos, tem-se que a quantidade aplicada nos plantios aumentou cinco vezes desde 1950, sendo que, o Brasil atualmente é o maior consumidor mundial, com o uso concentrado nas regiões Centro-Oeste, Sul e no estado de São Paulo, especialmente nas culturas de soja, milho e cana-de-açúcar (IPEA, 2019). Os defensivos químicos englobam uma vasta gama de substâncias que são categorizadas dependendo do tipo de praga que controlam, da estrutura química das substâncias ativas e dos efeitos à saúde humana e ao meio ambiente, e, dependendo do organismo-alvo, podem ser classificados como inseticidas, pesticidas, herbicidas, fungicidas, entre outros (PERES e MOREIRA, 2003).

De acordo com o Relatório Temático sobre Polinização da Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (2016) os efeitos dos agrotóxicos nas abelhas são

diversos, e afetam os indivíduos desde desorientação, redução da prole, perda da capacidade de encontrar recursos florais, até causar diretamente a morte dos espécimes.

Um dos pesticidas mais utilizados no mundo atualmente, classificado como neonicotinóides, danificam o sistema nervoso dos insetos fazendo com que as mamangavas, importante espécie de abelhas polinizadoras, percam o olfato e o sentido de navegação. Três pesticidas do tipo neonicotinóides (tiameksam, imidacloprida e clotianidina) são considerados substâncias que apresentam um dos maiores riscos para a integridade das colônias de abelhas melíferas em escala global (SÁNCHEZ-BAYO e GOKA, 2014; GOLSON et al., 2015).

Dentre os herbicidas, o mais utilizado mundialmente é o glifosato, que possui a função de controle das ‘ervas-daninhas’, ou seja, quando é aplicado mata todas as plantas nas proximidades daquelas modificadas para resistir ao herbicida, o que acarreta o declínio acentuado de biodiversidade do local, diminuindo diretamente a fonte de alimento dos polinizadores (BÖLL, 2021; KASHALYA et al, 2013).

Em um levantamento feito com dezenas estudos publicados nos últimos 20 anos, publicado na revista *Nature*, mostra que às interações sinérgicas entre os vários tipos de substâncias provocam um impacto muito maior nas abelhas do que a soma de seus efeitos individuais, e que às práticas de cultivo convencionais adotadas na agricultura tem matado muito mais desses polinizadores do que se tem registro (SIVITER et al, 2021). No caso dos neonicotinóides, presentes no pólen e néctar de culturas agrícolas, Sánchez-Bayo e Goka (2014) destacam que os efeitos dessas substâncias nas abelhas podem estar sendo subestimados, uma vez que a toxicidade é cumulativa ao longo do tempo e podem haver interações sinérgicas com outras substâncias tóxicas, contribuindo com o agravamento das ameaças aos polinizadores.

Dentro do contexto dos agrotóxicos, segundo sugerido por VANENGELSDORP et al. (2009), o colapso das colônias é multifatorial, ou seja, é um fenômeno influenciado por diversos fatores simultâneos, como presença de patógenos e pesticidas, por exemplo, provocando assim a morte e redução abrupta das colmeias. Desta forma, o mesmo estudo indica que futuros trabalhos foquem suas investigações no monitoramento de patógenos parasitas, e carga de pesticidas nas colmeias, incluindo a interação entre esses fatores.

Como fator agravante, nos últimos anos o registro de novos agrotóxicos cresceu exponencialmente no Brasil: nos últimos 3 anos foram liberadas mais de 1.500 novas substâncias agrotóxicas e, somente em 2021, mais de 562 agrotóxicos foram liberados, maior número da série histórica iniciada em 2000 pelo Ministério da Agricultura, sendo que, do total liberado, 83 são classificadas como altamente perigosos ao meio ambiente e 1296 muito perigosos ao meio ambiente (AGROFIT, 2022). Catastroficamente, o aumento do uso de

defensivos agrícolas não resulta, necessariamente, em maiores rendimentos agrícolas, uma vez que, o registro de agrotóxicos cresceu exponencialmente sem que isso fosse acompanhado por uma tendência semelhante no PIB da agropecuária (BÖLL, 2021).

Na atual legislação brasileira, compete ao Ministério do Meio Ambiente, por meio do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), avaliar e classificar o potencial de periculosidade ambiental, ao Ministério da Agricultura e Abastecimento realizar a avaliação da eficácia agronômica, e ao Ministério da Saúde executar a avaliação e classificação toxicológica dos produtos (IPEA, 2019), porém, atualmente está em tramitação no senado o projeto de lei 6.299/2002 que flexibiliza ainda mais a liberação de novos agrotóxicos, inclusive diminuindo a participação do IBAMA no processo de aprovação, podendo comprometer ainda mais a populações de polinizadores no Brasil (BRASIL, 2022).

Conclusão: As populações de polinizadores estão em um significativo declínio impulsionado por múltiplos fatores, que conjuntamente mostram-se cada vez mais letais para estas espécies cruciais para a sobrevivência humana e da biodiversidade. Dentre os vetores de degradação mais severos, estão a fragmentação e perda de habitats e as práticas convencionais agrícolas associadas ao uso indiscriminado de substâncias agrotóxicas altamente tóxicas e prejudiciais ao meio ambiente.

No Brasil, a liberação de novos agrotóxicos vem batendo recordes nos últimos anos, com aprovação, inclusive, de substâncias banidas na União Europeia e Estados Unidos. Como o país tem o PIB fortemente vinculado à agropecuária, há uma grande pressão para autorização desses produtos, resultando diretamente no declínio dos polinizadores do país, sendo que as próprias culturas agrícolas dependem diretamente do serviço ecossistêmico de polinização, e a ruptura dessa função ecológica devido a mortandade dos polinizadores resulta também na queda da produtividade agrícola.

O resultado da liberação de milhares de substâncias altamente tóxicas e perigosas ao meio ambiente, junto com seu uso indiscriminado pelo sistema agroalimentar predominante pode ser catastrófico. A estes fatores, adiciona-se às mudanças climáticas, que podem modificar o padrão de distribuição das espécies e às ameaças biológicas, como as espécies exóticas, declínio e extinção de espécies vegetais das quais os polinizadores dependem, entre outros. Estes múltiplos vetores, que ocorrem conjuntamente, contribuem com a insegurança alimentar mundial, e com a perda significativa de biodiversidade.

Referências:

AGROFIT, Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Banco de informações de agrotóxicos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2022.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei 6299/2002. Altera os arts 3º e 9º da Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Brasília: Câmara dos Deputados, 2013.

CARDINALE, B. J. et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, v. 486, n. 7401, p. 59–67, 2012.

CICES Version 5.1. Common International Classification of Ecosystem Services.

FAO. The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture, J. Bélanger & D. Pilling (eds.). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome. 572 pp. 2019.

FUNDAÇÃO HEINRICH BÖLL. Atlas dos insetos. Rio de Janeiro, 2021.

IPBES. Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production, 2016

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. WGII Sixth Assessment Report. 2022.

JOLY, C. A., PADGURSCH, M. C. G., PIRES, A. P. F., et al. "BPBES_1o Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade & Serviços Ecossistêmicos", Editora Cubo, p. 351, 2019.

KAUSHALYA G. AMARASEKARE, P. W. S. Comparing effects of insecticides on two green lacewings species, *Chrysoperla johnsoni* and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae), 2013.

GOULSON, D. et al. Bee declines driven by combined Stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, v. 347, n. 6229, p. 1–16, 2015.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; THORP, R. W. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 99, n. 26, p. 16812–16816, 2002.

PERES, F., and MOREIRA, JC., orgs. É veneno ou é remédio?: agrotóxicos, saúde e ambiente [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2003. 384 p.

POTTS, S. G. et al. Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 25, n. 6, p. 345–353, 2010.

SANCHEZ-BAYO, F.; GOKA, K. Pesticide residues and bees - A risk assessment. PLoS ONE, v. 9, n. 4, 2014.

SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. Global Biodiversity Outlook 5 Summary. Montreal, [s.n.], 2020.

SIVITER, H., BAILES, E.J., MARTIN, C.D. et al. Agrochemicals interact synergistically to increase bee mortality. Nature 596, 389–392 (2021).

VANENGELSDORP, D. et al. A survey of honey bee colony losses in the U.S., Fall 2007 to Spring 2008. PLoS ONE, v. 3, n. 12, p. 8–13, 2008.

VANENGELSDORP, D. et al. Colony collapse disorder: A descriptive study. PLoS ONE, v. 4, n. 8, 2009.

ZATTARA, E. E.; AIZEN, M. A. Worldwide occurrence records suggest a global decline in bee species richness. One Earth, v. 4, n. 1, p. 114–123, 2021.

MULHERES E AGROECOLOGIA NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO: ENTRE A POLÍTICA E A PRÁTICA

CAMARGO, C.R¹

1 – Clara Ribeiro Camargo. Universidade de São Paulo. clara.camargo@usp.br

RESUMO: A agricultura urbana tem sido vista como fonte de alimentos locais e frescos, o que tem chamado a atenção de políticos e pesquisadores. No município de São Paulo, há um protagonismo de mulheres nesse tipo de atividade econômica, o que não é refletido no acesso às políticas públicas. Este trabalho visa analisar como as mulheres têm sido incorporadas nas normativas sobre agricultura e alimentação, bem como analisar os dados a respeito da participação de mulheres na produção agrícola de São Paulo.

Palavras-Chave: agricultura urbana; mulheres; políticas públicas; São Paulo.

ABSTRACT: Urban agriculture has been seen as a source of local and fresh food, which has drawn the attention of politicians and researchers. In the municipality of São Paulo, women play a leading role in this type of economic activity, which is not reflected in access to public policies. This paper aims to analyze how women have been incorporated into regulations on agriculture and food, as well as analyze data on women's participation in agricultural production of São Paulo.

Keywords: Urban agriculture; Women; Public Policies; São Paulo.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21923769

Introdução: A agricultura urbana (AU) é uma atividade antiga e tem papel relevante na segurança alimentar e nutricional (SAN) de comunidades, sobretudo em períodos de guerra e crise (CALDAS & JAYO, 2019). Fatores como empobrecimento, crise econômica e mudanças climáticas têm estimulado o fortalecimento da agricultura nas cidades em diversos momentos históricos.

A diversidade de práticas da AU ao redor do mundo, manifestada a partir dos recursos locais disponíveis para a sua realização, implica também em definições diferentes do próprio conceito. Madaleno (2002), por exemplo, define a AU como sendo uma agricultura desenvolvida de diferentes maneiras no interior das cidades e nas suas franjas, o que inclui desde os vasos em varandas de apartamentos, até as hortas comunitárias, hortas escolares e plantações intensivas no entorno das cidades. Além disso, a prática também engloba a criação de animais, como gado, aves ou peixes (NAKAMURA & RANIERI, 2021).

Mougeot (2020), por sua vez, define a agricultura urbana a partir de determinados critérios, tornando a abordagem mais robusta. Para ele, a definição de AU é variável de acordo com o tipo de análise realizada. Por exemplo, a partir das atividades econômicas geradas por ela, ou do local onde é praticada – hortas, canteiros, telhados –, a finalidade (consumo, venda, educação), entre outros. Para o autor, a análise da AU é mais refinada à medida que outros conceitos vão sendo incorporados, como as relações urbano-rural, sustentabilidade, segurança alimentar e nutricional, entre outros (NAKAMURA & RANIERI, 2021).

No Brasil, os benefícios e vantagens da agricultura urbana têm despertado atenção de pesquisadores, de ONGs e do setor público, muito em decorrência da importância de se pensar a qualidade dos alimentos aos quais a população tem acesso (NAKAMURA & RANIERI, 2021).

Além disso, as crises socioeconômicas e ambientais nas quais a sociedade está imersa têm levantado a importância de repensar os sistemas alimentares contemporâneos, que tem sido alvo de críticas em decorrência dos severos impactos na saúde humana e ambiental, da permanência da pobreza no meio rural, bem como das assimetrias de poder na cadeia global da produção de alimentos.

Em São Paulo, pesquisas recentes revelam aumento da atividade agropecuária no município (BIAZOTI et al, 2021), assim como a construção de um arcabouço institucional, com a elaboração de políticas públicas voltadas para a agricultura, especialmente a agroecologia,

desde o início da década de 2000 (NAKAMURA & MARCOS, 2021; CALDAS & JAYO, 2019). Alguns exemplos são a Política Municipal de Alimentação Escolar Orgânica, a Política de Segurança Alimentar e Nutricional, a Lei Municipal de Resíduos Sólidos (que inclui compostagem de resíduos orgânicos) e o próprio Plano Diretor, que demarca importante porção do território paulistano como zona rural, no sentido de estimular tanto a transição agroecológica dos agricultores locais quanto a conservação dos recursos hídricos, dado que a maior parte do território considerado rural encontra-se inserido em áreas de proteção e recuperação dos mananciais.

O desenvolvimento dessas leis e o surgimento de uma série de iniciativas da sociedade civil³⁰ trouxeram uma questão para reflexão: como o protagonismo das mulheres na produção e comercialização de alimentos na cidade de São Paulo é refletido nas normativas sobre o tema?

Diante desse contexto, o objetivo deste artigo é analisar como as mulheres encontram-se inseridas nas políticas públicas e nos planos municipais de agricultura e alimentação, bem como avaliar os dados secundários sobre a produção agroecológica de mulheres disponibilizados pela prefeitura municipal de São Paulo na plataforma Sampa+Rural.

A literatura indica que, historicamente, as mulheres foram excluídas dos espaços políticos, ficando relegadas ao espaço doméstico, como consequência da divisão sexual do trabalho (BIROLI, 2017, FEDERICI, 2019). Entretanto, nas últimas décadas, esses temas têm vindo à tona, alterando, ainda que de forma lenta e contraditória³¹, as dinâmicas de poder. Apesar de as mulheres continuarem ocupando majoritariamente os espaços de reprodução da vida e, nesse caso, a alimentação e a agricultura realizada nos quintais e em pequena escala são exemplos claros disso, tem ganhado relevância o debate destas práticas como espaços políticos, dado que são fundamentais para a sustentabilidade da vida humana (CARRASCO, 2003).

Esse tema, portanto, torna-se relevante devido ao protagonismo que as mulheres assumem nas práticas da agricultura urbana, o que, por sua vez, contribui na provisão de serviços ecossistêmicos, como a oferta de alimentos frescos, a manutenção de espaços verdes na cidade, contribuindo para a qualidade ambiental da metrópole, entre outros. Além disso, o

³⁰ A Feira Agroecológica e Cultural de Mulheres do Butantã, a rede de grupos de consumo Feminismo e Agroecologia que adquire produtos da RAMA, Rede Agroecológica de Mulheres Agricultoras, o protagonismo de agricultoras na gestão da Associação de Agricultores da Zona Leste (AAZL), bem como da Cooperativa Agroecológica dos Produtores Rurais e de Água Limpa da Região Sul de São Paulo (Cooperapas) são exemplos de como as mulheres tem assumido papel central no desenvolvimento da agricultura no município de São Paulo.

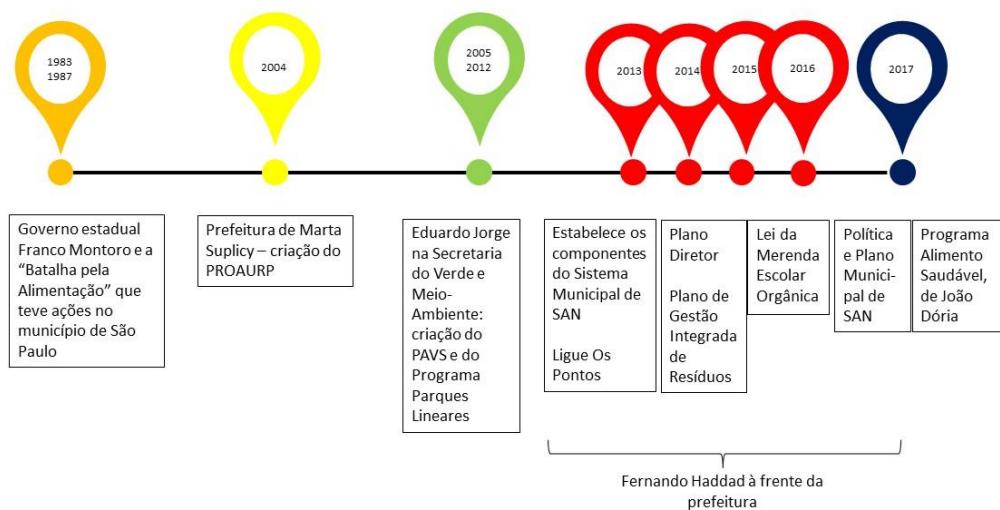
³¹ No Brasil, apesar de termos tido alguns avanços com relação à representatividade de mulheres no sistema político institucional nas últimas décadas, recentemente, temas relacionados ao feminismo têm sido amplamente atacados.

trabalho também visa contribuir para o aprimoramento de políticas públicas no sentido de demonstrar como o recorte de gênero é necessário para solucionar problemas referentes à questão alimentar.

Antes de iniciar a análise de como as mulheres são vistas nos documentos normativos relacionados à agricultura e alimentação no município de São Paulo, foi necessário contextualizar as principais políticas, planos e programas relacionados ao tema e desenvolver uma linha do tempo, com o apoio da revisão da literatura. Apesar do estudo ser sobre políticas municipais, cabe mencionar o Programa “Batalha pela Alimentação” que, embora concebido na esfera estadual, desdobrou-se em ações específicas no município de São Paulo.

Figura 1 – Linha do tempo das políticas e planos de agricultura e alimentação do município de São Paulo

NAKAMURA, A.; RANIERI, G. **Agricultura urbana: agroecologia, alimentação, saúde e bem-estar** – Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2021



Fonte: Elaborada pela autora com base em CALDAS & JAYO, 2019; Prefeitura de São Paulo

Material e Métodos: Esse trabalho é parte do doutorado em andamento realizado no Programa Interdisciplinar de Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo (PROCAM/USP). Os métodos empregados para o seu desenvolvimento foram: 1) análise documental de três programas, uma política, três planos, uma lei e um projeto da prefeitura municipal de SP relacionados à agricultura e alimentação divulgados entre os períodos de 2004 a 2017, com o apoio do localizador de palavras para identificar a palavra “mulheres”; e 2)

análise de dados secundários disponibilizados na Plataforma Sampa+Rural sobre agricultura no município de São Paulo. A disposição destes dados permitiu examinar os indicadores dos agricultores a partir de uma divisão referente ao gênero dos produtores, o que possibilitou análises acerca do perfil das mulheres agricultoras paulistanas.

Resultados:

Buscamos aqui relatar como o termo “mulheres” aparece (ou não) nas principais leis e instrumentos de gestão.

O Programa de Agricultura Urbana e Periurbana (PROAURP), instituído por Marta Suplicy, em 2004, apesar de importante para a visibilização da agricultura no município, bem como no suporte aos agricultores no quesito de assistência técnica, não faz referências à palavra “mulheres”.

Os programas desenvolvidos nas gestões de José Serra e Gilberto Kassab, como o Programa Ambientes Verdes e Saudáveis e o Programa Parques Lineares também não fazem menção às questões de gênero ou ao termo “mulheres”. Embora o primeiro programa desta gestão aborde a relação entre hortas, saúde e meio-ambiente por meio do programa de saúde da família, não foram encontradas referências a trabalhos realizados exclusivamente com as mulheres.

A Política Municipal de SAN, instituída pelo decreto 57007/2016, no seu artigo IV, define como um dos seus objetivos:

articular programas e ações (...)para respeitar e prover o direito humano à alimentação adequada, observando as diversidades social, cultural, ambiental, étnico-racial, a equidade de gênero e a livre orientação sexual.

Ela também define o Plano de SAN como o seu instrumento de planejamento, avaliação e gestão, e nele encontra-se em maior detalhe as questões que concernem às mulheres.

Esse plano cita a palavra “mulheres” 16 vezes. No capítulo 1.2 Vulnerabilidade de grupos específicos, há um subtópico destinado à questão das mulheres na alimentação, conforme reproduzimos abaixo:

As mulheres têm importante papel na produção de alimentos saudáveis. Elas são responsáveis, em grande parte, pela produção destinada ao autoconsumo familiar e pelas práticas agroecológicas, conservação e reprodução de sementes crioulas, garantindo qualidade de vida na família e na sociedade e manejo ambiental adequado às unidades de produção familiares. Contudo, as mulheres ainda acessam em menor número os recursos produtivos, serviços e créditos destinados à produção. Analisando-se o indicador de segurança alimentar coletado por meio da Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílios PNAD 2013, percebe-se que a prevalência de insegurança moderada ou grave foi maior em domicílios cuja pessoa de referência era do sexo feminino: 6,9% dos

domicílios cuja pessoa de referência era do sexo masculino e 9,3% quando era feminino. Essa prevalência se dá, entre outras razões, porque as mulheres em geral recebem salários menores, são responsabilizadas pelo trabalho doméstico, o que provoca uma tensão entre o tempo de trabalho remunerado e o de cuidado, incluindo o preparo da alimentação. Na ausência de divisão do trabalho doméstico e de serviços de apoio, como creches, restaurantes populares de qualidade e preço acessível, as mulheres, assim como outros segmentos sociais, são levadas ao uso de alimentos industrializados. (SÃO PAULO, 2016, p. 27 e 28)

A citação anterior sumariza a questão central deste trabalho: apesar de fundamentais na produção alimentícia em todo o sistema agroalimentar, bem como na conservação da biodiversidade, muitas mulheres sofrem com a insegurança alimentar e a falta de alimentos. Vale ressaltar que a pandemia e a crise socioeconômica, política e climática, têm aprofundado essa questão e aumentado os números de pessoas que passam fome e/ou sofrem em algum nível a insegurança alimentar³².

O plano também chama a atenção para a prevalência de doenças como a hipercolesterolemia, a anemia ferropriva e a hipertensão, que são mais comuns em mulheres e que tem relação direta com a alimentação. Apesar disso, o plano se baseia em pesquisas que evidenciam um consumo maior de frutas e vegetais e um consumo menor de refrigerantes e sucos artificiais entre o público feminino (SÃO PAULO, 2016).

O Plano Diretor, por sua vez, menciona o termo “mulheres” duas vezes. No artigo 303, da seção I, intitulada “Dos Objetivos e Diretrizes do Sistema de Equipamentos Urbanos e Sociais”, consta que:

Os objetivos do Sistema de Equipamentos Urbanos e Sociais são: I - a proteção integral à família e à pessoa, com prioridade de atendimento às famílias e grupos sociais mais vulneráveis, em especial crianças, jovens, mulheres, idosos, negros e pessoas com deficiência e pessoas em situação de rua;

Ainda no mesmo capítulo, na Seção II, que tem por título “Das Ações no Sistema de Equipamentos Urbanos e Sociais”, em seu item XIV, afirma ser necessário

aprimorar as políticas e a instalação de equipamentos, visando à viabilização das políticas de acolhimento e proteção às mulheres vítimas de violência.

³² O segundo inquérito de SAN realizado em 2022 apontou que 33,1 milhões de pessoas não têm o que comer no Brasil, e que mais de 50% da população brasileira convive com algum grau de insegurança alimentar em 2022. A pesquisa foi desenvolvida pela Rede Brasileira de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar (Rede PENSSAN), como parte do projeto VigiSAN e teve execução em campo do Instituto Vox Populi. Mais informações em <<https://pesquisassan.net.br/2o-inquerito-nacional-sobre-inseguranca-alimentar-no-contexto-da-pandemia-da-covid-19-no-brasil/>> . Último acesso em 14/09/2022.

Observa-se, portanto, que nessa normativa, a abordagem à mulher encontra-se presente de forma mais ampla. Destaca-se as violências às quais elas estão submetidas e a necessidade de aprimorar os aparelhos institucionais para solucionar esses problemas. Contudo, o Plano Diretor não faz distinção entre as mulheres urbanas e rurais, apesar da definição de zonas urbanas e rurais do município previstas pela própria Lei, o que foi fundamental para a criação do Projeto Ligue os Pontos.

A Lei da Merenda Escolar Orgânica e o Plano de Introdução Progressiva de Alimentos Orgânicos ou de Base Agroecológica no Programa de Alimentação Escolar do Município de São Paulo também não fazem referência à palavra “mulheres”. Entretanto, as ferramentas para a compra de alimentos agroecológicos podem facilitar a participação de mulheres agricultoras como fornecedoras de alimentos, uma vez que há uma tentativa de priorizar pequenos agricultores que ainda não possuem a DAP – Declaração de Aptidão ao Pronaf, o que é uma realidade para as mulheres.

Outro ponto importante de se avaliar é de como a oferta de refeição saudável nas escolas pode ser fator que permite às mulheres mães, tempo para gerar renda e ter uma atribuição a menos no seu trabalho doméstico cotidiano. Essa prática favorece, por um lado, as crianças, por meio da alimentação saudável e, por outro, as mães, por terem uma função a menos.

Apesar de inovador, o referido plano não tem sido implementado de fato. Notícia veiculada pelo portal “Rede Brasil Atual” em 15 de dezembro de 2017 revela que as metas de compras de alimentos orgânicos pela prefeitura não estavam sendo cumpridas³³.

Com relação ao Programa Alimentos Saudáveis, implementado na gestão de João Doria Jr, não foram encontradas as leis referentes à sua regulamentação e, tampouco as informações contidas no portal da Prefeitura relacionam o tema da agricultura e alimentação à questão das mulheres.

O Ligue os Pontos (LoP)

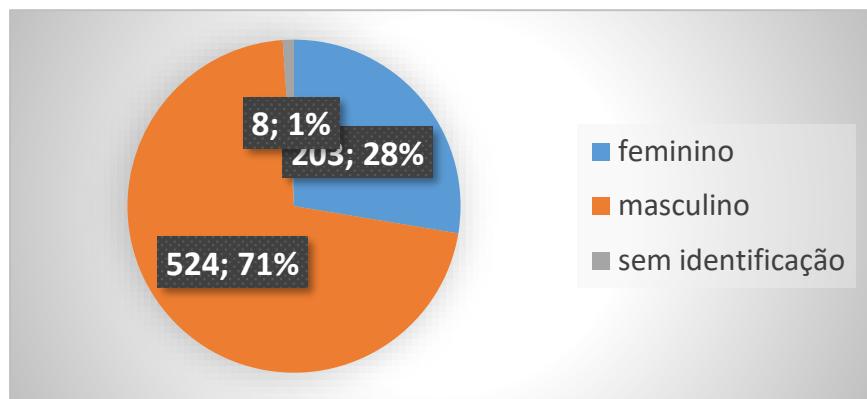
(...) é um projeto desenvolvido dentro da Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento em conjunto com outras secretarias e órgãos municipais. É o resultado de uma iniciativa da Prefeitura de São Paulo para promover o desenvolvimento sustentável do território rural e aprimorar suas relações com o meio urbano a partir dos diversos pontos envolvidos na Cadeia da Agricultura³⁴.

³³ [Doria descumpre meta para compra de merenda escolar orgânica - Rede Brasil Atual](#). Último acesso em 07/03/2022

³⁴ Informações coletadas no sítio eletrônico: <https://ligeospontos.prefeitura.sp.gov.br/>. Último acesso em 14/09/2022

O programa atua por meio de três eixos de ação: Fortalecimento da Agricultura, Cadeia de Valor e Dados e Evidências. A análise dos dados coletados pelo projeto e disponibilizados na plataforma Sampa+Rural permite perceber o papel das mulheres na produção agropecuária do município. De acordo com os dados, 28% das unidades de produção agropecuária são chefiadas por mulheres.

Figura 2: UPAs chefiadas por mulheres em São Paulo



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da Plataforma Sampa+Rural.

As mulheres, em sua maioria, possuem porções de terra de reduzidas dimensões, variando entre 0,1 e 5 hectares. Apenas 7% delas possui DAP e 41% não comercializa seus produtos, tendo a sua produção destinada ao autoconsumo.³⁵

Tabela 1: Tamanho da área cultivada por quantidade de UPAs chefiadas por mulheres em São Paulo

Área cultivada	Quantidade de UPAs
Até 0,1 ha	39
Entre 0,1 e 5 ha	78
Maior que 5 ha	8
Sem informação	78

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da Plataforma Sampa+Rural

Discussão:

A análise documental das políticas e programas de agricultura e alimentação revela um interesse recente na participação e valorização das mulheres na agricultura. Apenas a partir de

³⁵ Informações do site <[Sampa+Rural \(prefeitura.sp.gov.br\)](http://Sampa+Rural (prefeitura.sp.gov.br))>. Último acesso em 14/09/2022

2016 este tema passa a fazer parte das normativas de agricultura e alimentação em São Paulo. Importante pontuar que, com baixo acesso a crédito, assistência técnica e compra de insumos, as mulheres da AU de SP têm na agroecologia uma estratégia para a geração de renda e saúde de suas famílias e comunidades. Isso porque o desenvolvimento da agroecologia é apropriado ao uso de recursos locais, derivados da compostagem de restos de alimentos e de produção de biomassa, a partir das podas das plantas do próprio agroecossistema, por exemplo. Portanto, se, por um lado, elas continuam reproduzindo os trabalhos de cuidados, por outro, elas têm desempenhado papel de liderança nas comunidades, tornando-se importantes promotoras do desenvolvimento sustentável local.

Conclusão: É urgente pensar políticas públicas que favoreçam o trabalho de mulheres agricultoras, pois elas são historicamente excluídas dos processos institucionais, o que pode ser ilustrado pela informação de que, em SP, 93% delas não tem DAP, fundamental para acessar políticas de agricultura familiar. Além disso, esse fortalecimento pode levar à solução de outros problemas contemporâneos, como a melhoria da SAN e redução das ameaças impostas pelas mudanças climáticas.

Referências:

- BIAZOTI, A. et al. Agricultura urbana no município de São Paulo: considerações sobre produção e comercialização. *Estudos Avançados*, vol 35, nº 101, 2021.
- BIROLI, F. Gênero e desigualdades: limites da democracia no Brasil – 1^a Ed – São Paulo: Boitempo, 2018
- CALDAS, E.; JAYO, M. Agriculturas urbanas em São Paulo: histórico e taxonomia. Confins, Paris, v.29
- FEDERICI, S. O ponto zero da Revolução: trabalho doméstico, reprodução e luta feminista. Tradução: coletivo Sycorax. São Paulo: Elefante, 2019
- NAKAMURA, A.; RANIERI, G. Agricultura urbana: agroecologia, alimentação, saúde e bem-estar – Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2021
- SÃO PAULO, Política Municipal de Segurança Alimentar e Nutricional, 2013
- SÃO PAULO, Plano Municipal de Segurança Alimentar e Nutricional (PLAMSAN), 2016
- SÃO PAULO, Plano Diretor Estratégico, 2014
- SÃO PAULO. Proaurp. 2013. Disponível em: >
https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/servicos/proaurp/index.php?p=30091. Acesso em: 4 mar. 2022

GOVERNANÇA DA RESTAURAÇÃO DE PAISAGENS E FLORESTAS: A REDE DE ATORES SOCIAIS DO VALE DO PARAÍBA PAULISTA

Jordano Roma Buzati¹; Luciana Gomes de Araújo²; Rosely Alvim Sanches³; Célia Futemma⁴; Vitor Hirata Sanches⁵; Cristina Adams⁶

1 – Jordano Roma Buzati. Universidade de São Paulo. jordano.buzati@usp.br

2 – Luciana Gomes de Araújo. Universidade de São Paulo. lgaraújo21@usp.br

3 – Rosely Alvim Sanches. Universidade Estadual de Campinas. roselyasanches@gmail.com

4 – Célia Futemma. Universidade Estadual de Campinas. cftutemma@unicamp.br

5 - Vitor Hirata Sanches. Universidade de São Paulo. vitors.hirata@gmail.com

6 - Cristina Adams. Universidade de São Paulo. cadams@usp.br

RESUMO: A degradação de ecossistemas é uma das principais causas da aceleração das mudanças climáticas. A restauração de paisagens e florestas tem sido aplicada como estratégia de mitigação da degradação de ecossistemas terrestres. O Brasil se comprometeu com metas ambiciosas de restauração de paisagens e florestas. A implementação da restauração de paisagens e florestas depende da governança dos atores sociais, o que envolve a compreensão de quem são e como se relacionam esses atores numa paisagem social. Neste estudo, a rede de atores sociais do Vale do Paraíba Paulista foi adotada como estudo de caso para descrever o processo de governança da restauração de paisagens e florestas. A partir do mapeamento da paisagem social e da análise de redes sociais foi possível compreender que a rede de governança da restauração no Vale do Paraíba é multiescalar, distribuída em diferentes níveis da escala espacial, principalmente no nível microrregional, e multiatores, formada principalmente por atores públicos e privados sem fins lucrativos. Por sua centralidade, os atores desta última categoria assumem papéis sociais relevantes para a governança da restauração, como intermediadores entre atores e de disseminadores de informações e recursos.

Palavras-Chave: *governança; restauração de paisagens e florestas; paisagem social; Vale do Paraíba; análise de redes sociais*

ABSTRACT: The degradation of ecosystems is one of the main causes of the acceleration of climate change. The restoration of landscapes and forests has been applied as a strategy to mitigate the degradation of terrestrial ecosystems. Brazil has committed to ambitious landscape and forest restoration goals. The implementation of landscape and forest restoration depends on the governance of social actors, which involves understanding who they are and how these actors relate to each other in a social landscape. In this study, the Vale do Paraíba network of social actors was adopted as a case study to describe the governance process of landscape and forest restoration. From the mapping of the social landscape and the analysis of

social networks, it was possible to understand that the governance network of restoration in Vale do Paraíba is multi-scale, distributed at different levels of the spatial scale, mainly at the micro-regional level, and multi-actors, formed mainly by public and non-profit private actors. Due to their centrality, the actors of the latter category assume relevant social roles for the governance of restoration, as bridge organizations between actors and as disseminators of information and resources.

Keywords: *governance; forest and landscape restoration; social landscape; Vale do Paraíba; social networks analysis*

DOI: 10.6084/m9.figshare.21923772

INTRODUÇÃO: A degradação de ecossistemas terrestres tem ganhado crescente atenção de tomadores de decisão como um dos principais fatores de aceleração das mudanças climáticas. A degradação de ecossistemas terrestres afeta negativamente a proteção da biodiversidade, com a perda de habitats, e a oferta de serviços ecossistêmicos, como a regulação climática promovida por florestas. Ambos os danos causados pela degradação de ecossistemas terrestres têm consequências para o bem-estar humano (IPBES, 2018).

A restauração de paisagens e florestas (RPF) consiste em processo de mitigação da degradação de ecossistemas terrestres. O processo de RPF busca reabilitar a funcionalidade ecológica de ecossistemas (produção de bens, serviços e processos ecológicos) e melhorar o bem-estar humano pela recuperação de paisagens florestais degradadas e seus serviços ecossistêmicos (IUCN; WRI, 2014).

No âmbito do Acordo de Paris, o Brasil estipulou as metas de restauração e reflorestamento de 15 milhões de hectares (Mha) até 2030, sendo 12 Mha na Mata Atlântica. Para alcançar essas metas, foi formulada a Política Nacional para Recuperação da Vegetação Nativa (Proveg) e seu principal instrumento de implementação: o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg)³⁶ (ADAMS et al., 2021).

A complexidade de fatores que podem afetar a implementação de processos de RPF demanda o desenvolvimento de modelos de governança da RPF capazes de integrar interesses e exigências legais de atores públicos, privados e da sociedade civil. A governança da RPF pode ser entendida como a interação de um conjunto amplo de atores sociais, conectados ao longo do tempo, para influenciar a formulação e implementação de iniciativas de RPF (MANSOURIAN, 2017). A compreensão das ligações entre atores sociais passa por identificar quem são e como se relacionam os atores sociais em rede, e como a posição desses atores na rede define seus papéis sociais (BORGATTI et al., 2009) na governança da RPF.

Com o objetivo de descrever o processo de governança da RPF, o presente estudo adotou o estudo de caso da rede de atores sociais do Vale do Paraíba, no Estado de São Paulo (doravante, VPP).

MATERIAL E MÉTODOS: Localizada entre os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul tem ganhado atenção de tomadores de decisão entre as áreas de Mata Atlântica com fatores favoráveis à RPF (PADOVEZI, 2018).

³⁶ O Planaveg tem o objetivo de promover políticas e programas indutores da recuperação de florestas e todas as demais formas de vegetação nativa, e a regularização ambiental das propriedades rurais brasileiras, nos termos da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei nº 12.651/2012).

Entre os fatores biofísicos, estão a proximidade de extensas áreas de remanescentes florestais de Mata Atlântica, diversidade de relevos, regularidade de chuvas e a presença de pastagens degradadas aptas para restauração - são mais de 420 mil hectares com alta aptidão florestal, sendo que 325 mil hectares possuem alto ou médio potencial de regeneração natural (PADOVEZI, 2018). Ainda, fatores econômicos, como a combinação da presença de atividades de plantios florestais comerciais de eucalipto, e a baixa participação de atividades agropecuárias nos empregos rurais (SILVA; BATISTELLA; MORAN, 2016), e fatores sociotécnicos como a presença de indivíduos e organizações que atuam na cadeia da restauração florestal na região (ANDRADE et al., 2018).

Para a coleta de dados da rede social da RPF, foi realizado o mapeamento da paisagem social pelo método de *Net-Map*, que permite identificar quem são e como se relacionam e exercem influência os atores sociais que constituem uma paisagem social, por meio da descrição dos fluxos de trocas de recursos (BUCKINGHAM et al., 2018; SCHIFFER; HAUCK, 2010). O mapeamento da paisagem social foi realizado em duas oficinas participativas (a primeira no município de São José dos Campos, em 02/2019; a segunda no município de Guaratinguetá, em 06/2019) e permitiu a descrição das interações entre atores, isto é, dos fluxos de recursos para iniciativas de RPF. Participaram do mapeamento representantes de Universidades, Institutos Técnicos de Ensino, organizações não governamentais, órgãos públicos, empresas, e produtores rurais. A posteriori, foram estabelecidos atributos aos atores sociais mapeados como a categoria do ator - pública, privada sem fins lucrativos, privada com fins lucrativos, produtores rurais e movimento social ou rede, e o nível da escala espacial (CASH et al., 2006) de atuação do ator. Para análise dos dados foi utilizada a Análise de Redes Sociais (ARS) para caracterizar a estrutura da rede de atores sociais da RPF do VPP. A ARS permite identificar e descrever padrões de interação entre nós (p. ex. indivíduos, organizações), a partir de suas ligações, e fazer inferências sobre o perfil da rede e as características dos nós, com base em suas posições na rede (BORGATTI et al., 2009). Neste estudo, os nós da rede representam atores sociais com atuação em iniciativas de restauração florestal, e as ligações trocas de qualquer tipo de recurso para restauração florestal - financeiros, insumos (ex. fertilizantes, sementes e mudas), informações técnicas e de monitoramento dos plantios. No software *Gephi* (BASTIAN; HEYMANN; JACOMY, 2009), foram calculadas métricas de perfil de rede (tamanho, densidade, diâmetro, coeficiente de cluster, grau médio, comprimento médio de caminho) e métricas de centralidade de nós (de grau, de proximidade e de intermediação) (Quadro 1) que

permitiram identificar os atores centrais³⁷, seus papéis sociais no funcionamento da rede, e a estrutura da rede, o que configura no estudo o processo de governança da RPF (BUCKINGHAM et al., 2021).

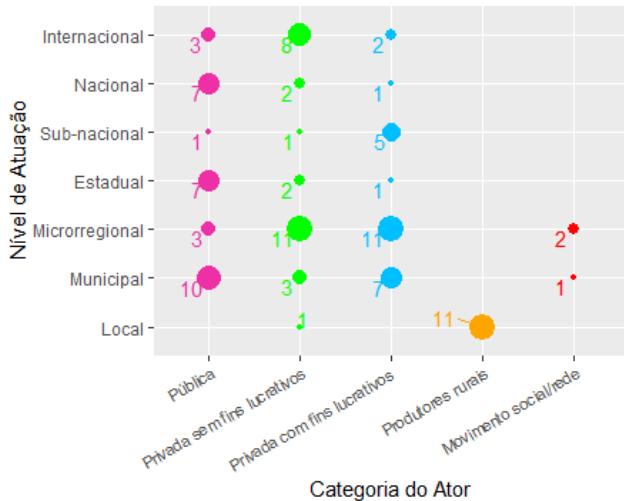
Quadro 1. Descrição das métricas de perfil de rede e de centralidade (adaptado de Buckingham et al. 2018)

Métricas de Rede	Descrição
Perfil	
Tamanho	Número total de atores e ligações na rede
Densidade	Razão entre o número existente de ligações e o máximo possível
Diâmetro	Maior distância existente entre dois nós na rede
Coeficiente de <i>Clustering</i> (agrupamentos)	Coeficiente de agrupamentos pequenos e coesos ao longo da rede como um todo
Centralidade (<i>com papel social*</i>)	
Centralidade de Grau (<i>Conektor</i>)	Número de ligações que um ator possui
Centralidade de Proximidade (<i>Disseminador</i>)	Distância entre cada ator e todos os outros
Centralidade de Intermediação (<i>Intermediador</i>)	Número de vezes em que um ator está no menor caminho entre outros atores

RESULTADOS: A paisagem social representada pela rede social da RPF do VPP está representada por 100 atores sociais de diferentes categorias (organizações públicas, privadas com fins lucrativos, privadas sem fins lucrativos, redes de trabalho, movimentos sociais, grupos e indivíduos), e que atuam em diferentes níveis de uma escala espacial - do nível local ao internacional - totalizando 182 ligações. A categoria de atores públicos representa o maior grupo (31 nós) da rede, sendo que a maior concentração desses atores está no nível municipal (32%). O nível microrregional concentra o maior número dos atores sociais da rede (27 ou 27%, n=100), com predominância das categorias de atores privados com fins lucrativos e privados sem fins lucrativos (respectivamente, 22 nós da rede por categoria). A diversidade de categorias de atores é maior nos níveis municipal e microrregional, com 4 categorias em cada (Figura 1).

Figura 1 - Número de atores identificados no mapeamento da paisagem social, por categoria e por nível de atuação.

³⁷ Aqui, optou-se por apresentar os resultados da ANS sem discriminar quem são os atores sociais da RPF no VPP. Os resultados completos do estudo poderão ser acessados em Buzati et al. (no prelo.)



Nota: Categoria de ator social por cores: atores públicos (rosa); atores privados sem fins lucrativos (verde); atores privados com fins lucrativos (azul); indivíduos (laranja); movimento social/rede (vermelho) (2019).

Comparadas as densidades de ligações entre atores de cada nível, a maior densidade está no nível estadual (0,089), o que indica uma intensidade de interações horizontais entre atores predominantemente públicos (7, n=10). O nível municipal apresenta a menor densidade (0,014), também com predomínio de atores públicos (10 ou 47%, n=21), o que sugere pouca interação entre atores neste nível. O índice de agrupamentos na rede (coeficiente de *Clustering*) é de 0,45, o que sugere um grau intermediário de formação de comunidades dentro da rede.

O comprimento médio de aproximadamente 3 ligações sugere que, em média, os atores sociais precisam percorrer 3 ligações para atingir outro ator na rede. A maior distância entre dois nós na rede (diâmetro) é de 7 ligações, o que permite uma noção de quantas ligações um ator social da rede precisaria fazer para entrar em contato com atores sociais que estão mais distantes. Quanto às métricas de centralidade, cada ator da rede está ligado, em média, a aproximadamente 4 outros atores (métrica de *Grau Médio*), sendo que o número de ligações de cada ator varia entre 0, no caso de atores sem conexão (isolados), a 48. Há 8 atores sociais isolados (sem ligações) e 32 periféricos (somente uma ligação), distribuídos nos diferentes níveis, sendo a maioria pertencentes à categoria privado com fins lucrativos.

A partir do ranqueamento dos atores com maior centralidade, é possível observar a centralidade dos atores da categoria privado sem fins lucrativos e pública. As diferentes métricas de centralidade correspondem a papéis sociais que esses atores representam na rede da RPF no VPP (Quadro 2).

Quadro 2 - Ranqueamento dos cinco primeiros atores da rede social do VPP, de acordo com as métricas de centralidade (entre parênteses, o papel social associado à métrica)

Rank	Grau de Centralidade (Conector)	Grau de Intermediação (Organização-ponte)	Grau de Proximidade (Disseminador)
1º	privados sem fins lucrativos	privados sem fins lucrativos	privados sem fins lucrativos
2º	privados sem fins lucrativos	privados sem fins lucrativos	privados sem fins lucrativos
3º	públicos	públicos	públicos
4º	privados sem fins lucrativos	públicos	públicos
5º	públicos	públicos	públicos

Legenda: Atores públicos (rosa); atores privados sem fins lucrativos (verde).

Os resultados da ANS da rede atual da RPF do VPP indicam a prevalência de atores privados sem fins lucrativos no nível microrregional (Figura 1), onde há maior densidade de ligações. A partir da associação entre maior número de atores da sociedade civil no nível com maior densidade (nível microrregional), é plausível supor que esses atores estão sendo responsáveis por aproximar os atores sociais da rede da restauração florestal no VPP, criando ligações entre atores e, com isto, ampliando a coesão da rede. Essa suposição é reforçada pelos resultados das métricas de centralidade, que destacam o papel desses atores com protagonismo como intermediadores e disseminadores (Quadro 2). A coesão pode beneficiar a colaboração entre diferentes atores, fortalecer a confiança entre eles e facilitar o acesso a informações. Entretanto, para um processo de governança da RPF, um possível risco de uma rede adensada é a sobreposição de projetos, ações e conhecimentos (BODIN; CRONA; ERNSTSON, 2006; BUCKINGHAM et al., 2018), o que demanda mecanismos de coordenação entre esses atores centrais para evitar essa sobreposição e criar sinergia entre suas ações. A centralidade de atores privados sem fins lucrativos indica a importância de representantes dessa categoria como ONGs na governança da RPF no VPP, em particular, na intermediação e disseminação de recursos e informações sobre a restauração florestal. Essas organizações podem facilitar a ligação de atores locais com atores que estão em diferentes níveis ou mesmo externos à rede existente, tanto para favorecer o acesso e compartilhamento de informação, conhecimentos e recursos financeiros, quanto para promover o engajamento entre atores com pouca ligação entre si (BERDEJ; ARMITAGE, 2016).

CONCLUSÃO: Os resultados da análise de redes sociais permitiram identificar a centralidade dos atores das categorias privada sem fins lucrativos e pública, e a maior presença de iniciativas de RPF no nível microrregional, o qual correspondente à área de abrangência da BH do Rio Paraíba do Sul. Ainda, a redundância de atores sociais centrais nos papéis de intermediação e disseminação. Esses resultados permitiram identificar a qual categoria pertencem os atores sociais, como organizações da sociedade civil e públicas, com capacidade de promover ações de articulação, disseminação e de integração de atores na rede. O estudo

oferece um mapa dos atores sociais que atuam na governança da RPF no VPP. Embora a rede dos atores sociais da RPF do VPP seja um recorte do momento em que os dados foram coletados (2019), os resultados da ARS apresentados podem servir como um diagnóstico (ainda que parcial, mas elaborado com envolvimento de atores atuantes) das potencialidades e fragilidades de articulação, colaboração e compartilhamento de recursos entre os atores, que podem ser ajustados para favorecer iniciativas que promovam ganhos de escala da RPF.

REFERÊNCIAS:

- ADAMS, C. et al. Governança da Restauração Florestal da Paisagem no Brasil: Desafios e Oportunidades. *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente*, p. 30, 2021.
- ANDRADE, A. et al. Desafios Da Cadeia Da Restauração Florestal No Vale Do Paraíba Paulista. *Sociedade & Natureza*, v. 30, n. 3, p. 257–277, 2018.
- BASTIAN, M.; HEYMANN, S.; JACOMY, M. Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. *Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media. Anais...*2009.
- BERDEJ, S. M.; ARMITAGE, D. R. Bridging organizations drive effective governance outcomes for conservation of Indonesia's marine systems. *PloS one*, v. 11, n. 1, p. e0147142, 2016.
- BODIN, Ö.; CRONA, B.; ERNSTSON, H. Social networks in natural resource management: what is there to learn from a structural perspective? *Ecology and society*, v. 11, n. 2, 2006.
- BORGATTI, S. P. et al. Network analysis in the social sciences. *Science*, v. 323, n. 5916, p. 892–895, 2009.
- BUCKINGHAM, K. et al. *Mapping Social Landscapes: A Guide to Identifying the Networks, Priorities, and Values of Restoration Actors*. Washington, DC: WRI, 2018.
- BUCKINGHAM, K. et al. Cultivating networks and mapping social landscapes: How to understand restoration governance in Rwanda. *Land Use Policy*, v. 104, p. 104546, 2021.
- BUZATI, J. R. et al. Governança da Restauração de Paisagens e Florestas: uma análise sobre as iniciativas e a rede de atores sociais do Vale do Paraíba Paulista. *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente*, p. 20, No prelo.
- CASH, D. W. et al. Scale and cross-scale dynamics: governance and information in a multilevel world. *Ecology and society*, v. 11, n. 2, 2006.
- IPBES. Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental SciencePolicy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. R. Scholes, L. Montanarella, A. Brainich, N. Barger, B. ten Brink, M. Cantele, B.

Erasmus, J. Fisher, T. Gardner, T. G. Holland, F. Kohler, J. S. Kotiaho, G. Von Maltitz, G. Nangendo, R. Pandit, J. Parrotta, M. D. Potts, S. Prince, M. Sankaran and L. Willemen (eds.), , 2018.

IUCN; WRI. Guia sobre a Metodologia de Avaliação de Oportunidades de Restauração (ROAM): Avaliação de oportunidades de restauração de paisagens florestais em nível subnacional ou nacional. Gland, Suíça, 2014.

MANSOURIAN, S. Governance and forest landscape restoration: A framework to support decision-making. *Journal for Nature Conservation*, v. 37, p. 21–30, 2017.

PADOVEZI, A. Oportunidades para restauração de paisagens e florestas na porção paulista do Vale do Paraíba: Plano de desenvolvimento florestal territorial para a porção paulista do Vale do Paraíba. Porto AlegreIdeograf, , 2018.

SCHIFFER, E.; HAUCK, J. Net-Map: collecting social network data and facilitating network learning through participatory influence network mapping. *Field methods*, v. 22, n. 3, p. 231–249, 2010.

SILVA, R. F. B. D.; BATISTELLA, M.; MORAN, E. F. Drivers of land change: Human-environment interactions and the Atlantic forest transition in the Paraíba Valley, Brazil. *Land Use Policy*, v. 58, p. 133–144, 2016.

AVALIAÇÃO DA MICROBIOTA DE SOLOS SOB SISTEMA DE MANEJO CONVECCIONAL E ORGÂNICO/AGROECOLÓGICO NO MUNICÍPIO DE FRONTEIRA/MG

Gabriel Mendes¹; Gabriel Queiroz²; Eduardo Martins³; Viviane Arruda⁴; Jhansley da Mata⁵

1 – Gabriel Gomes Mendes. UEMG – Unidade Frutal. gabriel_gomes96@live.com

2 – Gabriel Longuinhos Queiroz. UEMG – Unidade Frutal. gabriel_longuinhos@hotmail.com

3 – Eduardo da Silva Martins. UEMG – Unidade Frutal. eduardo.martins@uemg.br

4 – Viviane Modesto Arruda. UEMG – Unidade Ubá. viviane.modesto@uemg.br

5 – Jhansley Ferreira da Mata. UEMG – Unidade Frutal. jhansley.mata@uemg.br

RESUMO: O solo é um habitat naturalmente diverso, na qual apresenta inúmeras comunidades biológicas sendo possível encontrar diferentes formas de microrganismos. Objetivou-se com esse estudo avaliar os microrganismos em solos de propriedades rurais sob cultivos convencional e orgânico/agroecológico no município de Fronteira-MG. Foram realizadas três coletas, em três épocas (antes do plantio, final da 1^a e da 2^a safra), entre os meses de setembro a dezembro de 2021, com quatro repetições, totalizando 24 amostras. As coletas de solos foram realizadas na profundidade 0-20 cm, utilizando a técnica de semeadura em profundidade por meio da diluição seriada. Conclui-se que após a implantação do cultivo da cultura da alface o sistema de manejo orgânico/agroecológico apresentou maiores quantidades para bactérias, bolores e leveduras. Dessa forma, a implantação de práticas agrícolas fundamentadas no manejo mais sustentável promove uma maior biodiversidade de microrganismos no solo.

Palavras-Chave: Bioindicadores; Microrganismos; Triângulo mineiro.

ABSTRACT: The soil is a naturally diverse habitat, in which it presents numerous biological communities and it is possible to find different forms of microorganisms. The objective of this study was to evaluate microorganisms in soils of rural properties under conventional and organic/agroecological crops in the municipality of Fronteira-MG. Three collections were performed in three periods (before planting, end of the 1st and 2nd harvest), between September and December 2021, with four replications, totaling 24 samples. Soil collections were performed at 0-20 cm depth, using the deep sowing technique by serial dilution. It was concluded that after the implantation of lettuce cultivation the organic/agroecological management system presented higher amounts for bacteria, molds and yeasts. Thus, the implementation of agricultural practices based on more sustainable management promotes a greater biodiversity of microorganisms in the soil.

Keywords: Bioindicators; Microorganisms; Triângulo mineiro.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21923775

Introdução: O solo desempenha um papel fundamental na manutenção das atividades agrícolas, sendo considerado um recurso ambiental utilizado em grande escala, base de sustentação de todo habitat vegetal e animal (GOMES; SANTOS; GUARIZ, 2019; BARBOSA et al., 2020; SILVA et al., 2020).

Atrelado à qualidade do solo, inúmeros indicadores estão sendo empregados para indicar as alterações decorrentes da adoção de distintas formas de manejo do solo. De acordo com Freitas et al. (2017), ao se estudar os indicadores do solo no decorrer do tempo, será possível mensurar a extensão das mudanças provocadas pelos diferentes tipos de sistema de manejo.

Vila et al. (2021), destaca que o alto processo de atividade biológica tende a indicar que o solo possibilita um maior potencial produtivo. Os indicadores biológicos possuem grande importância sobre a qualidade do solo, pois retratam o status ambiental ou a categoria de sustentabilidade do ecossistema (ROCHA et al., 2020). Entre os atributos biológicos, se destacam os microrganismos do solo.

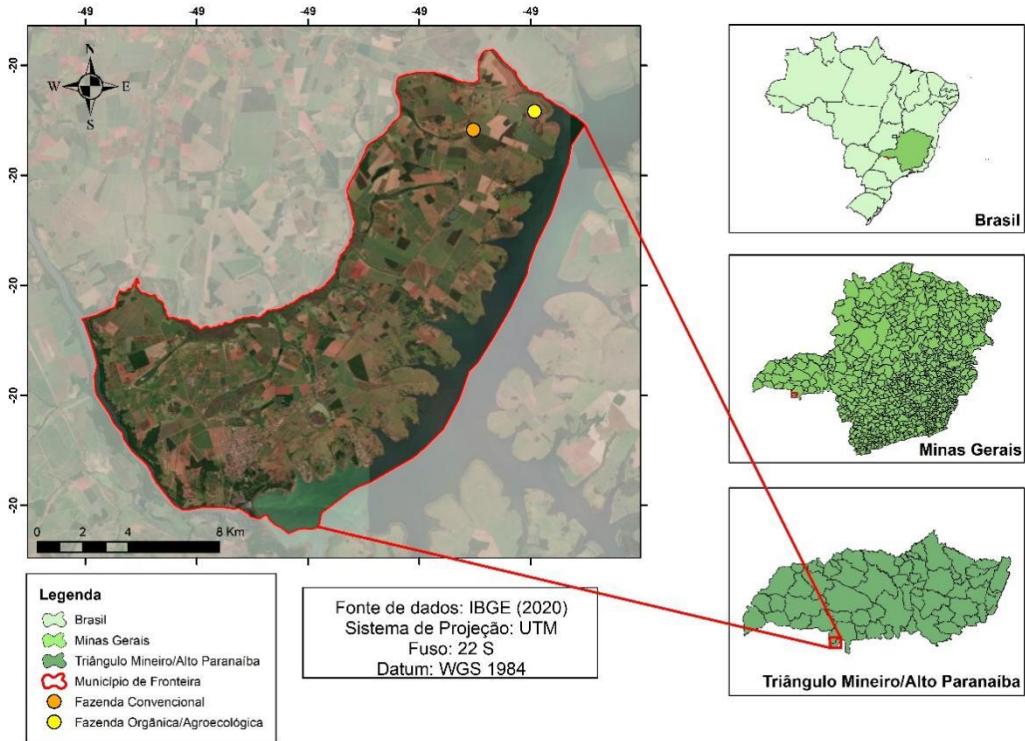
De acordo com Silva et al. (2021) os microrganismos são um dos fatores na formação do solo e também estão envolvidos nos processos de decomposição de resíduos orgânicos que levam à ciclagem de nutrientes, formação de matéria orgânica e à degradação de certos elementos como carbono, nitrogênio, etc.

Ao longo do tempo, as técnicas utilizadas para o manejo e conservação do solo afetam diretamente sua composição e transformação, e toda a biota do solo pode sofrer desequilíbrios devido a essas ações, podendo atuar de maneira benéfica ou não (SILVA et al., 2021).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar os microrganismos em solos de propriedades rurais sob cultivos convencional e orgânico/agroecológico no município de Fronteira-MG.

Material e Métodos: O presente estudo foi conduzido em duas propriedades rurais localizadas na zona rural do município de Fronteira – MG, sendo uma sob sistema convencional e a outra orgânico/agroecológica (Figura 1) em áreas do Cerrado Mineiro. A distância entre as propriedades é de aproximadamente 4,1 km. O município de Fronteira está localizado na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, possuindo uma área territorial de 199,987 km² com população residente estimada para 2021 é de 18.866 habitantes (IBGE, 2022).

Figura 1 - Mapa de localização das áreas experimentais



Fonte: Elaboração própria (2022).

O clima da região é classificado em Aw, segundo a classificação de Köppen-Geiger, sendo tropical com a estação seca e fria ocorrendo no inverno, e o verão característico apresentando estação com maiores índices pluviométricos (ALVARES et al., 2013). Apresenta temperatura média de 23,8°C e precipitação média anual de 1538,4 mm, concentrando entre os meses de novembro a abril. Os solos das áreas experimentais foram classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos como Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2018).

As coletas de solos foram realizadas na profundidade 0-20 cm, que após coletadas as subamostras formaram-se as amostras compostas, que foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes de polietileno e identificadas, com quatro repetições, gerando ao final duas amostras por canteiro de cada propriedade.

Foram realizadas três coletas, sendo: 1) Controle - realizada no dia 15 de setembro de 2021, antes do cultivo da alface; 2) Final da 1^a safra - foi coletada no dia 20 de outubro de 2021; 3) Final 2^a safra - foi coletada 1 de dezembro de 2021. A cada coleta foram retirados aproximadamente 250 g de solo de cada canteiro por amostra. Em seguida, as amostras foram destinadas para análise nos Laboratórios de Solos e Microbiologia da Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade Frutal.

O método utilizado para verificar a microbiota do solo foi pela técnica de semeadura em profundidade, em duplicata. Para contagem dos microrganismos foram utilizados os meios de cultura: Caldo Sabouraud 2% para crescimento de bolores e leveduras e PCA (Plate Count Agar - Acumedia) para crescimento de bactérias.

Para a quantificação utilizou-se a técnica de diluição seriada, seguindo o método de Clark (1965). Preparou-se a diluição do solo na seguinte ordem: Pesou-se 10 g de solo de cada amostra; adicionou-se nos beakers contendo 90 mL de água peptonada 0,1%, sendo esta diluída 10^{-1} ; conduziu as amostras para a mesa agitadora (Astral Cientifica CT-155) e manteve por 20 minutos com rotação de 55 RPM. Posteriormente diluiu-se em 1 mL da solução em 9 mL de água peptonada 0,1%, e sucessivamente até 10^{-6} .

Após esse procedimento as placas para a contagem dos fungos foram destinadas para a estufa bacteriológica (Biopar 522LBD) a temperatura de 28°C por 48 horas, no tempo em que as placas também em duplicatas utilizadas para contagem de bactérias foram incubadas em estufa (TECNAL TE-371) a temperatura de 35°C por 48 horas. A quantificação foi obtida por unidades formadoras de colônias por grama de solo (UFC g solo^{-1}).

Foi utilizado o delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) 2x3, sendo dois sistemas de cultivos e três épocas (antes do plantio, final da 1^a e da 2^a safra) com quatro repetições. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de comparação múltipla de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, por meio do software estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão: A Tabela 1 apresenta o quantitativo de bactérias, bolores e leveduras a partir do número de unidades formadoras de colônias por gramas de solo (UFC g^{-1}).

Quando observado os resultados da quantificação de bactérias, bolores e leveduras, ao analisar as épocas entre os sistemas de cultivo, no final da 1^a e da 2^a safra não houve diferenças significativas. O mesmo pode ser observado para a contagem de bactérias no sistema convencional, ao se analisar as épocas dentro de cada sistema de cultivo.

Comparando as épocas entre os sistemas de cultivo para contagem de bactérias, verificou-se que antes do plantio apresentou diferença significativa, sendo o sistema convencional apresentou aumento 1,10 vezes em relação ao sistema orgânico/agroecológico.

Quando comparado as épocas dentro de cada sistema, o cultivo convencional, para bolores e leveduras, e também o cultivo orgânico/agroecológico, para bactérias, bolores e leveduras apresentaram diferenças significativas.

Tabela 1: Valores médios de unidades formadoras de colônias por gramas de solo (UFC g^{-1}) de bactérias, bolores e leveduras em sistemas de cultivo convencional e orgânico/agroecológico no município de Fronteira-MG

Sistemas de cultivo	Bactérias ¹			Bolores e leveduras ¹		
x10 ⁶ UFC g^{-1}x10 ³ UFC g^{-1}		
	AP	1 ^a Safra	2 ^a Safra	AP	1 ^a Safra	2 ^a Safra
Convencional	198,68aA	9,40aA	2,94aA	10,58aB	655,00aA	38,03aB
Orgânico/ Agroecológico	181,13bA	47,50aAB	5,37aB	175,75aB	875,00aA	58,38aB
CV (%)	210,34				52,41	
Causas da variação				Fc		
Época	2,31 ^{ns}				51,44*	
Propriedade	3,12 ^{ns}				4,37 ^{ns}	
Época X Propriedade	1,60 ^{ns}				0,85 ^{ns}	

¹Médias comparadas na coluna e na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. ns – não significativo. OBS: Dados originais, transformados em log x para a análise de variância.

Fonte: Elaboração própria (2022).

Nota-se que o número de unidades formadoras de colônias (UFC g solo^{-1}) para bactérias, bolores e leveduras, nos dois sistemas de cultivos foram sofrendo diminuição ao longo das épocas estudadas, também se verificou que no final da 1^a safra quando se quantificou os bolores e leveduras, um aumento substancial.

De forma geral, os indicadores microbiológicos foram abundantes nos solos sob sistema de cultivo orgânico/agroecológico em relação ao sistema convencional. A comunidade de bolores e leveduras no solo foi a que apresentou maiores variações em relação as bactérias sob as condições avaliadas (Tabela 1). Resultados semelhantes foram encontrados no estudo desenvolvido por Pinheiro, Martins e Martins (2020), onde as contagens dos fungos (bolores e leveduras) sofreram maiores variações quando comparado aos resultados obtidos para bactérias.

Dantas et al. (2021), verificaram que os microrganismos contribuem como decompositores de matéria orgânica, ciclagem de elementos de nitrogênio, fósforo e enxofre, fixação temporária de nutrientes e manejo biológico, de modo que seu alto número e diversidade podem interferir na fertilidade química do solo e na qualidade geral.

Quanto maior o número de bactérias e fungos presentes no solo, mais sadio e produtivo esse ambiente será (BUENO et al., 2018). Esses indivíduos são indicadores vulneráveis que tem o potencial para serem empregados no acompanhamento das mudanças ambientais resultantes do uso agrícola (ARAUJO et al., 2019). Dentre os microrganismos, as bactérias constituem o grupo com maior diversidade fisiológica, o que proporciona maior resiliência

(FERREIRA; STONE; MARTIN-DIDONET, 2017). Sendo que, a diversidade da microbiota do solo está ligada ao desenvolvimento dos vegetais.

O entendimento sobre as fundamentais relações entre as plantas e os microrganismos é capaz de ser utilizado para expandir a produtividade agrícola e colaborar para o aperfeiçoamento de uma agricultura mais ecológica (SINGH et al., 2020).

Conclusão: Conclui-se que após a implantação do cultivo da cultura da alface o sistema de manejo orgânico/agroecológico apresentou maiores quantidades para bactérias, bolores e leveduras. Dessa forma, a implantação de práticas agrícolas fundamentadas no manejo mais sustentável promove uma maior biodiversidade de microrganismos no solo.

Agradecimentos: À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos ao primeiro autor.

Referências:

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, [S. l.], v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAUJO, T. S.; GALLO, A. S.; ARAUJO, F. S.; SANTOS, L. C.; GUIMARÃES, N. F.; SILVA, R. F. Biomassa e atividade microbiana em solo cultivado com milho consorciado com leguminosas de cobertura. *Revista de Ciências Agrárias*, [S. l.], v. 42, n. 2, p. 347-357, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.19084/RCA.15433>. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/index.php/rca/article/view/15433>. Acesso em: 16 jun. 2022.
- BUENO, P. A. A.; OLIVEIRA, V. M. T.; GUALDI, B. L.; SILVEIRA, P. H. N.; PEREIRA, R. G.; FREITAS, C. E. S.; BUENO, R. O.; SEKINE, E. S.; SCHWARCZ, K. D. Indicadores microbiológicos de qualidade do solo em recuperação de um sistema agroflorestal. *Acta Brasiliensis*, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 40, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.22571/2526-433896>. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/ActaBra/index.php/actabra/article/view/96>. Acesso em: 15 jun. 2022.
- CLARK, F. E. Agar-plate method for total microbial count. In *Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties*. (C.A. Blanc, D. Evans, J.L. White, L.E. Ensminger, F.E. Clark & R.C. Dinauer, eds.). Madson Inc., New York, p.1460-1466, 1965.
- DANTAS, J. O.; PERIN, L.; ANDRADE, A. R.; BARROS, C. C.; FARIA, F. J.; MENEZES, B. F.; MENEZES, V. M. M.; ALVES, A. E. O.; ARAÚJO-PIOVEZAN, T. G.

Artrópodes e microbiota do solo em sistema agroecológico de produção no semiárido nordestino, Simão Dias, Sergipe. In: SOUSA, C. D.; SABIONI, S. C.; LIMA, F. S (org.). Agroecologia: Métodos e Técnicas Para Uma Agricultura Sustentável. 1. ed. Guarujá - SP: Editora Científica Digital, v. 2, p. 265-279, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.37885/201202534>. Disponível em: <https://www.editoracientifica.org/articles/code/201202534>. Acesso em: 15 jun. 2022.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. 355p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. Ciência Agrotecnologia. v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/yjKLJXN9KysfmX6rvL93TSh/?lang=en>. Acesso em: 20 fev. 2022.

FERREIRA, E. P. B.; STONE, L. F.; MARTIN-DIDONET, C. C. G. Population and microbial activity of the soil under an agro-ecological production system. Revista Ciência Agronômica, [S. l.], v. 48, p. 22-31, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20170003>. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/4183>. Acesso em: 20 jun. 2022.

FREITAS, L.; DE OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S.; FRARE, J. C. V.; FILLA, V. A.; GOMES, R. P. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. Revista Unimar Ciências, Marília-SP, v. 26, n. 1-2, p. 8-25, 2017. Disponível em: <http://ojs.unimar.br/index.php/ciencias/article/view/511/278>. Acesso em: 28 abr. 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades Panorama. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/fronteira/panorama>. Acesso em: 19 jan. 2022.

PINHEIRO, A. S.; MARTINS, E. S.; MARTINS, H. L. Quantificação de bactérias e fungos em solos de cultivo convencional e agroecológico em Fronteira/MG. Nucleus, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 357-365, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.3738/1982.2278.3773>.

ROCHA, M. F.; MATOS, F. S.; PINHO, E. F. M.; GUIMARÃES, N. F. Influência do inseticida Metomil sobre a população microbiana do solo. Brazilian Journal Of Development, [S. l.], v. 6, n. 8, p.59307-59321, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n8-373>. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/15171/12519>. Acesso em: 20 maio 2022.

SILVA, H. S.; CHAVES, J. S.; NASCIMENTO, J. P. S.; MATOS, S. M.; BRITO NETO, A. F.; LEITE, J. L.; PEREIRA, H. R.; BRITO, W. A. Atividade microbiana no solo em sistema de produção consorciado. *Research, Society And Development*, [S. l.], v. 10, n. 14, e534101422366, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22366>. Disponível em: <https://rsdjurnal.org/index.php/rsd/article/view/22366>. Acesso em: 16 set. 2022.

SILVA, M. O.; SANTOS, M. P.; SOUSA, A. C. P.; SILVA, R. L. V.; MOURA, I. A. A.; SILVA, R. S.; COSTA, K. D. S. Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. *Brazilian Journal Of Development*, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 6853-6875, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n1-463>. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/23374/18777>. Acesso em: 17 set. 2022.

SINGH, B. K.; TRIVEDI, P.; EGIDI, E.; MACDONALD, C. A.; DELGADO-BAQUERIZO, M. Crop microbiome and sustainable agriculture. *Nature Reviews Microbiology*, [S. l.], v. 18, n. 11, p. 601-602, 2020.

VILA, V. V.; REZENDE, R.; SILVA, L. H. M.; NOCCHI, R. C. F.; ANDREAN, A. F. B.; WENNECK, G. S.; TERASSI, D. S.; PINTRO, P. T. M. Microbiota do solo na tolerância de doenças em plantas: Uma revisão. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 10, n. 8, p. e 25910817161, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17161>. Disponível em: <https://rsdjurnal.org/index.php/rsd/article/view/17161>. Acesso em: 10 maio 2022.

A VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL DE SISTEMAS SILVIPASTORIS EM PEQUENAS PROPRIEDADES DO SISTEMA CANTAREIRA

Gabriela Goulart Oliveira¹; Alexandre Uezu¹; Junior Cesar Avanzi³; Daniel Caixeta Andrade⁴

1 – Gabriela Goulart Oliveira. Escola de Conservação Ambiental e Sustentabilidade. gabriela.goulart.oliveira@gmail.com

2 – Alexandre Uezu. Escola de Conservação Ambiental. aleuezu@ipe.org.br

3 – Junior Cesar Avanzi. Universidade Federal de Lavras. junior.avanzi@dcs.ufla.br

4 – Daniel Caixeta Andrade. Universidade Federal de Viçosa. caixetaandrade@yahoo.com.br

RESUMO: A pastagem sem manejo impacta a saúde do solo e a quantidade e qualidade de água, mas o pasto com manejo pode ser um aliado no combate à mitigação das mudanças climáticas e para a segurança hídrica. Esse estudo avaliou a viabilidade econômica da implantação de manejo nas pastagens em pequenas propriedades por meio de um fluxo de caixa descontado comparando o manejo contínuo, rotacionado e sistema silvipastoril e analisou a viabilidade ambiental por meio da comparação do estoque de carbono nos diferentes manejos através de coletas de solos nas profundidades 0-60 cm e análise de infiltração com uso do infiltrômetro Cornell Sprinkle, encontrando maior taxa de infiltração básica nas pastagens rotacionadas, e valores maiores ou iguais de estoque de carbono na superfície do manejo rotacionado. O pasto rotacionado associado com plantio de madeira nativa oferece benefícios econômicos e ambientais e Sistema Silvipastoril possui vantagens significativas e torna-se um modelo atrativo de manejo, no entanto, o custo elevado desses sistemas exige incentivos econômicos e políticas públicas que estimulem o agricultor familiar a aderir a sistemas ecológicos produtivos.

Palavras-Chave: Estoque de carbono; Infiltração; Viabilidade econômica; Pastagem.

ABSTRACT: Unmanaged pasture impacts soil health and water quantity and quality, but managed pasture can be an ally in combating climate change mitigation and water security. This study evaluated the economic viability of implementing management in pastures in small properties through a discounted cash flow comparing continuous management, rotation and silvopastoral system and analyzed the environmental feasibility by comparing the carbon stock in the different managements through soil collections at depths 0-60 cm and infiltration analysis using the Cornell Sprinkle infiltrometer, finding a higher basic infiltration rate in the rotated pastures, and greater or equal values of carbon stock on the surface of the rotated management. The rotated pasture associated with native wood planting offers economic and environmental benefits and the Silvopastoral System has significant advantages and becomes an attractive

management model, however, the high cost of these systems requires economic incentives. and public policies that encourage family farmers to adhere to ecological production systems.

Keywords: Carbon Stock; Infiltration; Economic viability; Pasture.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21923784

INTRODUÇÃO: Globalmente, as terras agrícolas representam cinco bilhões de hectares, ou 38% da superfície terrestre global (FAO, 2020). Dois terços dessas áreas são pecuária. A extensão territorial destinada à pastagem exige uma gestão sustentável das propriedades (FAO, 2020). A pastagem contínua é o modelo predominante no mundo, caracterizada por pastoreio sem restrições de espaço e com manutenção barata (BEETZ e RINEHART, 2010), mas diretamente associada à compactação do solo, perda de vegetação, erosão e assoreamento do ambiente aquático (BEETZ e RINEHART, 2010).

O manejo das pastagens favorece a proteção dos serviços ecossistêmicos, tais como, conservação do solo, reciclagem de nutrientes, recuperação da biodiversidade, dispersão de sementes, regulação do microclima, controle de insetos e parasitas, sequestro de carbono, conservação de recursos hídricos (CHARÁ et al.).

Ademais, reduz gastos com controle de ectoparasitos (BUILLES, 2004) aumenta a produção natural de biomassa forrageira e substitui fertilizantes químicos (MONTAGININI e FINNEY, 2011), melhora a produtividade aumentando indivíduos por hectare (LENZI, 2003; LIMA et al., 2014). O ganho é adicional com cultura consorciada (YOKOHAMA et. al, 1999; HERRERO et. al., 2010), como silvicultura.

Esse estudo busca responder se a mudança no manejo das pastagens aumenta a proteção dos serviços ecossistêmicos, especificamente estoque de carbono e infiltração no solo com a hipótese que há maior infiltração e maior estoque de carbono nas pastagens rotacionadas. Além disso, avalia se a mudança de manejo é economicamente interessante para o pequeno produtor considerando três tipos de manejo (pastagem contínua (PC), pastagem rotacionada (PR) e sistema silvipastoril com pastagem rotacionada (SSPR) os resultados foram comparados para indicar qual modelo é mais atrativo, acreditando que o SSPR apresenta um resultado mais vantajoso que outros manejos.

MATERIAL E MÉTODOS: Este estudo foi realizado no Sistema Cantareira, um dos mais importantes sistemas de captação e tratamento de água do país. Abastece milhões de pessoas da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), principal centro financeiro, corporativo e mercantil da América do Sul (ANA - Agência Nacional das Águas, 2019), sendo que 46% das áreas são pastagens (UEZU et al., 2017).

Foram selecionadas três propriedades com pecuária com classes de solo distintas: Cambissolo Háplico em Nazaré Paulista, Argissolo Vermelho-Amarelo em Piracaia e Neossolo Regolítico em Joanópolis, municípios do Sistema Cantareira.

As três propriedades possuem implantação recente de PR e mantêm o PC. Em duas (Joanópolis e Piracaia) há um plantio recente de madeira nativa. Em todas foram coletadas estoque de carbono e infiltração de água no PC e no PR. E, nas duas com o plantio de madeira, foi realizado o estudo comparativo do fluxo de caixa descontado entre o PC, PR e SSPR.

Estoque de carbono: Para determinação da densidade do solo, foram coletados, por profundidade, 04 anéis volumétricos, de aproximadamente 80 cm³, com auxílio de um coletor de amostras indeformadas tipo Uhland. As camadas foram 0-10 cm; 10-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm.

Para determinação do carbono orgânico, nas camadas supracitadas, foram coletadas amostras de solo compostas para análises laboratoriais.

O ECS de cada camada é o produto do teor de C do solo (C, g kg⁻¹) pela densidade do solo (Ds, g cm⁻³) (WALKLEY e BLACK, 1934).

$$\text{ECS} = (\text{C} \times \text{Ds} \times \text{p})/10$$

em que ECS = estoque de carbono do solo (t ha⁻¹); C = teor de carbono (g Kg⁻¹); Ds = densidade do solo (g.cm⁻³); p = profundidade da camada do solo (cm).

Infiltração: Para inferir sobre a infiltração foi utilizado o infiltrômetro de Cornell em parcelas no PR e PC, nas três áreas de estudo. Para delineamento experimental, foram realizadas três repetições com taxa de aplicação de 20 cm, considerando os métodos de infiltração mais escoamento versus o sistema de manejo **do solo**.

Para tratamento dos dados foi feita a calibração da intensidade da precipitação simulada e determinada a taxa de infiltração pela diferença entre intensidade da precipitação e a taxa de escoamento superficial (VAN ES, sem data) estabelecendo a infiltração acumulada com curva ajustada para infiltração no tempo pelo modelo matemático de Kostiakov (PARHI, 2007).

Viabilidade econômica: Para entendimento dos investimentos e retornos associados ao sistema silvipastoril foi utilizada ferramenta de Valoração Econômica do Reflorestamento com Espécies Nativas do WRI. Essa ferramenta de fluxo descontado consiste em um modelo econômico que possibilita transformar investimentos com retornos ajustados ao risco em projetos comerciais de restauração e reflorestamento traduzidos por parâmetros como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o payback do período (BATISTA et al., 2017).

Foram simulados dois modelos produtivos (M1 – entra vaca e se vende o bezerro e M2 – entra novilha e se vende a vaca) e a unidade animal foi considerada 450 Kg.

RESULTADOS: O EC, na camada de 0-60 cm, nas três classes de solo e nos dois manejos (contínuo e rotacionado) atingiu resultados diferentes por manejo (Figura 1). No Cambissolo, o PR apresentou média superior ao PC, enquanto no Argissolo e Neossolo, os valores de estoque de carbono no PC foram maiores que no PR.

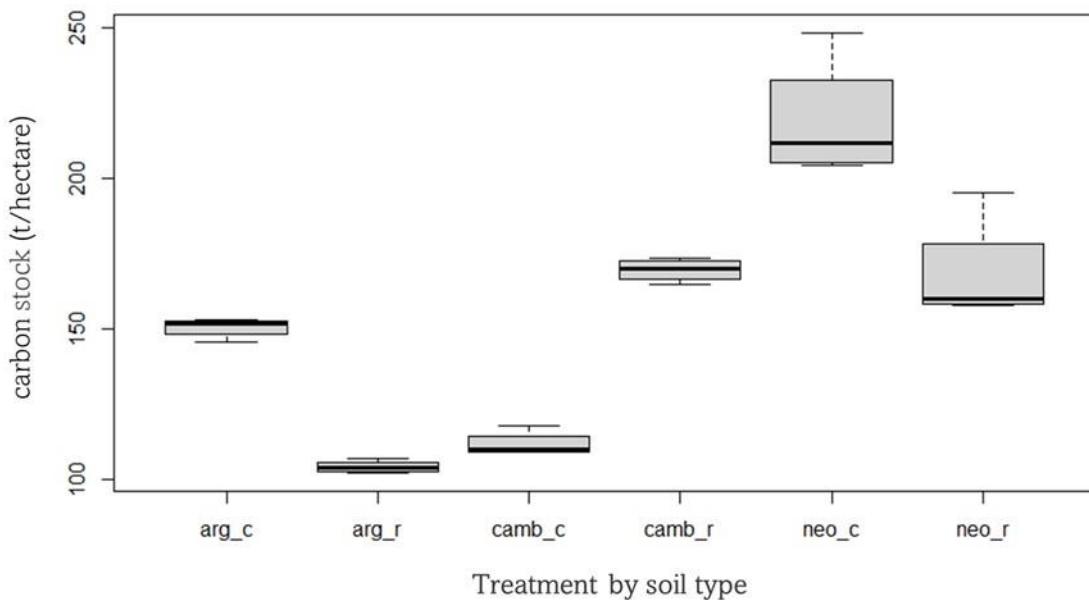


Figura 1. EC por classe de solo e manejo de pastagem (ton/hectare)

Todavia, nas camadas superficiais (10 cm), o EC é maior no PR no Cambissolo e Argissolo e sem diferenças no Neossolo, com manejo mais recente:

- Argissolo: 13,8 (PC) e 17,5 (PR);
- Cambissolo: 14,2 (PC) e 16,3 (PR);
- Neossolo: 20,5 (PC) e 20,4 (PR)

A infiltração possui um comportamento de redução a partir da saturação do solo (CARVALHO et al., 1999). Em todas as classes de solo, o tempo de saturação foi superior no PR indicando uma capacidade de infiltração maior que no PC, portanto, uma maior infiltração. A seguir os resultados são demonstrados nas Figuras 2, 3 e 4:

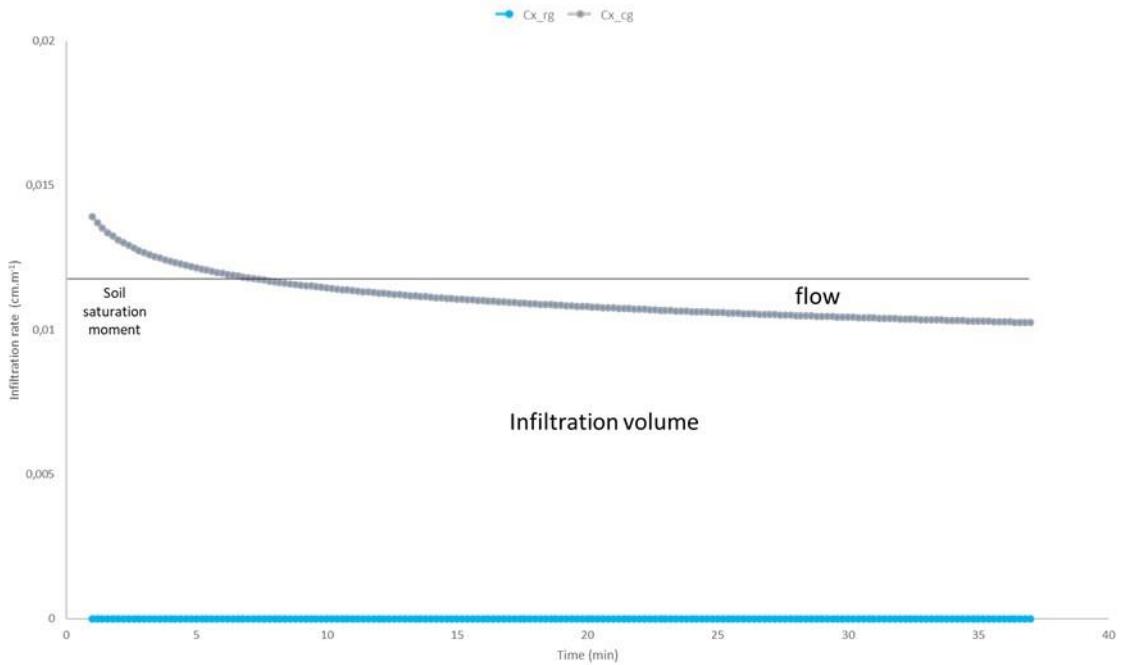


Figura 2. Infiltração no Cambissolo

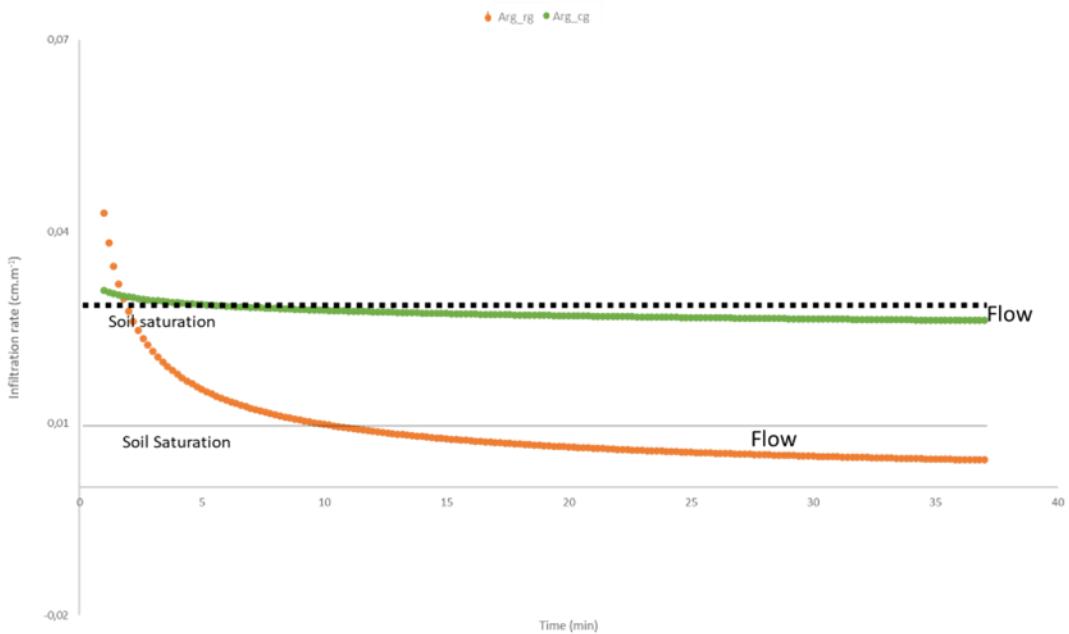


Figura 3. Infiltração no Argissolo

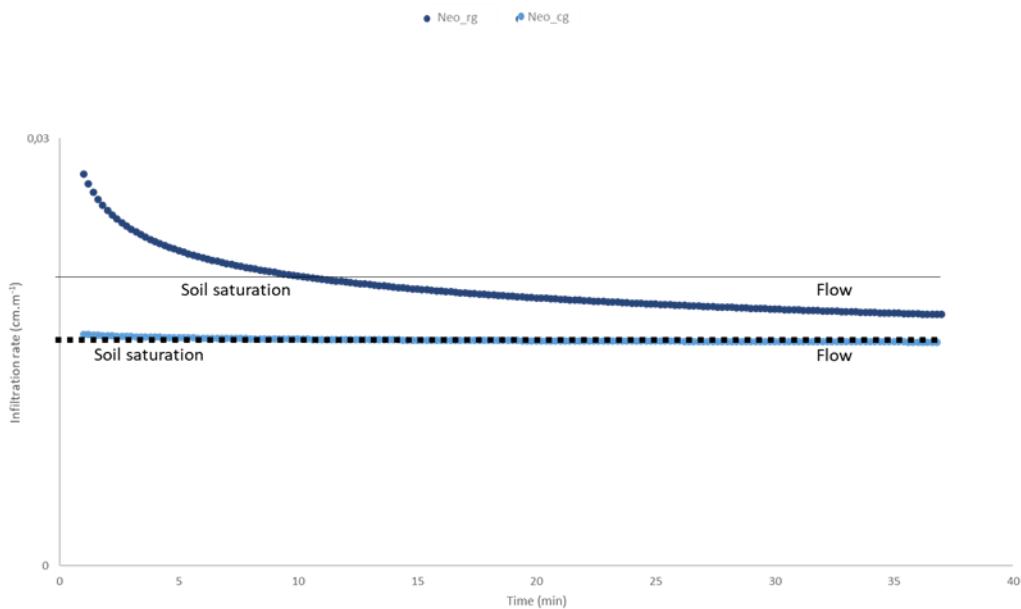


Figura 4. Infiltração no Nessolo

Viabilidade econômica: A seguir há uma tabela (1) comparativa das TIRs e VPL de cada manejo em cada modelo produtivo simulado. Observa-se a TIR mais elevada na pastagem manejada (PR ou SSPR) e o manejo influenciando no VPL. Ainda, o SSPR só não obteve valor maior porque o plantio não teve planejamento de vendas da madeira.

Tabela 1. Fluxo de caixa descontado

Propriedade	Manejo	Produção	TIR	VPL
Piracaia	PC	M1	2,67%	-R\$ 104.920,49
	PR		5,82%	-R\$ 71.826,00
	SSPR		4,28%	-R\$ 141.111,00
	PC	M2	6,50%	-R\$ 23.918,21
	PR		11,78%	R\$ 99.170,00
	SSPR		9,13%	R\$ 34.207,00
Joanópolis	PC	M1	-3,45%	-R\$ 101.698,00
	PR		-2,18%	-R\$ 115.990,00
	SSPR		2,27%	-R\$ 129.480,00
	PC	M2	10,72%	R\$ 30.328,00
	PR		11,45%	R\$ 46.226,00
	SSPR		9,72%	R\$ 32.801,00

DISCUSSÃO: A mudança no manejo das pastagens aumenta a quantidade de carbono no solo e biomassa, embora os resultados mostrem valores maiores de EC no PC em duas classes de solo, CARDENAS et al. (2018); ARYAL et al. (2018), AMÉZQUITA et al. (2010) encontraram resultados com EC maior em pastagem rotacionada e em sistemas silvipastoris.

Ainda, nas camadas superficiais o EC foi maior ou igual no PR, dado que o tempo de mudança do EC ocorre gradativamente (CARDENAS et al., 2018) é possível que o carbono aumente em profundidade com a manutenção do manejo.

A pecuária é responsável por 14,5% das emissões globais de CO₂e (GARNETT, et al., 2017), mudanças no manejo podem ser relevantes na mitigação das mudanças climáticas.

O manejo também é fundamental para a conservação e produção da água, pois pode alterar os processos hidrológicos (DEXTER, 2004) e resultar na conservação do solo (ZWIRTES, 2013) tendendo a promover a proteção dos serviços ecossistêmicos do solo, ampliando a capacidade de infiltração e reduzindo o escoamento superficial e erosão (FALCÃO et al., 2020).

Nesse estudo, encontrar as maiores taxas de infiltração no PR, no curto período de implantação do manejo, é um indicador do potencial da mudança no manejo para conservação do solo, redução da erosão e do assoreamento.

O aumento da infiltração é fator fundamental em uma realidade crescente de crises hídricas como São Paulo (MAZZARINO & TURATTI, 2020), Cidade do México (PACHECO, 2020), Índia e Bangladesh (TALUKDAR & PAL, 2019) podendo impactar a economia de uma região ou país.

O manejo da pastagem presta um serviço ambiental para a manutenção dos sistemas ecológicos (FISCHER et al., 2009) e oferece oportunidade para o produtor adquirir renda adicional. Nesse estudo, o SSPR, se bem planejado, demonstrou ser uma boa alternativa assim como MELOTTO & LAURA, 2009 e RESENDE et al., (2020).

Porém, o investimento inicial na implantação e manutenção desses sistemas é desestimulante para pequenos produtores (SARCINELLI, 2008).

São necessárias alternativas que auxiliem os produtores no fortalecimento de cooperativas (TNC, 2013), no estabelecimento de políticas públicas e incentivos econômicos, como taxas reduzidas para restauração (SARCINELLI, 2008), pagamento por serviços ambientais para produtores com boas práticas de conservação (EXTREMA, 2017), ou valorização do produto como carne neutra (ALVES, ALMEIDA e LAURA, 2015).

CONCLUSÃO: Os resultados demonstraram que a mudança de manejo do pasto pode aumentar a proteção de serviços ecossistêmicos, representados pelo estoque de carbono no solo e a taxa de infiltração.

O estoque de carbono apresentou resultado médio superior no PR em uma classe de solo (Cambissolo) e inferior no PR nas outras duas classes de solo (Argissolo e Neossolo). Isso se

deve à mudança de manejo ser recente, contudo, a média do EC nas camadas superficiais foram superiores ou iguais no PR, ou seja, mesmo gradativamente, já há resultados satisfatórios para o EC.

A taxa de infiltração apresentou resultados superiores no PR evidenciando o aumento de infiltração e redução de erosão, mesmo com a implantação recente desse manejo.

Outro benefício proveniente do manejo é o econômico. Pela projeção realizada em um fluxo de caixa descontado foi possível verificar que o PR apresenta resultados financeiros interessantes e o SSPR, se bem planejado, pode ser rentável para o pequeno produtor. Todavia, o custo alto de implementação, logo incentivo econômico e políticas públicas que forneçam insumos/subsídios para o produtor são essenciais proteger serviços ecossistêmicos.

Este trabalho conclui que investir em práticas de manejo, que gerem serviços ecossistêmicos, é vantajoso tanto ambientalmente para o pequeno produtor e para a sociedade quanto lucrativo devido ao aumento de produtividade advindo do próprio manejo, mas também pela sustentabilidade produtiva garantida pela proteção dos sistemas ecológicos.

Referências:

- ALVES, F. V., ALMEIDA, R. G., & LAURA, V. A. Carne Carbono Neutro. Campo Grande: Embrapa: 2015
- AMÉZQUITA, M. C., MURGUEITIO, E., IBRAHIM, M., & RAMÍREZ, B. Carbon sequestration in pasture and silvopastoral systems compared with native forests in ecosystems of tropical America. Em F. a. FAO, Grassland carbon sequestration: management, policy and economics (pp. 153-161). Roma: FAO: 2010.
- ANA - Agência Nacional das Águas. Sistema Cantareira. Fonte: Agência Nacional das Águas: Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/sala-de-situacao/sistema-cantareira/sistema-cantareira-saiba-mais>> Acesso em: 29 set 2019.
- ARYAL, D. R., GONZÁLEZ, R. R., NURIASMÚ, R., & RUIZ, D. R. Carbon stocks and tree diversity in scattered tree silvopastoral systems in Chiapas, Mexico. Agroforestry System: 2018.
- BATISTA, A., PRADO, A., PONTES, C., & MATSUMOTO, M. Verena Investment Tool: valuing reforestation. WRI Brasil - Nota Técnica: 2017.
- BEETZ, A. E., & RINEHART, L. Rotational Grazing. National Sustainable Agriculture Information Service: 2010.

- BUILES, A.; GOMEZ, M.; GIRALDO, L. Evaluación de la producción y calidad de Kikuyo Pennisetum clandestinum asociado con árboles de Aliso Alnus acuminata H.B.K. en bmh-PM. Tesis (Zootecnia) - Universidad Nacional de Colombia, Medellín: 2004.
- CÁRDENAS, A., MOLINER, A., HONTORIA, C., & IBRAHIM, M. Ecological structure and carbon storage in traditional silvopasoral systems in Nicaragua. Agroforestry Systems: 2018.
- CARVALHO, J. J., AZEVEDO, C. A., GOMES, E. M., J., H., & NETO, J. D. Efeito das Variações Espaço-Temporais dos Parâmetros de Kostiakov-Lewis na Infiltração Acumulada. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 268-275: 1999.
- CHARÁ, J., MURGUEITIO, E., ZULUAGA, A., & GIRALDO, C. Ganadería Colombiana Sostenible. Cali, Colombia: Fundación CIPAV: 2011.
- DEXTER, A. R. Soil Physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density,. Geoderma, 120 - 201–214: 2004.
- FALCÃO, K. S., PANACHUCKI, E., MONTEIRO, F. N., MENEZES, R. S., RODRIGUES, D. B., & SONE, J. S. Surface runoff and soil erosion in a natural regeneration area of the Brazilian Cerrado. International Soil and Water Conservation Research, 124-130: 2020
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Animal Productions. FAO: 2020.
- FISCHER, J., STOTT, J., ZERGER, A., WARREN, G., & SHERREN, K. &. Reversing a tree regeneration crisis in an endangered ecoregion. PNAS: 2009.
- GARNETT, T, GODDE, C, MULLER, A, RÖÖS, E., SIMTH, P.; BOER, I. DE, ERMGASSEN, E.Z., HERRERO, M, MIDDELLAR,C.V., SCHADER, C., ZANTEN, H. V. Grazed and confused?. Food Climate Research Network: 2017.
- HERRERO, M., THORNTON, P. K., NOTENBAERT, A. M., WOOD, S., MSANGI, S., FREEMAN, H. A., BOSSIO, D., DIXON, J., PETERS, M., STEEG, J. VAN DE, LYNAM, J., PARTHASARATHY, J., RAO, MACMILLAN, S., GERARD, B., MCDERMOTT, J., SERÉ, C., ROSEGRANT, M. Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems. SCIENCE: 2010.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agro. IBGE: 2017.
- LENZI, A. Desempenho animal e produção de forragem em dois sistemas de uso da pastagem: Pastejo Contínuo & Pastoreio Racional Voisin. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina - Centro de Ciências Agrárias: 2003
- LIMA, G. C., SIÇVA. M. L. N., OLIVEIRA, M. S.; CURI, N., SILVA, M. A., OLIVEIRA, A. H.. Variabilidade de atributos do solo sob pastagens e mata atlântica na escala de

microbacia hidrográfica, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental: 2014, v.18, n.5, p.517–526.

MAZZARINO, J. M., TURATTI, L., PERICO, E., & OLIVEIRA, L. B. DE. Governança e gestão comunitária das águas. Ciência E Natura, 42, e59: 2020

MELOTTO, A. M., & LAURA, V. A. Sistemas Silvipastoris para Bovinos e Ovinos. campo Grande: Embrapa: 2009.

MONTAGININI, F., & FINNEY, C. Payments for Environmental Services in Latin America as a Tool for Restoration and Rural Development. AMBIO, 285 – 297: 2011.

PACHECO, S. M. El Frankenstein Urbano: Ecólogos, Urbanistas e Ingenieros Frente a la Crisis Hidrológica de la Ciudad de México a Mitad del Siglo XX. La Solcha: 2020.

PARHI, P. K. A Modification to Kostiakov and Modified Kostiakov Infiltration Models. Water Resources Management , 21 (11), 1973-1989: 2007.

RESENDE, L. O., MÜLLER, M. D., KOHMANN, M. M., PINTO, L. F., JUNIOR, L. C., ZEN, S., & REGO, L. F. Sivopastoral management of beef cattle production for neutralizing the environmental impact of enteric methane emission. Agroforestry System, 893-903: 2020.

SARCINELLI, O. Análise econômica da adoção de medidas mitigadoras de impactos agro-ambientais: estudo de caso na microbacia hidrográfica do córrego oriçanguinha. Dissertação de Mestrado – Unicamp: 2008

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DA PREFEITURA DE EXTREMA. Conservador das Águas. Extrema: Secretaria de Meio Ambiente: 2017.

TAKULDAR, S, PAL, S., Effects of damming on the hydrological regime of Punarbhaba river basin wetlands. Ecological Engineering: 2019

TNC, T. N. A experiência de produtores de leite da Cooperativa Itaipu com o sistema de produção Voisin. Belém - PA: TNC: 2013

UEZU, A., SARCINELLI, O., CHIODI, R., JENKINS, C. N., & MARTINS, C. Atlas dos Serviços Ambientais do Sistema Cantareira. Nazaré Paulista: Memmon Edições Científicas: Ipê - Instituto de Pesquisas Ecológicas, 2017.

VAN ES, H. (sem data). Field Procedures and Data Analysis for the Cornell Sprinkle Infiltrometer. Department of Crop and Soil Sciences Research, Cornell Universities.

WALKLEY, A.; BLACK,. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method . Soil Sci., 37:29-38: 1934.

YOKOYAMA, L. P., FILHO, A. V., BALBINO, L. C., OLIVEIRA, I. P., & BARCELLOS, A. d.. AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 1335-1345: 1999.

ZWIRTES, A. L., SPOHR, R. B., BARONIO, C. A., MENEGOL, D. R., & ROSA, G. M. Utilização do infiltrômetro de cornell e dos anéis concêntricos para. Ciências Agrárias, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3489-3500: 2013.

TRANSFORMAÇÕES SOCIOAGROAMBIENTAIS E TERRITORIAIS NAS COMUNIDADES DO DAS, ZF4 e ZF5, MANAUS-AM

Maria Isabel de Araújo ¹; Silas Garcia Aquino de Sousa ²

1 – Universidade Federal do Amazonas – PPG-CASA. mbelaraujo@gmail.com

2 – Embrapa Amazônia Ocidental. silas.garcia@embrapa.br

RESUMO:

Objetivou-se neste trabalho uma breve reflexão sobre o conflito da ocupação das terras do Distrito Agropecuário da Zona Franca de Manaus (DAS) por agricultores familiares, das comunidades Unidos Venceremos ZF4 e Terranostra ZF5 que executaram atividades de produção agroambiental, baseada na agrobiodiversidade, com enfoque em sistemas agroflorestais biodiversos, para ter acesso as políticas públicas e direito a propriedade da terra. O tema justifica-se tendo em vista a Lei nº 11.952/2009, que dispõe sobre a regularização fundiária em áreas da União, dentre os quais constam no artigo 5º, a necessidade de o ocupante atender ao inciso III, cuja orientação é que os agricultores pratiquem cultura efetiva na área ocupada para ter direito a regularização fundiária. A metodologia utilizada nessa pesquisa foi método dedutivo; quanto aos meios, foi adotado a pesquisa bibliográfica, estudo de caso e pesquisa qualitativa, com visitas in loco nas comunidades, no 1º bimestre de 2022. Os resultados demonstraram o cultivo efetivo da terra com produção agrícola diversificada, com culturas temporárias e deliberadamente com espécies perenes com o significado de demarcar o espaço ocupado, como propriedade privada familiar. Conclui-se que os agricultores preenchem as condições legais para regularização fundiária em atendimento ao princípio da função social da terra como fundamento à dignidade da pessoa humana.

Palavras-Chave: Agrobiodiversidade; Amazonas; Regularização fundiária.

ABSTRACT:

The objective of this work was a brief reflection on the conflict of land occupation in the Agricultural District of the Manaus Free Trade Zone (DAS) by family farmers from the Unidos Venceremos ZF4 and Terranostra ZF5 communities who carried out agro-environmental production activities, based on agrobiodiversity, with focus on biodiverse agroforestry systems, to have access to public policies and the right to land ownership. The theme is justified in view of Law nº 11.952/2009, which provides for land tenure regularization in areas of the Union, among which are included in article 5, the need for the occupant to comply with item III, whose orientation is that farmers practice effective culture in the occupied area to

be entitled to land tenure regularization. The methodology used in this research was the deductive method; as for the means, bibliographic research, case study and qualitative research were adopted, with on-site visits to communities, in the 1st bimester of 2022. The results demonstrated the effective cultivation of the land with diversified agricultural production, with temporary crops and deliberately with species perennials with the meaning of demarcating the occupied space, as private family property. It is concluded that farmers fulfill the legal conditions for land tenure regularization in compliance with the principle of the social function of land as a foundation for human dignity.

Keywords: Agrobiodiversity; Amazonas; Land regularization.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21923790

Introdução:

O termo “agricultura familiar”, passou a ser empregado nos diferentes debates sobre o desenvolvimento sustentável, contribuindo a um maior entendimento sobre a temática, e a criação de específicas políticas públicas a este segmento rural, com a criação de vários arranjos socioprodutivos territoriais.

Por conseguinte, a agricultura familiar desde a Constituição da República de 88 (Art. 6), é um dos pilares dos direitos sociais, garantia do direito humano à alimentação, o trabalho, a moradia adequada, constituindo-se como indicador a auferir os avanços sociais, estruturadas em pequenas propriedades de agricultores familiares, cuja produção diversificada é voltada ao mercado interno e ocorre em meio a uma realidade social em que os agricultores não possuem a titulação ou concessão de uso da terra.

A questão da titulação de uso da terra nos remete a estrutura de propriedade agroalimentar, cujas relações sociais de produção são estabelecidas entre os distintos grupos sociais que coexistem no espaço-terra. Isto é, quem se apropria de um pedaço da natureza e a forma como o faz, defini a condição da produção e, também, sua posição na sociedade.

As áreas em que atualmente estão as comunidades Unidos Venceremos e Terranostra foram ocupadas por famílias de agricultores (detentores) desde o início da década de 2000. Ao efetivarem as áreas assentadas, cerca de mil ha, com lotes de 20 ha a 25 ha, os detentores das áreas ficaram com lotes próximos uns aos outros, intensificando assim a relação em comunidade. Originalmente essas terras foram cedidas pela Suframa para grandes fazendas com mais de dois mil hectares, que desmataram inicialmente cerca de 200 ha, retiraram madeira nobres e exportaram para outras regiões do país, ocuparam o solo com plantio principalmente de pastagens, seringueiras, dendezeiros e guaranazeiros.

No final de década de 1990 os empreendedores abandonaram as terras da Suframa, pelo insucesso do empreendimento. Atualmente os agricultores moram na sede da comunidade e cultivam a terra em lotes situados nas vicinais secundárias das antigas fazendas. (SOUZA et al., 2022).

Os atuais produtores, agricultores familiares apresentam grande conhecimento das intempéries edafoclimáticas da região, revelados nas experiências laborais e modo de vida que valoriza a (re)produção do conhecimento etnobotânico, como sistema dinâmico na comunidade, junto a troca de experiências e informações nos modos de cultivo (diversidade de técnicas na produtividade e conservação dos solos) e colheita entre os agricultores da comunidade.

A indefinição dos direitos de propriedade compreendida pelo problema da questão agrária/fundiária aparece como principal problema na área do Distrito Agropecuário da

Superintendência da Zona Franca de Manaus – DAS, nas comunidades Unidos Venceremos ZF4 e Terranostra ZF5, zona rural da cidade de Manaus/AM, diante da ausência do direito de propriedade dos agricultores familiares, considerando que as áreas de terras são da União.

O contexto do espaço territorial das comunidades é objeto de forte transformações na dinâmica socioeconômica com transformações sociais e territoriais nas comunidades, ancoradas na produção agroecológica e orgânica da agricultura familiar, cujas dinâmicas socioambientais, oriundas do conhecimento tradicional no modus vivendi com as variáveis naturais da sociobiodiversidade amazônica.

Propõe-se como objetivo uma breve reflexão da produção dos quintais agroflorestais biodiversos na contribuição da segurança alimentar, do desenvolvimento sustentável no espaço territorial dos agricultores familiares das comunidades Unidos Venceremos ZF4 e Terranostra ZF5. Desse modo, a seguinte problemática se apresenta: como resolver a gestão agrária/fundiária dos agricultores familiares das comunidades?

O tema se justifica tendo em vista a Lei Nº 11.952/2009, que dispõe sobre a regularização fundiária em áreas da União, dentre os quais constam no artigo 5º, a necessidade de o ocupante atender ao inciso III - praticar cultura efetiva. A metodologia a ser utilizada nesta pesquisa será a do método dedutivo, quanto aos meios à pesquisa será bibliográfica, associada ao estudo de caso, quanto aos fins, a pesquisa será qualitativa.

Material e Métodos:

O estudo foi desenvolvido na área do Distrito Agropecuário da Superintendência da Zona Franca de Manaus - DAS, nas comunidades: Unidos Venceremos ZF4 e Terranostra ZF5, com as seguintes referências geográficas a 2°24'50,1"S 60°04'48,4"W, vicinal ZF4 e 2°10'46,7"S 60°13'25,2"W, vicinal ZF5, no trecho compreendido da BR 174, KM 64 e 83, zona rural da cidade de Manaus-AM.

A metodologia utilizada nessa pesquisa foi método dedutivo; quanto aos meios, foi adotado a pesquisa bibliográfica, valendo-se do aporte teórico-científico da doutrina, legislação, livros e artigos de autores que resvalam a temática, e o estudo de caso, com visitas in loco nas comunidades, no 1º bimestre de 2022. e quanto aos meios, qualitativa.

Segundo Yin (2015), o estudo de caso é uma estratégia que propicia a investigação sistemática, metodológica, através da análise direta da realidade local, com procedimentos previamente especificados.

Realizado o levantamento etnobotânico dos quintais agroflorestais, registrando as espécies e hábito (arbóreo, arbustivo e herbácea cultivadas), utilizando o sistema de classificação taxonômico APG IV (APG, 2022) e os nomes científicos, consultados junto à base de dados Tropicos.org (TROPICOS.ORG, 2022). Orientou-se pela identificação das espécies por tipos de uso alimentício (A), medicinal (M), próprios a consumo e comercialização, segundo critério aleatoriamente dos quintais estabelecidos, com maior frequência de ocorrência e em plena produção nas unidades produtivas familiares da Comunidade Unidos Venceremos, do Km 05 ao Km 10 da Vicinal ZF4, e da Comunidade Terranostra, entre o Km 60 ao Km 65 Vicinal ZF5. Realizou-se entrevistas, respeitando os protocolos de prevenção da sindemia covídica, com 10 famílias nas unidades produtivas nas comunidades.

A revisão bibliográfica consta da literatura especializada, sendo utilizados os seguintes parâmetros para descrição da nomenclatura das espécies: família, nome comum/científico e uso.

Resultados:

A agricultura familiar desde a Constituição da República de 88 (Art. 6), é um dos pilares dos direitos sociais, garantia do direito humano à alimentação, o trabalho, a moradia adequada, constituindo-se como indicador a auferir os avanços sociais, estruturadas em pequenas propriedades de agricultores familiares, cuja produção diversificada nos quintais agroflorestais é voltada principalmente ao mercado interno e ocorre em meio a uma realidade social em que os agricultores não possuem a titulação ou concessão de uso da terra.

Segundo Pereira *et al.*, (2010), no quintal agroflorestal o cultivo de diferentes espécies em uma mesma área, assegura segurança alimentar, nutrição e saúde, ao núcleo familiar. No contexto desses princípios, as questões de ocupação e regularização fundiária de terras situadas em áreas da União, regulamentada na Lei Nº 11.952/2009, atendendo às diretrizes do art. 5º, inciso III, identificou-se no espaço território das propriedades nas comunidades Unidos Venceremos ZF4 e Terranostra ZF5, considerando o conhecimento tradicional, otimiza vantagens e tradição na exploração, uso, manejo e aproveitamento das terras, como local de conservação de vultoso material genético, denominados de hortos caseiros ou quintais agroflorestais biodiversos, em consórcio com espécies florestais, vegetais, medicinais, plantas alimentícias não convencionais (PANC), ornamentais e a criação de animais de pequeno porte.

As espécies identificadas no espaço território dos quintais biodiversos incluem diversidade de técnicas na organização do espaço, modos de plantio e cultivo, não existindo arranjos definidos em blocos, filas ou parcelas, a estrutura espacial dos componentes vegetais, presentes nos quintais, compreendem o estrato arbóreo, arbustivo -arbóreo e herbáceo.

O estrato arbóreo representado por árvores: Açaí (*Euterpe* ssp), andiroba (*Carapa* sp.), castanha-da-Amazônia (*Bertholletia excelsa*), pupunha (*Bactris gasipaes*), tucumã (*Astrocaryum aculeatum*). No estrato arbustivo-arbóreo estão presentes: araçá-boi (*Eugenia stipitata*), macaxeira/mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), dentre outras. O estrato herbáceo é o mais expressivo, representado pelas hortícolas.

Identificou-se nos quintais (Tabela 1), 28 famílias botânicas com 49 etnoespécies. As famílias botânicas mais frequentes são: Anacardiaceae e Fabaceae, com 4 espécies, Arecaceae com 6 espécies, Malvaceae, 3 espécies e Annonaceae, Euphorbiaceae, Malpighiaceae, Moraceae, Rubiaceae, Rutaceae, Sapindaceae, Solanaceae com 2 espécies.

A diversidade de espécies de Arecaceae, apresenta maior frequência nos quintais, com a presença de 2 espécies do gênero *Euterpe oleracea* e *E. precatoria* (açaí), *Bactris gasipaes* (pupunha) encontrada em todos os quintais, cujo valor nutricional é importante para alimentação da família e um produto com grande potencial na geração de renda.

Quanto a classificação das espécies de uso (alimentar, madeireira, medicinais) as espécies da categoria alimentar são mais representativas em decorrência do plantio diversificado das espécies frutíferas, cuja fenologia reprodutiva garante a obtenção de frutas em diferentes meses do ano, complementando a dieta alimentar e a geração de renda com a comercialização de frutas *in natura* ou em forma de polpas, nas feiras e mercados de Manaus.

TABELA 1 – Relação das famílias botânicas, nome comum, científico e uso das espécies

Família Nome Comum/Científico	Uso	Família Nome Comum/Científico	Uso
ANACARDIACEAE		MALPIGHIAEAE	
Cajá	A,M	Acerola	A
<i>Spondias lutea</i>		<i>Malpighia glabra</i>	
Caju	A,M	Murici	A
<i>Anacardium occidentale</i>		<i>Byrsonima</i> spp.	
Manga	A	MELIACEAE	
<i>Mangifera indica</i>		Andiroba	Md
Taperebá	A	<i>Carapa</i> sp	
<i>Spondias mombin</i>		MUSACEAE	
ANNONACEAE		Banana	A
Biribá	A	<i>Musa paradisiaca</i>	
<i>Rollinia mucosa</i>		MYRTACEAE	
Graviola	AM	Araçá-boi	A
<i>Annona muricata</i>		<i>Eugenia stipitata</i>	
ARECACEAE		MORACEAE	
Açaí	A,M	Fruta-pão	A
<i>Euterpe</i> ssp		<i>Artocarpus altilis</i>	

Bacaba	A	Jaca	A
<i>Oenocarpus bacaba</i>		<i>Artocarpus heterophyllus</i>	
Buriti	A	OXALIDACEAE	
<i>Mauritia flexuosa</i>		Carambola	A
Patauá	A	<i>Averrhoa carabola</i>	
<i>Jesenia bataua</i>		PASSIFLORACEAE	
Pupunha	A	Maracujá	A,M
<i>Bactris gasipaes</i>		<i>Passiflora edulis</i>	
Tucumã	A	PHYTOLACACEAE	
<i>Astrocaryum aculeatum</i>		Mucuracaá	M
BIXACEAE		<i>Petiveria alliacea</i>	
Urucum	A	PIPERACEAS	
<i>Bixa orellana</i>		Pimenta-do-reino	A
CLUSIACEAE		<i>Piper nigrum</i>	
Bacuri	A	POACEAE	
<i>Platonia insignis</i>		Cana-de-açúcar	A
DIOSCOREIACEAE		<i>Saccharum officinarum</i>	
Cará	A	RUBIACEAE	
<i>Dioscorea alata</i>		Jenipapo	A,Md
EUPHORBIACEAE		<i>Genipa americana</i>	
Macaxeira (Mandioca)	A	Café	A
<i>Manihot esculenta</i>		<i>Coffea arabica</i>	
Seringueira	Md	RUTACEAE	
<i>Hevea brasiliensis</i>		Laranja	A
FABACEAE		<i>Citrus sinensis</i>	
Ingá	A	Limão	A,M
<i>Inga ssp</i>		<i>Citrus limon</i>	
Jucá	M	SAPINDACEAE	
<i>Caesalpinia ferrea</i>		Pitomba	A
Mari	A	<i>Talisia esculenta</i>	
<i>Poraqueiba sericea</i>		Rambutã	A
Tamarindo	M	<i>Nephelium lappaceum</i>	
<i>Tamarindus indica</i>		SAPOTACEAE	
HUMIRIACEAE		Abiu	A
Uxi	A,M	<i>Pouteria caimito</i>	
<i>Endopleura uchi</i>		SOLANACEAE	
LECYTHIDACEAE		Batata	A
Castanha-da-Amazônia	A,M,Md	<i>Ipomoea batatas</i>	
<i>Bertholletia excelsa</i>		Cubiu	A
MALVACEAE		<i>Solanum sessiliflorum</i>	
Algodão	M	ZAPOTACEAE	
<i>Gossypium</i>		Sapotilha	A
Cacau	A	<i>Manilkara zapota</i>	
<i>Theobroma cacao</i>		ZINGIBERACEAE	
Cupuaçu	A	Mangarataia	A,M

Segundo Dubois (1996), os quintais agroflorestais, caracterizam como potencial a obtenção de alimentos e bem-estar das famílias, espaço de produção que assegura complementação na dieta alimentar, fornecendo proteínas, vitaminas e sais minerais as famílias, além de geração de renda com a venda da produção nos mercados locais. A produção diversificada, é marcada pela autossuficiência alimentar saudável, distribuída ao longo do ano, sem utilização de insumos agroquímicos ao consumo *in natura* das frutas e verduras.

Nesses espaços, suas práticas constituem um modelo de desenvolvimento sustentável, com base na preservação da biodiversidade e do conhecimento local dos agricultores familiares, que se opõe à lógica do mercado capitalista AGROPOP.

Discussão: Os resultados demonstraram que a legislação brasileira, no que diz respeito à regularização fundiária, tem feito alguns procedimentos de legalização do solo, entretanto os que se referem ao campo da agricultura familiar, permanecem bastante complexos, dificultando os êxitos dessas iniciativas na Amazônia.

Observou-se também que, na lógica constitucional, o cumprimento da função social não é uma exigência de toda e qualquer propriedade. Essa (exigência) se repete nos princípios da ordem econômica e financeira (art.170, inciso III), sendo o elemento concreto do mandado constitucional da função social da terra (art. 186). Sendo este fundamental a concepção de que a terra deve cumprir não só uma função social, mas também uma função ambiental (BRASIL, 1988).

As justificativas (ou tentativas) de criar uma legislação moderna referente as questões agrárias e a regularização fundiária devem estar sintonizadas a real necessidade de cumprir a função socioambiental da terra, baseada em incentivos e não em comando e repressão, que acabam sendo completamente ameaçadas pelos retrocessos na lógica conservacionista das legislações em vigor (SAUER e FRANÇA, 2012).

À luz dos princípios constitucionais os agricultores familiares devem ser tutelados pelo direito brasileiro de posse da propriedade, através de Políticas Públicas, vez que a legislação pertinente já prevê, a regularização como dever do Estado de regular a prática de quem vive na terra, com produção e oferta de alimentos.

Apesar das famílias dos agricultores familiares já estarem ocupando a terra, garantindo a soberania e segurança alimentar, geração de renda, a conservação e preservação ambiental,

há doze anos, elas não tem voz para participar do processo de regularização fundiária, considerando o requisito obrigatório para a transferência e titulação da terra pública ao ocupante, o marco temporal, isto é, a data limite a partir do qual a ocupação não é mais passível de regularização fundiária – anterior a 22 de junho de 2008. (grifo nosso). Conflito este que se coaduna com a política “socioambiental” do governo (2019-2023) de “passar a boiada”, acelerando o desmonte do arcabouço legal (institucional) de proteção ao meio ambiente da hinterlândia Amazônica.

Conclusão:

O presente trabalho foi motivado pela problemática do conflito da questão agrária, pela regularização fundiária para os agricultores familiares que ocuparam dinamicamente no tempo, gleba de terras pertencente a Suframa. A luz da legislação vigente foi demonstrada que os agricultores possuem condições efetivas para receberem a Concessão de Direito Real de Uso (CDRU) da Suframa, considerando que estão praticando agricultura sustentável, objeto de forte transformações na dinâmica socioeconômica com mudanças sociais e territoriais nas comunidades, ancoradas na produção agropecuária de base ecológica e da agricultura familiar, cujas dinâmicas socioambientais, oriundas do conhecimento tradicional no modus vivendi que corroboram com as variáveis naturais da sociobiodiversidade amazônica.

Ressalta-se que existem aparatos que salvaguardam o direito à propriedade, mas a prática está longe de contemplar os agricultores familiares das comunidades Unidos Venceremos e Terranostra. Cujos marcos regulatórios estão cercados de controvérsias negativas, reverberados no arcabouço legal a estrutura fundiária e ambiental da Amazônia.

Os resultados aqui apresentados não são definitivos, considerando que a questão agrária permanece na indefinição sobre a regularização fundiária das áreas ocupadas no DAS, faz-se necessário um aditivo legal, que contemple os agricultores não somente pelo viés econômico e social, mas que os compreenda a partir de uma totalidade histórica e concreta do direito de possuir e fazer a gestão do espaço agroalimentar nas comunidades da hinterlândia amazônica.

Por fim, conclui-se que os agricultores preenchem as condições legais para regularização fundiária em atendimento ao princípio da função social da terra como fundamento à dignidade da pessoa humana.

Referências:

APG IV: Plantae in The Catalogue of Life Partnership (2017). Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. Checklist dataset

<https://doi.org/10.15468/fzuaam> accessed via GBIF.org on 2022-05-20.

BRASIL. Constituição da República Federativa. Congresso Nacional, Brasília, 1988.

BRASIL. Lei N º 11.952 de 25 de junho de 2009. Lei de Regularização Fundiária das ocupações incidentes em terras da União, no âmbito da Amazônia Legal. Brasília, DF: 2009 Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11326.htm. Acesso em: 10 jun. 2022.

DUBOIS, Jean Clement Laurent. Manual Agroflorestal para a Amazônia. Volume I. Rio de Janeiro: REBRAF, 1996, 228 p.

PEREIRA, C. N. et al. Caracterização de quintais agroflorestais no projeto de assentamento Belo Horizonte I, Pará. Revista Agroecossistemas, v. 2, n. 1, p. 73-81, 2010.

SAUER, Sérgio; FRANÇA. Franciney Carreiro de. Código Florestal, função socioambiental da terra e soberania alimentar. Universidade Federal da Bahia – FFC. Cad. CRH 25 (65), Ago. 2012

SOUZA, Silas Garcia Aquino de; ARAÚJO, Maria Isabel de; SOUZA, Jairo Daniel Oliveira de. Práticas Silviculturais na comunidade Terranostra - Manaus/AM. In: Anais... 9º Congresso Florestal Brasileiro. Inovações, desafios e oportunidades para o uso sustentável, a conservação das florestas brasileiras e o desenvolvimento social. On-line. 2022.

TROPICOS.ORG. Missouri Botanical Garden. Disponível em: <<http://www.tropicos.org>>. Acesso em: 20 mar. 2022.

YIN, Robert K. Estudo de caso: planejamento e métodos. Porto Alegre, RS. 2015.

QUESTÕES AMBIENTAIS E O BEM-ESTAR ANIMAL, NO MUNICÍPIO DE AUTAZES-AMAZONAS

Silas Garcia Aquino de Sousa¹; Maria Isabel de Araújo²; Kellem Chagas de Araújo³;
Allan Kardec Figueiredo Filho⁴

1 – Embrapa Amazônia Ocidental, E-mail: silas.garcia@embrapa.br

2 – Universidade Federal do Amazonas – PPG-CASA/UFAM, mbelaraujo@gmail.com

3 – Graduanda Tecnologia Gestão Agronegócio. Instituto CNA, kellem28araujo@gmail.com

4 – Empresário, proprietário rural, pecuarista Autazes-AM, allankardecffilho@gmail.com

RESUMO: A bovinocultura do Amazonas aos poucos vem se modernizando, com criação mais intensiva principalmente para a produção de leite. Entretanto, enfrentam problema financeiros para recuperação das pastagens, falta de assistência técnica e exigência de licenciamento ambiental. A Embrapa tem recomendado o sistema de integração de Lavoura, Pastagem e Floresta (iLPF), para recuperação de áreas de pastagens degradadas como estratégia diferenciada aos sistemas de produção extensiva tradicional de criação bovina. Essa tecnologia além de proporcionar menor impacto negativo ambiental, o sistema iLPF pode potencializar o cuidado com o bem-estar animal. Objetiva-se neste trabalho refletir sobre a implementação de iLPF na Fazenda Peixe-boi, Autazes/AM. A metodologia foi do método dedutivo; quanto aos meios foi realizada pesquisa bibliográfica, por meio de estudo de caso e, quanto aos fins, pesquisa quantitativa. Os resultados demostram que o sistema da Fazenda Peixe Boi foi caracterizado como Agrosilvipastoril ou sistema de Integração Lavoura Pecuária e Floresta - iLPF, implantado por três etapas, com sistema agropastoril (plantio de milho e pastagem), silvipastoril (manejo das espécies florestais remanescentes dentro da pastagem) e sistema agrosilvipastoril (cultivo de milho, implantação da pastagem e plantio espécies florestais). Conclui-se que o sistema de iLPF deve proporcionar a oferta de forragens saudáveis e nutritivas para os animais com maior diversidade de forrageiras implantadas, bem como, conforto térmico aos animais e maior nível de sustentabilidade diminuindo a pressão de desmatamento de novas áreas de floresta.

Palavras-Chave: Autazes; iLPF; Pecuarista Familiar

ABSTRACT: The cattle industry in the Amazon is gradually being modernized, with more intensive breeding, mainly for milk production. However, they face financial problems for the recovery of pastures, lack of technical assistance and environmental licensing requirements. Embrapa has recommended the integrated Crop, Pasture and Forest (iLPF) system for the recovery of degraded pasture areas as a differentiated strategy to traditional extensive production systems for cattle breeding. This technology, in addition to providing less

negative environmental impact, the iLPF system can enhance animal welfare care. The objective of this work is to reflect on the implementation of iLPF at Fazenda Peixe-boi, Autazes/AM. The methodology was the deductive method; As for the means, a bibliographic research was carried out, through a case study and, as for the ends, a quantitative research was carried out. The results show that the Peixe Boi Farm system was characterized as Agrosilvopastoral or Integrated Crop, Livestock and Forestry system - iLPF, implemented in three stages, with an agropastoral system (corn planting and pasture), silvopastoral (management of the remaining forest species within the pasture) and agrosilvopastoral system (corn cultivation, implementation of pasture and planting forest species). It is concluded that the iLPF system should provide the supply of healthy and nutritious forages for animals with a greater diversity of forages implanted, as well as thermal comfort to the animals and a higher level of sustainability, reducing the pressure of deforestation of new areas of forest.

Keywords: Autazes; iLPF; family rancher

DOI: 10.6084/m9.figshare.21923796

Introdução: Nos últimos anos a questão ambiental e o bem-estar animal veem ganhando importância no cenário mundial da pecuária, diante das pressões demandadas pelo mercado consumidor e das condicionantes de ordem cultural (gestão da unidade produtiva), ecológica (condições básicas de preservação com meio ambiente físico – água, clima, solo e vegetação) e/ou conjuntural (dimensão econômica preços, mercados e consumo) dos órgãos de defesa dos animais e do meio ambiente, que apresentam ações de intervenção e medidas de garantia a segurança, alívio ao desconforto físico, junto com as demandas ambientais e a segurança alimentar ao consumo humano.

Entretanto, a complexidade na hinterlândia amazônica vai além, do trabalho com o rebanho bovino e a reprodução sociocultural do pecuarista amazônico, acreditamos que está ligada as figurações de interdependência social, econômica e ambiental, a qual existiam desde as primeiras vivências, estabelecidas no modo de vida e na convivência com a floresta, nas atividades tradicionais agroextrativistas e no comércio de circuito curto de produtos in natura. Essa relação de interdependência pode estar ligada a memória biocultural do habitus no cultivo de produtos agrícolas, domesticação da flora e fauna, por meio da prática da agrobiodiversidade, criação de pequenos animais nos quintais agroflorestais, que evoluíram com a introdução no agroecossistema amazônico a criação e manejo de animais de grande porte pelo pequeno produtor pecuarista, categorizado como agricultor familiar.

Na categoria de pecuarista familiar podemos caracterizar as seguintes condições: a gestão familiar, o trabalho e a racionalidade produtiva que tem como premissa o desempenho da eficiência reprodutiva familiar, que deverá gerar segurança social ao projeto de futuro para os membros da família. Por outro lado, os caminhos que internalizam atributos rumo ao desenvolvimento rural sustentável são percorridos em passos lentos, com questionamento principalmente dos membros mais jovens da família, que estão antenados com as informações das mídias da internet, que vinculam constantemente notícias sobre as questões ambientais e bem-estar animal.

Neste contexto, observa-se na região de pecuária Os pecuaristas familiares tradicionais, sem acesso a mecanização agrícola e outros insumos e sementes adequadas as condições edafoclimática local, utilizam a prática do corte e queima da vegetação original ou da floresta secundária para a formação da pastagem e nem sempre usam as sementes adaptadas, bem como, a prática de manejo e conservação do solo e dos pastos, consequentemente as áreas de pastagem, nestas condições de manejo, que não atendem os atributos da sustentabilidade, entram em processo de degradação e abandono, que é um prejuízo ambiental e social aos projetos à geração futura.

Entretanto, observa-se na microrregião leiteira do estado do Amazonas, município de Autazes e demais municípios do entorno, que as algumas fazendas gerenciadas pela segunda e terceira geração de pecuaristas familiares tradicionais, estão buscando atender os ditames da legislação vigente, concebida pelo novo Código Florestal (Lei 12. 651/2012), bem como, os protocolos que orientam para as condições mínimas ao bem-estar animal (PINHEIRO, 2021).

Com efeito, as áreas de pastagens estão sendo renovadas com as orientações técnicas atualizadas, a reserva legal florestal sendo recuperada, as áreas de preservação permanentes sendo reflorestada, bem como, melhorias no ambiente físico para o bem-estar animal.

Nesse sentido, objetiva-se neste trabalho refletir sobre os sistemas de produção que estão sendo implementado na área da Fazenda Peixe-boi, comunidade Novo Céu, município de Autazes/AM, em busca de processos rumo aos atributos do desenvolvimento rural sustentável. Analisar os sistemas que estão sendo implementado nesta fazenda justifica-se tendo em vista a importância do processo de intervenção praticados pelos novos pecuaristas familiares da região, na questão de proporcionar maior bem-estar aos animais, assim como, a prática de manejo sustentável dos recursos naturais, melhoria da qualidade de vida dos produtores e preocupação com as gerações futuras.

Material e Métodos: A pesquisa foi realizada na Fazenda Peixe-boi que possui uma área de 114,04 ha, em ecossistema de Terra Firme do Bioma Amazônia, com manchas de solos de Terra Preta de Índio, em solos Argissolos, localizada na Comunidade Autaz Mirim, Vila do Novo Céu (Figura 1), Km 16, Zona Rural de Autazes do Estado do Amazonas, sob a coordenada geográfica: 03°24'42,08"S e 59°16'16,62". Para efeito deste trabalho foi analisado cerca de 20 ha, referente a área de pastagem recuperada e em processo de recuperação.

Em meados da década de 1970 a vegetação originária da propriedade, floresta ombrófila densa, foi substituída por pastagens, com o processo de corte e queima e abandono e abertura de novas áreas, o desmatamento alcançou cerca de 90 ha. O solo da fazenda foi classificado de Argilossolo, com manchas de solos de Terra Preta de Índio. Após o preparo do solo, com a prática de corte e queima da floresta, foi implantado a gramínea quicuio-da-amazônia (*Brachiaria humidicola*).

Entretanto, a falta de manejo adequado da pastagem, rotação, calagem, adubação, divisão em piquetes e sobrecarga de animais no pasto, o solo entrou em colapso com a falta de manutenção da fertilidade, compactação e infestação de plantas espontâneas, reduzindo a capacidade de forragem na pastagem. Com esses problemas a área de pastagem entrou em processo de degradação e a regeneração natural avançou sobre a área de pastagem.

Em 2015, com o Projeto Pró-Rural, a pastagem foi recuperada em cerca de 7,5 ha de pastagem, com plantio inicial de milho, seguido de plantio de *Panicum maximum* (cv Mombaça) e *Brachiaria brizantha* (cv Xaraés). A pastagem foi dividida em 29 piquetes de 0,26 m² (65 m x 40 m), as árvores remanescentes da floresta primária foram preservadas castanheira (*Bertholletia excelsa*) e sapucaia (*Lecythis pisonis*), a palmeira inajá (*Attaleia maripa*) foi maneja para menor densidade, árvores de pequeno porte do gênero Casearia, Vismia e Inga foram protegidas.

Em 2019 e 2020, com o Projeto “Estratégia para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar com enfoque em SAF e iLPF e recuperação de pastagem degradada na Região Amazônica”, financiado parcialmente pelo Fundo Amazônia/BNDES/Embrapa foi recuperada mais 3,5 ha de pastagem, com plantio inicial de milho, plantio de árvores e plantio de capim quicuio-da-amazônia (*Brachiaria humidicola*) e capim terra e água (gênero *Urochloa*), essa pastagem foi dividida em 03 parcelas, uma de 2,0 ha destinada aos bezerros, 1,0 ha para descanso as vacas e 0,5 ha, com capim terra e água para as vacas paridas.

Demais 9,0 ha de pastagens degradadas também foram recuperadas, com capim Mombaça, com apoio parcial do Projeto Pro-calcário, da Secretaria Estadual de Produção Rural do Amazonas – SEPROR/AM e foi dividida em 3 piquetes de 3,0 ha.

Resultados: O pecuarista familiar, da região do município de Autazes destina a maior porcentagem da terra da propriedade à pecuária bovina e bubalina e em menor proporção da área realiza cultivos consorciados de culturas agrícolas, para consumo familiar e comercialização do excedente, representando complementação de renda a produção agropecuária. Alguns produtores praticam atividades integradas com cultivo de lavoura de ciclo curto (*Manihot esculenta*, *Zea mays*, *Vigna unguiculata* entre outras...) e introdução de gramíneas, principalmente de *Brachiaria humidicula* e *B. brizanta*.

Nesta região predomina a pecuária de leite, que é transformado em queijo, manteiga e coalhada, essa atividade econômica na base de agroindústria familiar, possui uma escala de produção mais sociocultural (tradicional) que por viabilidade econômica, que corrobora com as teses da eficiência reprodutiva, que objetiva a segurança do padrão reprodutivo familiar, socialmente determinado, garantindo os projetos das futuras gerações de seus membros. (PINHEIRO, 2021).

Na pequena propriedade dos pecuaristas familiares pode-se observar também, cerca viva, com espécies arbóreas de pequeno e médio porte, dividindo os piquetes, bem como, a presença de espécies florestais remanescentes da floresta primária, em baixa densidade, dentro

das pastagens, caracterizando um sistema de integração floresta pastagem (silvipastoril), favorecendo o bem-estar animal, com a sombra das árvores.

Com efeito, podemos caracterizar esses sistemas como sistema de Integração Lavoura Pastagem e Floresta (iLPF) que é uma tecnologia recomendada para a recuperação de áreas de pastagens alteradas ou degradadas, maximizando efeitos potenciais no meio ambiente, aliado ao aumento da produção de forragem para os animais, com a conservação e preservação dos recursos naturais, intensificando o processo de uso nas áreas desmatadas em áreas produtivas.

Com este sistema espera-se minimizar o problema do bem-estar animal, que é uma condição demandante no sistema criatório para se alcançar a qualidade e o bom manejo na produção agropecuária.

A Fazenda Peixe Boi, gerenciada pela segunda geração de pecuarista da região, buscou e concordou revitalizar a atividade agropecuária de criação de gado bovino e bubalino, destinada a produção de leite e queijo, por meio das tecnologias apropriadas a recuperação de pastagens degradadas. A fazenda atualmente passa pelas ações desenvolvidas pelo projeto “Estratégia para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar com enfoque em SAF e iLPF e recuperação de pastagem degradada na Região Amazônica”, financiado parcialmente pelo Fundo Amazônia/BNDES/Embrapa.

O projeto foi desenvolvido em três etapas: a primeira envolvendo educação ambiental, através de reuniões mensais com o núcleo familiar (nuclear e extensa), mobilizações junto à comunidade do entorno; a segunda o planejamento da recuperação da pastagem, construção de viveiro e produção de mudas arbóreas florestais e frutíferas; a terceira etapa foi a execução e manutenção pastagem e plantio de componentes arbóreos (Tabela 1), foi realizado calagem, adubação, controle das plantas invasoras (Tabela 2), plantio de novas cultivares de gramíneas, plantio de espécies florestais e frutíferas, plantio de açaí (*Euterpe oleracea*) e andiroba (*Carapa guianensis*) na área de preservação permanente (APP), bem como, o manejo e preservação da regeneração natural ao longo da APP, de acordo com a legislação vigente.

Tabela 1 – Relação de espécies arbóreas, manejada e implantada na Fazenda Peixe Boi.

Nome vulgar	Nome científico	Família botânica
Açaí	<i>Euterpe oleracea</i>	Arecaceae
Andiroba	<i>Carapa procera e guianensis</i>	Meliaceae
Caliandra	<i>Calliandra harrissi</i>	Mimosoideae
Castanheira	<i>Bertholletia excelsa</i>	Lecytidaceae
Colubrina	<i>Colubrina glandulosa</i>	Raminaceae

Ipê	<i>Handroanthus sp</i>	Bignoniaceae
Jacareúba	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Calophyllaceae
Mogno brasileiro	<i>Swietenia macrophylla</i>	Meliaceae
Mulateiro	<i>Calycocephalum spruceanum</i>	Rubiaceae
Sabiá ou Sansão	<i>Mimosa caesalpiniifolia</i>	Mimosoideae

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Tabela 2 – Principais espécies infestantes na área de pastagem da Fazenda Peixe Boi.

Família Botânica	Nomes	
	Científico	Etnocomum
Fabaceae	<i>Cassia rotundifolia</i>	Fedegoso
	<i>Mimosa invisa</i>	Mimosa, sensitiva
Asteraceae	<i>Eupatorium maximilianii</i>	Mata-pasto
Cyperaceae	<i>Cyperus spp.</i>	Tiririca
Clusiaceae	<i>Vismia guianensis</i>	Lacre
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus tenellus</i>	Quebra-pedra
Poaceae	<i>Eragrostis pilosa</i>	Capim-mimoso
	<i>Paspalum virgatum</i>	Capim-navalha
	<i>Imperata brasiliensis</i>	Capim-sapé
Rubiaceae	<i>Borreria verticillata</i>	Vassoura-de-botão

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

No Bioma Amazônia predomina os silviagrícolas e silvipastoril em várias propriedades, principalmente em áreas de várzea, com a presença de espécies florestais com destaque para a família Bombacacea, Caesalpinoideae, Fabaceae e Aracaceae.

Na terra firme predominam a castanheira (*Bertholletia excelsa*) da floresta remanescente, plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum*), teca (*Tectona grandis*), mogno africano (*Khaya ivorensis*) entre outras espécies (Sousa *et al*, 2019). Entre as forrageiras destacam-se o quicuí amazônico (*Brachiaria humidicola*), braquiário (*Brachiaria brizantha*), capim elefante (*Pennisetum purpureum*), capim colonião (*Panicum maximum*), entre outras forrageiras adaptadas as diferentes condições edafoclimáticas da Amazônia.

O sistema de iLPF além de promover benefícios ambientais, sociais e econômicos consegue atender os preceitos de bem-estar animal, caracterizado pela relação harmônica e a capacidade de adaptação do animal ao meio ambiente, considerando as condições fisiológicas aliadas a qualidade de vida do animal (ALVES *et al*, 2015).

Sendo assim, iLPF pode acolher as cinco liberdades, que compreendem os padrões mínimos e aceitáveis ao bem-estar animal (PINHEIRO, 2021):

- i) Liberdade fisiológica (acesso a boa água e alimento);
- ii) Liberdade ambiental (conforto climático, sombra, físico e térmico);
- iii) Liberdade sanitária (correto manejo sanitário, ausência de doenças, ferimentos, dor e fraturas);
- iv) Liberdade comportamental (manejo correto do espaço, instalações adequadas...);
- v) Liberdade psicológica (sentimento desfavoráveis de medo, estresse e ansiedade).

Com efeito, nas fazendas que adotaram o sistema iLPF, espera-se melhor bem-estar ao animal, decorrente das mudanças no microclima local, umidade do ar, velocidade do vento, incidência de radiação solar, temperatura, proteção ao frio. Importante observar que, a estratégia de plantio de árvores em renques de linhas simples deve proporcionar sombreamento que não prejudique o desenvolvimento da forragem, comprometendo a nutrição animal, a lavoura, a movimentação do ar, a eficiência da regulação de temperatura dos animais (EMBRAPA, 2019).

Nessa perspectiva, com enfoque na compreensão do bem-estar animal de base produtiva de criação bovina e bubalina, na Fazenda Peixe-boi os componentes arbóreos foram implantados em arenques simples dividindo os piquetes no sentido leste oeste (Figura 1).

Figura 1: Componentes arbóreos implantados em arenques simples



Fonte: ARAÚJO, M.I. (2021).

Discussão: Espera-se com essa inovação proporcionar os efeitos positivos desejáveis aos animais, principalmente de conforto térmico pois, o conforto térmico (Figura 2) aos animais, proporcionado pelo micro clima das árvores no pasto depende da largura dos renques, altura das arvores e orientação dos renques (EMBRAPA. 2019).

Figura 2: Conforto térmico aos animais



Fonte: ARAÚJO, M.I.; FIGUEIREDO FILHO, A.K (2021).

As gramíneas forrageiras (Figura 3) mais utilizadas foram: capim terra e água (*Urochloa* sp), capim mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça), ´capim xarés (*Brachiaria brizantha* – cv Xaraés) e quicuio-da-amazônia (*Brachiaria humidicola*).

Figura 2: Conforto térmico aos animais



Fonte: ARAÚJO, M.I. (2021).

Na capineira observou-se o plantio de capim elefante napier roxo e verde (*Pennisetum purpureum*). Na próxima etapa deverá ser implantado as forrageiras leguminosas puerária (*Kudzu tropical*), amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), cratília (*Cratylia argentea*), gliricídia (*Gliricidia sepium*). Bem como, Capim BRS Capiaçu (*Pennisetum purpureum*) para produção de silagem.

Conclusão: Com a adoção do sistema de integração Lavoura Pecuária Floresta na Fazenda Peixe Boi espera-se a oferta de forragens saudáveis e nutritivas para os animais com maior diversidade de forrageiras implantadas, manutenção da fertilidade do solo pela adubação periódica e controle de plantas indesejáveis, conforto térmico proporcionado pela presença das árvores no presente no sistema, maior nível de sustentabilidade do solo, com a recuperação de 20% da área da fazenda e reflorestamento da área de APP, diminuindo a pressão de desmatamento de novas áreas de floresta, estabilidade e manejo da paisagem do agroecossistema, divisão da pastagem em piquetes para rotação de pastoreio e controle de biomassa da forragem ofertada aos animais.

Espera-se com que essa iniciativa do produtor da Fazenda Peixe Boi possa refletir em boas práticas de manejo da pastagem na região do Distrito do Novo Céu/Autazes-AM, com objetivo de se contrapor a pecuária tradicional de corte, queima, abandono e abertura de novas áreas de pastagem. Contudo, é preciso atentar para a realidade dos produtores, alinhando os

desenhos de iLPF de acordo com as condições econômicas, ambientais e sociais, pois o desafio de implementar iLPF com vista ao desenvolvimento rural sustentável possui um custo financeiro alto de investimento, que merece atenção de políticas públicas diferenciadas para maior adoção desta tecnologia.

Referências:

- ALVES, Fabiana Villa; NICODEMO, Maria Luiza Franceschi; SILVA, Vanderley Porfirio da. Bem-estar Animal em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Brasília, DF: Embrapa, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129335/1/90000033-ebook-pdf.pdf>. Acesso em: 19 ago.2022.
- EMBRAPA. Integração lavoura-pecuária-floresta: noções técnicas 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/notatecnica>. Acesso em: 28 ago. 2019
- PINHEIRO, Glebson Freitas. Importância de promover o bem-estar animal na produção de bovinos leiteiros. 2021. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, 2021.
- SOUZA, Silas Garcia Aquino de; WANDELLI, Elisa Vieira; ARAÚJO, Maria Isabel de. Sistemas agroflorestais para agricultura familiar. Embrapa, ABC da Agricultura familiar. 1^a edição; Publicação digital (2019). Comunicado Técnico 140, Manaus, AM, dez. 2019.

GT 6

Ecologia Política e Justiça Socioambiental

A AGENDA DA JUSTIÇA CLIMÁTICA NA AMÉRICA LATINA: CONTRIBUIÇÕES E DESAFIOS IV SICAM – OUTUBRO/2022

Araújo¹; Rodrigues²; Dunder³; Gonçalves-Dias⁴

1 – Gabriel Pires de Araújo. Instituto de Energia e Ambiente. Universidade de São Paulo. gabrielparaujo.ga@gmail.com
2 – Letícia Stevanato Rodrigues. Instituto de Energia e Ambiente. Universidade de São Paulo. leticia.stevanato.rodrigues@usp.br
3- Beatriz Duarte Dunder. Instituto de Energia e Ambiente. Universidade de São Paulo. beatrizdunder@gmail.com
4 – Sylmara Lopes Francelino Gonçalves-Dias. Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Universidade de São Paulo. sgdias@usp.br

RESUMO: À luz da concepção de Justiça Climática, este resumo busca analisar as contribuições e os desafios para medidas de adaptação às mudanças climáticas na América Latina considerando o contexto de desigualdade socioambiental da região. Para isso, adotou-se o modelo ensaístico como metodologia para a compreensão e análise das injustiças climáticas e dos caminhos possíveis para seu enfrentamento no contexto latino-americano. Conclui-se que a agenda da Justiça Climática na América Latina contribui com um olhar crítico para a ciência climática ao incorporar as relações de poder e de dependência entre Norte e Sul Global e ao tecer caminhos para transformações que ataquem radicalmente a desigualdade social e estimulem um enfrentamento às dinâmicas de expropriação do neoliberalismo na América Latina.

Palavras-Chave: Ecologia Política; Crise ecológica; Justiça Climática; América Latina; Pensamento crítico

ABSTRACT: Under the conception of Climate Justice, this summary seeks to analyze the contributions and challenges to climate change adaptation measures in Latin America considering the context of socio-environmental inequality. For this, the essay model was adopted as a methodology for the understanding and analysis of climate injustices and the possible ways to face them in the Latin American context. The conclusion points that the Climate Justice agenda in Latin America contributes a critical view to climate science by incorporating power and dependence relations between north and south global and weaving paths to transformations that radically attack social inequality and stimulate a confrontation to the dynamics of expropriation of neoliberalism.

Keywords: Political Ecology; Ecological Crisis; Climate Justice; Latin America; Critical thinking

DOI: 10.6084/m9.figshare.21937292

INTRODUÇÃO: As medidas de mitigação tomadas no escopo da abordagem neoliberal apresentam-se incapazes de atingir as metas acordadas nas conferências internacionais para o combate às mudanças climáticas. Estudos apontam que evitar um aumento da temperatura média global de 2°C, como definido no Acordo de Paris, pode não ser suficiente para impedir uma catástrofe climática (VICTOR et al., 2017).

Nesse contexto de emergência climática, a adaptação ganha cada vez mais importância nas discussões para o enfrentamento das mudanças climáticas. Porém, as medidas de adaptação têm sido pautadas pelo discurso neoliberal, reproduzindo dinâmicas de poder e desigualdades (FIELDMAN, 2011; ROUTLEDGE; CUMBERS; DERICKSON, 2018; WHITEHEAD, 2014). Frente a esse cenário, debater a estrutura neoliberal sob uma perspectiva crítica é fundamental para desvelar os efeitos negativos do capitalismo e construir alternativas pautadas na promoção da justiça climática (FRASER; JAEGGI, 2020).

Este resumo visa discutir os desafios e contribuições da agenda da justiça climática à luz da teoria crítica latino-americana. A discussão do texto se estrutura em dois eixos: 1) compreender as dinâmicas de poder na América Latina e suas imbricações para a crise climática, e 2) discutir os desafios e contribuições da agenda da Justiça Climática para a região.

MATERIAL E MÉTODOS: em função da natureza teórico-reflexiva dos objetivos deste resumo, adotou-se o modelo ensaístico (MENEGHETTI, 2011) como abordagem metodológica. À luz da teoria crítica latino-americana, foram analisadas as dinâmicas de poder na América Latina, bem como destacados os desafios e contribuições da agenda da Justiça Climática.

A AGENDA NEOLIBERAL NO CONTEXTO DE EMERGÊNCIA CLIMÁTICA: A variabilidade climática vem apresentando frequência e intensidade cada vez maiores, ocasionando eventos extremos que impactam principalmente as populações mais pobres (BRYANT, 1998).

No contexto latino-americano, destaca-se o aumento na ocorrência de eventos hidrometeorológicos extremos, como o aumento da frequência e severidade de ciclones tropicais (CONDE-ÁLVAREZ; SADAÑA-ZORRILLA, 2007), bem como o impacto da variabilidade de secas e precipitações na produção agrícola (LOZANO-POVIS; ALVAREZ-MONTALVÁN; MOGGIANO, 2021) que podem agravar o quadro de insegurança alimentar na região (PIÑA BORREGO, 2019). No Brasil, observa-se que 85% dos desastres estão relacionados a eventos hidrometeorológicos extremos, sendo a causa de mais de 10 mil mortes

nas últimas cinco décadas. Estudos indicam que os desastres desencadeados pela precipitação possuem a tendência de aumentar em frequência e intensidade, atingindo principalmente as populações mais pobres (TRAVASSOS et al., 2021).

Esse cenário aponta a necessidade de ações e políticas que considerem as injustiças ambientais e climáticas (TRAVASSOS et al., 2021), posto que essas injustiças tendem a se aprofundar diante de medidas de adaptação baseadas na dinâmica de mercado (HARVEY, 2008).

O discurso de adaptação sob o neoliberalismo argumenta que as populações vulnerabilizadas precisam “enriquecer” para que obtenham condições de se adaptar aos efeitos das mudanças climáticas (FIELDMAN, 2011; WHITEHEAD, 2014). Essa concepção é contraditória, uma vez que esse enriquecimento massivo, nos moldes capitalistas de produção e consumo, deve levar a um agravo das mudanças climáticas (FIELDMAN, 2011; WHITEHEAD, 2014). Dessa forma, esse discurso acaba não só por exacerbar desigualdades existentes, como também leva à construção de novas (ROUTLEDGE; CUMBERS; DERICKSON, 2018).

Nesse contexto, a agenda neoliberal pode ser definida como um plano de reorganização do capital a favor das elites econômicas, produzindo vulnerabilidades às mudanças climáticas por meio da acumulação de capital, posto que estimula estratégias que penalizam as populações mais pobres ao mesmo tempo em que promove uma acumulação capitalista que não respeita os limites ecológicos e, consequentemente, aprofunda a crise climática (FIELDMAN, 2011; HARVEY, 2008).

Essa agenda neoliberal na América Latina estrutura-se a partir da relação desigual entre o centro e a periferia do capitalismo, o que se reflete na distribuição desigual dos riscos associados às mudanças climáticas. Tal discussão tem sido trabalhada pela teoria marxista da dependência (TMD) por autores brasileiros, como Bambirra (2013) e Marini (1990), que estreitam a discussão das questões de fundo não econômicas com as dinâmicas gerais do capitalismo, avançando na análise das dinâmicas globais e locais que movimentam as condições de acumulação de capital na América Latina.

No campo ambiental, a TMD apresenta duas grandes contribuições. Primeiro, ao escancarar o deslocamento da exploração da natureza para o Sul Global, ela contesta o discurso pós-materialista de países do Norte Global de que suas economias de base tecnológica e informacional são “ecológicas” (FRASER; JAEGGI, 2020). Segundo, possibilita compreender a dinâmica de dependência de discursos que utilizam a pobreza e superpopulação como elementos estruturantes dos problemas ambientais no Sul Global (LEFF, 2015; MARTÍNEZ-

ALIER, 2012), ao mesmo tempo que mecanismos de gestão ambiental controlados pelo Norte Global são difundidos (BRYANT, 1998) como “soluções” para a questão ambiental (SVAMPA, 2020).

Essas relações de dependência acentuam condições de desigualdade e opressão social, além de exacerbar os efeitos da crise ambiental pelas condições assimétricas da carga ambiental na periferia, agudizada pelos efeitos da variabilidade climática (FRASER; JAEGGI, 2020). Além de terem que conviver com os problemas ambientais gerados pela expropriação do capitalismo central, os territórios do Sul Global arcaram com os efeitos sistêmicos da variabilidade climática (FRASER; JAEGGI, 2020), conformando o que se denomina por dívida ecológica. A dívida ecológica (e climática) é uma categoria discursiva que associa os problemas ambientais locais às dinâmicas de dependência do capitalismo global (FABRICANT, 2013) e está inserida nas mobilizações por justiça climática na América Latina.

Para compreender as principais reivindicações dessa agenda, é preciso aprofundar o estudo do quadro de emergência climática que tem deflagrado essas mobilizações na região. Nesse sentido, a próxima seção irá tratar dos caminhos e desafios associados à agenda em prol da Justiça Climática na América Latina.

CAMINHOS E DESAFIOS PARA A AGENDA DA JUSTIÇA CLIMÁTICA NA AMÉRICA LATINA: o conceito de Justiça Climática foi introduzido com mais força nos debates sobre a mudança climática no final da década de 1990 pelas organizações em prol da justiça ambiental. A construção da agenda da Justiça Climática parte da crítica aos mecanismos de mercado para a redução de emissões por meio dos “créditos de carbono”, vistos pelos grupos mais críticos como pseudo-soluções que não questionam a raiz da crise climática: a reprodução do capitalismo nas sociedades (ERNSTSON; SWYNGEDOUW, 2018; MARTÍNEZ-ALIER et al., 2018; SVAMPA, 2020). Em busca de uma ação mais radical sobre a origem da crise climática contemporânea, a agenda tem debatido a necessidade de compreensão das dimensões sociais e políticas relacionadas ao tema, incorporando o pensamento crítico nas discussões comumente técnicas da ciência das mudanças climáticas (ESTEVO; SOARES, 2020).

A busca por justiça climática baseia-se no princípio de que os países e atores que historicamente tem contribuído para a maioria das emissões de gases de efeito estufa (GEE) devem ser responsabilizados pelos efeitos negativos produzidos (MARTÍNEZ-ALIER et al., 2018). Nesse sentido, discute-se sobre responsabilidades comuns, porém diferenciadas, que orientam as decisões tomadas nas convenções e que historicamente vem pressionando para que os países do Norte Global não só sejam os primeiros a reduzir suas emissões, como também

forneçam suporte técnico e financeiro para que os países do Sul Global tomem medidas de mitigação e adaptação (LINDOSO; ARAÚJO, 2013; MOREIRA; RIBEIRO, 2017).

Ainda que exista um diálogo reivindicativo nas convenções globais sobre o clima, os movimentos por Justiça Climática atuam em uma perspectiva distinta, tensionando por uma agenda mais radical e comprometida com valores não capitalistas, por formas democráticas de governança e representação, bem como por direitos econômicos e sociais (ROUTLEDGE; CUMBERS; DERICKSON, 2018). Esta agenda tem sido construída na América Latina frente aos efeitos negativos do processo de variabilidade climática que atingem de forma mais contundente os modos de vida de comunidades vulnerabilizadas (RAMMÊ, 2012).

Grande parte das mobilizações por Justiça Climática na América Latina lutam pelas populações vulnerabilizadas e contra o extrativismo e o agronegócio (SVAMPA, 2020; TORRES et al., 2020a), defendendo que a natureza não deve ser mercantilizada, criticando a apropriação capitalista de recursos e apontando a conexão entre os efeitos das mudanças climáticas que são sentidos pelos grupos locais e as dinâmicas de exploração-expropriação do capitalismo (MARTÍNEZ-ALIER et al., 2018).

A plataforma boliviana contra as mudanças climáticas tem destaque na mobilização coletiva por justiça climática na América Latina. Conformada por uma coalizão entre sociedade civil e movimentos sociais, a plataforma busca influenciar a comunidade global para o enfrentamento dos efeitos das mudanças climáticas, utilizando-se principalmente das filosofias indígenas como a do *bien vivir* (HICKS; FABRICANT, 2016).

Ainda assim, o caminho para a agenda da Justiça Climática na América Latina é desafiador, principalmente quando se considera o avanço da agenda neoliberal nas políticas de enfrentamento às mudanças climáticas e a dificuldade da inserção da temática em políticas públicas, a exemplo do Plano Nacional de Adaptação Brasileiro, onde o tema não é devidamente tratado (TORRES et al., 2020b).

CONCLUSÃO: conclui-se que o pensamento teórico-crítico latino-americano contribui para uma crítica estrutural ao capitalismo neoliberal e às suas apostas em ações de enfrentamento às Mudanças Climáticas que pouco contribuem para a promoção da Justiça Climática. Além de tecer críticas estruturais às relações desiguais do capitalismo dependente e seus efeitos socioecológicos nos espaços periféricos, reivindica-se caminhos alternativos pautadas na Justiça Climática com base em lutas sociais que buscam ressignificar as relações socioecológicas para além das concepções hegemônicas de mercado.

Nesse sentido, comprehende-se que a agenda da Justiça Climática é uma concepção capaz de trazer a criticidade necessária para a construção de uma resistência contundente aos efeitos negativos e desiguais das mudanças climáticas, incluindo a análise das relações de poder e de dependência desde a periferia, além de tecer caminhos para transformações estruturais, teóricas e práticas, que ataquem radicalmente o avanço do neoliberalismo na América Latina, que tem movido para um caminho de incessantes crises que atingem de forma deletéria as populações mais vulnerabilizadas.

AGRADECIMENTOS: o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e fez parte das atividades do projeto temático “Governança ambiental na Macrometrópole Paulista, face à variabilidade climática”, processo nº 15/03804-9, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e vinculado ao Programa FAPESP de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais.

Referências:

- BAMBIRRA, V. O capitalismo dependente latino-americano. Florianópolis: Insular, 2013.
- BRYANT, R. L. Power, knowledge and political ecology in the third world: a review. *Progress in physical geography*, v. 22, n. 1, p. 79-94, 1998. DOI: 10.1177/030913339802200104
- CONDE-ÁLVAREZ, C.; SALDAÑA-ZORRILLA, S. Cambio climático en América Latina y el Caribe: Impactos, vulnerabilidad y adaptación. *Ambiente y desarrollo*, v. 23, n. 2, p. 23-30, 2007.
- ERNSTSON, H.; SWYNGEDOUW, E. Wasting CO₂: the remarkable sucess of a Climate Failure. In: *Heterogeneous Infraestructures in African Cities Workshop*, Makerere University, Kampala, 2018.
- ESTEVO, J.; SOARES, A. Política Climática no Brasil: acordos internacionais, ciência e adoção de políticas domésticas. In: FERREIRA, L.; BARBI, F.; BARBIERI, M. (ed.). *Dimensões Humanas das Mudanças Climáticas no Sul Global*. São Paulo: FAPESP, 2020. p. 41-58.
- FABRICANT, N. Good living for whom? Bolivia's climate justice movement and the limitations of indigenous cosmovisions. *Latin American and Caribbean Ethnic Studies*, v. 8, n. 2, p. 159-178, 2013.

- FIELDMAN, G. Neoliberalism, the production of vulnerability and the hobbled state: Systemic barriers to climate adaptation. *Climate and Development*, v. 3, n. 2, p. 159-174, 2011. DOI: 10.1080/17565529.2011.582278
- FRASER, N.; JAEGGI, R. Capitalismo em debate: uma conversa na teoria crítica. São Paulo: Boitempo Editorial, 2020.
- HARVEY, D. O Neoliberalismo: história e implicações. São Paulo: Loyola, 2008.
- HICKS, K.; FABRICANT, N. The Bolivian Climate Justice Movement: mobilizing indigeneity in climate change negotiations. *Latin American Perspectives*, v. 43, p. 87-104, 2016. DOI: 10.1177/0094582X16630308
- LEFF, E. Encountering political ecology: epistemology and emancipation. In: BRYANT, L. (ed.). *The International Handbook of Political Ecology*. Cheltenham, United Kingdom: Edward Elgar, 2015. p. 44-56.
- LINDOSO, D.; ARAÚJO, J. Evolução da adaptação à mudança climática na agenda da ONU: vinte anos de avanços e descaminhos. *Cuadernos de Geografía-Revista Colombiana de Geografía*, v. 22, p. 107-123, 2013. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-215X2013000200007&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 31 ago. 2022.
- LOZANO-POVIS, A.; ALVAREZ-MONTALVAN, C. E.; MOGGIANO, N. El cambio climático en los andes y su impacto en la agricultura: una revisión sistemática. *Scientia Agropecuaria*, v. 12, n. 1, p. 101-108, 2021. DOI: 0.17268/sci.agropecu.2021.012.
- MARINI, R. Dialética da Dependência. México: Editora Era, 1990.
- MARTÍNEZ-ALIER, J. Environmental justice and economic degrowth: an alliance between two movements. *Capitalism Nature Socialism*, v. 23, n. 1, p. 51-73, 2012. DOI: 10.1080/10455752.2011.648839
- MARTÍNEZ-ALIER, J. et al. Blockadia: movimientos de base contra los combustibles fósiles ya favor de la justicia climática. *Anuario Internacional CIDOB*, p. 41-49, 2018. Disponível em: <https://raco.cat/index.php/AnuarioCIDOB/article/view/348692>. Acesso em: 31 ago. 2022
- MENEGHETTI, F. K. O que é um ensaio-teórico?. *Revista de administração contemporânea*, v. 15, p. 320-332, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-65552011000200010>.
- MOREIRA, H.; RIBEIRO, W. A atuação da China no G77, BASIC e BRICS nas negociações internacionais do clima. In: FERREIRA, L. (ed.). *O Desafio das Mudanças Climáticas: Os Casos Brasil e China*. Jundiaí: Paco Editorial, 2017.

- PIÑA BORREGO, C. E. Cambio climático, inseguridad alimentaria y obesidad infantil. Revista Cubana de Salud Pública, v. 45, p. e1964, 2020. Disponível em: <https://www.scielosp.org/pdf/rcsp/2019.v45n3/e1964/es>. Acesso em: 31 ago. 2022.
- RAMMÊ, R. A política da justiça climática: conjugando riscos, vulnerabilidades e injustiças decorrentes das mudanças climáticas. Revista de Direito Ambiental, v. 17, p. 367-389, 2012. Disponível em: <https://institutopiracema.com.br/wp-content/uploads/2021/05/A-POLITICA-DA-JUSTICA-CLIMATICA-Rogerio-RDA-2012.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2022.
- ROUTLEDGE, P.; CUMBERS, A.; DERICKSON, K. D. States of just transition: Realising climate justice through and against the state. Geoforum, v. 88, p. 78-86, 2018. DOI: 10.1016/j.geoforum.2017.11.015
- SVAMPA, M. Las fronteras del neoextractivismo en América Latina: conflictos socioambientales, giro ecoterritorial y nuevas dependencias. Alemania: CALAS, 2019.
- SVAMPA, M. Até onde vão os movimentos pela justiça climática? Nueva Sociedad, 2020. Disponível em: <https://nuso.org/articulo/ate-onde-vao-os-movimentos-pela-justica-climatica>. Acesso em: 31 ago. 2022.
- TRAVASSOS, L. et al. Why do extreme events still kill in the São Paulo Macro Metropolis Region? Chronicle of a death foretold in the global south. International Journal of Urban Sustainable Development, v. 13, n. 1, p. 1-16, 2021. DOI: 10.1080/19463138.2020.1762197
- TORRES, P. H. C. et al. Efecto Nueva Zembla y Justicia Climática en Brasil: adaptación sin justicia no es adaptación, es espejismo. Terra. Nueva Etapa, v. 34, p. 1-14, 2020b. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72166221004>. Acesso em: 31 ago. 2022.
- TORRES, P. H. C. et al. Is the Brazilian national climate change adaptation plan addressing inequality? Climate and environmental justice in a global south perspective. Environmental Justice, v. 13, n. 2, p. 42-46, 2020a. DOI: 10.1089/env.2019.0043
- VICTOR, D. G. et al. Prove Paris was more than paper promises. Nature, v. 548, n. 7665, p. 25-27, 2017. DOI: 10.1038/548025^a
- WHITEHEAD, M. Ambientalismo Urbano Neoliberal e a Cidade Adaptável: por uma teoria Urbana Crítica e Alterações Climática. eMetrópolis, v. 5, n. 18, p. 20-35, 2014. Disponível em: <http://emetropolis.net/artigo/138?name=ambientalismo-urbano-neoliberal-e-a-cidade-adaptavel-por-uma-teoria-urbana-critica-e-alteracoes-climaticas>. Acesso em: 30 ago. 2022.

PARTICIPAÇÃO NO PLANEJAMENTO A LUZ DA ECOLOGIA POLÍTICA URBANA

Caroline Rocha¹

1 – Caroline Cristiane Rocha. Universidade Federal de Minas Gerais. carolinecrisrocha@gmail.com

RESUMO: Esse ensaio tem a expectativa de buscar possíveis relações entre os conceitos abordados na Ecologia Política Urbana (EPU) e o debate sobre a participação no planejamento urbano. Na primeira parte, tem-se um panorama sobre os temas discutidos no campo da EPU, o caráter da análise transdisciplinar, a compreensão das cidades como rede, a noção de metabolismo e a perspectiva de soluções sócioecológicas mais amplas. Na segunda parte, enfatiza-se a discussão da hegemonia de um projeto de modernidade e um modelo de desenvolvimento desigual, a produção de áreas ambientalmente frágeis e a possibilidade de construção de uma justiça ambiental a partir dos movimentos de resistência. Por fim, considerando a possibilidade de EPU trazer uma outra esfera de discussão para o debate sobre a participação no planejamento urbano, defende-se que a mudança de paradigmas como fundamental para aprofundar o debate no âmbito da participação, e a importância de se estabelecer um diálogo entre os diferentes saberes.

Palavras-Chave: Planejamento urbano; Justiça ambiental; Movimentos de resistência; Participação popular.

ABSTRACT: This essay is expected to search possible relationships between the concepts addressed in Urban Political Ecology (UPE) and the debate on participation in urban planning. In the first part, we have an overview of the topics discussed in the UPE field, the character of transdisciplinary analysis, the understanding of cities as a network, the notion of metabolism and the perspective of broader socio-ecological solutions. In the second part, we emphasize the discussion of the hegemony of a project of modernity and a model of uneven development, the production of environmentally fragile areas and the possibility of building environmental justice from resistance movements. Finally, considering the possibility of UPE bringing another sphere of discussion to the debate on participation in urban planning, we argue that the paradigm shift is fundamental to deepen the debate in the scope of participation, and the importance of establishing a dialogue between the different knowledge.

Keywords: Urban planning; Environmental justice; Resistance movements; Popular participation.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21937295

Breve panorama sobre a Ecologia Política Urbana: A Ecologia Política Urbana (EPU) busca discutir a noção de que os ambientes são construções físico-sociais combinadas, historicamente produzidos, resultados de processos sócio-ambientais e que, portanto, não há nada de não natural nos espaços urbanos. Partindo dessa percepção, as cidades devem ser compreendidas como redes densas de processos socioespaciais, simultaneamente locais e globais, humanos e físicos, culturais e orgânicos (HEYNEN; KAIKA; SWYNGEDOUW, 2006).

Segundo Keil (2003), a Ecologia, na EPU, rejeita a noção de que a urbanização equivale a destruição da primeira natureza, mas também não adere à noção romântica de uma sobrevivência do meio ambiente intocável. Entende que a transformação da natureza é justamente o metabolismo que constitui o espaço urbano, que é heterogêneo. Por também ser política, a EPU deve discutir as desigualdades distributivas e econômicas sistêmicas e sua relação com a natureza, tanto no mundo (Norte/Sul) quanto localmente (conceito de justiça ambiental); reconhecer o racismo como um fator das injustiças ambientais e entender que o meio ambiente é uma combinação de uma construção sociofísica com uma produção social e histórica. As questões de sustentabilidade socioambiental são fundamentalmente questões políticas (HEYNEN; KAIKA; SWYNGEDOUW, 2006).

Finalmente, a visão do urbano na EPU é de um complexo, multiescalar e multidimensional, onde o processo de urbanização compreende um conjunto de relações socioespaciais que irão gerar um conjunto de transformações sócio-metabólicas. A partir da noção de justiça social, entende-se que “a urbanização não é apenas um distanciamento linear da vida humana da natureza, mas sim um processo pelo qual novas e mais complexas relações entre sociedade e natureza são criadas” (KEIL, 2003, p.729).

A EPU busca aprofundar a compreensão das cidades enquanto um complexo meio socioambiental, que se constitui através densas redes, onde existem uma série de processos urbanos e ambientais que afetam negativamente alguns grupos sociais enquanto beneficia outros. A transformação ambiental não é independente de questões de classe, gênero, etnia e outras (HEYNEN; KAIKA; SWYNGEDOUW, 2006). O exercício de entender por que as coisas são produzidas como são, quem paga por isso, quem se beneficia, quais são os processos de mudanças socioambientais decorrentes, passa por entender o metabolismo através da circulação.

Segundo Swyngedouw (2006), metabolismo é um processo de produção ambiental, consiste na fusão das propriedades físicas e capacidades criativas dos humanos com os não humanos. Essa transformação só é percebida quando analisamos seu movimento, ou seja, sua

circulação. De acordo com o autor, a vida moderna que planejou as cidades do século XIX implicou em uma vida urbana higienizada. A esse pensamento científico incorporou-se o capitalismo, impulsionando que riqueza e dinheiro começasse a “circular”, em um fluir incessante para se tornar um processo de acumulação e crescimento.

Quanto mais rápido o fluxo, maior a riqueza, a saúde e a higiene da cidade. Circulação, portanto, passou a indicar mudança e transformação. Nessa perspectiva, o espaço urbano deveria se constituir através de fluxos, como um vasto reservatório de dinheiro em circulação perpétua. A criação do espaço urbano como espaço de circulação de humanos e não humanos, contribui para a definição de espaços menos partilhados, além da ausência de identidades locais. “O homem moderno é, acima de tudo, um ser humano móvel” (SENNET, 2006), e o movimento individual na sociedade é parte constituinte do capitalismo.

Dessa forma, esperava-se que o planejamento, a partir da circulação (como o sistema sanguíneo, com artérias e veias), tornasse a cidade mais eficiente possível. A partir dessa análise, a EPU atesta que a urbanização moderna é altamente dependente à circulação/fluxos. Entender que são esses fluxos que produzem uma transformação ecológica e social, que por sua vez determina a urbanização da natureza (SWYNGEDOUW, 2006), é essencial para compreendermos o processo metabólico como histórico, fundindo a dinâmica física com as condições sociais.

Os autores que se debruçam nas questões da EPU apontam a existência de alternativas para essa noção de desenvolvimento hegemônico. Essas alternativas perpassam por uma visão mais ampla da relação sociedade-natureza, principalmente frente às diversas crises contemporâneas – de saúde, de energia, de água –, que nos mostram que nossas vidas urbanas dependem das ecologias globais e das políticas econômicas que as sustentam (KEIL, 2003). A EPU faz uma análise crítica dos problemas ambientais urbanos a fim de pensar soluções socioecológicas mais amplas. Se a “sustentabilidade” socioecológica só pode ser conquistada por meio de um processo democraticamente organizado, é fundamental discutirmos as estratégias pelas quais é possível conseguir uma distribuição de poder social mais equitativa e um modo de produção da natureza mais inclusivo (HEYNEN; KAIKA; SWYNGEDOUW, 2006).

Um modelo de desenvolvimento desigual e a busca por uma justiça ambiental real: Compreende-se que o modo de vida urbano-industrial é a materialização espacial da modernidade capitalista, acompanhada da reprodução de injustiças socioambientais para os mais pobres (COSTA, 1999). Uma vez que os processos de urbanização avançam, fica evidente

que o desenvolvimento pretendido nos países periféricos é aquele que reforce um determinado projeto de modernidade, onde não há espaço para outros saberes, que se colocam muitas vezes em oposição à hegemonia consumista e apartada da natureza da nossa sociedade. Cada vez mais vemos o discurso do desenvolvimento sustentável sendo assimilado pelo mercado, se colocando a favor da conservação de uma natureza capitalizada e distorcendo as noções de acesso a uma cidade ambientalmente justa para todos.

O uso do termo sustentabilidade consegue capturar alguns dilemas dos governos, reestruturando compromissos do Estado e assumindo uma modernização ecológica. Para Keil (2003), chama a atenção a incorporação seletiva de alguns aspectos ecológicos nessa nova modernização pretendida. O conceito de desenvolvimento sustentável é utilizado em discursos de diferentes interesses, um tipo de expressão generalizada: desde a produção de condomínios ecológicos em áreas rurais (vendidos como espaços de contato com a natureza, exclusivo das classes altas) às *smart cities*, importadas do contexto europeu que trazem a discussão da forma urbana compacta e da valorização da área central (morar no centro para quem pode pagar).

Costa (2012) chama atenção para a posição de regulador da disputa pelo espaço e pela natureza que o planejamento e as políticas públicas ocupam. Nesse sentido, todo aquele que pensa e produz o espaço é um agente social em disputa. Com a urbanização extensiva, como nos lembra Monte-Mór (2005), a urbanização incorpora espaços rurais e regionais à lógica urbano-industrial dominante, e as tomadas de decisão da metrópole irão influenciar as diretrizes de planejamento. Há um peso sobre as necessidades cotidianas de descolamento entre municípios, principalmente com tendência de áreas residenciais cada vez mais distantes do centro da metrópole – lugar da produção de bens, serviços, mercadorias, conhecimento.

A reflexão proposta por Costa (2012) é discutir essas duas formas de apropriação da natureza na escala regional: a partir da vulnerabilidade socioambiental, resultado de um “passivo urbanístico-sanitário-ambiental das periferias metropolitanas pobres”, e a partir da natureza “transformada em atributo ambiental da urbanização – sob a forma de paisagem, de unidades de conservação, de áreas de lazer, de baixa densidade, de jardins e quintais em lotes de maior porte” (COSTA, p.108, 2012), de acordo com as necessidades das classes mais altas. É necessário entender essas perspectivas de apropriação da natureza para termos um olhar mais crítico para o que se coloca como desastres naturais. Esses eventos nada mais são como respostas dessa integração da natureza na cidade, que irão afetar de formas diferentes o urbano estendido.

Costa (2021) propõe uma compreensão da cidade a partir da natureza, a fim de ampliar o conceito de direito à cidade. O conceito de direito à cidade engloba o direito de acesso à

cidade, seja pelo direito à moradia, seja pelo direito à mobilidade, o direito à localização, o direito ao acesso a tudo que a cidade promove. Lefebvre (2001) nos lembra que o direito à cidade se manifesta a partir da apropriação, que requer a posse do espaço pelos usuários em detrimento à noção de propriedade do espaço. Harvey (2008) reforça a dimensão política do direito à cidade ao identificá-lo como o direito de transformação e ainda, que transformar a cidade em algo radicalmente diferente é um direito coletivo, e não individual.

Dessa forma, comprehendo que essa proposição é pertinente, uma vez que a natureza é muitas vezes dissociada da urbanização, e “a natureza se torna visível principalmente quando reclama seu espaço original e desencadeia processos de risco e vulnerabilidade social e ambiental” (COSTA, 2021, p.148). Não podemos esquecer dos episódios recorrentes dos verões no Brasil, com chuvas torrenciais causando mortes e destruição.

Retorna-se então aos espaços onde vivem as populações de baixa renda. Aos pobres urbanos, que não tem acesso à habitação pelo mercado formal, cabe a ocupação de áreas ambientalmente frágeis – nas cabeceiras, nos fundos de vale. É importante ressaltar que essa ocupação não é meramente um resultado da ausência de planejamento ou de uma urbanização incompleta. Se temos nas cidades lugares que não são de interesse do mercado imobiliário e ao mesmo tempo uma população que não tem recursos para acessar a moradia, mas que depende da cidade como *locus* de produção e reprodução social, temos um processo inerente à produção capitalista do espaço. As áreas de vulnerabilidade social e ambiental (áreas de risco) é parte integrante do processo de valorização da terra urbana.

Costa (2021) também chama atenção para o modelo de planejamento urbano rodoviário, que invisibiliza as águas que estão nas cidades. “Parte dessa rede viária foi e é constituída por avenidas sanitárias, com canalização de cursos d’água e impermeabilização de suas margens” (COSTA, 2021, p.150). Esse sistema viário também valoriza a terra no processo de expansão urbana.

Nesse ponto, é relevante a pontuação da autora de que a terra se compromete com esse processo de urbanização, o que dificulta a manutenção de práticas de comunidades que usam a terra de forma mais harmoniosa aos ciclos da natureza, “respaldadas em saberes tradicionais ou ancestrais [...] em que a natureza tem um papel central” (COSTA, 2021, p.151).

É preciso reconhecer as resistências dessas experiências, que soma à luta pelo direito à cidade o direito à natureza: “o direito à natureza se associa ao direito à alimentação, à educação, à saúde, a uma vida digna, enfim é parte do direito à cidade em seu sentido mais amplo” (COSTA, 2021, p.152). É necessário fortalecer nas políticas públicas e nas ferramentas de planejamento urbano, práticas de uso da terra mais associados aos ciclos da natureza. Se a

natureza é um processo histórico-geográfico, então é possível pensar outras formas de produzir sociedades, como nos lembra Swyngedouw (2009), “tanto a sociedade quanto a natureza são produzidas e, consequentemente, maleáveis, transformáveis e transgressivas”.

Movimentos de resistência, diálogo entre diferentes saberes e mudança de paradigmas: A partir da discussão da EPU, do pressuposto que a noção de desenvolvimento sustentável é uma disputa entre diferentes projetos sociais, devemos colocar em pauta as técnicas que constituem nossas cidades e a busca por melhores condições de vida urbana e de redistribuição do ônus ambiental, cada vez mais catastrófico na década da emergência climática.

Oliveira (2019) destaca o protagonismo dos movimentos sociais, que propõem “abordagens que rejeitam o projeto desenvolvimentista hegemônico e reivindicam na ideia de sustentabilidade um novo projeto de desenvolvimento” (OLIVEIRA, 2019, p.130). Essas propostas ganharam força na década de 60 e 70 com os movimentos que se pautavam pela crítica à sociedade ocidental capitalista e buscavam apontar outros modos de vida possíveis. Estes foram protagonistas dos chamados conflitos socioambientais, “[...] conflitos por acesso e uso dos recursos naturais, capitaneados por comunidades que se inseriam à margem do sistema capitalista, como os seringueiros, ribeirinhos, atingidos por barragens, entre outros” (OLIVEIRA, 2019, p. 127).

É necessário reconhecer nos territórios informais, aqueles onde vivem os marginalizados pelas políticas urbanas que privilegiam o mercado imobiliário, suas potencialidades e a autonomia de seus moradores presente na autoprodução do espaço, como meio de efetivação do direito à cidade. Um exemplo são os espaços autoproduzidos das ocupações urbanas: terrenos ou edificações, nas áreas centrais ou periféricas das cidades, que não cumprem sua função social e são ocupados por movimentos sociais, organizados ou não, que lutam pelo direito à moradia.

Para tanto, devemos estar dispostos a uma fricção entre o conhecimento e a experiência dos moradores que autoproduzem seu território, e dos técnicos, planejadores urbanos, com o objetivo de reconhecer nesses espaços as relações cotidianas com o meio ambiente mais evidentes (PENNA *et al.*, 2019). Trata-se não só de investigar quais são as estratégias de permanência nos territórios, mas também de superar paradigmas de urbanização buscando romper com a ideia hegemônica de que os saberes técnicos prevalecem sobre os saberes populares.

A EPU visa potencializar o conteúdo democrático da construção socioambiental, identificando estratégias para se alcançar uma distribuição mais equitativa de poder social e um

modo mais inclusivo de produção ambiental (KEIL, 2003). Isso significa interromper o crescimento desenfreado da produção do capital e pensar novas formas de economia, além de uma reconfiguração das relações urbano-natureza, construindo demandas populares pela democratização da cidade e pela apropriação dos espaços de interesse comum (OLIVEIRA, 2019).

Devemos enfrentar o dualismo que se apresenta como únicas saídas possíveis: a aceitação da dominação total da natureza, pela lógica de produção capitalista, ou a concepção de catástrofes irreversíveis, pela incapacidade de nossas forças políticas de conceber outras possibilidades de relação urbano-natureza. Se o conceito de natureza é vazio por si só, como nos ensina a EPU, poderíamos compreender as múltiplas relações socionaturais existentes ou possíveis? A superação desses obstáculos pressupõe também questionar a hegemonia da exploração capitalista e vislumbrar essas mudanças paulatinas nos espaços que se apresentam como alternativas populares, por meio de formas solidárias e economias ligadas à autogestão e o acesso à democracia.

Referências:

- COSTA, Heloisa Soares de Moura. Desenvolvimento Urbano Sustentável: uma contradição de termos? Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, ANPUR, novembro, p. 58-71, 1999.
- COSTA, Heloisa Soares de Moura. Planejamento e ambiente em regiões metropolitanas. In George Martine. (Org.). População e sustentabilidade na era das mudanças ambientais globais contribuições para uma agenda brasileira. 1ed.Belo Horizonte ABEP, v. 1, p. 107-122, 2012.
- COSTA, Heloisa Soares de Moura. Questão ambiental, natureza e Direito à Cidade. In: Orlando Alves dos Santos Júnior; Valéria Pinheiro; Patrícia Ramos Novaes. (Org.). O direito à cidade, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e as políticas públicas. Rio de Janeiro: FNRO; IBDU; Observatório das Metrópoles, p. 148-153, 2021.
- HARVEY, David. The Right to the City. New Left Review, v. 53, p. 23-40, 2008.
- HEYNEN, KAYKA, SWYNGEDOW. Urban political ecology: Politicizing the production of urban natures (1º capítulo do livro In The Nature of Cities: Urban political ecology and the politics of urban metabolism. Heynen, Kaika, Swyngedouw), 2006.
- KEIL, Roger. Urban Political Ecology. In: Urban Geography, 24, 8, p. 723–738, 2003.
- LEFEBVRE, Henri. O direito à cidade. São Paulo: Centauro, 2001. Tradução Rubens Eduardo Frias. 5. ed. Título original: Le Droit à la Ville.

MONTE-MÓR, Roberto Luís. O que é o urbano no mundo contemporâneo? Texto para discussão do CEDEPLAR, n. 281, 2005.

OLIVEIRA, Ana Mourão. A Trama Verde e Azul: transitando entre a abstração e a experiência urbana. Tese (Seção 2.3 - Segundo momento: a questão ambiental e o protagonismo ecológico - pgs. 124-142), 2019.

PENNA, et. al. O político-pedagógico na prática: como faz-pensando o Escritório de Integração do Curso de Arquitetura e Urbanismo da PUC Minas. In: Na cidade: micropolíticas e modos de existência. Adriana Maria Brandão Penzim; Robson Sávio Reis Souza; Claudemir Francisco Alves (orgs.). Belo Horizonte: Editora PUC Minas, Nesp, 2019.

RANDOLPH, Rainer. A nova perspectiva do planejamento subversivo e suas (possíveis) implicações para a formação do planejador urbano e regional – o caso brasileiro. Scripta Nova Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona. Vol. XII, núm. 270 (98), agosto de 2008.

SENNET, 2006. Circulação e Respiração (1a parte do capítulo 8 do livro Carne e Pedra: o corpo e a cidade na civilização ocidental), 2006.

SWYNGEDOUW, Erik. Metabolic urbanization: The making of cyborg cities (2O capítulo do livro In The Nature of Cities: Urban political ecology and the politics of urban metabolism. Heynen, Kaika, Swyngedouw), 2006.

SWYNGEDOUW, Erik. La naturaleza no existe! La sostenibilidad como síntoma de una planificación despolitizada. 2010.

DINÂMICA DE EXPANSÃO URBANA E RELAÇÃO DESENVOLVIMENTO-DESMATAMENTO EM CIDADES AMAZÔNICAS

Renata Maciel Ribeiro¹; Silvana Amaral²; Antônio Miguel Vieira Monteiro³

1 – Renata Maciel Ribeiro. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. renata.ribeiro@inpe.br

2 – Silvana Amaral Kampel. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. silvana.amaral@inpe.br

3 – Antônio Miguel Vieira Monteiro. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. miguel.monteiro@inpe.br

RESUMO: O histórico de ocupação e apropriação da terra traz como consequência uma expressão espaço-geográfica do que atualmente se observa no território. Na Amazônia, uma vez que toda economia regional tem uma forte e importante base urbana, a compreensão do processo de urbanização, seu estágio atual e suas perspectivas e possibilidades futuras é muito importante para a compreensão da relação urbanização-natureza, e seus desdobramentos no contexto das mudanças climáticas. Neste sentido, este trabalho analisa a relação entre a dinâmica de expansão urbana, caracterizada a partir de métricas de paisagem e por Indicador proposto pela ONU para análise de desempenho das cidades em relação ao item 3 do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11, e a relação destes padrões espaciais com o desenvolvimento-desmatamento, analisados a partir da Curva de Kuznets Ambiental, previamente calculada em literatura. Esta proposta metodológica foi aplicada a dois municípios da Amazônia paraense e, ao se comparar os resultados, foi possível observar que diferentes padrões de expansão urbana são influenciados pela natureza dos modelos socioeconômicos-ambientais, permitindo capturar as tendências e padrões de evolução das cidades.

Palavras-Chave: Amazônia; urbanização; métricas de paisagem; ODS; EKC.

ABSTRACT: The history of land occupation and appropriation expresses what is currently observed in the territory. Since every Amazonian regional economy has a strong and important urban base, understanding the urbanization process and its future prospects and possibilities is very important for understanding the relationship between urbanization and nature, and its consequences in the context of climate change. In this sense, this work intends to analyze the relationship between the dynamic of urban sprawl, characterized by landscape metrics and Indicator proposed by the UNDP for analyzing the performance of cities in relation to item 3 of Sustainable Development Goal 11, and the relationship between these spatial patterns with development-deforestation, analyzed by the Environmental Kuznets Curve, previously calculated in the literature. This methodological proposal was applied to two municipalities in the in the Amazon region, in the state of Pará, and, when comparing the results, it was possible to observe that different patterns of urban expansion are influenced by the nature of the socioeconomic models, allowing to capture the trends and patterns of evolution of cities.

Keywords: Amazon; urbanization; landscape metrics; SDG; EKC.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21937298

Introdução: A dinâmica de formação e evolução das cidades é regida por processos e agentes histórico-geográficos subjacentes, que, associados a diferentes contextos políticos, econômicos e socioculturais, materializam-se em diferentes formas socioespaciais urbanas. Assim, o histórico de ocupação e apropriação da terra traz como consequência uma expressão espaço-geográfica do que atualmente se observa no território. Uma vez que toda economia regional amazônica tem uma forte e importante base urbana (BECKER, 2013; SILVA, 2021), a compreensão do processo de urbanização, seu estágio atual e suas perspectivas e possibilidades futuras é muito importante para a compreensão da relação urbanização-natureza, e seus desdobramentos no contexto das mudanças climáticas. Neste escopo, a Agenda 2030 da ONU (Organização das Nações Unidas) determina em seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), o objetivo global de cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11), que visa valorizar o papel da urbanização inclusiva e a capacidade de planejamento e gestão de assentamentos humanos de forma participativa, integrada, ambientalmente responsável e resiliente às mudanças climáticas.

Para adequar um objetivo global às perspectivas e demandas locais, deve-se considerar que existem diferentes formas de apropriação e transformação da terra urbana, o que se reflete nas mudanças ao longo do tempo na relação com o território e abrange tanto aspectos espaciais, quanto político-econômicos e simbólico-culturais. Este trabalho apresenta uma proposta simplificada de olhar sob diversos ângulos o mesmo objeto: a dinâmica de evolução das cidades em um contexto de floresta tropical. Para tanto, propõe-se uma abordagem empírica para teste de uma proposta metodológica, tomando-se como recorte de pesquisa duas cidades da Amazônia paraense, Mocajuba e Tucumã, com diferentes históricos de ocupação e características geográficas.

Inicialmente, analisa-se a relação entre a evolução da expansão urbana, caracterizada a partir de métricas de paisagem e pelo equilíbrio entre consumo da terra e crescimento populacional, medido a partir de Indicador proposto pelo projeto Trends Earth (TRENDS EARTH, 2018a) como contribuição para o monitoramento do progresso das cidades em relação ao item 3 do ODS 11. Numa segunda etapa, propõe-se o diálogo com a literatura a partir da análise dos resultados obtidos com as Curvas de Kuznets Ambiental (EKC), contextualizadas para a Amazônia e calculadas por Ribeiro et al. (2018; 2022). Assim, é possível incluir uma dimensão socioeconômica, e a relação desenvolvimento-desmatamento, na análise da dinâmica urbana, considerando que os objetos de análise são duas cidades que nascem e crescem no contexto de um bioma florestal. Espera-se que desta proposta metodológica seja possível desenhar um caminho para explorar a relação entre a dinâmica de expansão urbana, a relação

entre consumo da terra e crescimento populacional e os diferentes modelos socioeconômicos-ambientais.

Materiais e Métodos: O recorte espacial deste trabalho compreende os municípios de Mocajuba e Tucumã, no estado do Pará - Brasil. Mocajuba teve sua dinâmica de ocupação territorial associada ao rio Tocantins. Com atividades econômicas e vias de acesso concentradas em áreas ribeirinhas, a população se estruturou e tem sua lógica de viver e produzir associadas, primordialmente, às margens do rio. De outro modo, Tucumã, município de terra firme, teve seu histórico de ocupação associado a projetos de assentamento à beira da rodovia PA-279. Devido às suas condições favoráveis à agricultura, o município sofre com invasões às áreas de assentamento (PARÁ, 2016) e forte pressão da fronteira agrícola, apresentando, atualmente, poucas áreas de remanescentes florestais (INPE, 2018).

Para a análise da dinâmica de expansão urbana nas duas cidades, utilizou-se a base de dados da plataforma Trends Earth (TRENDS EARTH, 2018a), que, a partir do treinamento de algoritmo de classificação Random Forest, calcula um Índice de Superfície Impermeável (ISI) em escala global. O algoritmo é treinado e validado a partir dos dados globais de superfícies impermeáveis GMIS (Global Man-made Impervious Surface) (GMIS, 2010) e de cobertura da terra da ESA CCI (European Space Agency – Climate Change Initiative) (ESA, 2015).

Para estimar as áreas de superfícies impermeáveis, o ISI é convertido em um mapa binário (área construída e área não construída) a partir da relação entre valores de: (i) ISI, (ii) intensidade de luzes noturnas, (iii) frequência de água no pixel. Os limiares são testados e determinados de forma empírica, considerando as particularidades da área de interesse. Em seguida, novos parâmetros são aplicados para o mapeamento da dinâmica de expansão urbana. Definem-se pixels construídos e não construídos em seis tipos (área urbana, área periurbana, área construída rural, franja urbana, espaço capturado e espaço externo) a partir de uma consulta espacial em vizinhança circular de raio de 500m. As áreas construídas são classificadas com base na densidade de pixels semelhantes (área construída) dentro do raio de cada pixel. Os valores dos parâmetros para consulta espacial de vizinhança foram estabelecidos com base no trabalho de Ramos (2017) (Tabela 1).

Tabela 1 – Parâmetros definidos para mapeamento de áreas urbanas, áreas periurbanas e espaços abertos.

Parâmetros	Descrição
------------	-----------

Área Urbana	Pixels classificados como construídos que apresentem mais de 40% de pixels da mesma classe em sua vizinhança.
Área Periurbana	Pixels classificados como construídos que apresentem entre 20% e 40% de pixels da mesma classe em sua vizinhança.
Espaço Aberto	Área máxima de espaço aberto para ser considerado um espaço aberto urbano: <i>Franja urbana</i> - pixels que se localizam a uma distância < 100 metros de áreas urbanas e periurbanas; <i>Espaço aberto capturado</i> - pixels que se encontram completamente rodeados por áreas construídas ou franja urbana (< 200 ha); <i>Espaço aberto externo</i> – Todos os outros espaços abertos.

Fonte: elaboração própria.

Desta etapa gera-se como resultado mapas temáticos e um conjunto de estatísticas relativas à extensão de cada uma das classes calculadas em unidade de área (ha) para cada ano de análise (2000, 2005, 2010 e 2015). A partir dos mapas de dinâmica de expansão urbana, as métricas de paisagem permitiram avaliar se a expansão se deu por um processo de: (i) *preenchimento*, definido como todas as áreas construídas que surgiram, entre dois períodos, em áreas abertas, anteriormente circundadas pela área urbana-periurbana, calculado a partir do total de “área urbana” e “área periurbana” em área anteriormente de “espaço aberto capturado”; (ii) *extensão*, que se refere às novas áreas construídas em áreas abertas contíguas à área urbana-periurbana, calculada a partir do total de “área urbana” e “área periurbana” em área anteriormente de “franja urbana”; e (iii) *leapfrog*, que se refere às áreas construídas que surgem em áreas não contíguas à área urbana-periurbana, calculado a partir do total de “área urbana” e “área periurbana” em área anteriormente de “espaço aberto externo”.

Associado à análise da estrutura e evolução da paisagem urbana, calculou-se o Indicador de adequação das cidades ao ODS 11.3 (consumo da terra-crescimento populacional) (Equação 1). Em sua especificação original, considera-se a área urbana como base de cálculo. No entanto, considerando o urbano extensivo, discutido por Lefebvre (1999) e Monte-Mór (1994), entende-se que, para o contexto amazônico, além do fato urbano mais adensado e consolidado, existe um tecido urbano que se espalha no espaço regional e constrói um gradiente urbano no território. Assim, o cálculo foi feito com base na variação da “área urbana” e “área periurbana” como proposta para inserir na análise outros contextos urbanos, com diferentes níveis de adensamento.

O Indicador avalia a eficiência com que as cidades utilizam a terra e é calculado pela razão da *Taxa de Consumo da Terra* (TCT) (Equação 2) sobre a *Taxa de Crescimento Populacional* (TCP) (Equação 3). Para o cálculo são necessárias medidas de área urbana, e

periurbana neste caso, e população em pelo menos dois momentos no tempo (t1 e t2). Os dados populacionais decorrentes de levantamentos censitários e estimativas são disponibilizados pela plataforma.

$$\text{Indicador consumo da terra/crescimento populacional} = \frac{TCT}{TCP} \quad (\text{Equação 1})$$

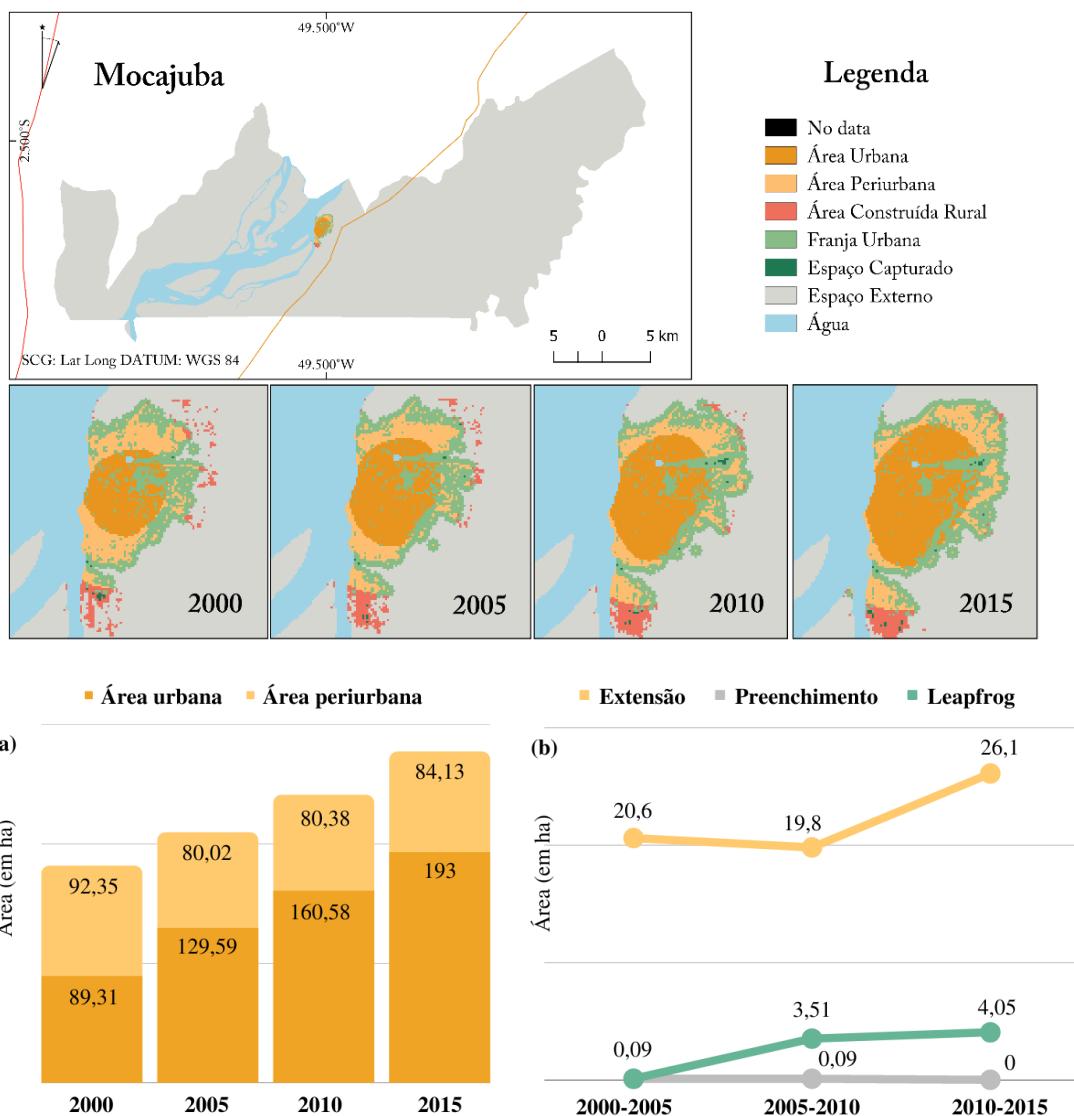
$$TCT = \frac{\ln\ln\left(\frac{\text{Área Urbana}+\text{Área Periurbana}_{t2}}{\text{Área Urbana}+\text{Área Periurbana}_{t1}}\right)}{t2-t1} \quad (\text{Equação 2})$$

$$TCP = \frac{\ln\ln\left(\frac{\text{População Urbana}_{t2}}{\text{População Urbana}_{t1}}\right)}{t2-t1} \quad (\text{Equação 3})$$

Os resultados obtidos pelo Indicador ajudam a identificar possíveis demandas por serviços básicos, em cenários em que a TCP é maior que a TCT, ou contextos de espraiamento urbano, em cenários em que a TCT é maior que a TCP. Essa informação, associada à curva EKC (RIBEIRO et al., 2018; 2022), calculada para todos os municípios paraenses no período entre 2000 e 2010, ajuda a compreender a dimensão da paisagem na análise dos modelos de desenvolvimento socioeconômico, representados, no contexto da EKC, pela resposta ambiental - mediada pelo desmatamento - em relação à evolução de um conjunto de variáveis socioeconômicas.

Resultados e Discussões: Os resultados para Mocajuba (Figura 1) mostraram que no período analisado há predominância, a princípio, da “área periurbana” (Figura 1a) e, no decorrer do tempo, estas áreas vão sendo adensadas e classificadas como áreas urbanas. Com exceção da transição entre 2000 e 2005, onde ocorreu redução da área periurbana, existe um padrão geral de aumento de área das duas classes (urbana e periurbana), indicando crescimento urbano ao longo do tempo, com tendência ao adensamento. Além disso, a expansão ocorre de forma contígua à mancha urbana e esta tendência de crescimento pode ser observada tanto na dinâmica de expansão urbana, quanto nas métricas de paisagem (Figura 1b e Anexo 1), que indicam a predominância do crescimento urbano do tipo *extensão*.

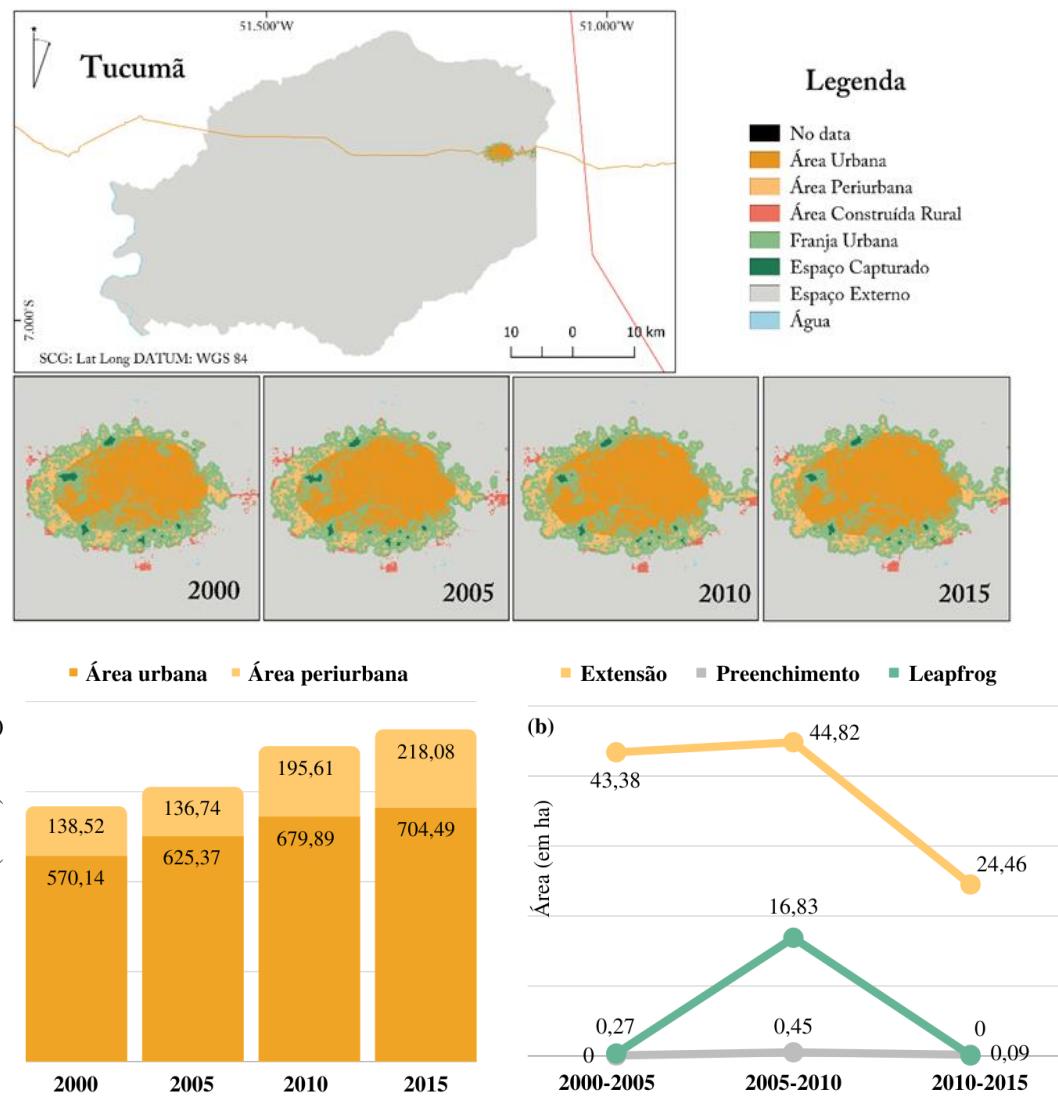
Figura 1 - Mapeamento da dinâmica de expansão urbana e métricas de paisagem para Mocajuba.



Fonte: elaboração própria.

Para Tucumã, assim como para Mocajuba, observa-se o aumento progressivo de áreas urbanas no tempo (Figura 2a). No entanto, ao contrário do observado para Mocajuba, em Tucumã as áreas periurbanas passam por crescimento contínuo ao longo de todos os anos, somando 80ha no total de “área periurbana” entre 2000 e 2015. Assim como em Mocajuba, o crescimento urbano é, prioritariamente, contíguo à mancha urbana (Figura 2).

Figura 2 - Mapeamento da dinâmica de expansão urbana e métricas de paisagem para Tucumã.



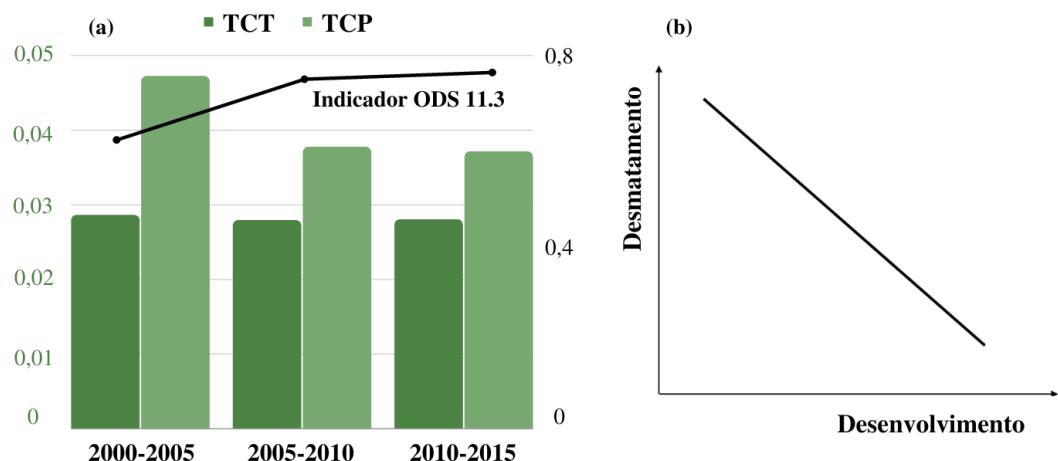
Fonte: elaboração própria.

As métricas de paisagem (Figura 2b e Anexo 2) mostram que, apesar da predominância da *extensão* em relação às outras medidas, a área urbana-periurbana que cresce por processo de *extensão* sofre redução de quase 50% na transição entre 2010 e 2015, indicando uma possível mudança nos padrões de crescimento urbano no município ao longo do tempo. De outro modo, pôde-se observar um pico no crescimento do tipo *leapfrog*, mostrando que, além da *extensão*, houve, entre 2005 e 2010, o aumento de crescimento de áreas urbanas em espaços abertos não contíguos à mancha urbana (Figura 2b).

Os resultados do Indicador de consumo da terra-crescimento populacional em comparação às curvas EKC, observadas por Ribeiro et al. (2018; 2022), indicaram que: para Mocajuba, houve ao longo do tempo uma redução constante da diferença entre a TCT e a TCP, apontando melhorias no Indicador com o passar dos anos (Figura 3a). Este resultado converge

com o cenário representado pela EKC (Figura 3b), que apresenta o formato monotônico decrescente para o município. Este formato indica que à medida que as variáveis do modelo evoluem no contexto socioeconômico, há uma tendência à redução progressiva do desmatamento, representando contextos econômicos onde há a predominância de matrizes ambientalmente responsáveis (RIBEIRO et al., 2018; 2022).

Figura 3 - Taxa de consumo da terra (TCT), taxa de crescimento populacional (TCP) e indicador ODS 11.3 (a) e Curva de Kuznets Ambiental (RIBEIRO et al., 2018; 2022) (b) para Mocajuba.



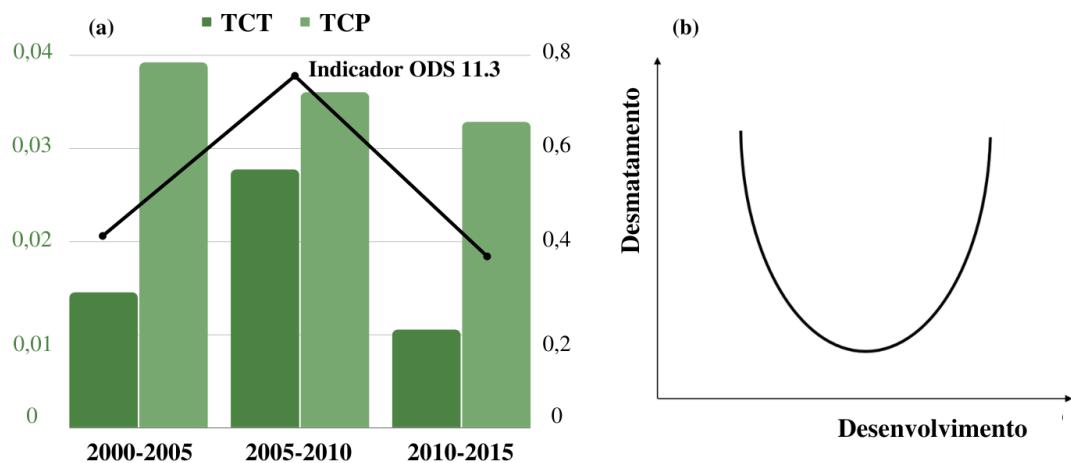
Fonte: elaboração própria.

Para Tucumã, no período entre 2005 e 2010 houve menor diferença entre a TCT e a TCP, apresentando melhores resultados no Indicador. Observa-se que ao longo dos três períodos analisados, a TCP sofre discreta redução, apresentando dinâmica diferente da TCT, que aumenta entre 2005 e 2010 e reduz substancialmente no período posterior (2010-2015). Esta dinâmica pode indicar um período de implementação de algum grande projeto, que promoveu a intensificação do crescimento de áreas urbanas. Em seguida, a dinâmica retoma seu curso natural de redução, acompanhando a evolução populacional (Figura 4a). No entanto, ainda se observa grande diferença entre a TCT e a TCP, indicando desequilíbrio nos resultados do Indicador.

A EKC em formato de “U” para este município representa o padrão geral de desenvolvimento atual na Amazônia. Inicialmente, a redução do desmatamento com a evolução das variáveis socioeconômicas, que responde às políticas ambientais de comando e controle, e em seguida, a retomada do protagonismo de atividades econômicas que têm como base a exploração da floresta a partir de desmatamento. O desequilíbrio e instabilidade dos dois processos analisados - dinâmica de expansão urbana e relação desenvolvimento-desmatamento – no município, apesar de dificultar o entendimento e interpretação dos resultados, demonstra

a volatilidade característica de um desenvolvimento de fronteira, ou seja, aquele que é baseado no capitalismo periférico, que dita a forma como o espaço é transformado de acordo com os interesses fluidos do mercado.

Figura 4 - Taxa de consumo da terra (TCT), taxa de crescimento populacional (TCP) e indicador do ODS 11.3
 (a) e Curva de Kuznets Ambiental (RIBEIRO et al., 2018; 2022) (b) para Tucumã.



Fonte: elaboração própria.

Conclusão: O mapeamento da dinâmica de expansão urbana e análise da relação desenvolvimento-desmatamento permitiram, de modo geral, capturar as tendências e padrões de evolução das cidades. Tendo em vista a complexidade ao se considerar cidades que nascem e evoluem em um bioma florestal, conclui-se que a análise conjunta entre métodos que possibilitem uma visão mais ampla da questão urbana, considerando aspectos territoriais, socioeconômicos e ambientais, ajudaram a entender algumas características do estágio atual da urbanização nas duas cidades e, com isso, podem contribuir no desenho de projetos futuros, buscando atender as propostas dos objetivos globais a partir das demandas, perspectivas e características de cada território, incluindo sua história, sua terra e sua gente.

Agradecimentos: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Gostaríamos de agradecer também a Profª. Drª. Maria Isabel Sobral Escada pelas contribuições.

Referências:

- ANGEL, S.; PARENT,J.; CIVCO, D.L.; BLEI, A.M. Making Room for a Planet of Cities. Lincoln Institute of Land Policy. Policy Focus Report, 2011.

- BARBIER, E.B.; BURGESS, J.C. The Economics of Tropical Deforestation. *Journal of Economic Surveys*, v.5, n.3, 2002.
- BECKER, B. K. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários? *Parcerias Estratégicas*, v. 6, n. 12, p. 135–159, 2001.
- BECKER, B. K.; STENNER, C. Um futuro para a Amazônia. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- BECKER, B. Amazônia: geopolítica na virada do III milênio. 4. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.
- BECKER, B. Urbe amazônica. Rio de Janeiro: Garamond, 2013.
- DE BRUYN, S. M.; VAN DEN BERGH, J. C. J. M.; OPSCHOOR, J. B. Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves. *Ecological Economics*, v. 25, p. 161-175, 1998.
- EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). Dataset Land Cover (2015).
- GLOBAL MAN-MADE IMPERVIOUS SURFACE (GMIS) Dataset From Landsat, v1 (2010).
- GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ. Inventário da Oferta Turística do Município de Tucumã. Belém, 2016. 69p.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Dados por município PRODES. 2018. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>>. Acesso em: 10 set. 2019.
- JACOBS, J. *The economy of cities*. New York: Random House, 1969.
- LEFEBVRE, H. A revolução urbana (1972). Belo Horizonte: UFMG, 1999. p.14-32.
- MACHADO, L. O. O controle intermitente do território amazônico. *Revista Território*, v. 1, n.2, p. 19-32, 1997.
- MACHADO, L. O. Urbanização e mercado de trabalho na Amazônia brasileira. *Cadernos IPPUR*, Rio de Janeiro, v. 13, n.1, p.109-138, jan./jul. 1999.
- MOLOTH, H. The city as a growth machine: toward a political economy of place. *The American Journal of Sociology*, v. 82, n. 2, p. 309–332, 1976.
- MONTE-MÓR, R. L. M. Urbanização extensiva e lógicas de povoamento: um olhar ambiental. In: SANTOS, M.; SOUZA, M. A.; SILVEIRA, M. L. (Eds.). *Território, globalização e fragmentação*. São Paulo: Hucitec/Anpur, 1994.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). 2015. *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Document for the UN Summit to Adopt the Post-2015 Development Agenda*. New York: United States.

RAMOS, F. R. Três Ensaios sobre a Estrutura Espacial Urbana de Cidades Brasileiras: Economia Urbana e Geinformação na Construção de Novos Olhares. 1. ed. Saarbrücken: Novas Edições Acadêmicas, 2017. 177p.

RIBEIRO, R. Revisitando a “Floresta Urbanizada”: As Dinâmicas Atuais de Urbanização e Conversão Florestal na Amazônia Paraense (dissertação de mestrado). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2018.

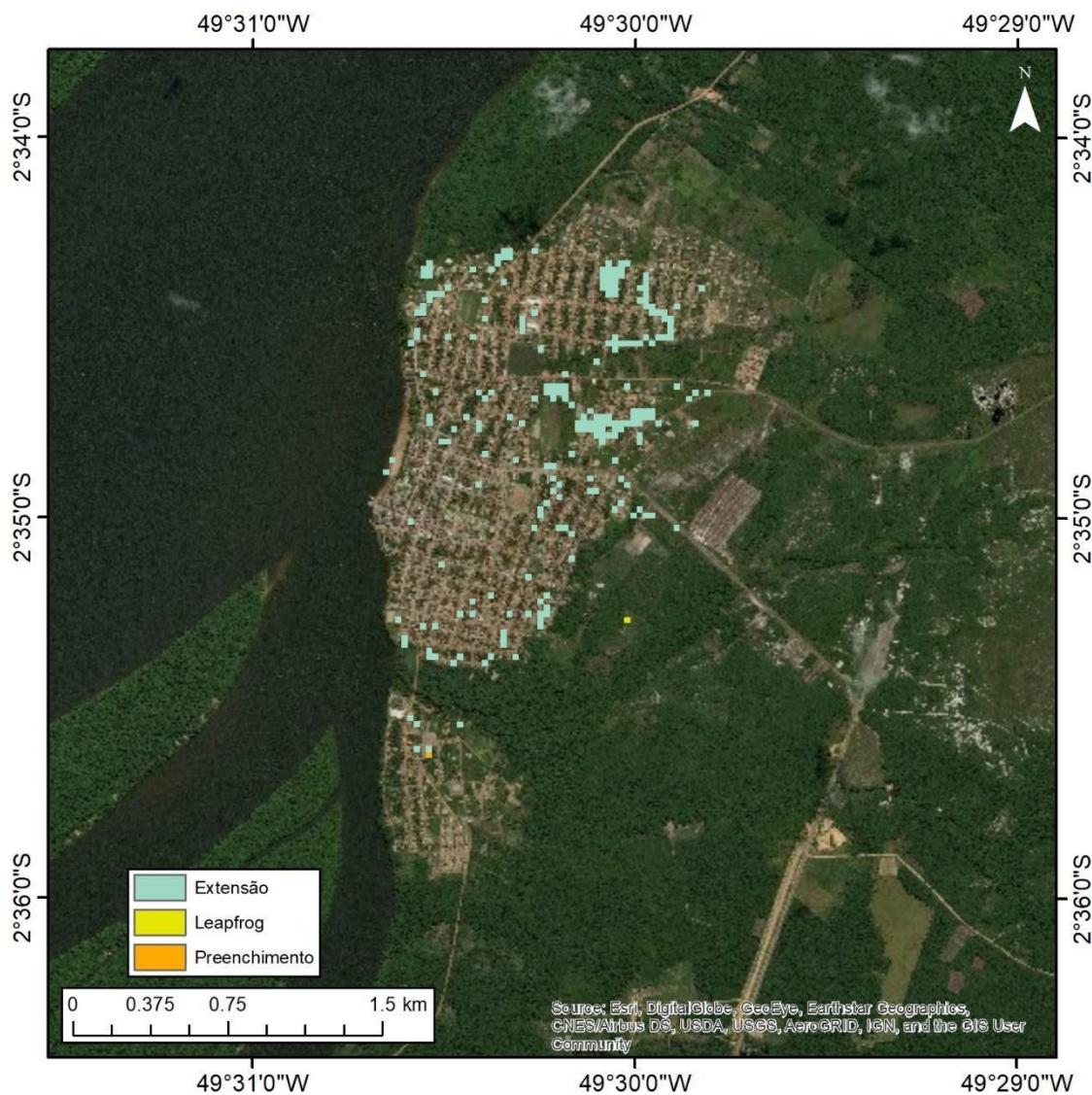
RIBEIRO, R. et al. " Cities in the forest" and" cities of the forest": an environmental Kuznets curve (EKC) spatial approach to analyzing the urbanization-deforestation relationship in a Brazilian Amazon state. *Ecology and Society*, v. 27, n. 2, 2022.

SILVA, H. A economia do açaí em Belém-PA: vida urbana e biodiversidade em uma experiência singular de desenvolvimento econômico. *Novos Cadernos NAEA*, v. 24, n. 3, 2021.

TRENDS EARTH (2018a). Conservation International. Disponível online em:
<http://trends.earth>. Acesso em: 20 jul 2019.

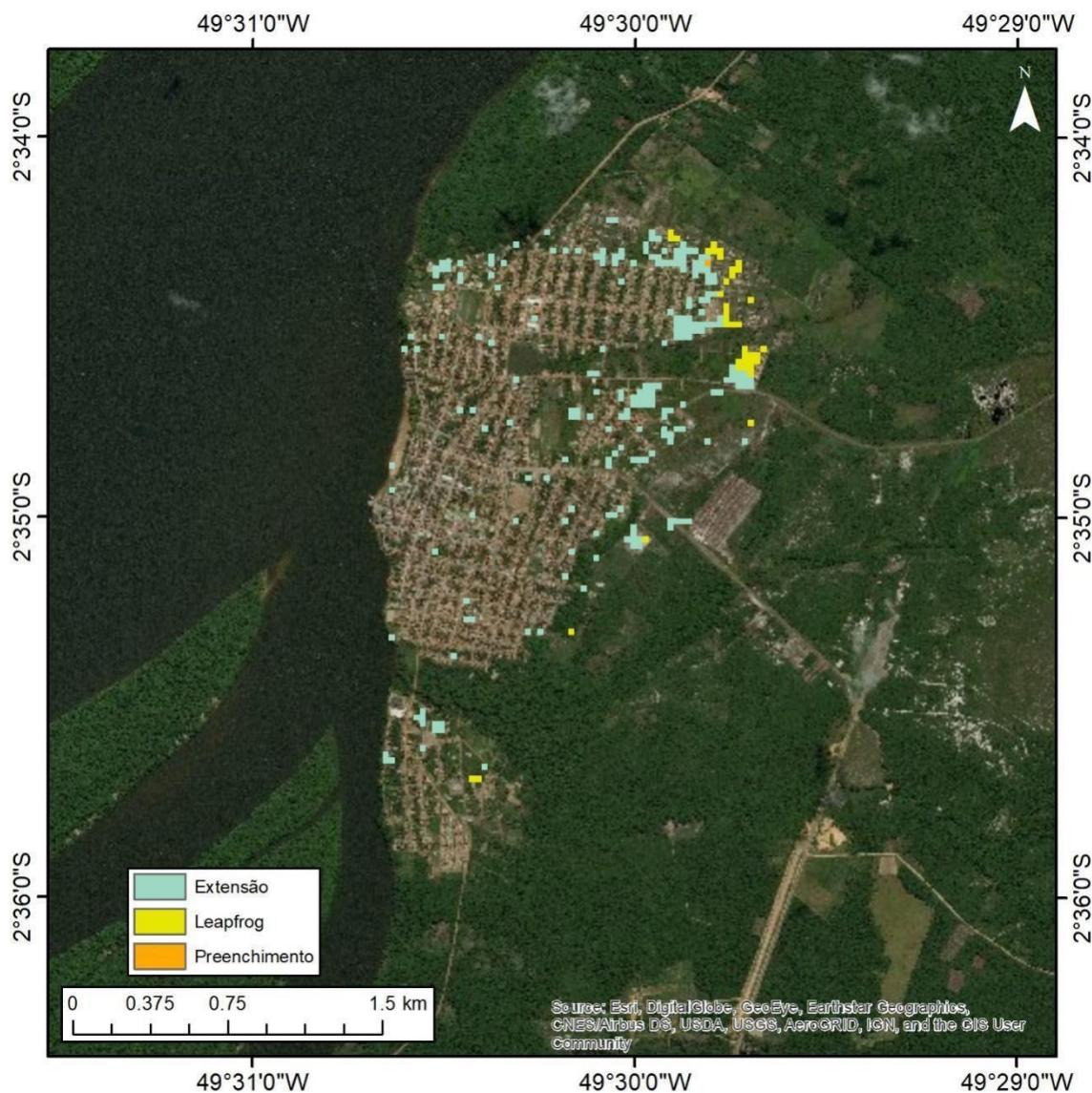
TRENDS EARTH (2018b). Urban Mapper. Disponível em:
geflanddegradation.users.earthengine.app/view/trendsearch-urban-mapper. Acesso em: 02 set. 2019.

Anexo 1(a) – Espacialização das áreas de expansão urbana de Mocajuba de 2000 a 2005.



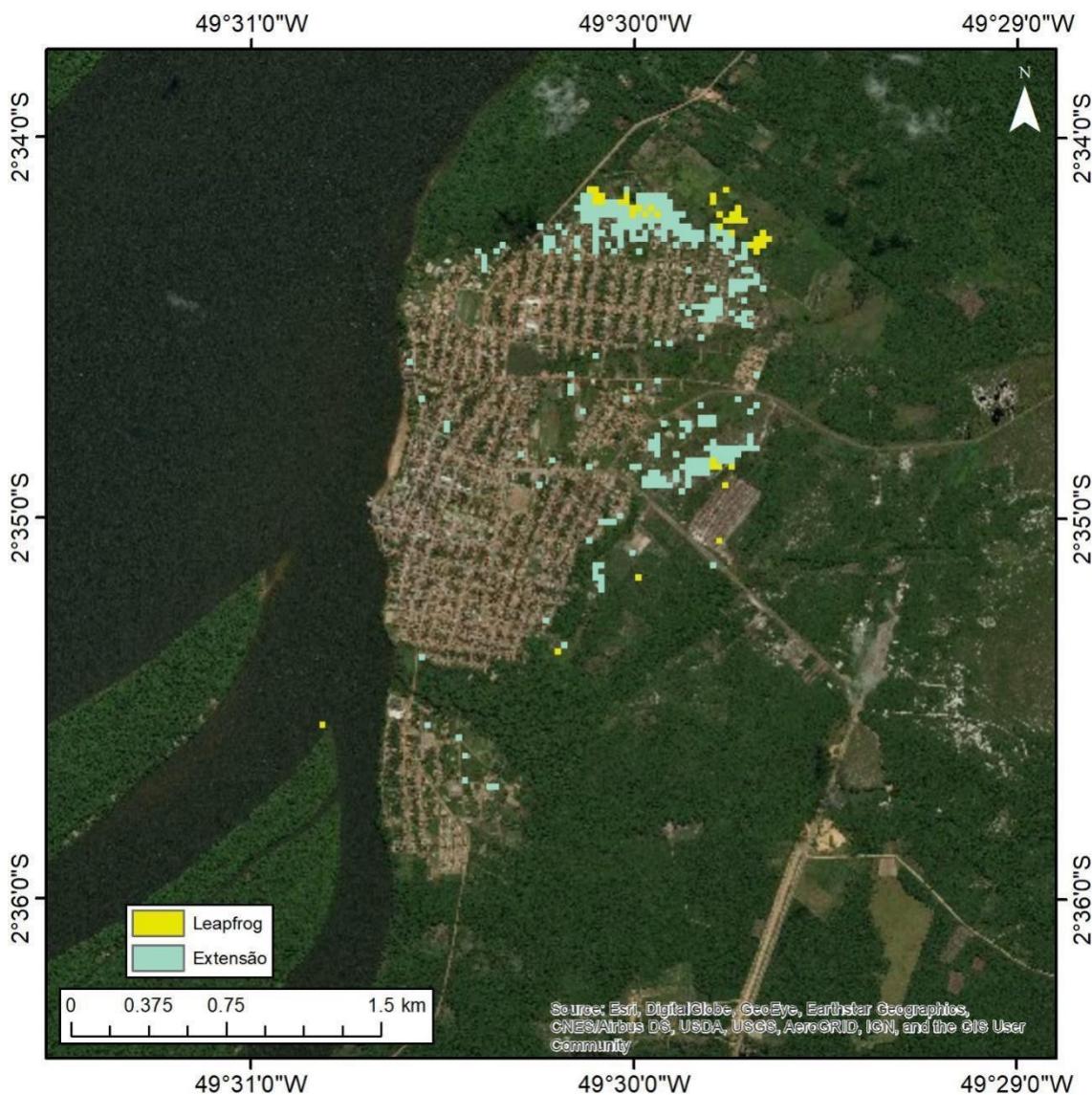
Fonte: elaboração própria.

Anexo 1(b) – Espacialização das áreas de expansão urbana de Mocajuba de 2005 a 2010.



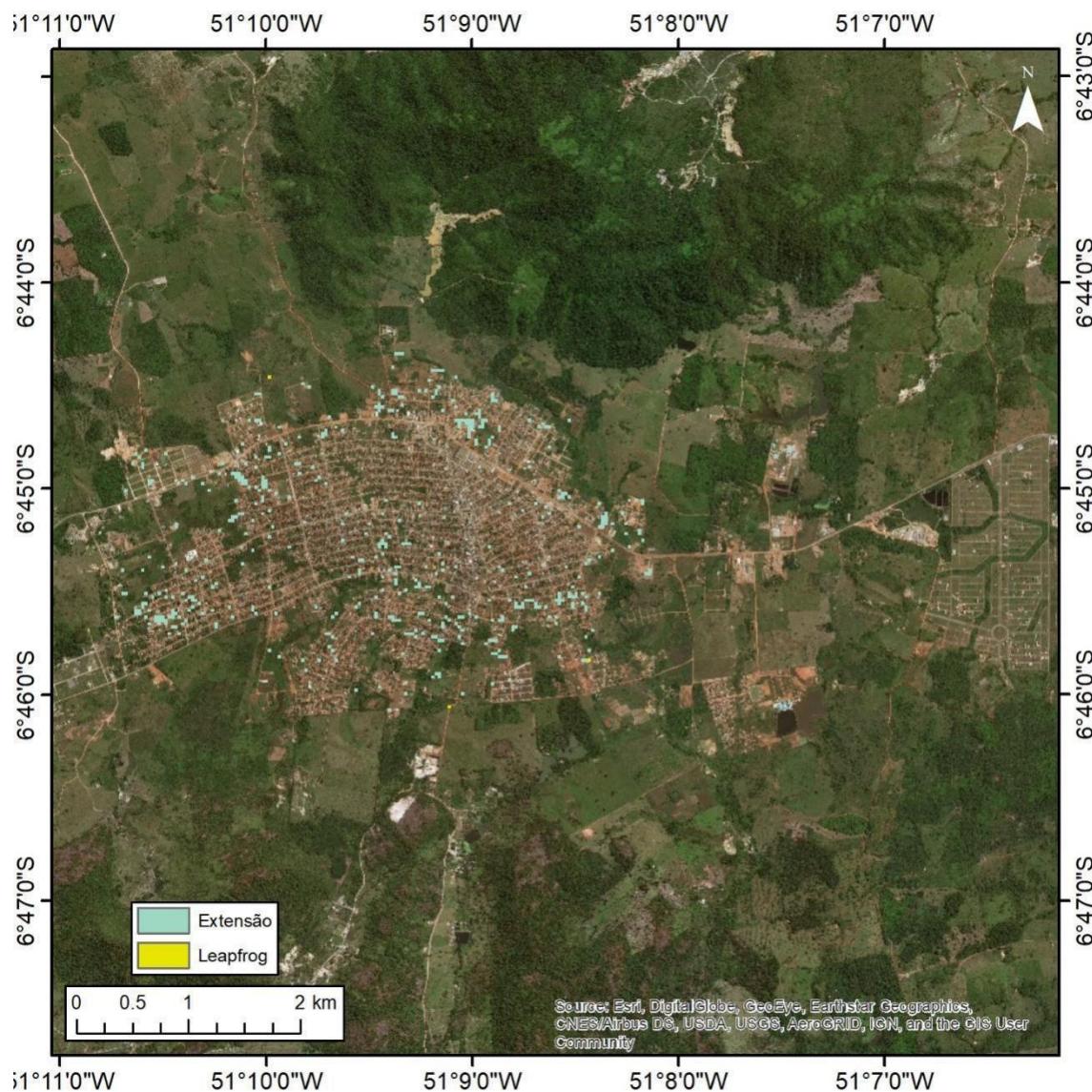
Fonte: elaboração própria.

Anexo 1(c) – Espacialização das áreas de expansão urbana de Mocajuba de 2010 a 2015.



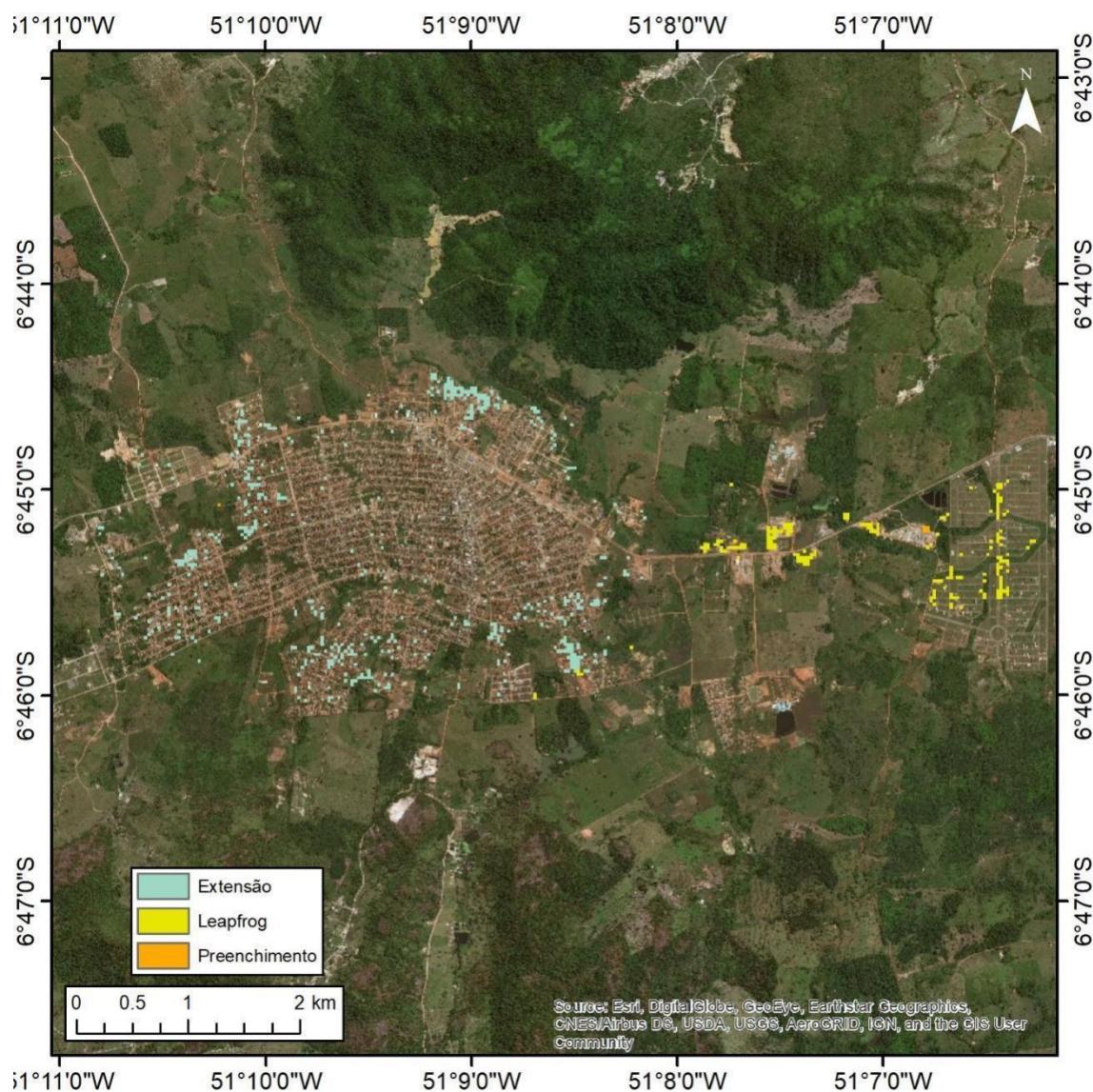
Fonte: elaboração própria.

Anexo 2(a) – Espacialização das áreas de expansão urbana de Tucumã de 2000 a 2005.



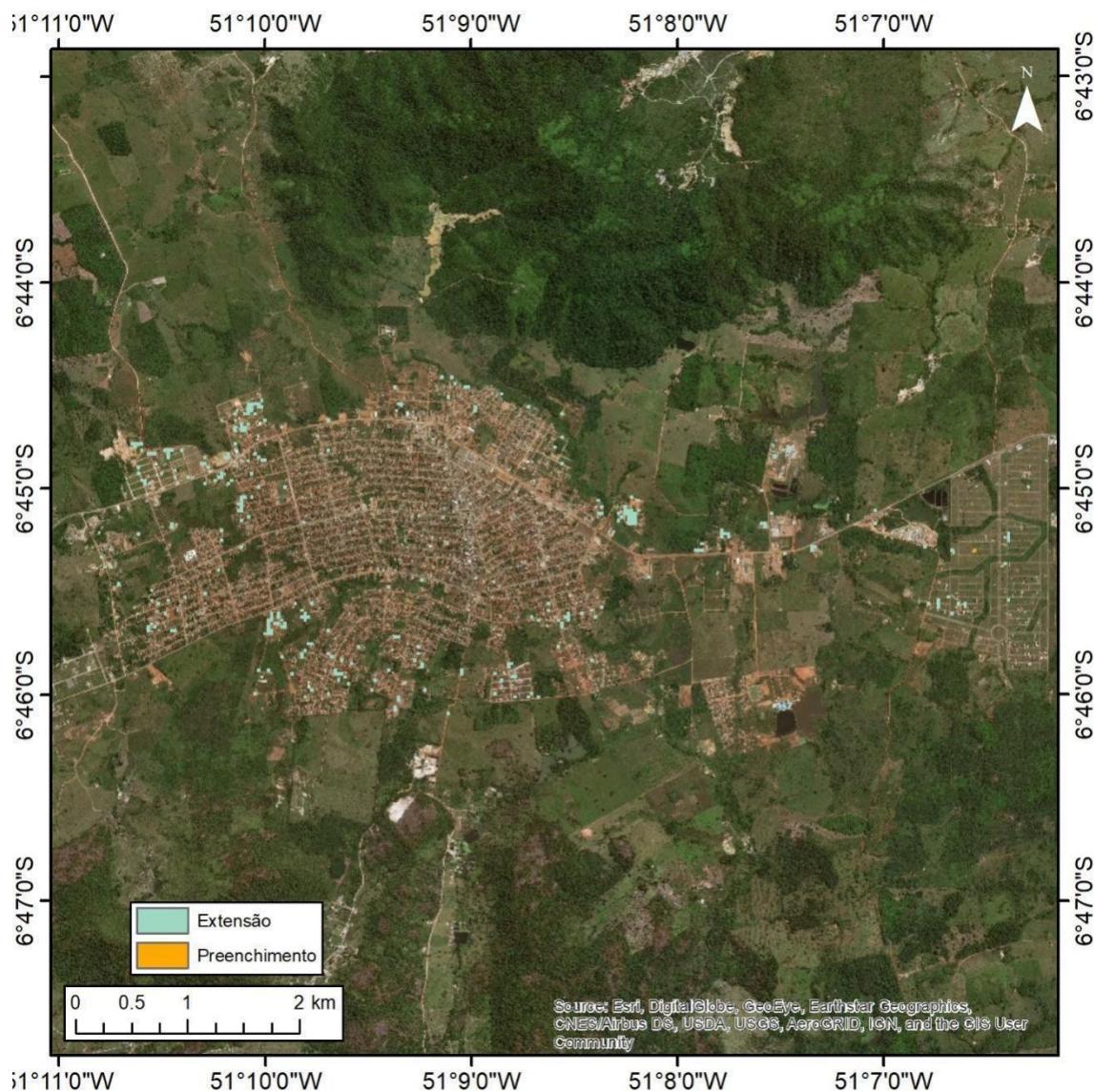
Fonte: elaboração própria.

Anexo 2(b) – Espacialização das áreas de expansão urbana de Tucumã de 2005 a 2010.



Fonte: elaboração própria.

Anexo 2(c) – Espacialização das áreas de expansão urbana de Tucumã de 2010 a 2015.



Fonte: elaboração própria.

GT 7

Economia ambiental, Economia Circular, Produção, Consumo e Resíduos

INFLUÊNCIA DA PANDEMIA DE COVID-19 NOS SERVIÇOS DE COLETA NO BRASIL – UMA ANÁLISE ENVOLVENDO O ANO DE 2020

Ricardo César da Silva Guabiroba¹; Pedro Roberto Jacobi²

1 – Ricardo César da Silva Guabiroba. Pós Doutorando na Universidade de São Paulo. ricardocesar@id.uff.br

2 – Pedro Roberto Jacobi. Professor Titular Senior- PROCAM/Universidade de São Paulo. prjacobi@gmail.com

RESUMO: A prestação dos serviços de coleta e de limpeza urbana é essencial para a proteção do meio ambiente e da saúde humana, e não deve ser interrompida, mesmo em períodos epidêmicos. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi verificar se a pandemia de COVID-19, que teve início no ano de 2020, prejudicou os serviços de coleta de resíduos domiciliares, resíduos de serviços de saúde e resíduos recicláveis coletados por sistemas de coleta seletiva no Brasil, no que diz respeito à quantidade de resíduos coletados e número de municípios que aumentaram essa quantidade coletada. Para o alcance deste objetivo, utilizou-se um método composto por três etapas: (1) coleta de dados; (2) organização dos dados e (3) análise e conclusão. Foram utilizados dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) que recebe e divulga dados enviados pelas prefeituras brasileiras. As principais conclusões são: (1) não é possível afirmar que o crescimento da quantidade coletada de resíduos domiciliares em 2020 foi causado pela pandemia de COVID-19 e pelo isolamento social; (2) há indícios que a pandemia de COVID-19 pode ter contribuído para aumentar a quantidade coletada de resíduos de serviços de saúde; e (3) há indícios que a pandemia de COVID-19 tenha prejudicado sistemas de coleta seletiva com o crescimento do número de municípios que diminuíram sua quantidade coletada - entretanto, de um modo geral, a quantidade coletada de resíduos recicláveis aumentou no Brasil em 2020, em virtude do aumento do número de municípios que implementaram sistemas de coleta seletiva.

Palavras-Chave: Pandemia de COVID-19; Resíduos domiciliares; Resíduos de serviços de saúde; Coleta seletiva; Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.

ABSTRACT: The provision of urban collection and urban cleaning services is essential for environmental protection and human health, and should not be interrupted, even in epidemic periods. In this context, the objective of this study was to verify whether the COVID-19 pandemic, which began in 2020, affected the collection services of household, health and recyclable waste collected by selective collection systems in Brazil, with regard to the amount and number of municipalities that increased its collection. To achieve this objective, a method composed of three steps was used: (1) data collection; (2) data organization and (3) analysis and conclusion. Data provided by the National Sanitation Information System (SNIS) which

receives and disseminates data sent by Brazilian municipalities were used. The main conclusions are: (1) it is not possible to say that the growth of the amount of household waste collected in 2020 was caused by the COVID-19 pandemic and social isolation; (2) there is evidence that the COVID-19 pandemic may have contributed to an increase in the amount of healthcare waste collected; and (3) there is evidence that the COVID-19 pandemic has harmed selective collection systems with the growth in the number of municipalities that have reduced their amount collected - however, in general, the amount of recyclable waste collected has increased in Brazil in 2020, due to the increase in the number of municipalities that have implemented selective collection systems.

Keywords: COVID-19 pandemic; household waste; health care waste; selective collection; National Sanitation Information System.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21938036

INTRODUÇÃO: A pandemia COVID-19 alterou a dinâmica global de geração de resíduos e, portanto, tornou-se uma das questões mais importantes para todos os países (Sharma et al., 2020; Öztürk, 2021). No Brasil, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE com base em informações do período de 15 de março a 17 de abril de 2020, verificou-se que a geração de resíduos sólidos no país tem apresentado uma tendência de queda (ABRELPE, 2020a). Em estudo que considerou 30 cidades brasileiras, representando 25% da população do país, também se concluiu que a geração total de resíduos sólidos diminuiu durante o período de isolamento social (Urban e Nakada, 2021).

Sobre a geração de resíduos de serviços de saúde durante o período da pandemia, os estudos de Liang et al. (2021) e Hantoko et al. (2021) identificaram aumento desta geração. Verificou-se aumento do descarte de equipamentos de proteção individual usados (máscaras, luvas e outros materiais de proteção) e ampla coleta de resíduos infecciosos de hospitais, unidades de saúde e residências em quarentena (Hantoko et al., 2021). Alves e Hanna (2021) identificaram alta demanda e descarte de materiais em hospitais no Brasil, como equipamentos de proteção individual descartáveis durante o período de pandemia.

Os sistemas de coleta seletiva também foram afetados na pandemia de COVID-19 (Kulkarni e Anantharama, 2020). No Brasil, observou-se um aumento da geração de resíduos recicláveis em todas as regiões (ABRELPE, 2020a). Contudo, as organizações brasileiras demonstraram preocupação em virtude dos riscos de exposição dos catadores ao contágio, aconselhando a suspensão temporária da coleta seletiva, a adoção de protocolos de higiene, distanciamento social e quarentena de materiais recicláveis (Penteado e Castro, 2021).

O Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR), por exemplo, emitiu em março de 2020 orientações gerais, com a recomendação de paralisação das atividades de coleta e triagem de resíduos, e igualmente medidas para manutenção financeira dos catadores e suas operações. A coleta foi temporariamente suspensa em São Paulo/SP, Franca/SP, Campinas/SP, Aracruz/ES, Belo Horizonte/MG, Maceió/AL, Contagem/MG e no Distrito Federal (ABES, 2020a). Segundo a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, estima-se que a perda decorrente da paralisação de cooperativas de catadores atuantes nas capitais do país em um semestre foi de mais de quarenta milhões de reais (ABES, 2020b).

Neste contexto, o objetivo deste estudo é verificar se a pandemia de COVID-19 que teve início no ano de 2020 prejudicou os serviços de coleta de resíduos domiciliares, de serviços de saúde e recicláveis coletados por sistemas de coleta seletiva no Brasil, no que diz respeito à quantidade coletada e ao número de municípios que aumentaram a quantidade coletada. Segundo Sarkodie e Owusu (2021), a busca pela manutenção do bom desempenho dos serviços

de coleta foi essencial no período de pandemia. E para a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, a prestação dos serviços de coleta e de limpeza urbana é essencial para a proteção do meio ambiente e da saúde humana, e não deve ser interrompida, mesmo em períodos epidêmicos (ABRELPE, 2020b).

MATERIAIS E MÉTODOS: O método utilizado neste estudo foi estruturado em três etapas: (1) coleta de dados; (2) organização dos dados e (3) análise e conclusão. Na Etapa (1), utilizou-se os dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) que recebe e divulga dados enviados pelas prefeituras brasileiras. Assim, coletou-se dados sobre a realização do serviço de coleta de resíduos domiciliares, resíduos de serviços de saúde e resíduos recicláveis a partir dos sistemas de coleta seletiva. Buscou-se dados de declaração dos municípios quanto à realização do serviço, assim como a quantidade coletada pelos serviços.

Coletou-se dados envolvendo o ano de 2020 (ano de início da pandemia de COVID-19) – SNIS (2020) – e também dados de três anos anteriores para possibilitar comparação – SNIS (2017), SNIS (2018) e SNIS (2019). Ressalta-se que nem todos os 5.570 municípios brasileiros responderam ao SNIS. A Tabela 1 apresenta o número de municípios que responderam ao SNIS em cada ano, o número de municípios que realizaram o serviço de coleta e o número de municípios que informaram a quantidade coletada no ano de análise e no ano seguinte para permitir comparação.

Tabela 1: Número de municípios para efetuar a análise

Tipo de resíduo	Ano	Número de municípios		
		Responderam ao SNIS	Dizem realizar o serviço de coleta	Informam a quantidade coletada
Resíduos domiciliares	2017	3.556	1.188	771
	2018	3.468	1.091	746
	2019	3.712	1.089	719
	2020	4.589	1.226	(-)
Resíduos de serviços de saúde	2017	3.556	2.995	1.535
	2018	3.468	3.051	1.571
	2019	3.712	3.258	1.834
	2020	4.589	3.968	(-)
Resíduos recicláveis	2017	3.556	1.256	1.269
	2018	3.468	1.322	1.340
	2019	3.712	1.438	1.545

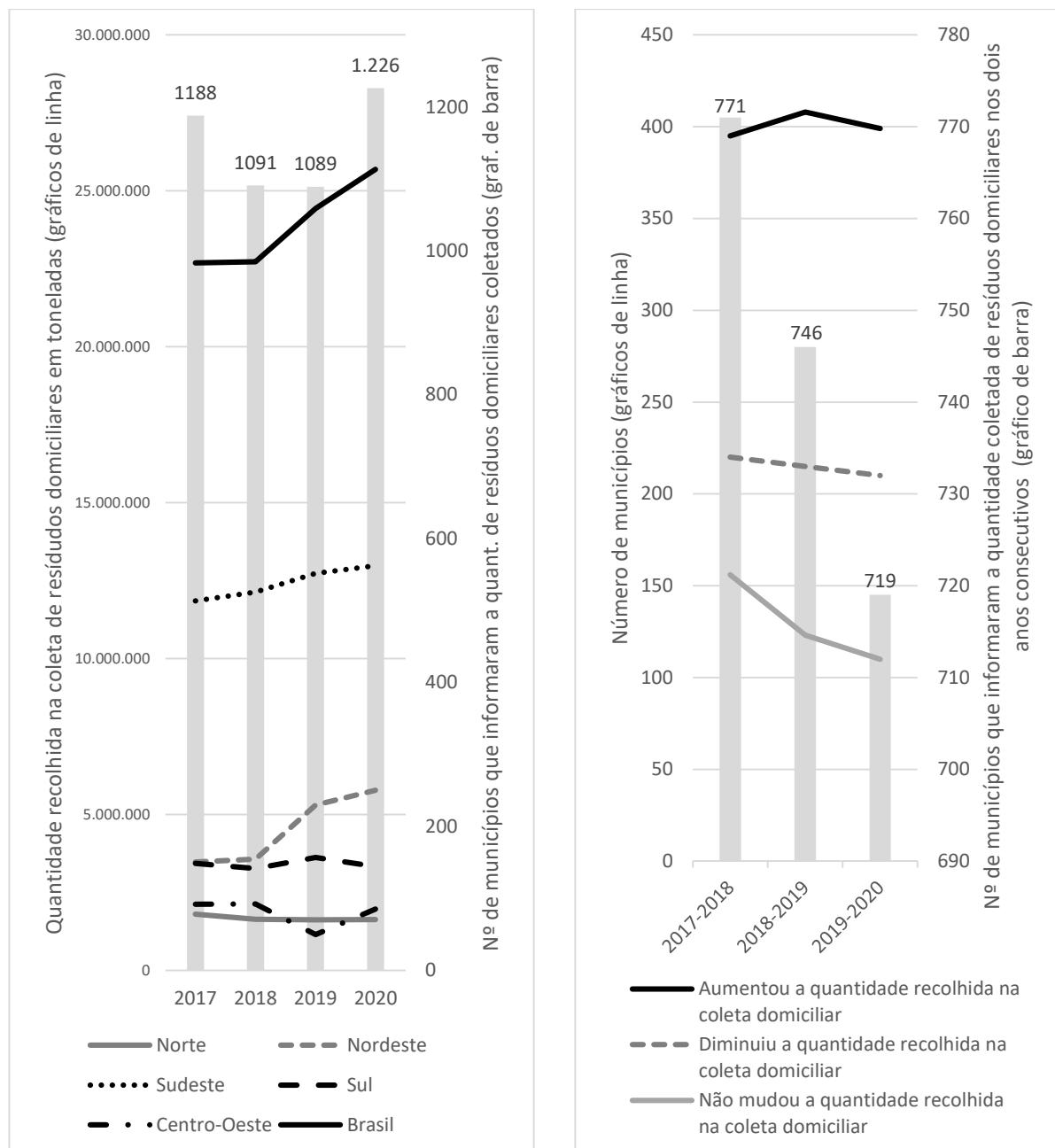
2020	4.589	1.664	(-)
------	-------	-------	-----

Fonte: elaboração própria.

Na Etapa (2), organizou-se os dados por meio de gráficos, de modo a permitir melhor visualização dos crescimentos e dos declínios do número de municípios que aumentam ou diminuem sua quantidade coletada, além de melhor visualizar o aumento ou o declínio da quantidade coletada ao longo dos anos. Assim, foram apresentadas três figuras, uma para cada tipo de resíduo, e cada uma apresenta dois gráficos. Por fim, na Etapa (3), os gráficos foram analisados com o intuito de identificar crescimento e declínio ao longo dos anos e seus respectivos percentuais. Foram observadas nesta etapa tendências e possíveis influências nos dados no ano de 2020 de início da pandemia.

RESULTADOS E DISCUSSÕES: Com o intuito de efetuar a análise sobre o serviço de coleta regular de resíduos domiciliares no Brasil, apresenta-se dados por meio da Figura 1.

Figura 1: Oferta do serviço de coleta regular de resíduos domiciliares em municípios no Brasil.



Fonte: elaboração própria com dados do SNIS (2017, 2018, 2019, 2020).

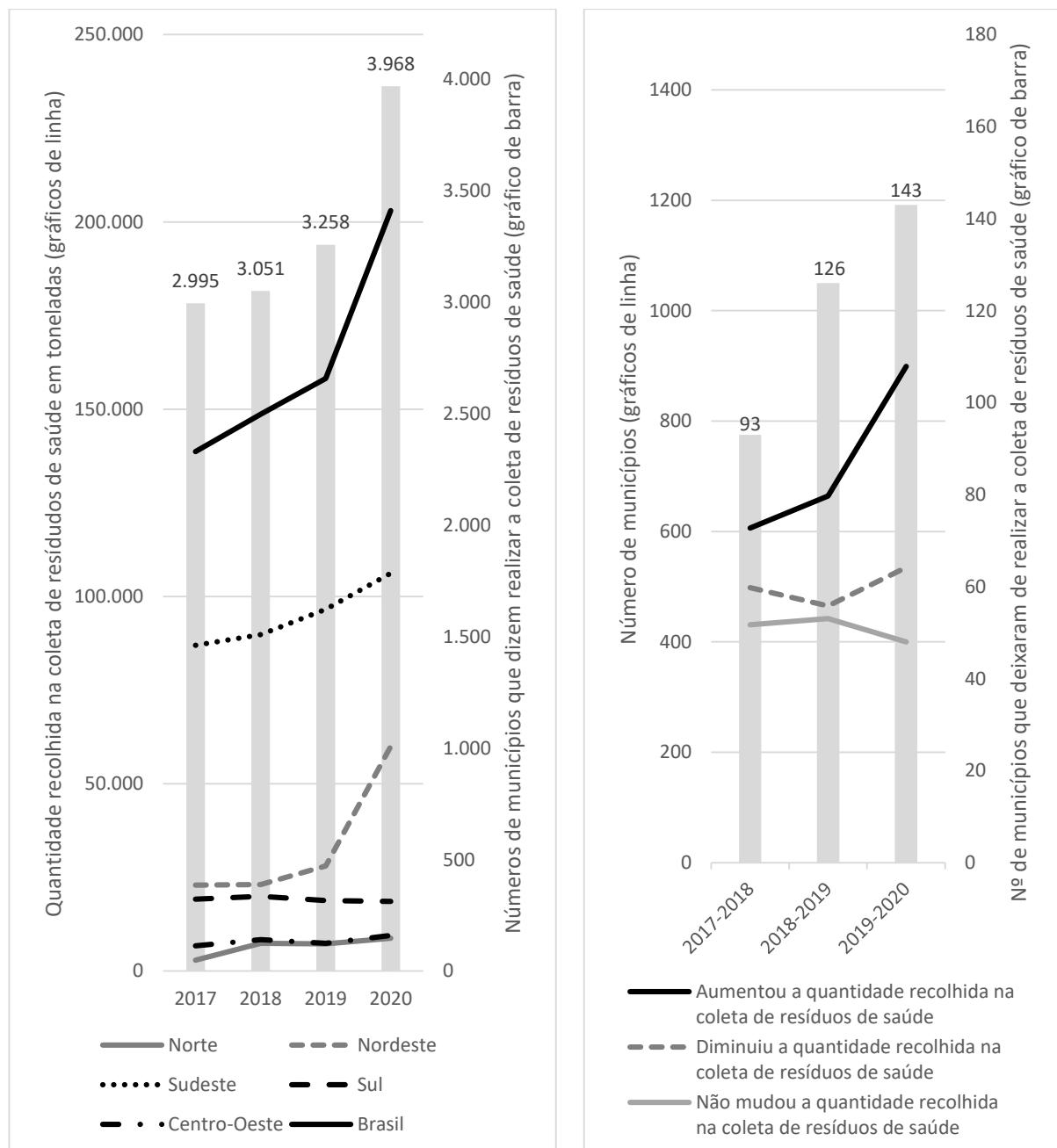
Em 2020 (ano de início da pandemia de COVID-19), a maioria dos municípios brasileiros considerados nesta pesquisa (55%) aumentou a quantidade coletada de resíduos domiciliares. Esse aumento foi o mesmo igual a 55% em 2019 e de 51% em 2018. Com relação ao número de municípios que diminuíram a quantidade coletada de resíduos domiciliares, identificou-se percentual igual a 29% em 2020. Esse mesmo percentual foi identificado em 2018 e em 2019. Outro ponto de destaque é que o número de municípios que informou ao SNIS a quantidade coletada de resíduos domiciliares aumentou 13% em 2020.

Quando se verifica a quantidade total de resíduos domiciliares coletados, constata-se que essa quantidade aumentou 5% no Brasil em 2020. Em 2019, essa quantidade aumentou 7% e, em 2018, apenas 0,2%. Quando a análise é realizada por região brasileira, constata-se que a região que mais aumentou a quantidade coletada de resíduos domiciliares em 2020 foi a região Nordeste com aumento de 9%. Todas as regiões brasileiras aumentaram a quantidade coletada de resíduos domiciliares em 2020, exceto a região Sul com redução de 8%.

Sobre o serviço de coleta de resíduos de serviços de saúde em municípios no Brasil, observa-se os dados apresentados por meio da Figura 2. Em 2020, 49% dos municípios aumentaram a quantidade coletada de resíduos de serviços de saúde. Esse percentual foi de 39% em 2018 e foi de 42% em 2019. Já os percentuais de municípios que diminuíram a quantidade coletada são: 32% em 2018; 30% em 2019; e 29% em 2020. Constata-se ainda que o número de municípios que deixaram de realizar a coleta de resíduos de saúde em 2020 aumentou 13% em comparação com os municípios que deixaram de realizar no ano de 2019. No entanto, ao comparar o número de municípios que deixaram de realizar a coleta em 2018 com o número de municípios que deixaram de realizar em 2019, constata-se um crescimento de 35%.

Com relação à quantidade coletada de resíduos de serviços de saúde, esta aumentou 28% no Brasil em 2020. Este aumento foi de 7% em 2018 e de 6% em 2019. Todas as regiões brasileiras aumentaram a quantidade coletada de resíduos de serviços de saúde em 2020, exceto a região Sul com redução de 1%. A região que mais aumentou a quantidade coletada de resíduos de serviços de saúde em 2020 foi a região Nordeste com aumento de 114%, seguida da região Sudeste com aumento de 10%. Verifica-se ainda que o número de municípios que passaram a realizar a coleta de resíduos de serviços de saúde no Brasil aumentou 22% em 2020. Esse aumento foi de 2% em 2018 e de 7% em 2019.

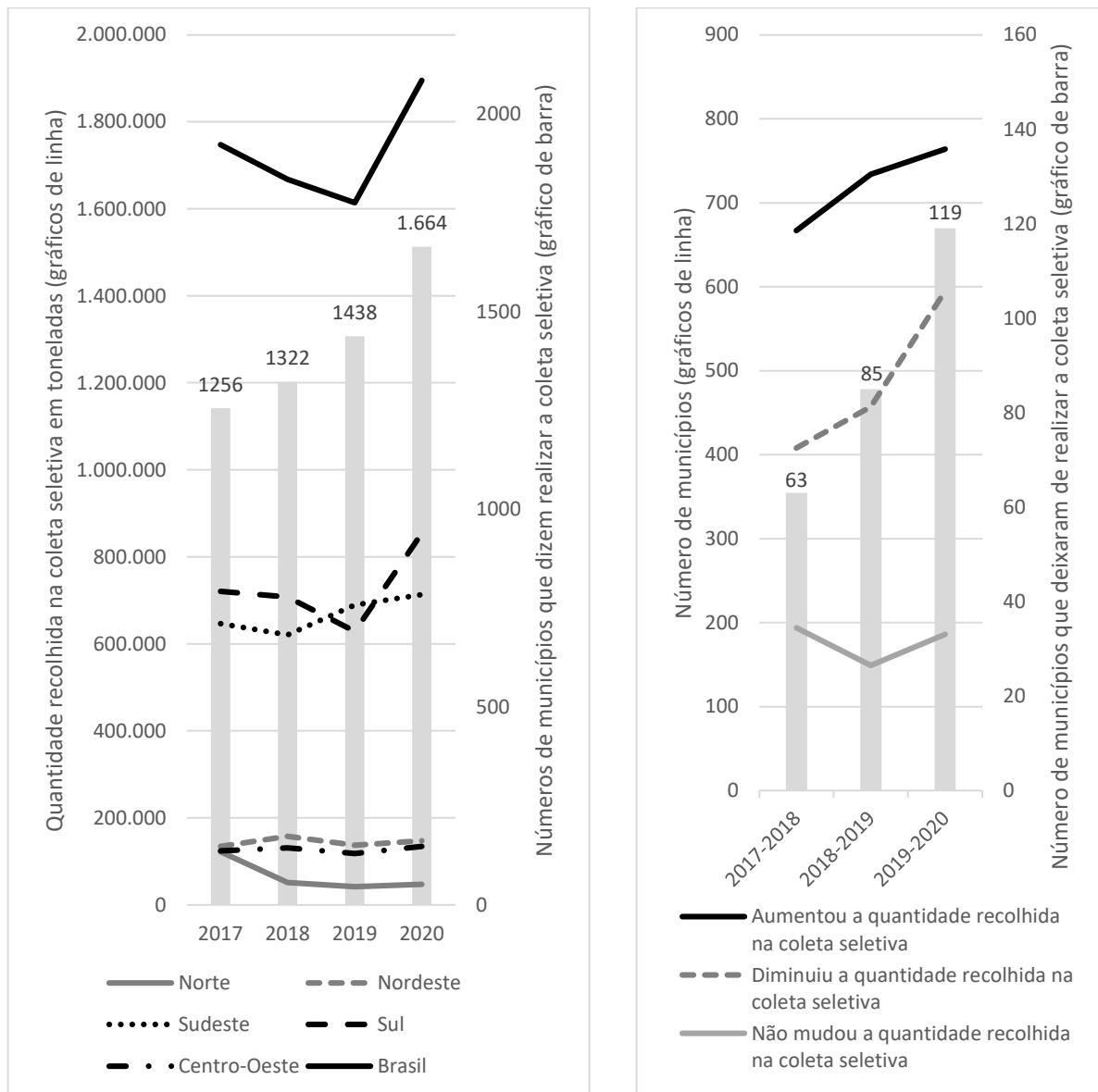
Figura 2: Oferta do serviço de coleta de resíduos de saúde em municípios no Brasil.



Fonte: elaboração própria com dados do SNIS (2017, 2018, 2019, 2020).

Sobre o serviço de coleta seletiva em municípios no Brasil, a Figura 3 apresenta os dados para análise. Em 2018, 53% dos municípios aumentaram a quantidade recolhida na coleta seletiva em relação ao ano de 2017. Esse percentual subiu para 55% em 2019 e, caiu para 49% em 2020. Por outro lado, 32% dos municípios aumentaram a quantidade recolhida na coleta seletiva em 2018. Esse percentual subiu para 34% em 2019 e para 39% em 2020. Em 2018, 408 municípios diminuíram a quantidade recolhida pela coleta seletiva, e esse número subiu para 457 em 2019 (aumento de 12%) e para 595 municípios em 2020, representando um aumento de 30%.

Figura 3: Oferta do serviço de coleta seletiva em municípios no Brasil.



Fonte: elaboração própria com dados do SNIS (2017, 2018, 2019, 2020).

Quanto ao número de municípios que deixaram que realizar a coleta seletiva, verifica-se que em 2018, 63 municípios deixaram de realizar e, em 2019, foram 85. Em 2020, deixaram de realizar a coleta seletiva 119 municípios. Ao verificar a quantidade recolhida pela coleta seletiva no Brasil, é possível constatar que, em 2020, essa quantidade aumentou 17%, superior ao crescimento de 5% em 2018 e crescimento de apenas 3% em 2019. O número de municípios que realizam a coleta seletiva também aumentou no Brasil - 16% em 2020. Esse aumento foi de 5% em 2018 e de 9% em 2019. Ao verificar a quantidade recolhida pela coleta seletiva por região brasileira, constata-se que todas as regiões aumentaram a quantidade recolhida em 2020 em comparação com o ano de 2019, com destaque para a região Sul, com aumento de 36%.

CONCLUSÕES: (1) Sobre a oferta do serviço de coleta regular de resíduos sólidos domiciliares em municípios brasileiros - ao analisar uma amostra de aproximadamente 13% dos municípios brasileiros, não é possível afirmar que o crescimento da quantidade coletada em 2020 foi causado pela pandemia de COVID-19 e o isolamento social. Assim, há indícios que esse crescimento possa ser resultado de uma tendência de melhoria dos serviços ano a ano; (2) Sobre a oferta do serviço de coleta de resíduos de saúde - ao analisar uma amostra de 30% dos municípios brasileiros, identifica-se neste caso a influência da pandemia de COVID-19, com indícios que esta pode ter contribuído para aumentar a quantidade coletada de resíduos de serviços de saúde; (3) Sobre a oferta do serviço de coleta seletiva de resíduos recicláveis no Brasil - ao analisar uma amostra de 25% dos municípios brasileiros, constata-se que há indícios que a pandemia de COVID-19 tenha prejudicado os sistemas de coleta com o crescimento do número de municípios (30%) que diminuíram sua quantidade coletada. Todavia, de um modo geral, a quantidade coletada aumentou no Brasil, em virtude do aumento do número de municípios que implementaram sistemas de coleta seletiva (37%).

Cabe destacar que as conclusões deste estudo se limitam a uma análise baseada em amostra de municípios brasileiros, com informações fornecidas pelas prefeituras e consolidadas pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Embora o percentual do número de municípios considerados na análise seja baixo (de 13% a 30%), esses municípios representam 35% dos habitantes do país (amostra para coleta de resíduos domiciliares), 54% dos habitantes do país (amostra para coleta de resíduos de serviços de saúde) e 61% dos habitantes do país (amostra para análise dos sistemas de coleta seletiva). Por fim, sugere-se novos estudos para identificar as influências da pandemia de COVID-19 em sistemas de gestão de resíduos sólidos de municípios de uma determinada região, de modo a identificar em campo as causas do aumento ou redução da geração de resíduos e do volume recolhido pelos sistemas de coleta.

Referências:

ABES. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Recomendação para suspensão temporária da coleta seletiva em situação de pandemia por coronavírus. São Paulo – Brasil. 2020a. Disponível em: <<https://recicleiros.org.br/wp-content/uploads/2020/04RECOMENDA%C3%87%C3%83O-PARA-SUSPENS%C3%83O-TEMPOR%C3%81RIA-DA-COLETA-SELETIVA-EM-SITUA%C3%87%C3%83O-DE-PANDEMIA-POR-CORONAVIRUS.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2022.

ABES. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. O impacto da pandemia pela covid-19 na gestão dos resíduos sólidos urbanos situação das capitais brasileiras. Brasília – Brasil. 2020b. Disponível em: <<http://abes-dn.org.br/wp-content/uploads/2020/08/Pesquisa-ABES-2.1-Pandemia-COVID-19-RSU-Capitais-26.8.2020-2.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2022.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Gestão de resíduos na proteção contra a covid-19. São Paulo – Brasil. 2020a. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/abrelpe-no-combate-a-covid-19/>>. Acesso em: 23 maio 2022.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Recomendações para a gestão de resíduos sólidos durante a pandemia de coronavírus (covid-19). São Paulo – Brasil. 2020b. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/abrelpe-no-combate-a-covid-19/>>. Acesso em: 23 maio 2022.

ALVES, A. R.; & HANNA, M. D. Impacto da pandemia do coronavírus sobre a produção de lixo hospitalar: uma investigação. *Brazilian Journal of Health Review*, Curitiba, 4(2), 7052-7057, 2021.

HANTOKO, D.; LI, X.; PARIATAMBY, A.; YOSHIKAWA, K.; HORTTANAINEN, M.; & YAN, M. Challenges and practices on waste management and disposal during COVID-19 pandemic. *Journal of Environmental Management*, 286, 112140, 2021.

LIANG, Y.; SONG, Q.; WU, N.; LI, J.; ZHONG, Y.; & ZENG, W. Repercussions of COVID-19 pandemic on solid waste generation and management strategies. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 15(6), 115, 2021.

ÖZTÜRK, I. The covid-19 pandemic and waste management. *Duzce Med J*, 23(1), 27-29, 2021.

PENTEADO, C. S. G.; & CASTRO, M. A. S. Covid-19 effects on municipal solid waste management: What can effectively be done in the Brazilian scenario? *Resources, Conservation & Recycling*, 164, 105152, 2021.

SARKODIE, S. A.; & OWUSU, P. A. Impact of COVID-19 pandemic on waste management. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 7951–7960, 2021.

SHARMA, H. B.; VANAPALLI, K. R.; CHEELA, V. S.; RANJAN, V. P.; JAGLAN, A. K.; DUBEY, B.; GOEL, S.; & BHATTACHARYA, J. Challenges, opportunities, and innovations for effective solid waste management during and post COVID-19 pandemic. *Resources, Conservation & Recycling*, 162, 105052, 2020.

- SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnósticos SNIS. 2017. 2018. 2019. 2020. Secretaria Nacional de Saneamento. Governo do Brasil. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnosticos>>. Acesso em: 23 maio 2022.
- URBAN, R. C.; & NAKADA, L. Y. K. Covid-19 pandemic: solid waste and environmental impacts in Brazil. *Science of the Total Environment*, 755, 2021.

ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA E DE ESTADO TRÓFICO DO RIO CATOLÉ GRANDE- BA

Hismilei Chaves¹; Flávia Mariani²

1 – Hismilei Chaves dos Santos Silva. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. hismilei@hotmail.com

2 – Flávia Mariani Barros. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia- Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais.
fbarros@uesb.edu.br

RESUMO: Embora o uso mais nobre que se possa dar a um recurso hídrico seja o consumo humano, os mananciais brasileiros vêm se deteriorando gradativamente. O uso e ocupação do solo de maneira desordenada, o descarte inadequado de águas residuais, o uso de fertilizantes, agrotóxicos e pesticidas em áreas agrícolas, contribuem para o cenário de degradação. O Índice do Estado Trófico (IET) e o Índice de Qualidade da Água (IQA) se caracterizam como importantes ferramentas de avaliação auxiliando na análise dos resultados, e representação da qualidade das águas. Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar e classificar a qualidade das águas do rio Catolé Grande utilizando o Índice de Qualidade das Águas e o Índice de Estado Trófico, verificando a relação entre as ações antrópicas degradantes sob o meio e a qualidade do recurso hídrico. Para a coleta de dados, foram obtidos no módulo de monitoramento do INEMA o IET e o IQA dos pontos de monitoramento para as campanhas do ano de 2018, em suas diferentes campanhas amostrais. Posteriormente, foram classificados em diferentes graus de trofia e qualidade. Em análise, conclui-se que de acordo com os resultados observados, as ações antrópicas estão influenciando negativamente a qualidade das águas do rio Catolé Grande, evidenciando a necessidade de se adotar medidas visando à redução e controle do aporte de nutrientes e carga orgânica para o meio. Ainda, considerando os valores médios para todos os pontos, o IET e o IQA global ao rio foram, respectivamente, mesotrófico e categoria boa.

Palavras-Chave: Monitoramento ambiental; IET; IQA; Recurso hídrico.

ABSTRACT: Although the noblest use that can be given to a water resource is human consumption, Brazilian water sources have been gradually deteriorating. The disorderly use and occupation of the soil, the inadequate disposal of wastewater, and the use of fertilizers, pesticides, and pesticides in agricultural areas, contribute to the degradation scenario. The Trophic State Index (TSI) and the Water Quality Index (WQI) are characterized as important assessment tools helping in the analysis of results, and representation of water quality. Given the above, the present work aims to evaluate and classify the quality of the waters of the Catolé Grande river using the Water Quality Index and the Trophic State Index, verifying the

relationship between degrading human actions on the environment and the quality of the environment. water resource. For data collection, the IET and IQA of the monitoring points for the 2018 campaigns were obtained from the INEMA monitoring module, in their different sample campaigns. Subsequently, they were classified into different degrees of trophy and quality. In analysis, it is concluded that according to the observed results, human actions are negatively influencing the water quality of the Catolé Grande River, evidencing the need to adopt measures aimed at reducing and controlling the supply of nutrients and organic load to the quite. Still, considering the average values for all points, the TSI and the global WQI for the river were, respectively, mesotrophic and good categories.

Keywords: Environmental monitoring; ETI; IQA; Water resource.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21938042

INTRODUÇÃO: Embora o uso mais nobre que se possa dar a um recurso hídrico seja o consumo humano, os mananciais brasileiros vêm se deteriorando gradativamente. O uso e ocupação do solo de maneira desordenada, o descarte inadequado de águas residuais (sanitárias e industriais), o uso de fertilizantes, agrotóxicos e pesticidas em áreas agrícolas, contribuem para o cenário de degradação (Carmo et al., 2005; Carvalho et al., 2000; Dores & De-Lamonica-Freire, 2001).

Para Silva et al., (2007), o alto potencial poluidor das atividades antrópicas, por si só, justifica a realização de pesquisas e ações de conscientização ambiental que possam subsidiar o planejamento e o desenvolvimento de mecanismos de gestão. Garantindo a manutenção de padrões de qualidade ambiental adequados e alcance do uso sustentável dos recursos hídricos.

Neste contexto, há crescente necessidade de identificação dos problemas ocasionados pelos impactos da interferência humana nos recursos hídricos. O Índice do Estado Trófico (IET) e o Índice de Qualidade da Água (IQA) se caracterizam como importantes ferramentas de avaliação auxiliando na análise dos resultados, e representação da qualidade das águas.

O Índice de Qualidade da Água (IQA) incorpora nove parâmetros considerados relevantes para avaliação da qualidade das águas e dá importância a poluição por materiais orgânicos, nutrientes e o esgoto doméstico que são algumas das principais fontes de poluição nas bacias hidrográficas. Esses parâmetros representam indicadores de qualidade da água, a saber, o oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, potencial hidrogeniônico, demanda bioquímica de oxigênio, temperatura da água, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e resíduo total (ANA, 2004).

O Índice de Estado Trófico (IET) foi desenvolvido para avaliar o enriquecimento de nutrientes da água e seu impacto no crescimento excessivo de algas ou macrófitas, facilitando assim a classificação de corpos d'água com diferentes graus de trofia (Lamparelli, 2004). Ele pode auxiliar nas tomadas de decisões sobre os riscos de proliferações de algas, bem como no controle da eutrofização, que tem sido uma preocupação mundial para os tomadores de decisões referentes ao gerenciamento de recursos hídricos (Brito et al., 2011; Cunha et al., 2013; Liu et al., 2014).

Segundo Barreto et al., (2009) a maioria dos cursos d'água que abastecem cidades brasileiras não é manejado adequadamente em seus recursos, e a bacia do Rio Catolé Grande se enquadra nesta categoria. O rio Catolé Grande é de significativa importância para o desenvolvimento socioeconômico do Sudoeste sendo a principal fonte de abastecimento de água doce para aproximadamente 120.000 habitantes, com usos preponderantes para o

abastecimento urbano e rural, manutenção de atividades agropecuárias e industriais (Bento et al., 2021).

Dante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar e classificar a qualidade das águas do rio Catolé Grande utilizando o Índice de Qualidade das Águas (IQA) e o Índice de Estado Trófico (IET), verificando a relação entre as ações antrópicas degradantes sob o meio e a qualidade do recurso hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS: O rio Catolé Grande ($15^{\circ} 14' 6,3''\text{s}$ e $40^{\circ} 16' 30,7''\text{w}$), base de estudo, pertence à Bacia Hidrográfica do rio Pardo no Estado da Bahia. Suas águas banham o território de sete municípios: Vitória da Conquista, Itambé, Barra do Choça, Planalto, Caatiba, Nova Canaã e Itapetinga. Segundo Fraga et al., (2014), a nascente do rio Catolé Grande, é localizada no município de Vitória da Conquista no qual drena a calha do Rio Pardo entre os sentidos Noroeste e Sudeste, com sua seção de controle a jusante da cidade de Itapetinga. A região situa-se em uma faixa de transição entre os ecossistemas da Mata Atlântica e da Caatinga, com clima predominantemente do tipo AW, clima tropical com estação seca de inverno (Lima & Pinto, 2011).

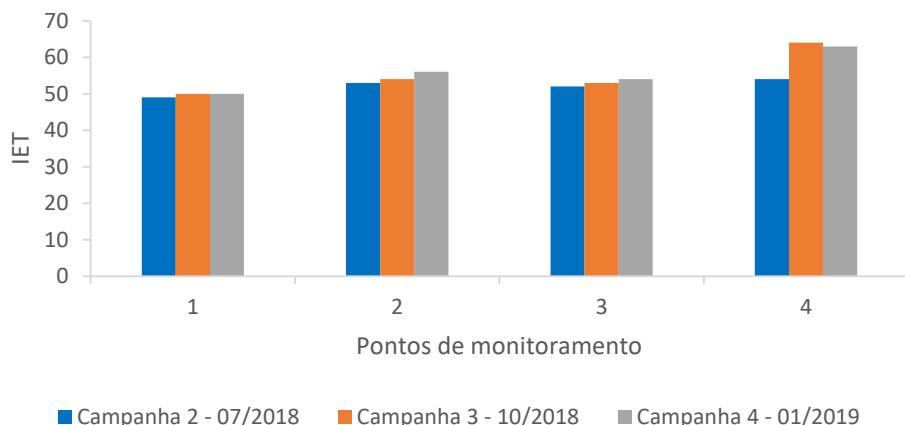
Para as coletas de dados, inicialmente foram identificados no módulo de monitoramento do INEMA os pontos que estavam localizados no curso do rio Catolé Grande. Foram detectados quatro pontos compreendidos na extensão do curso hídrico sistematicamente monitorados. Os pontos selecionados são representados pelas sedes dos municípios e números respectivamente: Barra do Choça (1), Caatiba (2) e Itapetinga (3 e 4). Após a definição dos pontos foi identificado no sistema do INEMA o ano de campanha que possuía informações de IQA e IET para todos os pontos anteriormente citados.

Em seguida, foram obtidos (no módulo de monitoramento do INEMA) o Índice de Estado Trófico (IET) e o Índice de Qualidade da Água (IQA) dos pontos de monitoramento para as campanhas do ano de 2018, em suas diferentes campanhas amostrais datando respectivamente os meses, 07/2018 (campanha 2), 10/2018 (campanha 3) e 01/2019 (campanha 4) e posteriormente, foi realizado o tratamento dos dados.

O IET foi classificado, de acordo com o seu valor, em diferentes graus de trofia, desde ultraoligotróficos ($\text{IET} \leq 47$) até hipereutrófico ($\text{IET} > 67$). No que se refere interpretação do IQA os valores disponíveis foram classificados em categorias referentes ao estado de qualidade (ótima, boa, regular, ruim e péssima) com base no número adimensional variando de 0 a 100, sendo o valor do índice diretamente proporcional a qualidade da água. A partir dos valores dos índices foram elaborados gráficos para melhor interpretação dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Figura 1 estão apresentados os dados do índice de estado trófico (IET) dos pontos de monitoramento localizados no rio Catolé Grande.

Figura 1. Índice de estado trófico para diferentes pontos avaliados do rio Catolé Grande. Ponto 1 - Barra do Choça; Ponto 2 - Caatiba; Pontos 3 e 4 – Itapetinga



Fonte: SEIA, 2021.

A análise do índice de estado trófico do rio Catolé Grande evidencia uma variabilidade na classificação dos corpos d'água. De acordo com os dados, na campanha 4 foi obtido o maior índice trófico, o mesotrófico ($52 < \text{IET} \leq 59$), essa condição pode ser justificada pelo maior nível de concentração de fósforo total neste período e pela sazonalidade na qual a amostra foi coletada. No verão, temos a presença de altas temperaturas, ampla incidência solar e luminosidade associados a níveis de nutrientes dissolvidos no corpo d'água, contribuindo em uma taxa de produtividade primária em ordem crescente.

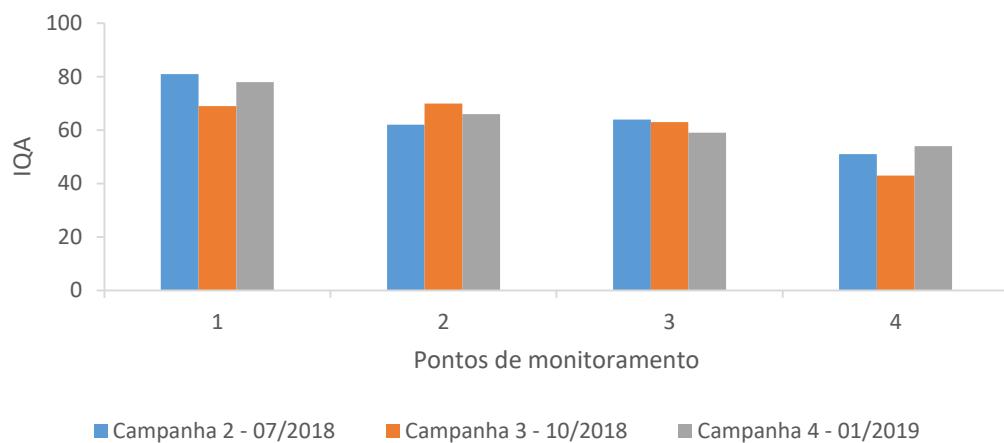
Com foco no comportamento médio dos pontos de monitoramento, observou-se que o ponto 1 apresentou classificação oligotrófico ($47 < \text{IET} \leq 52$), que caracteriza corpos d'água limpos. Já os pontos 2 e 3 se enquadram na classe mesotrófico ($52 < \text{IET} \leq 59$) ou seja, corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis (Lamparelli, 2004; CETESB, 2007), demonstrando que suas águas em geral permanecem próprias aos múltiplos usos.

No ponto 4, foi constatada a condição trófica mais elevada entre os pontos monitorados, o estado eutrófico. O caráter eutrófico refere-se a corpos d'água afetados por ações negativas, com a ocorrência de alterações indesejáveis na qualidade da água. A justificativa se dá pela sua localização após o perímetro urbano da cidade de Itapetinga (foz do Catolé), no qual reflete a influência de lançamentos de efluentes domésticos e industriais, bem como, todo resíduo

dissolvido advindo a montante do fluxo hídrico, nos quais aceleram o processo de eutrofização hídrica, o que também foi verificado em estudos de Bento et al. (2021) para o mesmo rio de análise.

Estudos desenvolvidos por Gasparini et al. (2009) e Sutil et al. (2018) constaram através da aplicação do IET, que o grau de trofia em seus ambientes de estudo aumentava da nascente para a foz pela influência dos impactos relacionados com as alterações no uso e na cobertura da terra, fontes difusas e pontuais de poluição. Os dados ressaltaram como as ações diretas e indiretas da cidade tem contribuído para degradação da qualidade dos recursos hídricos. Na Figura 2 estão apresentados os valores de IQA para os quatro diferentes pontos de monitoramento.

Figura 2. Índice de qualidade das águas para diferentes pontos avaliados do rio Catolé Grande. Ponto 1 - Barra do Choça; Ponto 2 - Caatiba; Pontos 3 e 4 – Itapetinga



Fonte: SEIA, 2021.

As variações dos valores de IQA ao longo das campanhas resultou numa categorização entre “ótimo” e “regular”. O ponto 1 foi o que apresentou índice “ótimo” na campanha 2, sendo também, o que representou o maior IQA ao longo do ano de 2018. A proximidade do referido ponto de monitoramento ao município de nascente do corpo hídrico justifica a identificação de maior índice de qualidade, visto que devido a pequena distância territorial percorrida, o corpo d’água não sofreria com severos impactos e consequentemente a grandes alterações na qualidade da água. Ao comparar os resultados obtidos com Ferreira & Cunha-Santino (2014) que realizaram seus estudos de monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Monjolinho evidenciou-se o quanto a proximidade à nascente afeta positivamente na melhor qualidade do ambiente hídrico.

Ao que se refere aos pontos 2 e 3, as variações dos valores de IQA ao longo do tempo foram pequenas, o que resultou numa categoria “boa” para todas as campanhas analisadas. Observou-se que o ponto 4, localizado após o perímetro urbano da cidade de Itapetinga, refletiu o acúmulo de todas as modificações e incrementos provenientes no decorrer do fluxo hídrico, refletindo nitidamente nos resultados encontrados, uma categorização pontual de qualidade “regular”. O estado de caracterização regular reflete corpos d’água afetados por atividades antrópicas, no qual a qualidade tem sofrido alterações indesejáveis devido ao aumento na concentração de nutrientes e à interferência em seus variados usos.

CONCLUSÃO: Dentro desse contexto conclui-se que: (1) De acordo com os resultados observados, pode-se constatar a hipótese de que as ações antrópicas estão influenciando negativamente a qualidade das águas do rio Catolé Grande; (2) Os trechos de rio localizados próximos e após o centro urbano possuem menor índice de qualidade e maior índice de estado trófico; (3) Os valores de IQA variaram nas campanhas entre ótimo e regular; (4) O ponto 1, localizado próximo a nacente, apresentou o maior IQA (ótimo) ao longo do ano de 2018; (5) Considerando os valores médios para todos os pontos, o IET e o IQA foram, respectivamente, mesotrófico e categoria boa.

Este trabalho evidenciou que é preciso adotar medidas visando à redução e controle do aporte de nutrientes e carga orgânica para a água a fim de promover a manutenção da sua qualidade, principalmente próximo a foz. É necessário também manter a continuidade da realização de estudos de monitoramento ambiental a fim de avaliar a qualidade hídrica e o estado trófico do rio Catolé Grande, possibilitando a elaboração e execução de planos de gestão para a preservação do recurso hídrico.

AGRADECIMENTOS: À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo apoio financeiro concedido para realização desta pesquisa. E à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia pelo apoio financeiro e estrutura concedida.

Referências:

ANA, Agência Nacional de Águas. 2004. Indicadores de qualidade - Índice de Qualidade das Águas (IQA). Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. (acessada em 26/04/2022).

- BARRETO, Luciano; ROCHA, Felizardo Adenilson; OLIVEIRA, Melquesedek. Monitoramento da qualidade da água na microbacia hidrográfica do rio Catolé, em Itapetinga-BA. Enciclopédia Biosfera, v. 5, n. 08, 2009.
- BENTO, Nicole Lopes et al. Impactos do lançamento de efluentes na qualidade das águas do rio Catolé Grande. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 4, p. 39134-39149, 2021.
- CARMO, Marcileia Silva do; BOAVENTURA, Geraldo Resende; OLIVEIRA, Edvan Costa. Geoquímica das águas da bacia hidrográfica do rio Descoberto, Brasília/DF-Brasil. Química Nova, v. 28, p. 565-574, 2005.
- CARVALHO, Adriana Rosa; SCHLITTLER, Flávio Henrique Mingante; TORNISIELO, Valdemar Luiz. Relações da atividade agropecuária com parâmetros químicos da água. Química Nova, v. 23, p. 618-622, 2000.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2006. Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. Série Relatórios. Disponível: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. (acessada em 24/04/2022).
- DORES, Eliana Freire Gaspar de Carvalho; DE-LAMONICA-FREIRE, Ermelinda Maria. Contaminação do ambiente por pesticidas. Estudo de caso: Águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso-Análise preliminar. Química Nova, v. 24, p. 27-36, 2001.
- DOS SANTOS FERREIRA, Camila; CUNHA-SANTINO, Marcela Bianchessi. Monitoramento da qualidade da água do rio monjolinho: a limnologia como uma ferramenta para a gestão ambiental. Revista de Estudos Ambientais, v. 16, n. 1, p. 27-37, 2015.
- DE SOUZA FRAGA, Micael et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Catolé Grande, Bahia, Brasil. Nativa, v. 2, n. 4, p. 214-218, 2014.
- SANTOS, R. P. et al. Benthic community in the lower stretches of Arroio Sanga do Meio and Arroio Teixeira, municipality of Tapes, RS, Brazil, during the spring of 2007. FEPAM em Revista, v. 3, n. 1, p. 4-13, 2009.
- LAMPARELLI, Marta Condé. Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- LIMA, Espedito Maia; PINTO, Josefa Eliane Santana de S. Bacia do Rio Catolé, Bahia-Brasil: bases geoambientais e socioeconômicas para a gestão da água e do solo. Revista Geográfica de América Central, v. 2, p. 1-16, 2011.

SEIA. Sistema Estadual de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos. 2021. Módulo de Monitoramento. Disponível em: <http://monitoramento.seia.ba.gov.br/login.xhtml>. (acessada em 14/05/2021).

DA SILVA, Djane Fonseca; DE SOUZA, Francisco de Assis Salviano; KAYANO, Mary Toshie. Avaliação dos impactos da poluição nos recursos hídricos da bacia do rio Mundaú (AL e PE). *Revista de Geografia (Recife)*, v. 24, n. 3, p. 210-223, 2010.

SUTIL, Thaise et al. Análise da qualidade hídrica do rio Tega, Caxias do Sul- RS, Brasil. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 7, n. 2, p. 124-142, 2018.

TERNUS, Raquel Zeni et al. Influence of urbanisation on water quality in the basin of the upper Uruguay River in western Santa Catarina, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 23, p. 189-199, 2011.

UTILIZAÇÃO DE COMPOSTO E BIOCARVÃO NA REMEDIAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS: ENSAIOS DE SORÇÃO E DESSORÇÃO

Lima, J.Z.¹; Rodrigues, V.G.S.²

1 – Jacqueline Zanin Lima. Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC/USP) (jacqueline.zanin.lima@usp.br)

2 – Valéria Guimarães Silvestre Rodrigues. Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC/USP) (valguima@usp.br)

RESUMO: A contaminação do solo e/ou água com elementos potencialmente tóxicos (EPTs) pode ser uma ameaça para a manutenção dos serviços ecossistêmicos. Consequentemente, diferentes sorventes vêm sendo estudados como alternativas para a imobilização dos contaminantes. Este estudo objetivou avaliar a performance de sorção e dessorção de cádmio (Cd), chumbo (Pb) e zinco (Zn) em composto e biocarvão derivados da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos (FORSU). Os resultados mostraram que estes materiais têm potencial para serem usados no ambiente. O composto apresentou eficiência de sorção superior a 83% e dessorção inferior a 2,2%. O biocarvão revelou resultados mais promissores, com sorção superior a 96% e dessorção inferior a 0,2%. Essas reduzidas taxas de dessorção somadas ao fato da sorção ter sido fracamente influenciada pela força iônica da solução indicam a formação de complexos de esfera interna. Embora esses materiais sejam promissores na retenção de Cd, Pb e Zn, mais estudos são necessários visando avaliar sua capacidade máxima de sorção e comportamento a longo prazo.

Palavras-Chave: Cádmio; Chumbo; Zinco; Fração orgânica de resíduos sólidos urbanos

ABSTRACT: Contamination of soil and/or water with potentially toxic elements (EPTs) can be a threat to the maintenance of ecosystem services. Consequently, different sorbents have been studied as alternatives for the immobilization of contaminants. This study aimed to evaluate the sorption and desorption performance of cadmium (Cd), lead (Pb) and zinc (Zn) in compost and biochar derived from the organic fraction of municipal solid waste (OFMSW). The results showed that these materials have the potential to be used in the environment. The compost revealed sorption efficiency above 83% and desorption below 2.2%. Biochar showed more promising results, with sorption above 96% and desorption below 0.2%. These reduced desorption rates added to the fact that the sorption was weakly influenced by the ionic strength of the solution indicate the formation of inner sphere complexes. Although these materials are promising in the retention of Cd, Pb and Zn, more studies are needed to evaluate their maximum sorption capacity and long-term behavior.

Keywords: Cadmium; Lead; Zinc; Organic fraction of municipal solid waste

DOI: 10.6084/m9.figshare.21938078

Introdução: Os elementos potencialmente tóxicos (EPTs) estão presentes em concentrações geogênicas no meio ambiente, podendo ser liberados, naturalmente, pelo intemperismo e erosão (Salomons, 1995). No entanto, diferentes atividades antrópicas vêm aumentando substancialmente a concentração desses elementos no solo, ar e água (superficial e subterrânea), perturbando o equilíbrio natural.

Os EPTs são persistentes e não-biodegradáveis, podendo provocar sérios danos negativos nas funções ecossistêmicas e na atividade metabólica das plantas e animais, culminando em distúrbios fisiológicos e neurológicos, sendo algumas vezes letais inclusive para o homem (Förstner; Wittmann, 1983). A *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR, Agência para o Registro de Substâncias Tóxicas e Doenças) criou uma lista de 275 substâncias prioritárias com base em uma combinação de frequência, toxicidade e potencial de exposição humana, incluindo vários desses elementos. Chumbo (Pb) e cádmio (Cd) estão entre as primeiras posições (segunda e sétima, respectivamente) e zinco (Zn) ocupa o septuagésimo quinto lugar (ATSDR, 2019). Assim, devido à importância destes elementos, eles foram objeto de estudo desta pesquisa, focando na imobilização deles no ambiente.

Estima-se que os EPTs estejam presentes em mais de 20 milhões de hectares de áreas contaminadas em todo o mundo (Wuana et al., 2011). No Estado de São Paulo as áreas contaminadas cadastradas pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) aumentaram de 255 em 2002 para 6571 em 2022 e os dados mais recentes mostram que os metais são o quarto maior grupo de contaminantes presente em aproximadamente 20% dos casos (CETESB, 2022).

Diversas técnicas de remediação vêm sendo desenvolvidas para serem empregadas no solo ou água contaminados, incluindo a sorção, que se destaca pela sua eficiência e fácil aplicação. Contudo, devido à diversidade dos contaminantes e complexidade dos ambientes naturais, é necessário estudar novos sorventes que sejam eficientes, ecologicamente corretos e, preferencialmente, de baixo custo. Uma alternativa potencial são os materiais derivados de biomassa, como os resíduos orgânicos, incluindo lodo de esgoto, dejetos animais, resíduos agrícolas e resíduos sólidos municipais. Esta opção, além de contribuir para a remediação de áreas contaminadas, favorece a gestão e valoração dos resíduos de acordo com os princípios da economia circular.

Assim, o objetivo geral deste estudo foi comparar a performance de sorção de Cd, Pb e Zn por dois diferentes materiais (composto e biocarvão) derivados da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (FORSU). Os objetivos específicos foram: (i) avaliar a capacidade de

sorção de cada sorvente; (ii) avaliar a capacidade de dessorção de cada sorvente, considerando um cenário pós-sorção.

Material e Métodos: Os sorventes foram produzidos a partir da FORSU coletada no município de São Carlos. O composto foi preparado usando o método de compostagem *windrow* modificado (em pequena escala) em condição interna (protegido de insolação e precipitação). Após quatro meses de compostagem, o produto final foi seco em temperatura ambiente, destorrado, seco em estufa ($60\text{-}65\text{ }^{\circ}\text{C}$) e peneirado (2,00 mm). O biocarvão foi produzido pelo processo de pirólise da FORSU seca em estufa ($100\text{-}110\text{ }^{\circ}\text{C}$), com taxa de aquecimento de $10\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ durante os primeiros 30 minutos e $20\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ até a temperatura de $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, que foi mantida por mais 60 minutos. Esse processo se deu em atmosfera livre de O_2 , com taxa de fluxo de 1 L min^{-1} de N_2 . Após o processo de pirólise, o material foi destorrado e peneirado. A Tabela 1 apresenta a caracterização principal desses materiais e a Figura 1 mostra suas estruturas vistas com o auxílio da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

Figura 1 - Micrografia em MEV para o composto (a) e o biocarvão (b)

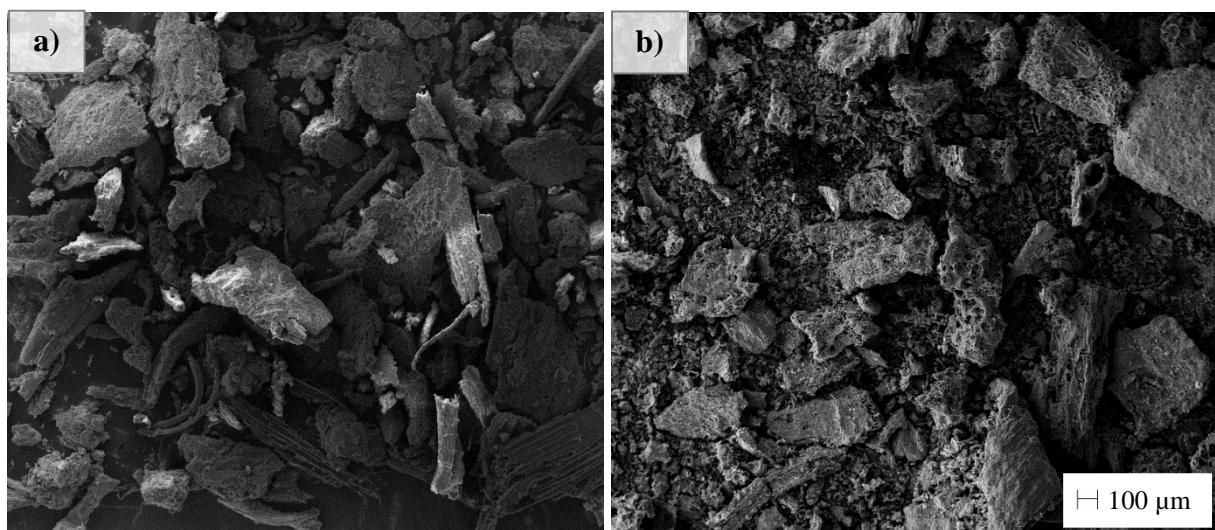


Tabela 1: Principais características do composto e do biocarvão

Amostra	pH	ΔpH	pH _{PCZ}	CTC (cmol _c kg ⁻¹)	SE (m ² g ⁻¹)	C (%)
Composto	9.3 ± 0.0	-0.7 ± 0.1	7.3 ± 0.0	$110,0 \pm 2,8$	57.29	36.59 ± 0.88
Biocarvão	10.6 ± 0.0	-0.5 ± 0.0	8.1 ± 0.1	$59,5 \pm 0,7$	42.31	52.67 ± 2.76

PCZ: ponto de carga zero; CTC: capacidade de troca catiônica; SE: superfície específica; C: carbono.

Média \pm desvio padrão ($n = 3$).

Fonte: Lima et al. (2022a)

O experimento de sorção foi realizado com duas soluções multielementares com concentrações teóricas iniciais (10 e 100 mg L^{-1}) de cada metal (Cd, Pb e Zn), preparadas usando água Milli-Q e $\text{CdCl}_2 \cdot 2,5\text{ H}_2\text{O}$, PbCl_2 e ZnCl_2 (Sigma-Aldrich e Merck). Para efeito de

comparação, foram preparadas também soluções de 100 mg L⁻¹ usando cloreto de sódio (NaCl) e cloreto de cálcio (CaCl₂). Os testes foram iniciados misturando 1,00 g de cada sorvente com 50 mL de cada solução. As misturas foram agitadas a 120 rpm à temperatura ambiente (25 ± 2 °C). Após 24 h, as amostras foram centrifugadas (3500 rpm, 5 min) e filtradas. Em seguida, foram acidificadas (ácido nítrico - HNO₃, 1%) e armazenadas para análise das concentrações em espectroscopia de emissão atômica de plasma indutivamente acoplado de alto desempenho (ICP-AES) (Thermo Scientific, iCAP 6200). Os parâmetros físico-químicos pH, Eh (potencial de oxido-redução) e CE (condutividade elétrica) foram determinado no início e no final de cada ensaio. Com os resultados experimentais foram calculados os parâmetros quantitativos mostrados nas Equações 1 e 2:

$$S\% = \left(\frac{C_0 - C_e}{C_0} \right) 100 \quad (\text{Equação 1})$$

$$q_e = \frac{V (C_0 - C_e)}{M} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: S% é a porcentagem de sorção do contaminante (%); C₀ e C_e são a concentração de soluto na solução inicial e em equilíbrio, respectivamente (mg L⁻¹); q_e é a concentração de soluto sorvida pelo sorvente (mg g⁻¹); V é o volume da solução inicialmente adicionada (L); M é a massa de sorvente (g).

O experimento de dessorção foi realizado com as amostras pós-sorção com concentração multielementar de 100 mg L⁻¹ usando água Milli-Q. Elas foram secas em estufa (60-65 °C) e foi usado 1,00 g de cada sorvente e 50 mL de água. Foram seguidas as mesmas condições de temperatura, tempo de contato, centrifugação, filtração, acidificação, armazenamento e análise das concentrações. Com os resultados foram determinadas a porcentagem de dessorção (D%) e a capacidade de dessorção (mg g⁻¹).

Resultados: A Figura 2 apresenta os resultados dos parâmetros físico-químicos do experimento de sorção. Os valores de pH, Eh e CE para o “branco” consideraram os parâmetros da solução (sem sorvente) nas diferentes concentrações iniciais e presença ou não de cloreto; os dados para a condição “inicial” se referem ao momento imediatamente após o contato entre

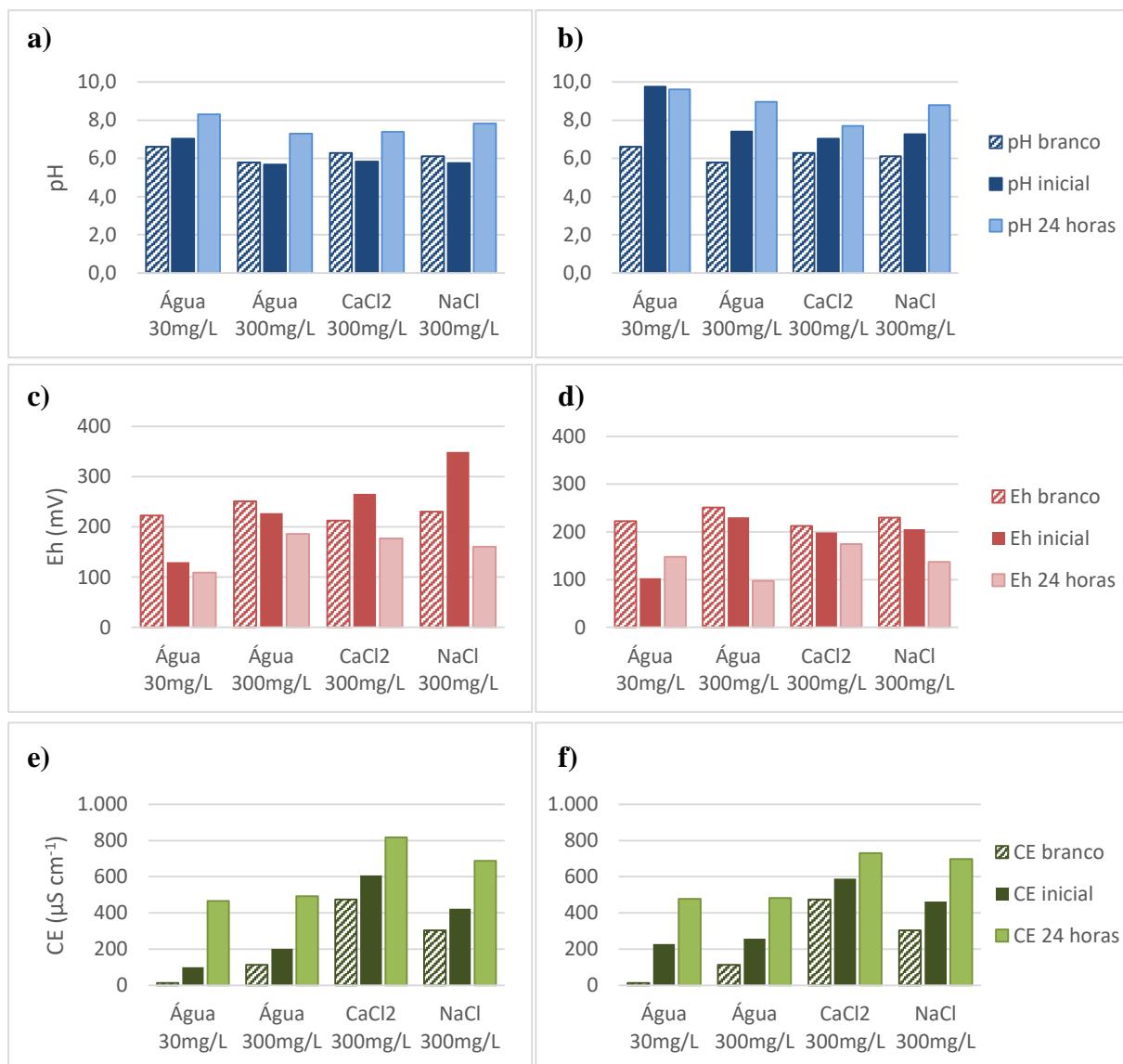
sorvente e solução; e os resultados para a situação “24 horas” foram os valores no equilíbrio (após agitação e filtração).

O pH afeta os mecanismos de sorção, interferindo nas cargas de superfície dos sorventes, bem como na especiação e ionização das moléculas em solução. Comparando o “pH branco” com o “pH inicial”, a adição dos sorventes implicou no aumento do pH. Com o tempo de contato (“pH inicial” e “pH 24 horas”), houve uma tendência de estabilidade ou leve aumento nos valores de pH. Isso pode ser causado pela liberação de elementos alcalinos da matriz orgânica ou liberação de íons OH⁻ dos grupos funcionais de superfície (como carboxilas, fenóis e carbonilas). Na faixa de pH deste estudo, a maioria dos grupos funcionais carboxílicos já se encontram dissociados e, nos maiores valores de pH (8,0 a 9,0), os grupos fenólicos também iniciam sua dissociação, contribuindo para o aumento das cargas negativas de superfície. Ademais, em praticamente todos os casos (única exceção foi a amostra com CaCl₂), o valor de pH foi superior ao pH_{PCZ} de ambos sorventes (Tabela 1), garantindo um predomínio de cargas negativas de superfície e consequente atração dos contaminantes (Cd²⁺, Pb²⁺ e Zn²⁺).

O Eh também afeta o processo de sorção e a especiação dos metais. No caso deste estudo foram observados valores oxidantes para todas as situações e, em geral, houve uma diminuição dos resultados em decorrência do tempo de contato.

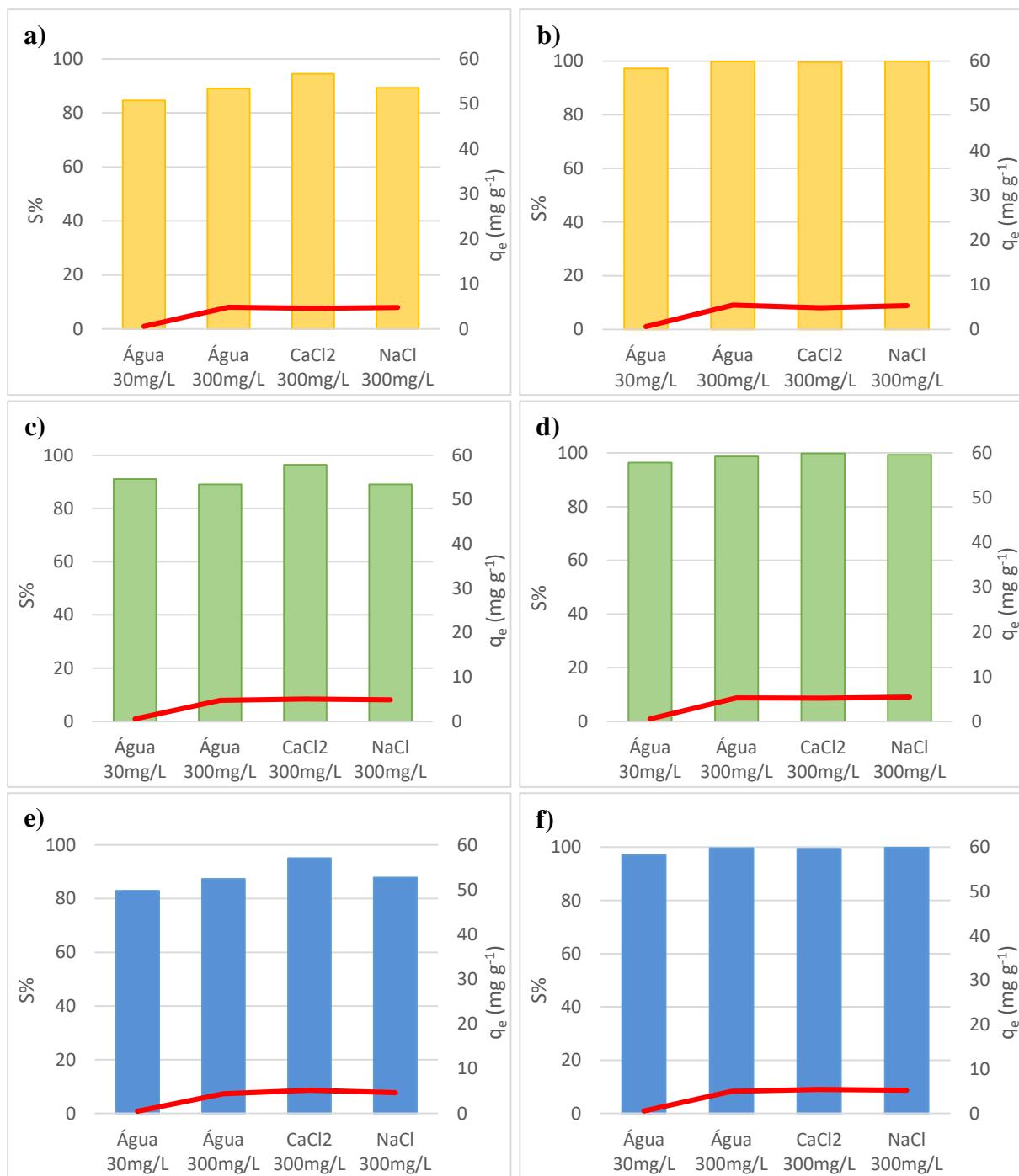
A variação de CE mostrou uma tendência unânime de aumento com a adição do sorvente e novo aumento em função do contato, o que confirma a hipótese da liberação de elementos apresentada anteriormente. A troca catiônica com a consequente liberação em solução, principalmente de Ca, Mg, Na e K, foi relatada anteriormente como um dos mecanismos de sorção de compostos e biocarvões (Zhou et al., 2018; Qi et al., 2022). Confirmado este mecanismo, a Tabela 1 indica os valores de CTC dos materiais avaliados.

Figura 2 - Variação dos valores de pH, Eh (potencial de oxido-redução) e CE (condutividade elétrica) durante o experimento de sorção de Cd, Pb e Zn em composto e biocarvão



Em relação ao potencial de sorção dos materiais, a Figura 3 apresenta os dados de porcentagem de remoção (A%) e capacidade de remoção (q_e mg g⁻¹). O biocarvão se mostrou um exímio sorvente, com remoção superior a 96% em todos os casos de estudo. Embora a eficiência de imobilização do composto tenha sido ligeiramente inferior em comparação com o biocarvão, ainda assim, ela foi superior a 83%.

Figura 3 - Porcentagem de sorção, S% (colunas) e capacidade de remoção, q_e (linhas) em função do material e do contaminante



Com o aumento da concentração inicial dos contaminantes de 30 para 300 mg L⁻¹, foi mantida as elevadas porcentagens de remoção, garantindo o aumento da capacidade de remoção. Por exemplo, para o Cd a sorção foi de 0,621 e 5,424 mg L⁻¹, o que representa 97,3 e 99,9% nas concentrações de 30 e 300 mg L⁻¹, respectivamente. Quanto à presença de cloreto na solução, foi observada maior imobilização de Cd, Pb e Zn para o composto em contato com o CaCl₂. Por exemplo, a remoção de Pb foi de 5,024; 4,869 e 4,741 mg g⁻¹ para CaCl₂, NaCl e H₂O, respectivamente.

Considerando uma situação hipotética do descarte do sorvente contaminado, é importante verificar os riscos dos íons sorvidos retornarem ao ambiente. Para isso, foram realizados testes de dessorção em água Milli-Q ($\text{pH} \approx 6,2$). Os resultados mostraram reduzidas porcentagens de dessorção, com valores máximos de 0,2% para o biocarvão e 2,2% para o composto, ambos em relação ao Zn (Tabela 2).

Tabela 2: Porcentagem de dessorção (D%) e capacidade de dessorção (mg g^{-1}) em função do material e do contaminante

Amostra	Cd		Pb		Zn	
	mg g^{-1}	D%	mg g^{-1}	D%	mg g^{-1}	D%
Composto	0,089	1,8	0,063	1,3	0,097	2,2
Biocarvão	0,007	0,1	0,007	0,1	0,009	0,2

Discussão: Diversos sorventes vêm sendo estudados visando à remediação de solos e/ou água contaminados. Devido às propriedades específicas do biocarvão, como pH predominantemente alcalino, alta porosidade e área superficial, boa estabilidade e elevada CTC, numerosas pesquisas têm reportado promissores resultados do biocarvão na imobilização de contaminantes orgânicos e inorgânicos (Li et al., 2017; Lima et al., 2022b; Liu et al., 2022). Contudo, em função das características do biocarvão (influenciadas pela biomassa e processo de pirólise) e das propriedades dos contaminantes, diferentes performances de sorção e dessorção podem ser observadas. A temperatura de pirólise é um dos fatores determinantes para as propriedades físico-químicas do material final e, consequentemente, para o seu desempenho na sorção. Ding et al. (2014) estudaram o biocarvão derivado do bagaço de cana-de-açúcar sob diferentes temperaturas (250, 400, 500 e 600 °C), revelando que houve uma diminuição na capacidade máxima de sorção de Pb com o aumento da temperatura de pirólise. Zhang et al. (2015) também avaliaram a sorção de Cd em biocarvões de uma planta aquática (*Eichhornia crassipes*) produzida a 250, 350, 450 e 550 °C, concluindo que a capacidade máxima de imobilização aumentou com a temperatura de pirólise até 450°C, mas depois sofreu uma redução, sendo encontrado o menor valor justamente em relação ao biocarvão pirolisado na maior temperatura (550 °C). Este estudo comparou dois tratamentos para a FORSU: um biológico (compostagem) e outro térmico (pirólise). Embora os resultados do biocarvão nas condições experimentais tenham sido muito promissores, os dados da literatura mostram que numa etapa posterior de investigação seria interessante avaliar a mesma biomassa pirolisada em outras temperaturas.

O composto também é um material promissor na retenção de EPTs com resultados já comprovados para tratamento de meios aquosos (Kocasoy; Güvener, 2009) e de solos

contaminados (Farrell; Jones 2010; Tang et al., 2020). Liu et al. (2019) analisaram a adição de compostos com diferentes graus de maturidade (composto primário, secundário e envelhecido por 1 ano) e em diferentes taxas (0%, 25% e 50%) em um solo contaminado artificialmente (Cu, Zn, Cd e Ni). Os resultados dos autores mostraram que o composto envelhecido foi o mais eficaz para melhorar as propriedades físicas e químicas do solo e reduzir a mobilidade dos metais. A taxa de adição de 25% deste composto promoveu o maior crescimento radicular e a bioacumulação efetiva dos metais na planta empregada (*Sedum aizoon*).

As áreas contaminadas, muitas vezes, contêm mais de um contaminante, os quais podem pertencer a um mesmo grupo ou a diferentes grupos. Nesse sentido, este estudo investigou soluções contendo Cd, Pb e Zn simultaneamente. Ji et al. (2022) avaliaram soluções monoelementares e multielementares contendo Cd e Pb, concluindo que o Pb apresentou uma vantagem competitiva sobre o Cd nas amostras multielementares. Park et al. (2016) reportaram que o comportamento de diversos metais (Cd, Cr, Cu, Pb, Zn) foi diferente para a sorção monoelementar e multielementar devido à competição, sendo que, especialmente durante a sorção multimetalica, o Cd foi facilmente trocado e substituído por outros metais.

Comumente, também existem outros cátions metálicos inorgânicos na solução do solo e em águas residuais e naturais, os quais podem ocupar sítios ativos de sorção e, consequentemente, interferir no processo de imobilização dos contaminantes catiônicos. Nesse sentido, este estudo comparou a sorção de Cd, Pb e Zn a partir de soluções preparadas em água, CaCl₂ e NaCl. Embora para o biocarvão estas variações não tenham produzido diferenças significativas, para o composto as maiores remoções de deram justamente para a solução em CaCl₂. Isso indica que não houve uma competição pelos sítios de sorção entre os contaminantes (Cd²⁺, Pb²⁺ e Zn²⁺) e os íons advindos da solução (Ca²⁺ e Na⁺). Inclusive para o composto pode ter havido um sinergismo. Geralmente, o mecanismo de sorção de metais envolve complexos de esfera interna quando a retenção não é responsiva à força iônica, enquanto uma diminuição da sorção de metais com o aumento da força iônica sugere a ocorrência de complexação de esfera externa (Xiao et al., 2020). Isso indica que os metais foram sorvidos pelo composto e biocarvão formando complexos de esfera interna. Resultados similares foram reportados em estudo prévios para Cd, Pb e Cu sorrido em biocarvão derivado de farinha de osso de vaca tratado com óxidos de Fe/Mn (Xiao et al., 2020) e em biocarvão de escama de peixe tratado com MgCl₂ (Qi et al., 2022).

Ademais, as ligações químicas envolvidas nos complexos de esfera interna tendem a ser mais fortes e não reversíveis em comparação com os complexos de esfera externa (Sparks,

1995). De fato, a dessorção observada neste estudo foi reduzida, principalmente para o biocarvão, confirmando a tendência de formação dos complexos de esfera interna.

Fundamentando a importância da temática da remediação de áreas contaminadas, estamos na Década das Nações Unidas para a Restauração dos Ecossistemas (2021 - 2030), um movimento que visa conciliar esforços globais no intuito de prevenir, interromper e recuperar ecossistemas terrestres e aquáticos degradados em todo o mundo, para então se alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), lançados em 2015 (United Nations - UN Decade, 2015). O uso de composto e biocarvão na remediação de áreas contaminadas é uma ferramenta promissora e atrativa. A correta destinação e gestão dos resíduos sólidos aliada ao consumo e produção responsáveis (Objetivo 12) promove indústrias, inovação e infraestrutura (Objetivo 9) e é essencial para o desenvolvimento de cidades e comunidades sustentáveis (Objetivo 11). O uso de sorventes visando a sorção eficiente de contaminantes presentes no solo e/ou água e a recuperação de serviços ecossistêmicos podem contribuir diretamente para garantir água limpa e potável de qualidade à população mundial (Objetivo 6), além da proteção da vida aquática (Objetivo 14) e terrestre (Objetivo 15).

Conclusão: Composto e biocarvão produzidos a partir da FORSU revelaram promissora capacidade de sorção de Cd, Pb e Zn em soluções multielementares. O biocarvão exibiu sorção superior a 96% e dessorção inferior a 0,2%. Contudo, são necessários mais experimentos envolvendo maiores concentrações dos contaminantes para se garantir a saturação dos sorventes, bem como experimentos longo prazo para se avaliar o comportamento destes materiais saturados em função de seu envelhecimento. De modo geral, a utilização de resíduos para produção de composto e biocarvão a serem empregados na remediação de solos e águas contaminados é altamente promissora seguindo os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Agradecimentos: Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (nº processo: 2017/16961-0) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (bolsa de produtividade em pesquisa - nº do processo: 310989/2020-5).

Referências:

ATSDR - AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASES REGISTRY. ATSDR's Substance Priority List. 2019. Disponível em:
<<https://www.atsdr.cdc.gov/spl/index.html#2019spl>>. Acesso em: 02/09/2022.

- CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL.
Relatório de Áreas Contaminadas e Reabilitadas no Estado de São Paulo. 2022. Disponível em: <
<https://mapas.infraestruturaeambiente.sp.gov.br/portal/apps/MapJournal/index.html?appid=28e7bb2238a443819447a8ec3ae4abe5>>. Acesso em: 02/09/2022.
- DING, W.; DONG, X.; IME, I.M.; GAO, B.; MA, L.Q. Pyrolytic temperatures impact lead sorption mechanisms by bagasse biochars. *Chemosphere* 105, 68–74. 2014.
- FARRELL, M.; JONES, D.L.; Use of composts in the remediation of heavy metal contaminated soil. *J. Hazard. Mater.*, v.175, n.1, p.575-582. 2010.
- FÖRSTNER, U.; WITTMANN, G.T.W. Metal Pollution in the Aquatic Environment. Springer-Verlag, 1983.
- JI, Y.; ZHENG, N.; AN, Q.; SUN, S.; WANG, S.; LI, X.; LI, P.; HUA, X.; DONG, D.; ZHAO, C.; LI, Z.; ZHANG, W. The effect of carbonization temperature on the capacity and mechanisms of Cd(II)-Pb(II) mix-ions adsorption by wood ear mushroom sticks derived biochar. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 239, 113646. 2022.
- KOCASOY, G.; GÜVENER, Z.; Efficiency of compost in the removal of heavy metals from the industrial wastewater. *Environmental Geology*, v.57, n.2, p.291-296. 2009.
- LI, H.; DONG, X.; DA SILVA, E.B.; DE OLIVEIRA, L.M.; CHEN, Y.; MA, L.Q.; Mechanisms of metal sorption by biochars: biochar characteristics and modifications. *Chemosphere*, v.178, p.466-478. 2017.
- LIMA, J.Z.; DA SILVA, E.F.; PATINHA, C.; DURÃES, N.; VIEIRA, E.M.; RODRIGUES, V.G.S. Sorption of arsenic by composts and biochars derived from the organic fraction of municipal solid wastes: kinetic, isotherm and oral bioaccessibility study. *Environ. Res.* 204. 2022a.
- LIMA, J.Z.; OGURA, A.P.; SILVA, L.C.M.; NAUERTH, I.M.R.; RODRIGUES, V.G.S.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; MARQUES, J.P. Biochar-pesticides interactions: an overview and applications of wood feedstock for atrazine contamination. *J. Environ. Chem. Eng.* 10, 108192. 2022b.
- LIU, L.; WANG, S.; GUO, X.; WANG, H.; Comparison of the effects of different maturity composts on soil nutrient, plant growth and heavy metal mobility in the contaminated soil. *J. Environ. Manag.* 250. 2019.
- LIU, M.; ALMATRAFI, E.; ZHANG, Y.; XU, P.; SONG, B.; ZHOU, C.; ZENG, G; ZHU, Y. A critical review of biochar-based materials for the remediation of heavy metal contaminated environment: Applications and practical evaluations. *Sci. Total Environ.*, 806, 150531. 2022.

- PARK, J.H.; OK, Y.S.; KIM, S.H.; CHO, J.S.; HEO, J.S.; DELAUNE, R.D.; SEO, D.C. Competitive adsorption of heavy metals onto sesame straw biochar in aqueous solutions. *Chemosphere* 142, 77–83. 2016.
- QI, X.; YIN, H.; ZHU, M.; YU, X.; SHAO, P.; DANG, Z. MgO-loaded nitrogen and phosphorus self-doped biochar: High-efficient adsorption of aquatic Cu²⁺, Cd²⁺, and Pb²⁺ and its remediation efficiency on heavy metal contaminated soil. *Chemosphere* 294, 133733. 2022.
- SALOMONS, W. Environmental impact of metals derived from mining actives: processes, predictions, prevention. *J. Geochem. Explor.*, Elsevier, n.52, p.5-23, 1995.
- SPARKS, D. L.; Environmental Soil Chemistry. Academic Press. 1995. 267p.
- TANG, J.; ZHANG, L.; ZHANG, J.; REN, L.; ZHOU, Y.; ZHENG, Y.; LUO, L.; YANG, Y.; HUANG, H.; CHEN, A.; Physicochemical features, metal availability and enzyme activity in heavy metal-polluted soil remediated by biochar and compost. *Sci. Total Environ.*, 701. 2020.
- UNITED NATIONS - UN Decade, 2015. Preventing, halting and reversing the degradation of ecosystems worldwide. New York, NY, USA,. URL Disponível em: <<https://www.decadeonrestoration.org/>>. Acesso em: 02/09/2022.
- WUANA, R.A.; OKIEIMEN, F.E.; MONTUELLE, B.; STEINMAN, A.D. Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. *Int. Sch. Res. Netw. ISRN Ecol.* 20. 2011.
- XIAO, J.; HU, R.; CHEN, G.; XING, B. Facile synthesis of multifunctional bone biochar composites decorated with Fe/Mn oxide micro-nanoparticles: Physicochemical properties, heavy metals sorption behavior and mechanism. *J. Hazard. Mater.*, 399, 123067. 2020.
- ZHANG, F.; WANG, X.; YIN, D.; PENG, B.; TAN, C.; LIU, Y.; TAN, X.; WU, S. Efficiency and mechanisms of Cd removal from aqueous solution by biochar derived from water hyacinth (*Eichornia crassipes*). *J. Environ. Manag.* 153, 68–73. 2015.
- ZHOU, Z.; XU, Z.; FENG, Q.; YAO, D.; YU, J.; WANG, D.; LV, S.; LIU, Y.; ZHOU, N.; ZHONG, M. Effect of pyrolysis condition on the adsorption mechanism of lead, cadmium and copper on tobacco stem biochar. *J. Clean. Prod.* 187, 996–1005. 2018.

UMA BREVE ANÁLISE DO PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS URBANOS DA COLETA SELETIVA REALIZADA POR CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS NO BRASIL

Bimbati, Tainá A. V.¹; Carnietto, Mirela B.²; Santos, Felipe A.³; Pereira,
Beatriz P.⁴; Silva, Bruno F. V.⁵

1 – Tainá Ângela Vedovello Bimbati. tavbimbati@ambienta.org.br

2 – Mirela Bertin Carnietto. mirelabertin@yahoo.com.br

3 – Felipe Augusto Santos. UNESP Campus São José dos Campos. felipe.a.santos@unesp.br

4 – Beatriz de Paula Pereira. biadppereira@gmail.com

5 – Bruno Fernando Vieira Silva. Universidade de São Paulo, Escola Politécnica. bruno.fernando.silva@usp.br

RESUMO: Tendo em vista que a coleta seletiva é fundamental para a reciclagem, o Pagamento por Serviços Ambientais Urbanos (PSAU) torna-se um instrumento importante para a remuneração dos serviços prestados que os catadores proporcionam diante das externalidades ambientais positivas para a sociedade, de forma a garantir a operacionalização, manutenção e sustentabilidade dos fluxos de serviços ecossistêmicos decorrentes dessa atividade. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi analisar a aplicação do PSAU no contexto da coleta seletiva e gestão de resíduos sólidos urbanos pelos catadores de materiais recicláveis no Brasil a fim de compreender os programas existentes na prática e a sua contribuição na promoção do trabalho das cooperativas e associações de catadores. A metodologia se baseou em uma pesquisa qualitativa de caráter exploratório de revisão documental, legislação e bibliográfica. Os resultados mostraram que a aplicação dos conceitos de PSA no contexto urbano ainda é muito recente e que, nos poucos programas existentes, o pagamento dos serviços aos provedores fica restrito apenas à massa de resíduos coletada, não considerando as externalidades positivas ambientais geradas direta e/ou indiretamente pela coleta seletiva. Conclui-se que, diante da previsão na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e do potencial da utilização do PSAU para a remuneração dos catadores de materiais recicláveis pelos serviços de coleta seletiva prestados e da essencialidade deste trabalho, há uma urgente necessidade de aprofundamento de estudos nessa área.

Palavras-Chave: Pagamento por Serviços Ambientais Urbanos; Serviços Ambientais; Coleta Seletiva; Catadores de Materiais Recicláveis; Resíduos Sólidos.

ABSTRACT: Considering that selective collection is fundamental for recycling, the Payment for Urban Environmental Services (PUES) becomes an important

instrument for the remuneration of the services provided that the collectors provide in the face of positive environmental externalities for society, in order to guarantee the operationalization, maintenance and sustainability of the flows of ecosystem services resulting from this activity. In this sense, the objective of this work was to analyze the application of PUES in the context of selective collection and management of urban solid waste by collectors of recyclable materials in Brazil in order to understand the existing programs in practice and their contribution to promoting the work of cooperatives. and waste pickers associations. The methodology was based on an exploratory qualitative research of document, legislation and bibliographic review. The results showed that the application of PES concepts in the urban context is still very recent and that, in the few existing programs, the payment of services to providers is restricted only to the mass of waste collected, not considering the positive environmental externalities generated directly and/or or indirectly by selective collection. It is concluded that, given the forecast in the in the National Solid Waste Policy (NSWP) and the potential of using the PUES to remunerate recyclable material collectors for the selective collection services provided and the essentiality of this work, there is an urgent need for further studies in this area.

Keywords: Payment for Urban Environmental Services; Environmental Services; Selective Collection; Recyclable Materials Pickers; Solid Waste.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21938081

Introdução: A reciclagem promove a reintrodução dos materiais no ciclo produtivo, gerando inúmeros impactos positivos, ambientais, econômicos e sociais. Isto porque, ao evitar a produção de novos produtos a partir de materiais virgens, reduz a extração de recursos naturais, o consumo de água e energia dentro de todo o ciclo (RIBEIRO et al., 2014) e a geração de resíduos destinados à disposição final nos aterros sanitários (SOUZA et al., 2012), resultando em externalidades positivas no que se refere aos fluxos de energia e matéria. Ao viabilizar o retorno dos materiais para a reciclagem, a coleta seletiva de resíduos sólidos também contribui para a redução das emissões de gases do efeito estufa de um modo geral. De acordo com o IPEA (2010), a reciclagem poderia proporcionar cerca de 8 bilhões de reais por ano ao Brasil em benefícios econômicos e ambientais.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei Federal nº 12.305 de 2010, prevê o incentivo à indústria da reciclagem e estabelece o resíduo sólido reciclável como um bem econômico, de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor da cidadania. Ao priorizar a inserção dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, traz o catador como um agente primordial nesta atividade. Esses trabalhadores desempenham um papel preponderante para o processo de reciclagem, pois abastecem as indústrias recicladoras com matérias-primas para a fabricação de novos produtos (MEDEIROS; MACEDO, 2006). Atuam, sobretudo, nas etapas de coleta, segregação, acondicionamento, armazenamento e comercialização para a indústria recicladora ou intermediários e podem estar organizados ou não em cooperativas e associações.

De uma forma geral, o trabalho dos catadores proporciona externalidades positivas para toda a sociedade. Souza et al. (2012) observa que este gera impactos para toda a sociedade além do ambiental, passando por questões de saúde pública, saneamento, impactos nas contas públicas, entre outros aspectos de grande importância. Segundo Da Silva et. al (2021), os catadores desenvolvem atividades com caráter ambientalmente conservacionista e contribuem também para a redução das externalidades negativas da gestão de resíduos em áreas urbanas e, portanto, suas atividades devem ser compensadas por meio de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA).

Entende-se como Serviços ambientais as externalidades positivas (impactos positivos) ocasionadas por atividades antrópicas que geram melhorias na qualidade de vida (MURADIAN et al., 2010). Segundo a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA), instituída pela Lei nº 14.119 de 2021, podem ser atividades individuais

ou coletivas que favorecem a manutenção, a recuperação e/ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos. Os serviços ambientais urbanos, portanto, refletem atividades antrópicas no meio urbano que geram externalidades ambientais positivas ou reduzem as externalidades ambientais negativas, tal como a reciclagem, tratamento de esgoto, a manutenção de áreas verdes e o transporte coletivo, por exemplo (IPEA, 2010).

Essa definição implica uma ideia de valor econômico dos benefícios ambientais advindos dos ecossistemas (ANDRADE e ROMEIRO, 2009). Assim, o PSA surge como um mecanismo de conservação baseado na valoração não mercantil do meio ambiente que se transforma em incentivos financeiros para atores locais. Isto se baseia nos princípios do protetor-recededor e usuário-pagador, remunerando o provedor que assumiu uma posição positiva do ponto de vista ambiental (HUPFFER et al., 2011; FERRAZ et al., 2019). Os programas de PSA podem ser custeados por usuários de serviços ou pelo governo (ENGEL et al., 2008). O Pagamento por Serviços Ambientais Urbanos (PSAU) trata-se do PSA associado aos serviços ambientais urbanos. Para Schmitz (2020), além monetizar os serviços, reconhecendo-os no mercado e incitando a sua proteção, pode ser uma renda adicional para as populações vulneráveis urbanas. Ao passo que reconhece os agentes protetores do meio ambiente que o fazem de maneira voluntária, o PSAU tenta solucionar falhas de mercado que antes não reconhecia este trabalho. Assim, estrutura-se em função da atividade que o agente realizou e que garante os fluxos de serviços ecossistêmicos (ALTMANN, 2012).

O PSAU com foco na gestão de resíduos sólidos busca remunerar os catadores de materiais recicláveis pelos serviços de coleta seletiva prestados aos municípios e garantir o reconhecimento de seu papel ambiental como agentes ecológicos através da redução das externalidades urbanas negativas (IPEA, 2010) e da promoção de externalidades positivas. O objetivo do trabalho foi analisar a aplicação do PSAU no contexto da coleta seletiva e gestão de resíduos sólidos urbanos pelos catadores de materiais recicláveis no Brasil a fim de compreender os programas existentes na prática e a sua contribuição na promoção do trabalho das cooperativas e associações de catadores.

Material e Métodos: A metodologia se baseou em uma pesquisa qualitativa de caráter exploratório. A coleta de dados foi realizada através de revisão documental, em legislação e bibliográfica com foco em publicações disponibilizadas em base de dados. A análise e interpretação das informações foi feita com base nas pesquisas de autores pertinentes ao tema usando os dados secundários.

Resultados e Discussão: A responsabilidade pela coleta seletiva cabe ao titular dos serviços públicos (BRASIL, 2010). No entanto, em 2020, apenas 36% dos municípios brasileiros apresentaram programas de coleta seletiva e apenas um terço do total de resíduos foi coletado por cooperativas e associações com algum tipo de apoio do poder público (SNIS, 2021). Geralmente este apoio das prefeituras aos catadores consiste: na disponibilização de galpões (por aluguel ou cessão de uso de algum espaço municipal); pagamento das despesas de funcionamento dos galpões; destinação dos resíduos de coleta seletiva realizada por empresas privadas, terceirizadas ou pela própria prefeitura; e formalização de contratos de prestação de serviços com organizações de catadores para a realização da coleta seletiva (DIAS et al., 2022). Embora a contratação de organizações de catadores esteja prevista, priorizada e dispensável de licitação perante a PNRS, essa ainda é uma realidade incipiente (BRASIL, 2022). Segundo o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, somente 4,8% dos municípios pagam organizações de catadores pelos serviços prestados de coleta seletiva, enquanto 10,7% pagam para empresas privadas realizarem o mesmo tipo de serviço.

Um programa de PSAU na gestão de resíduos sólidos o “Bolsa Reciclagem”, em Minas Gerais, instituído pela Lei nº 19.823 de 2011 e regulamentado pelo Decreto nº 45.975 de 2012. O Programa tem como objetivo o incentivo financeiro pela prestação de serviços ambientais realizado pelos catadores de materiais recicláveis organizados em cooperativas e associações com o intuito de diminuir a quantidade de rejeitos acumulados em aterros e a pressão sobre o meio ambiente. O repasse é feito trimestralmente às cooperativas e associações cadastradas e desse valor, 90% são repassados aos catadores cooperados ou associados e 10% podem ser utilizados para pagamento das despesas administrativas ou de gestão, investimento em infraestrutura e aquisição de equipamentos, capacitação de cooperados ou associados, formação de estoque de materiais recicláveis e divulgação e comunicação (MINAS GERAIS, 2011).

O incentivo advém da Lei Orçamentária Anual (LOA), créditos adicionais, doações, contribuições ou legados de pessoas físicas e jurídicas, públicas ou privadas, nacionais ou estrangeiras e de outras origens. E somente pode receber o repasse cooperativas e associações cadastradas, legalmente constituídas há mais de um ano, que possuam cooperados ou associados em pleno exercício da atividade e cujos filhos em idade escolar estejam regularmente matriculados e frequentes em instituição de ensino. O pagamento é realizado mediante a produtividade de coleta de material reciclável e calculado a partir de um coeficiente para cada tipo de material reciclável estabelecido por lei. Segundo a Secretaria de Estado de

Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), 159 organizações estão cadastradas no programa.

No Rio de Janeiro foi criado o Programa Créditos de Logística Reversa, resultado de um trabalho conjunto entre a BVRio e o Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR). O programa, que existe desde 2013, permite que as empresas cumpram suas responsabilidades legais perante a Política Nacional de Resíduos Sólidos e remunerem financeiramente os catadores pela contribuição do retorno dos materiais à cadeia produtiva. As cooperativas emitem os créditos de logística reversa e as empresas compram. Com a venda dos créditos, há a remuneração pelo trabalho prestado, que segundo o programa, pode estimular a coleta seletiva e a cadeia da reciclagem como um todo, ainda que alguns materiais tenham baixo valor de mercado (BVRIO, 2022).

Em 2021, a Lei Estadual do Rio de Janeiro nº 9376 de 2021 criou o Programa Estadual de Incentivo aos Serviços Ambientais de Reciclagem (PSAR) para “premiar” organizações de catadores de acordo com a tonelagem de recicláveis coletada, tendo como base de cálculo os preços mínimos estabelecidos anualmente pelo Poder Público Estadual para cada tipo de resíduo em cada diferente estágio de beneficiamento (RIO DE JANEIRO, 2021). De acordo com a lei, deve ter um fundo específico para custeio e será financiado com recursos oriundos de termos de ajustamento de conduta por danos ambientais relacionados à gestão de resíduos pelas empresas que colocam produtos e embalagens no mercado, obedecendo ao princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.

Conclusão: De um modo geral, a aplicação dos conceitos de PSA no contexto urbano ainda é muito recente e não há muitos trabalhos e referências sobre este tema. Talvez porque, como observa Altmann (2012), há um desafio conceitual, já que originalmente o conceito de PSA foi estruturado para incentivar ações de conservação por meio de os agentes econômicos a adotarem determinados usos do solo e práticas ambientalmente sustentáveis internalizando as externalidades positivas (serviços ambientais) que antes não eram remuneradas pelos agentes econômicos que as utilizam. Segundo Schmitz (2020), as bases conceituais são o grande desafio encontrado, impedindo o seguimento de programas de potencial benéfico à sociedade e aos ecossistemas.

Observa-se que, de maneira geral, os programas de PSAU em coleta seletiva não trazem este nome e o cálculo para o pagamento dos serviços aos provedores fica restrito apenas à quantidade de toneladas de resíduos coletadas, não considerando em sua metodologia de

cálculo todas as externalidades positivas ambientais geradas direta e/ou indiretamente pela coleta seletiva e nem a redução das externalidades negativas.

O recente Decreto nº 10.936 de 2022 que regulamenta a PNRS, traz o PSA como medida para fomentar a coleta seletiva e reciclagem, mas a PNPSA não apresenta diretrizes para a formulação de programas no âmbito dos serviços ambientais urbanos. No contexto legal, Schmitz (2020) observa que a PNRS sustenta o “aspecto social e urbano dos SAs, uma vez que reconhece a atividade dos catadores de materiais recicláveis para o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e prevê o PSA como um instrumento econômico a ser instituído”.

Conclui-se que, tendo em vista o potencial de aplicabilidade dos PSAU no contexto da gestão e do gerenciamento de resíduos sólidos, previsto inclusive na PNRS, como forma de remuneração pelos serviços de coleta seletiva prestados pelos catadores de materiais recicláveis em função da essencialidade de seu trabalho, há uma grande necessidade e importância de aprofundamento e disseminação de estudos nessa área. Como reforça Schmitz (2020), no âmbito da formulação de políticas públicas, é necessária a construção de uma base conceitual sólida e princípios relacionados ao tema. Só assim será possível evoluir na promoção dos serviços ambientais urbanos, buscando sua aplicabilidade e operacionalidade.

Referências:

- ALTMANN, A. Pagamento por Serviços Ambientais Urbanos como instrumento de incentivo para os catadores de materiais recicláveis no Brasil. *Revista de Direito Ambiental*, São Paulo, Brasil, v. 68, p. 307-322. 2012.
- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma ‘Economia dos Ecossistemas’. *Texto para discussão*, 159. Instituto de Economia, Unicamp. Campinas, Brasil, p. 24. 2009.
- BRASIL. Lei Federal Nº 12.305 de 2 de agosto de 2010.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Qualidade Ambiental. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, p.187. 2022.
- BVRIO. Créditos de Logística Reversa. 2022. Disponível em: <https://www.bvrio.org/pt/solid-waste> Acesso em 23 Jun 2022.
- CONSTANZA, R., et al. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*. Elsevier B.V, 2017.
- DA SILVA, P. F.; BESEN, G. R.; RIBEIRO, H. Pagamento por serviços ambientais para catadores de materiais recicláveis: Estado da arte. *XXIII ENGEMA*. ISSN: 2359-1048. 2021.

- DIAS, A. L. S.; LANGE, C. L.; MAGALHÃES, A. S. Application of a ‘Recycling Exchange’ instrument to compensate waste pickers in Brazil via a first payment for urban environmental services programme, *Waste Management & Research*, v. 40, 2022.
- ENGEL, S.; PAGIOLA, S.; WUNDER, S. Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues. *Ecological economics*, v. 65, n. 4, 2008.
- FERRAZ, Rodrigo Peçanha Demonte et al. Serviços Ecossistêmicos: uma abordagem conceitual. In: FERRAZ, Rodrigo Peçanha Demonte et al. *Marco Referencial em Serviços Ecossistêmicos*. Brasília, DF: Embrapa, 2019.
- HUPFFER, H. M.; WEYERMÜLLER, A. R.; WACLAWOVSKY, W. G. Uma análise sistêmica do princípio do protetor-recebedor na institucionalização de programas de compensação por serviços ambientais. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, Brasil, v. 14, 2011.
- IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para gestão de resíduos sólidos. 2010.
- IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Situação Social das Catadoras e dos Catadores de Material Reciclável e Reutilizável, 2013.
- LUEDERITZ, C. et al. A review of urban ecosystem services: Six key challenges for future research. *Ecosystem Services*. Amsterdã, Holanda. Elsevier, v.14, p. 98-112, Aug, 2015.
- MEDEIROS, Luísa F. R.; MACEDO, Kátia B. Catador de material reciclável: uma profissão para além da sobrevivência? *Revista psicologia & sociedade*, n. 18, v. 2, 2006.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. *Ecosystems and human well-being: a framework for assessment*. Washington, DC: Island, 2003.
- MINAS GERAIS. Decreto nº 45.975, de 4 de junho de 2012.
- MURADIAN, R.; CORBERA, E.; PASCUAL, U.i; KOSOY, N.; MAY, P. H. Reconciling theory and practice: An alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. *Ecological Economics*, Amsterdã, Holanda. Elsevier, v. 69, 2010.
- PAGIOLA, S.; VON GLEHN, H. C.; TAFFARELLO, D. Experiências de pagamentos por serviços ambientais no Brasil. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente/Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais SMA/CBRN, v. 86494, 2013.
- RIBEIRO, Luiz Carlos de Santana et al. Aspectos econômicos e ambientais da reciclagem: um estudo exploratório nas cooperativas de catadores de material reciclável do Estado do Rio de Janeiro. *Nova Economia*, v. 24, n. 1, 2014.
- RIO DE JANEIRO. Lei Nº 9376 de 22 de julho de 2021.

SCHMITZ, Marília Dietrich. Pagamento por serviço ambiental urbano no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso - Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

SOUZA, M. T. S; PAULA, M. B; PINTO, H. S; O Papel das cooperativas de reciclagem nos canais reversos pós-consumo. Revista de Administração de Empresas, São Paulo. 52, n. 2, p. 246-262, Mar/Abr. 2012.

SNIS. Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos. Brasília: Secretaria Nacional de Informações sobre Saneamento. 2021.

AVALIAÇÃO DA ADSORÇÃO DE ZINCO POR SOLOS DO VALE DO RIBEIRA (SP)

Marques, J. P.¹; Vaz, C. M. P.²; Rodrigues, V. G. S.³

1 – Jéssica Pelinsom Marques. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. jessica.pelinsom.marques@usp.br

2 – Carlos Manoel Pedro Vaz. Embrapa Instrumentação. carlos.vaz@embrapa.br

3 – Valéria Guimarães Silvestre Rodrigues Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo valguima@usp.br

RESUMO: As atividades antrópicas alteram os ciclos biogeoquímicos de metais potencialmente tóxicos, entre eles o zinco (Zn). Este elemento é um micronutriente essencial, mas a exposição a altas doses causa prejuízos à saúde humana. Atividades de mineração e disposição inadequada de resíduos estão entre as principais causas de contaminação por Zn em todo o mundo. Solos podem apresentar capacidade de retenção de cátions metálicos e são comumente utilizados para construção de barreiras selantes na base das áreas de disposição de resíduos. O estudo dos solos próximos dessas áreas e da sua interação com contaminantes é essencial. Esse trabalho avalia a capacidade de adsorção de Zn por 13 diferentes solos coletados na região do Vale do Ribeira (SP). Os solos adsorveram 71,6 a 216,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ de Zn, o que é menor que suas capacidades de adsorção de Pb e Cd, avaliadas em estudos prévios. A característica que apresentaram correlação com a capacidade de adsorção de Zn foi o diâmetro médio dos poros.

Palavras-Chave: Equilíbrio de Adsorção; Contaminação; Metais Potencialmente Tóxicos; Ensaio de Equilíbrio em Lote, Barreira selante.

ABSTRACT: Anthropogenic activities alter biogeochemical cycles of potentially toxic metals, including zinc (Zn). This element is an essential micronutrient, but exposure to high doses causes harm to human health. Mining activities and improper waste disposal are the main causes of Zn contamination worldwide. Soils can retain metallic cations and are commonly used as liners at the base of waste disposal areas. The study of soils near these areas and their interaction with contaminants is essential. This paper analyses the Zn adsorption capacity of 13 different soils collected in Ribeira Valley (SP, Brazil). Soils adsorbed 71.6 to 216.6 $\mu\text{g g}^{-1}$ of Zn, which is lower than their Pb and Cd adsorption capacities, that were determined in previous studies. Zn adsorption capacity is correlated with the average diameter of the pores.

Keywords: Adsorption Equilibrium; Contamination; Potentially Toxic Metals; Batch Equilibrium Test, Liner.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21938084

Introdução: O zinco (Zn) é o 24º elemento mais abundante na crosta terrestre. Pode ser encontrado na forma pura, como um metal branco-azulado, mas também nas formas de cloreto, óxido, sulfato e sulfeto. Sua exploração e uso na indústria são amplos. Utiliza-se o Zn metálico em processos de galvanização, ligas metálicas e baterias. Compostos de Zn também são usados em tintas brancas, cerâmicas, borrachas e tingimento de tecidos (ATSDR, 2005; Alloway, 2013).

O Zn pode ser liberado no meio ambiente por processos naturais, como intemperismo, erosão e erupções vulcânicas (Alloway, 2013). Entretanto, as atividades antrópicas alteraram globalmente o seu ciclo biogeoquímico causando problemas de contaminação. Atividades de mineração e fundição dos minérios de Zn, chumbo (Pb) e cádmio (Cd) e a disposição inadequada de resíduos estão entre as principais causas de contaminação por Zn (ATSDR, 2005). Este tipo de contaminação tem sido muito estudado. Pode-se citar como exemplo Tonhá et al. (2020), que estudaram os mecanismos de transferência de Zn entre resíduos de galvanoplastia e os principais ambientes da Bacia de Sepetiba (RJ), e Kan et al. (2021), que estudaram as concentrações do metal nas áreas de disposição de rejeitos de mineração de Pb e Zn na China.

O ser humano pode ser exposto ao Zn através de respiração, ingestão e contato dérmico (ATSDR, 2005). Trata-se de um micronutriente essencial, pois apresenta várias funções no corpo humano. Conforme Kanwar e Sharma (2022), o zinco é necessário para a ação de cerca de 300 enzimas e ajuda a manter a imunidade. A dose diária recomendada para ingestão de Zn é 11 mg para homens e 8 mg para mulheres (ATSDR, 2005). Em contrapartida, a exposição a doses maiores que o recomendado pode causar desde cólicas, vômitos e anemia, até problemas no pâncreas e prejuízos para reprodução (ATSDR, 2005). De acordo com a lista de valores orientadores da CETESB (2021), o valor de intervenção para o Zn na água subterrânea é de 1800 µg L⁻¹, e o valor de prevenção para o Zn no solo é de 86 mg kg⁻¹.

Ao estudar as áreas contaminadas por Zn e buscar soluções para proteger a saúde humana é necessário entender as interações entre esse elemento e o ambiente. Diferentes partículas do solo, como os argilominerais, óxidos de ferro e matéria orgânica, apresentam capacidade de adsorção de cátions metálicos, o que contribui para retenção de Zn. Essa capacidade de atenuação depende fortemente das características do solo, como textura, mineralogia, capacidade de troca catiônica (CTC), teor de matéria orgânica, e de fatores ambientais como pH e potencial de oxido-redução (Eh) (Sparks, 1995). Solos argilosos são comumente utilizados para construção de barreiras selantes na base das áreas de disposição de resíduos, devido a sua baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de contaminantes. É

uma forma eficaz de separar fisicamente o resíduo com altas concentrações de metal e os diferentes compartimentos do meio ambiente (Rowe et al., 1995). O estudo dos solos próximos às áreas de disposição de resíduos é essencial tanto para seleção de materiais para construção de barreiras selantes, quanto na simples avaliação dos condicionantes geológicos e geotécnicos para o caso de contaminação.

Assim, este trabalho visa avaliar a capacidade de adsorção de Zn por 13 diferentes solos coletados na região do Vale do Ribeira (SP). Esta região foi escolhida devido ao seu histórico de contaminação por metais potencialmente tóxicos, entre eles o Zn, relacionado à disposição inadequada de resíduos de mineração. Diferentes estudos comprovaram a contaminação da área e seus impactos negativos para o ecossistema e a saúde humana (Paoliello, Capitani, 2005; Raimondi, 2014; Kasemodel et al., 2019; Cruz et al., 2019). Trata-se de um problema que persiste, e uma disposição final adequada para os resíduos é necessária. O estudo de solos locais e da sua interação com o Zn é de grande relevância.

Material e Métodos: As amostras de solo foram coletadas em 13 diferentes pontos dos municípios de Eldorado, Jacupiranga e Registro, na porção paulista do Vale do Ribeira, em regiões não sujeitas a contaminação pela atividade de mineração (Figura 1). A localização exata dos pontos de amostragem, os detalhes sobre a coleta e os métodos usados para a caracterização dos solos foram descritos por Marques et al. (2022). As principais características dos solos, reportadas por Marques et al. (2022), são apresentadas na Tabela 1.

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo - municípios de Eldorado, Jacupiranga e Registro, na porção paulista do Vale do Ribeira.

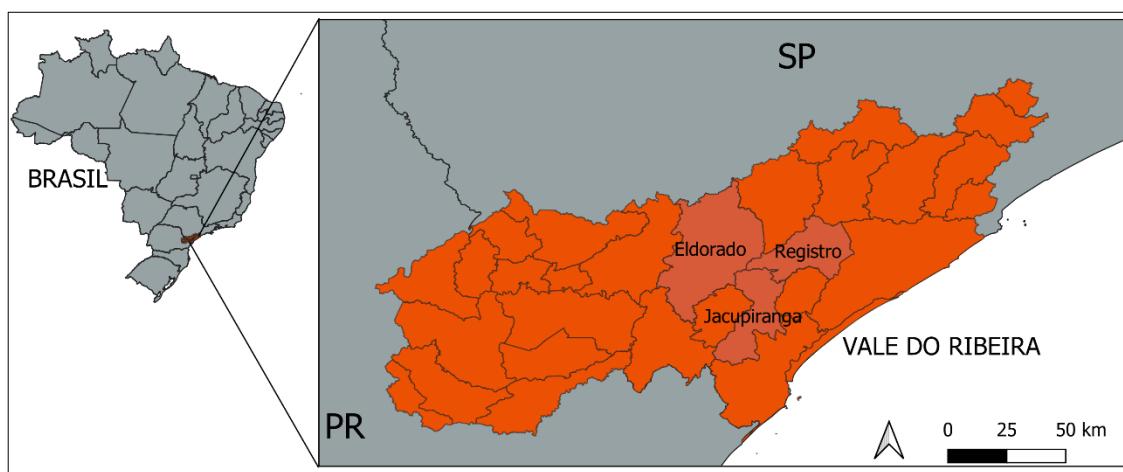


Tabela 1: Principais características dos 13 solos estudados (Marques et al. 2022).

Solo	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	pH	CTC (mmol _c dm ⁻³)	ASE (m ² g ⁻¹)	V _{poros} (cm ³ g ⁻¹)	D _{poros} (Å)
1	23,3±0,5	55,2±0,8	21,6±0,6	4,4±0,3	52,7±3,0	13,23	0,022	315,6
2	63,6±0,6	11,5±0,9	24,9±0,3	5,0±0,1	61,2±1,0	15,89	0,093	433,6
3	24, ±1,6	44,3±0,7	31,7±0,9	4,7±0,0	57,7±3,5	9,22	0,037	178,4
4	23,6±0,5	41,5±1,8	34,8±2,3	4,7±0,1	127,4±8,1	11,81	0,026	163,8
5	17,7±1,1	51,4±0,6	30,9±1,6	4,6±0,0	47,3±2,6	11,01	0,024	150,6
6	19,4±0,8	44,2±0,7	36,5±1,3	4,3±0,1	29,5±3,5	6,59	0,030	279,3
7	20,4±1,9	34,0±0,1	45,7±2,0	4,6±0,0	40,7±0,5	8,38	0,024	218,2
8	17,1±1,7	38,9±1,3	44,0±0,7	4,5±0,1	55,6±3,6	9,34	0,022	213,8
9	43,6±0,9	10,3 ±0,7	46,1±0,4	4,6±0,1	179,3±10,4	21,57	0,072	161,1
10	14,2±0,6	16,4±1,3	69,5±0,3	4,5±0,0	30,3±1,8	5,68	0,015	100,2
11	21,4±1,1	57,8±0,5	20,8±1,1	4,2±0,0	50,5±2,9	11,94	0,031	156,7
12	42,5±1,1	10,2±1,2	47,3±0,7	4,2±0,0	199,8±24,8	24,85	0,066	148,8
13	66,1±0,8	10,2±1,4	23,7±2,1	4,6±0,0	173,6±11,0	30,05	0,117	193,6

Fonte: Marques et al. (2022).

pH: potencial hidrogeniônico; CTC: Capacidade de Troca Catiônica; ASE: Área Superficial Específica; V_{poros}: Volume de poros; D_{poros}: diâmetro médio dos poros.

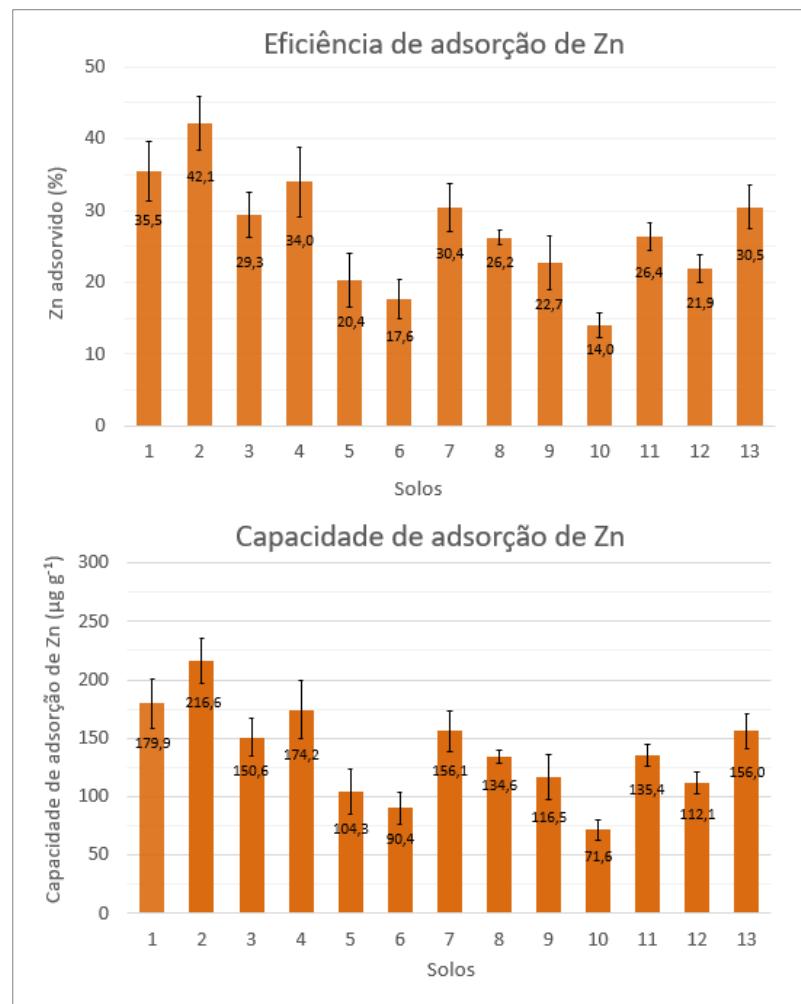
Para analisar as capacidades de adsorção de Zn das diferentes amostras de solos, foi feito um ensaio de equilíbrio em lote, conforme metodologia descrita por EPA (1992). Utilizou-se uma concentração inicial de 100 mg L⁻¹ de Zn (preparada através da dissolução do cloreto de zinco da marca Panreac, 97% de pureza) e uma razão solo/solução de 1/5 (10 g de solo, 50 mL de solução). As amostras foram agitadas em uma mesa agitadora SL183 Solab a 120 rpm por 24 horas. Ao final do tempo de equilíbrio, as fases sólida e líquida das amostras foram separadas através de centrifugação (2500 rpm por 5 minutos) e filtração (papel filtro qualitativo gramatura 80 g m⁻²). Os valores de pH, Eh e condutividade elétrica de cada amostra foram medidos no início e no final do ensaio usando um pHmetro Jensay modelo 3540 com eletrodo de vidro, e um pHmetro DIGIMED DH21 com um eletrodo de anel de platina para o Eh.

As concentrações de Zn nas soluções foram determinadas utilizando um espectrômetro de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). A quantidade de Zn adsorvida pelos solos foi calculada a partir da diferença entre a concentração inicial na solução (C₀) e a concentração de equilíbrio ao final do ensaio (C_e). O ensaio foi feito em triplicata.

Buscando analisar as relações entre as capacidades de adsorção de Zn determinadas neste trabalho e as características e capacidades de adsorção de outros cátions metálicos destes mesmos solos, obtidas em estudo prévio (Marques et al. 2022), calculou-se uma matriz de correlação de Pearson, utilizando o software R e o ambiente RStudio. Foram consideradas as correlações com nível de significância menor que 5% (p≤0,05).

Resultados: A Figura 2 apresenta a eficiência de adsorção de Zn em porcentagem e a capacidade de adsorção em microgramas de Zn adsorvido por grama de solo no ensaio de equilíbrio em lote. O solo 2 foi o mais eficiente, adsorvendo 42,1% do Zn da solução. Os solos com menor eficiência foram os solos 10 e 6, que removeram apenas 14,0% e 17,6% do Zn, respectivamente. Em termos de capacidade de adsorção (q_e), os valores variaram entre 71,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (solo 10) e 216,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (solo 2). Ordenando os solos em função da sua eficiência de remoção de Zn ou de sua capacidade de adsorção q_e , temos: Solo 2 > Solo 1 > Solo 4 > Solo 13 > Solo 7 > Solo 3 > Solo 11 > Solo 8 > Solo 9 > Solo 12 > Solo 5 > Solo 6 > Solo 10.

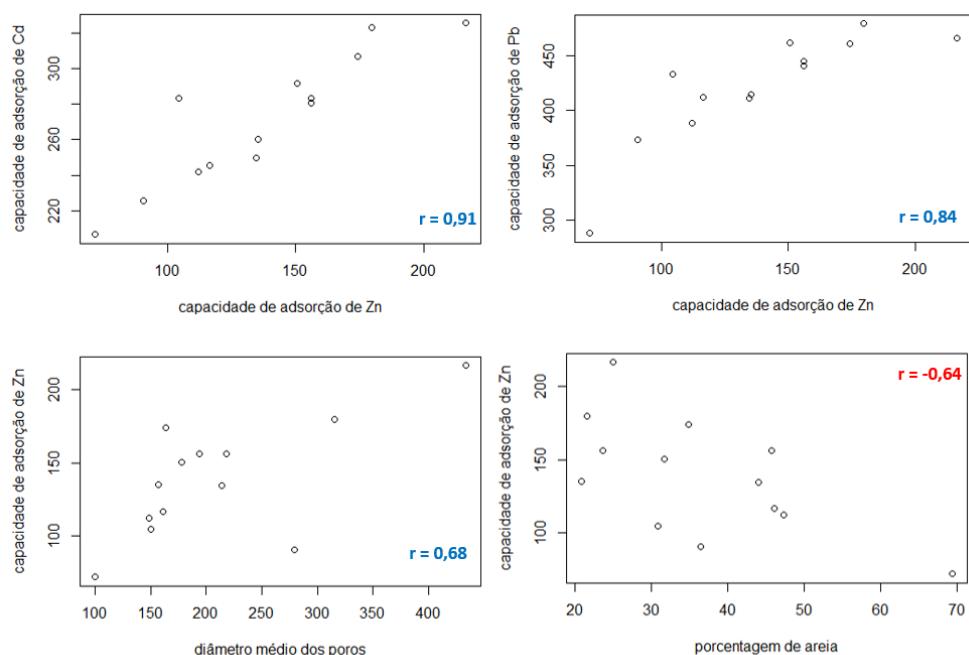
Figura 2 - Eficiência de adsorção (%) e capacidade de adsorção ($\mu\text{g g}^{-1}$) de Zn de 13 diferentes solos do Vale do Ribeira.



Calculou-se a correlação de Pearson entre a capacidade de adsorção de Zn (valores de q_e obtidos neste trabalho) e as variáveis de caracterização e capacidades de adsorção de Pb e de Cd dos mesmos solos (Marques et al., 2022), e a Figura 3 apresenta os resultados mais

significativos. Para um nível de significância de 5%, a capacidade de adsorção de Zn correlacionou-se positivamente com a capacidade de adsorção de Pb ($r = 0,84$) e com a capacidade de adsorção de Cd ($r = 0,91$). Já em relação as variáveis de caracterização, poucas correlações foram encontradas nesse nível de significância. A capacidade de adsorção de Zn foi correlacionada negativamente à porcentagem de areia no solo ($r = -0,64$) e positivamente ao diâmetro médio dos poros ($r = 0,68$).

Figura 3: Correlação entre a capacidade de adsorção de Zn, as capacidades de adsorção de Pb e Cd, a porcentagem de areia dos solos e o diâmetro médio dos poros dos solos.



Discussão: O solo mais eficiente para remover Zn da solução foi o solo 2, que é um solo predominantemente argiloso (63,6% de argila), o menos ácido (pH 5), com o maior diâmetro médio dos poros (433,6 Å), porém apresenta valores de CTC e ASE intermediários (61,2 cmol_c kg⁻¹ e 15,89 m² g⁻¹). Por outro lado, o solo com maior porcentagem de argila e maior ASE (66,1% e 30,1 m² g⁻¹) é o solo 13, que também ficou entre os mais eficientes (em quarto lugar). Os solos com menor capacidade de adsorção (solos 6 e 10) são aqueles com maior porcentagem de areia (36,5% e 69,5%, respectivamente) e com menores valores de CTC e ASE (29,5 a 30,3 cmol_c kg⁻¹ e 5,68 a 6,59 m² g⁻¹).

Em um nível de significância de 5% não se observou correlação entre a capacidade de adsorção de Zn e algumas características que são consideradas na literatura como importantes, como a CTC, a ASE e a porcentagem de argila. Alguns trabalhos relatam a relevância dessas

características, como Moreira (2004), que encontrou uma correlação positiva entre a capacidade máxima de adsorção de Zn por 14 solos representativos do estado de São Paulo e a CTC ($r = 0,64$). Outro trabalho (Nascimento e Fontes, 2004) reportou correlação positiva entre o parâmetro k de Freundlich da adsorção de Zn por 6 latossolos de Minas Gerais e a porcentagem de argila nesses solos ($r = 0,61$).

A correlação negativa entre capacidade de adsorção de Zn e porcentagem de areia dos solos provavelmente está relacionado com a afinidade do Zn com as partículas finas, já que não se espera adsorção das partículas de quartzo, predominantes na fração areia.

Marques et al. (2022) estudou os mesmos solos e chegou a capacidades de adsorção de 288,0 a 479,2 $\mu\text{g g}^{-1}$ de Pb e 255,5 a 325,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ de Cd. Ao comparar a capacidade de adsorção de Zn dos solos estudados com as suas capacidades de adsorção dos outros metais, percebe-se que os materiais têm mais afinidade com o Pb, em seguida com o Cd, e menor afinidade com o Zn. Essa diferença de afinidade está relacionada aos diferentes raios iônicos e configurações eletrônicas de cada metal (Kabata-Pendias, 2011). A maior afinidade dos solos por Pb em comparação com Cd e Zn já foi reportada na literatura (Moreira, 2004; Zhang et al., 2005).

Apesar dessa diferença de afinidade, observou-se correlação positiva entre as capacidades de adsorção de Zn e Pb e de Zn e Cd (Figura 4). Isso quer dizer que, de maneira geral, os solos que adsorveram mais Zn também foram os que adsorveram mais Pb ou mais Cd.

Conclusão: Esse trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade de adsorção de Zn por 13 diferentes solos coletados no Vale do Ribeira (SP). Os solos estudados adsorveram 71,6 a 216,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ de Zn, o que é menor que as suas capacidades de adsorção de Pb e Cd, avaliadas em estudos prévios. As características que apresentaram correlação com a capacidade de adsorção de Zn foram a porcentagem de areia dos solos (correlação negativa) e o diâmetro médio dos poros (correlação positiva). O foco deste trabalho foi o equilíbrio de adsorção de Zn, mas é necessário que estudos futuros detalhem o comportamento de adsorção através de construção de isotermas e avaliação da cinética. Para uso dos solos como barreiras selantes, é necessário também abordar questões geotécnicas, como compactação, plasticidade e resistência.

Agradecimentos: Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de doutorado (Processo 140124/2019-5).

Referências:

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). Department of Health and Human Services, EUA. Public Health Statement – Zinc. 2005.

ALLOWAY, B. J. Heavy metals in soils. London: Blackie Academic & Professional, 2013 368p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). DECISÃO DE DIRETORIA N.º 125/2021/E, DE 09 DE DEZEMBRO DE 2021. Dispõe sobre a Aprovação da Atualização da Lista de Valores Orientadores para Solo e Água Subterrânea. 2021.

CRUZ, A. C. F., GUSSO-CHOUERI, P., ARAUJO, G. S., CAMPOS, B. G., & ABESSA, D. M. Levels of metals and toxicity in sediments from a Ramsar site influenced by former mining activities. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.171, p.162–172, 2019.

KABATA-PENDIAS, A. Trace Elements in Soils and Plants. Fourth Edition. Boca Raton: CRC Press. 2011. 505p.

KAN, X.; DONG, Y.; FENG, L.; ZHOU, M.; HOU, H. Contamination and health risk assessment of heavy metals in China's lead-zinc mine tailings: A meta-analysis. *Chemosphere* 267 (2021) 128909

KANWAR, A.; SHARMA, A. A review on role of zinc as a potent immunity boosting agent. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2005.05.037>

KASEMODEL, M. C., SAKAMOTO, I. K., VARESCHE, M. B. A., & RODRIGUES, V. G. S. Potentially toxic metal contamination and microbial community analysis in an abandoned Pb and Zn mining waste deposit. *Science of Total Environment*, 675, 367–379, 2019

MARQUES, J. P.; VAZ, C. M. P.; SÍGOLO, J. B.; RODRIGUES, V. G. S. Soils of the Ribeira Valley (Brazil) as Environmental Protection Barriers: Characterization and Adsorption of lead and cádmium. *Sustainability* 2022, 14, 5135.

MOREIRA, C. S. Adsorção competitiva de Cíadmio, Cobre, Níquel e Zinco em Solos. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2004.

NASCIMENTO, C. W. A.; FONTES, R. L. F. Correlação entre Características de Latossolos e Parâmetros de equações de Adsorção de Cobre e Zinco. *Revista Brasileira de ciência do Solo*, v. 28, p. 965-971, 2004.

PAOLIELLO, M.M.; DE CAPITANI, E.M. Environmental contamination and human exposure to lead in Brazil. *Rev Environ Contam Toxicol.* v. 184, p. 59-96, 2005.

RAIMONDI, I. M. Estudo e caracterização geológica e geotécnica de rejeitos de mineração – Adrianópolis (PR). 193p. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

- ROWE, R. K.; QUIGLEY, R. M.; BRACHMAN, R. W.I.; BOOKER, J. R. Clayey barrier systems for waste disposal facilities. London. 1995.
- SPARKS, D. L. Environmental Soil Chemistry. London: Academic Press, 1995.
- TONHÁ, M. S.; GARNIER, J.; ARAÚJO, D. F.; CUNHA, C. A.; MACHADO, W.; DANTAS, E.; ARAÚJO, R.; KUTTER, V. T.; BONNET, M.; SEYLER, P. Behavior of metallurgical zinc contamination in coastal environments: A survey of Zn from electroplating wastes and partitioning in sediments. *Science of the Total Environment* 743 (2020) 140610
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA ROY, W. R.; KRAPAC, I. G.; CHOU, S. F. J.; GRIFFIN, R. A. Batch type procedures for estimating soil adsorption of chemicals. Technical resource document. EPA Cincinnati, EUA. 1992.
- ZHANG, M.; LI, W.; YANG, Y.; CHEN, B.; SONG, F.; Effects of readily dispersible colloid on adsorption and transport of Zn, Cu, and Pb in soils. *Environment International* 31 (2005) 840-844.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE BIOCARVÃO PIROLISADO DA CASCA DE ARROZ

Rodrigues, Mariana B.¹; Rodrigues, Valéria G. S.²

1 – Mariana Balieiro Rodrigues. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. mariana.balieiro.r@usp.br
2 – Valéria Guimarães Silvestre Rodrigues. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. valguima@usp.br

RESUMO: O arroz é o alimento básico de mais de metade da população do mundo e esse cultivo está enraizado na cultura Brasileira. Tanto que, a previsão da produção média de arroz no Brasil para o ano de 2022 está estimada em 10,6 milhões de toneladas de arroz com casca, garantindo o 11º lugar no rank de maiores produtores de arroz do mundo. Essa commodity é formada por uma casca, película, germe e endosperma, sendo que, durante o beneficiamento do arroz busca-se manter apenas o endosperma do grão para comercialização. Além disso, o maior subproduto do beneficiamento é a casca de arroz, que representa em torno de 20 a 25% do peso total da safra. Esse subproduto, pode se tornar um problema ambiental devido ao grande volume e a sua degradação lenta. Para evitar a disposição final desse material, pode-se gerar energia através da combustão dessa casca ou mesmo utilizá-la como biomassa para produção de biocarvão. A produção de biocarvão da casca de arroz (BCA) faz-se interessante pois, ele pode ser disposto no solo ou mesmo ser utilizado como adsorvente de contaminantes inorgânicos. Dentro desse contexto, o presente trabalho realizou a determinação do teor de umidade, pH, p_H, ΔpH, Eh, CE, ΔpH, PCZ, CTC, teor de matéria orgânica e resíduo mineral e composição elementar (CHNS) do BCA pirolisado a 350°C. Através dos resultados obtidos, concluiu-se que o material apresenta características físicas e químicas compatíveis para utilização do material como adsorventes de contaminantes inorgânicos.

Palavras-Chave: Biocarvão da Casca de Arroz; Caracterização de adsorvente; Adsorvente de contaminantes inorgânicos e Caracterização do Biocarvão da Casca de arroz.

ABSTRACT: Rice is the staple food of more than half the world's population and this crop is rooted in Brazilian culture. So much so that the forecasted average production of rice in Brazil for the year 2022 is estimated at 10.6 million tons of paddy rice, ensuring the 11th place in the rank of largest rice producers in the world. This commodity is formed by a husk, pellicle, germ and endosperm, and during the rice processing it is sought to keep only the endosperm of the grain for marketing. Moreover, the biggest byproduct of processing is the rice husk, which represents around 20 to 25% of the total weight of the crop. This by-product can become an environmental problem due to its large volume and slow degradation. To avoid the final disposal of this material, energy can be generated through the combustion of this husk or even

use it as biomass to produce biochar. The production of rice husk biochar (BCA) is interesting because it can be disposed of in the soil or even used as an adsorbent for inorganic contaminants. Within this context, the present work carried out the determination of moisture content, pH, Δ pH, Eh, EC, Δ pH, PCZ, CEC, organic matter content and mineral residue and elemental composition (CHNS) BCA at 350°C. Through the results obtained, it was concluded that the material presents physicochemical characteristics compatible for use of the material as adsorbents of inorganic contaminants.

Keywords: Rice Husk Biochar; Adsorbent Characterization; Adsorbent for Inorganic Contaminants and Characterization of Rice Husk Biochar.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21938087

Introdução: Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (WANDER; ELENOR; SILVA, 2014), o cultivo de arroz possui grande importância, uma vez que é o alimento básico de mais da metade da população mundial. Por esses motivos, esse grão é considerado a terceira maior cultura cerealífera do mundo. No Brasil, esse alimento está presente diariamente na dieta dos brasileiros.

Dentro do contexto de exportação, o Brasil é considerado um exportador eventual de arroz, vendendo apenas quando produz excedente (WANDER; ELENOR; SILVA, 2014). Mesmo assim, o plantio de arroz está enraizado na cultura de muitos produtores do Brasil. Esse cultivo faz parte do ciclo crítico de rotação arroz-soja e ainda, tem-se a valorização do cultivo em áreas de má drenagem (USDA, 2022).

Logo, a produção de arroz com casca no Brasil nos últimos 3 anos, foram de 10,5 milhões de toneladas em 2019, 11,2 milhões de toneladas em 2020 e de 11,8 milhões de toneladas em 2021 (CONAB, 2022). A Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), estima que, em 2022 a produção do arroz no Brasil será de 10,8 milhões de toneladas. Já o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o departamento de agricultura dos Estados Unidos, estimam que esse cultivo produzirá 10,6 e 10,4 milhões de toneladas em 2022. Essa quantia, representa 1,39% da produção mundial de arroz, e coloca o Brasil em 11º lugar no rank de maiores produtores de arroz do mundo (USDA, 2022).

O grão de arroz é formado por uma casca, película, germe e endosperma. Durante o processo de beneficiamento do arroz, mantém-se apenas o endosperma dos grãos (BARRIGOSSI, 2009). Sendo que o maior subproduto desse processo é a casca de arroz, que representa de 20 a 25% do peso total da safra de arroz (GASTALDINI; IRION, 2001; ARMESTO, 2002; FOLETTI et al., 2005; SIDDIQUE, 2008; EMPRAPA, 2009).

De acordo com Rambo (2009), resíduos de biomassa precisam de destinação adequada, pois eles podem gerar problemas ambientais e representam perdas de matéria prima e energia. Na indústria de arroz, o excedente, como as palhas de arroz, quando não são queimadas para a produção de energia, tornam-se um problema ambiental e, consiste em um desperdício de insumos renováveis. A problemática gerada por esse resíduo é devido à produção em grande volume, a limitação local para disposição final (ARMESTO, 2002), degradação lenta (VALE, 2014) e a liberação de gases poluentes devido ao descarte em aterros (NUNES et al., 2017).

Assim, para evitar o desperdício de biomassa e os potenciais problemas ambientais, destaca-se a importância de reutilização desse material. Uma das possíveis e mais comum reutilização é a geração de energia através da queima dessa casca (FOLETTI et al., 2005).

Além dos usos mencionados, a casca de arroz também pode ser empregada como biomassa para produção de biocarvão. Esse material é oriundo da pirólise de uma biomassa sob altas temperaturas e na ausência ou em condições com oxigênio limitado (LEHMANN; JOSEPH, 2009; 2015). O biocarvão quando disposto no solo, altera as propriedades físicas, químicas e biológicas desse substrato. Podendo ocorrer aumento do teor de matéria orgânica e de nutrientes e diminuição da acidez do solo. Além disso, a resposta do solo em relação a água também é alterada, modificando a agregação, tratabilidade e outras características (DOWNIWE et al., 2009).

O biocarvão vem sendo aplicado também como adsorvente. Segundo Beesley et al. (2011) o biocarvão apresenta elevada capacidade adsorptiva, podendo ser utilizados em solos contaminados. Isso ocorre devido a grande área superficial e a capacidade de troca catiônica (CTC) gerada pela pirólise. Além disso, a pirólise forma estruturas internas estáveis e com superfície reativa com diferentes grupos químicos capazes de interagir com substâncias orgânicas, nutrientes, água, entre outras moléculas presentes no solo (MANGRICH; MAYA e NOVOTNY, 2011). Esses fatores em conjunto, possibilitam o uso do biocarvão como adsorvente (BEESLEY et al., 2011; EMBRAPA, 2019). Segundo Martins (2019) as tecnologias comumente utilizadas para remoção de contaminantes do meio ambiente são extremamente caras e produzem grande quantidade de lamas e subprodutos, por isso, o biocarvão torna-se de grande interesse industrial e comercial.

Dentro desse contexto, o presente trabalho buscou verificar a possibilidade do uso do biocarvão oriundo da pirólise da casca de arroz (BCA) para remoção de contaminantes ambientais. Para isso, realizou-se a caracterização física e química desse material.

Material e Métodos: O biocarvão de casca de arroz empregado nesta pesquisa foi pirolisado na temperatura de 350°C. Para avaliar se este biocarvão apresenta propriedades adequadas para reter os contaminantes inorgânicos foram realizadas as seguintes análises: determinação de pH, ΔpH, potencial de óxido-redução (Eh), condutividade elétrica (CE), ponto de carga zero (PCZ), composição elementar (CHNS), matéria orgânica e resíduo mineral, teor de umidade e CTC (Quadro 1).

Tabela 1: Ensaios de caracterização física e química empregado no solo e nas misturas.

Parâmetro	Metodologia	Local
Teor de umidade	ABNT NBR 6457/2016	Departamento de Geotecnia (EESC-USP)
pH, ΔpH, Eh e CE ΔpH = pH _{KCl} - pH _{água}	EMBRAPA (2011)	Departamento de Geotecnia (EESC-USP)

PCZ	$PCZ = 2pH_{KCl} - pH_{água}$	Departamento de Geotecnia (EESC-USP)
CTC	MAPA (2013)	Departamento de Ciência do Solo ESALQ-USP
Teor de matéria orgânica e resíduo mineral	MAPA (2013)	Departamento de Ciência do Solo ESALQ-USP
Composição elementar CHNS	Analisador ThermoScientific - modelo FlashSmart	Instituto de Química de São Carlos (IQSC-USP)

Fonte: Autora (2022),

Resultados: Como apontado anteriormente, para estudar a possibilidade do uso do BCA como adsorvente, fez-se necessário entender as características físicas e químicas desse material que influenciam na dinâmica de adsorção. Um desses fatores é o pH, que quando alcalino ou neutro atua na imobilização dos MPT (KABATA-PENDIAS, 2011). Já o ponto de carga zero (PCZ) consiste no valor de pH em que a adsorção dos íons H^+ e OH^- são iguais, sendo possível observar as reações de superfície que ocorrem nos coloides de carga variável (PÉREZ; CAMPOS E TEIXEIRA, 2017). ΔpH é um outro parâmetro importante quando se analisa a capacidade de retenção de metais como Pb, Zn e Cd, quando este valor é negativo, ele indica maior atração por cátions pelo material analisado. A CTC é outro fator estudado quando se pensa em adsorção de MPT, pois ela indica a capacidade de troca de cátions. A Tabela 1 mostra os resultados obtidos para cada uma dessas variáveis no BCA.

Tabela 2: Determinação do pH, ΔpH , Eh, CE e CTC no BCA

Parâmetros	Resultados
pH	$7,9 \pm 0,042$
PCZ	$4,90 \pm 0,130$
ΔpH	$-1,52 \pm 0,072$
Eh (mV)	$99,199 \pm 2,159$
CE ($\mu S/cm$)	$50,3 \pm 3,318$
CTC (mmol/kg)	$155 \pm 7,071$

Fonte: Autora (2022),

A partir da Tabela 1 é possível verificar que o pH do BCA é neutro a alcalino (7,9), que o ΔpH é negativo (-1,52) e que a CTC (155 mmol/kg) é relativamente elevada. O PCZ registrado foi de 4,9. Todas estas características são favoráveis para a retenção de MPT pelo BCA.

O teor de cinzas obtido no BCA foi de 37,58 %. O resíduo mineral total na base úmida foi de 39,75% e na base seca foi de 39,40%, sendo estes característicos de biocarvão pirolisado na temperatura de 350°C.

O BCA apresentou alto teor de C (41,41%), assim a relação C/N foi elevada (75,64%) (Tabela 2). Este teor elevado de C, também é reflexo da temperatura de pirólise. Neste caso, o teor de H foi nulo.

Tabela 3: Determinação do C, H, N, S e C/N para o BCA

Componentes	Resultados (%)
Nitrogênio (N)	0,5476 ± 0,001
Carbono (C)	41,4182 ± 1,258
Hidrogênio (H)	2,5101 ± 0,033
Enxofre (S)	0 ± 0
C/N	75,64

Fonte: Autora (2022),

Discussão: O BCA apresentou um pH neutro a alcalino (7,9), ΔpH negativo (este valor negativo é um indicativo do predomínio de cargas negativas na superfície das partículas de BCA o que pode vir a favorecer a retenção de cátions), como o pH do meio é maior que o PCZ, tem-se a predominância de cargas elétricas negativas, Eh positivo (indicando meio oxidante) e baixa CE (indicando poucos sais em solução). Estudos realizados com biocarvão da casca de arroz pirolisados a temperatura de 300 a 400° (NEJAD et al., 2020; BASHIR et al., 2020) indicaram pH de aproximadamente 8, como o observado neste estudo.

O teor de cinzas consiste na parte mineral do material não volatizada com o processo de aquecimento, assim, quanto maior a temperatura da pirólise, espera-se maior teor de cinzas (FEITOSA et al., 2020, SILVA; BRITO, 1990). No caso do BCA, devido a temperatura de pirolise ser de 350°C, o teor de cinza não foi muito elevado, sendo este de 37,58 %.

De modo geral, nota-se que o biocarvão analisado apresenta 41% de C, 0% de S, 0,5% de N e 2,5% de H. Em relação ao C/N, temos que Chaves et al., (2019) estudou o biocarvão de cama de aviário pirolisado a 400°C e obteve o valor de 11,53 para a variável. Barbosa (2016) analisou o biocarvão da palha de café e da casca de eucalipto, e registrou as respectivas relações de C/N, 16,9 e 107,72 para os materiais pirolisados a 350°C.

Conclusão: De modo geral, conclui-se que o biocarvão de casca de arroz pirolisado a 350°C apresenta pH, ΔpH, PCZ, CTC, Eh favoráveis para a retenção de cátions. Novos estudos

deverão ser realizados para a verificação efetiva desta retenção, como ensaios de equilíbrio em lote com o metal de interesse.

Referências:

- ARMESTO, L.; BAHILLO, A.; VEIJONEN, K.; CABANILLAS, A.; OTERO, J.. Combustion behaviour of rice husk in a bubbling fluidised bed. *Biomass And Bioenergy*, [S.L.], v. 23, n. 3, p. 171-179, set. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0961-9534\(02\)00046-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0961-9534(02)00046-6).
- BARBOSA, Cristiane Francisca. CARACTERIZAÇÃO DE BIOCARVÕES DE PALHA DE CAFÉ E CASCA DE EUCALIPTO PRODUZIDOS A 350 E 600 °C. 2016. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Concentração Solos e Nutrição de Plantas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade do Espírito Santo, Alegre, 2016. Cap. 3.
- BARRIGOSSI, José Alexandre Freitas. Recomendações técnicas para a cultura de arroz irrigado no Mato Grosso do Sul.
- BASHIR, Saqib; QAYYUM, Muhammad Abdul; HUSAIN, Arif; BAKHSH, Ali; AHMED, Niaz; HUSSAIN, Muhammad Baqir; ELSHIKH, Mohamed Soliman; ALWAHIBI, Mona S.; ALMUNQEDHI, Bandar M.A.; HUSSAIN, Riaz. Efficiency of different types of biochars to mitigate Cd stress and growth of sunflower (*Helianthus*; L.) in wastewater irrigated agricultural soil. *Saudi Journal Of Biological Sciences*, [S.L.], v. 28, n. 4, p. 2453-2459, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.01.045>.
- CHAVES, L. H. G. et al. Caracterização de Biocarvão de cama de aviário para uso agrícola. In: Congresso Técnico Científico de Engenharia e da Agronomia, 2019, Palmas. Palmas, p. 5. CONAB. Acompanhamento de safras Brasiliera. 2022.
- DOWNIE, A.; CROSKY, A.; MUNROE, P. Physical Properties of Biochar. In: LEHMANN, J; JOSEPH, S. *Biochar for Environmental management: Science and Technology*. London: Earthscan, 2009. P. 13-30.
- FEITOSA, Amanda Alves; TEIXEIRA, Wenceslau Geraldus; RITTER, Elisabeth; RESENDE, Fabiana Abreu de; KERN, Jürgen. Characterization of Biochar Samples of Banana Peels and Orange Bagasse Carbonized at 400 and 600°C. *Revista Virtual de Química*, [S.L.], v. 12, n. 4, p. 993-1000, 2020. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20200072>.
- FOLETO, Edson Luiz; HOFFMANN, Ronaldo; HOFFMANN, Rejane Scopel; PORTUGAL JUNIOR, Utinguassú Lima; JAHN, Sérgio Luiz. Aplicabilidade das cinzas da

- casca de arroz. Química Nova, [S.L.], v. 28, n. 6, p. 1055-1060, dez. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422005000600021>.
- GASTALDINI, Maria do Carmo Cauduro; IRIOU, Carlos Alberto Oliveira. Levantamento Sanitário da bacia do Rio Ibicui - Avaliação das cargas poluidoras atuas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2018, Santa Maria. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Santa Maria: Abes - Trabalhos Técnicos, 2018. p. 1-10.
- IBGE. Em maio, IBGE prevê safra recorde de 263,0 milhões de toneladas para 2022. 2022.
- KABATA-PENDIAS, Alina. Trace Elements in Soils and Plants. 4. ed. Nova York: Crc Press, 2011. 534 p.
- LEBRUN, M.; MACRI, C.; MIARD, F.; HATTAB-HAMBLI, N.; MOTELICA-HEINO, M.; MORABITO, D.; BOURGERIE, S. Effect of Biochar Amendments on As and Pb Mobility and Phytoavailability in Contaminated Mine Technosols Phytoremediated by Salix. Journal of Geochemical Exploration, [S.L.], v. 182, p. 149-156, nov. 2017. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2016.11.016>.
- LEHMANN, J; JOSEPH, S. Biochar for Environmental Management: An Introduction. In: LEHMANN, J; JOSEPH, S. Biochar for Environmental management: Science and Technology. London: Earthscan, 2009. P. 1-9.
- MANGRICH, A. S.; MAIA, C. M. B. F.; NOVOTNY, E. H. Biocarvão: As Terras Pretas de Índios e o Sequestro de Carbono. Ciência hoje, [S.I], v. 47, n. 281, p. 48-52, maio 2011.
- MARTINS, D. D. S.; SERRA, J. C. V.; ZUKOWSKI JUNIOR, J. C.; PEDROZA, M. M. Efficiency of Biochars in the Removal of Heavy Metals. Acta Brasiliensis, [S.L.], v. 3, n. 3, p. 131, 30 set. 2019. Acta Brasiliensis. <http://dx.doi.org/10.22571/2526-4338242>.
- NEJAD, Zahra Derakhshan; REZANIA, Shahabaldin; JUNG, Myung Chae; AL-GHAMDI, Abdullah Ahmed; MUSTAFA, Abd El-Zaher M.A.; ELSHIKH, Mohamed Soliman. Effects of fine fractions of soil organic, semi-organic, and inorganic amendments on the mitigation of heavy metal(loid)s leaching and bioavailability in a post-mining area. Chemosphere, [S.L.], v. 271, p. 129538, maio 2021. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129538>.
- NUNES, Osmar Manoel; BORGES, Gustavo da Rosa; WOHLANBERG, Janaina; RODRIGUES, Eduardo Dias; MATHIAS, Laureana Rangel; LOPES, Luthieli. O uso da casca de arroz como alternativa energética: um estudos de caso no município de Dom Pedrito - RS. Igepec, Toledo, v. 21, n. 2, p. 42-62, Não é um mês valido! 2017.

- PÉREZ, Daniel Vidal; CAMPOS, David Vilas Boas de; TEIXEIRA, Paulo César. Ponto de Carga Zero. In: TEIXEIRA, Paulo César; DONAGEMMA, Guilherme Kangussu; FONTANA, Ademir; TEIXEIRA, Wenceslau Geraldes. Manual de Métodos de Análise de Solo. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. Cap. 9. p. 249-254.
- RAMBO, Magale Karine Diel. Aproveitamento da Casca de Arroz para a produção de Xilitol e Sílica Xerogel. 2009. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Química Analítica, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.
- SILVA, Dimas Agostinho da; BRITO, Jose Otávio. Pirólise de turfa e análise do seu carvão. Acta Amazonica: INPA - CODC, Manaus - Am, v. , n. 20, p. 283-300, 04 jan. 1990.
- SOUSA, Jade Vieira de. INDUSTRIALIZAÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS DE ARROZ NO BRASIL. 2019. 32 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia dos Alimentos, Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2019.
- USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE: Grain: Grain and Feed Update. United States, 1 jul. 2022. Disponível em: https://usdabrazil.org.br/wp-content/uploads/2022/07/Grain-and-Feed-Update_Brasilia_Brazil_BR2022-0044.pdf. Acesso em: 16 set. 2021.
- VALE, Caren Souza de Almeida. Estimativa da eficiência de queima de casca de arroz durante processo de sua combustão industrial. In: IX Congresso Brasileiro de Análise Térmica e Calorimetria. 9º, 2014, Serra Negra. Serra Negra: Abratec, 2014. p.1 - 6.
- WANDER, Alcido Elenor; SILVA, Osmira Fátima da. Rentabilidade da produção de arroz no Brasil. In: SANTOS, Marcio de Miranda. Sustentabilidade e sustentação da produção de alimentos no Brasil. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (Cgee), 2017. Cap. 5. p. 117-133.

CORRELAÇÃO ENTRE MASSA ESPECÍFICA APARENTE E RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES DE TIJOLOS SOLO-CIMENTO PRODUZIDOS COM RESÍDUO DE MINERAÇÃO DE ROCHA FOSFÁTICA

Reis, F.M.D.¹, Reis, J.C.², Reis, M.J.³, Ribeiro, R.P⁴, Gattini, J.F⁵.

1- Fernanda Medeiros Dutra Reis. Escola de Engenharia de São Carlos (EESC- USP). fernandamdreis@usp.br

2- João Carlos Reis. Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG). joao.reis@uemg.br

3- Maria José Reis. Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG). mariajose.reis@uemg.br

4- Rogério Pinto Ribeiro. Escola de Engenharia de São Carlos (EESC- USP). rogeriopr@sc.usp.br

5- Juliane Felipe Gattini. Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG). jugattini@gmail.com

RESUMO: Em escavações para exploração de minérios são movimentadas grandes quantidades de solos e rejeitos que, muitas vezes, são descartados na natureza. Em algumas situações esses materiais podem ser utilizados com vantagens técnicas e de redução de custos. Com objetivo de aproveitar o solo oriundo de estéreis de rocha fosfática de uma mineração situada em Pratápolis (MG), este trabalho analisou a viabilidade do uso desse material para a fabricação de tijolos solo-cimento e verificou a existência de uma correlação entre a resistência à compressão simples e a massa específica desses tijolos. Para isso foram fabricados tijolos em prensas com diferentes capacidades de compactação. Os melhores resultados de resistência foram obtidos na prensa de maior capacidade de compactação. A correlação encontrada entre as duas propriedades foi de 70%, indicando que a correlação é significativa pois permite estimar a resistência do tijolo apenas medindo a massa e o volume. Dessa forma, fica mais fácil controlar a produção dos tijolos e atender aos requisitos da NBR 8141 (ABNT, 2012).

Palavras-Chave: Tijolo ecológico; Resíduo mineração; Reaproveitamento de resíduos.

ABSTRACT: During mineral extraction processes, large amount of soil and tailings are moved, and are often disposed in nature. In order to reuse soil from phosphate rock waste from a mine located in Pratápolis (MG), this work verified the existence of a correlation between the resistance to single compression of soil-cement bricks and the specific weight. For this, bricks were manufactured in presses with different compaction capacities. The best strength results were obtained in the highest capacity press. The correlation found between the two properties was 70%, indicating that this correlation is important because it allows estimating the strength of the brick just by measuring its mass and volume. Thus, it's easier to control the production of bricks and ensure compliance with the strength requirements of NBR 8141 (ABNT, 2012).

Keywords: Ecological brick; Mining waste; Reuse of waste.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21938093

Introdução: A construção civil é um setor que apresenta alto consumo de matéria-prima, por isso sofre diversas cobranças quanto aos impactos ambientais gerados no decorrer de obras (FRANÇA, SIMÕES E GOMES, 2018). O tijolo solo-cimento proporciona uma minimização dos impactos ambientais gerados durante a construção, visto que em sua fabricação o tijolo não passa pelo processo da queima em fornos, como acontece na produção dos tijolos cerâmicos, além disso uma das suas principais características é a pouca utilização de cimento (REIS, 2019).

O tijolo solo-cimento é uma mistura de solo, cimento e água, que quando compactada em sua umidade ótima torna-se um material bastante resistente (REIS, 2019). A compactação do material na umidade ótima garante uma maior massa específica, devido à redução do índice de espaços vazios, e consequentemente, apresenta um melhor desempenho mecânico. Desse modo, é fundamental realizar a análise da propriedade ‘massa específica’, por meio da fabricação dos tijolos em prensas com diferentes capacidades de compactação e correlacioná-las com os respectivos resultados da propriedade ‘resistência à compressão simples’.

Neste trabalho, foi estudada a correlação entre as propriedades de massa específica e de resistência à compressão dos tijolos de solo-cimento confeccionados com solo proveniente de uma mineração de rocha fosfática. A exploração mineral do fosfato está diretamente atrelada a muitos danos ambientais, principalmente, pelo grande volume de resíduo que é produzido nesse processo que é disposto em pilhas em áreas próximas às fábricas. Durante as escavações para a retirada do minério, é movimentada uma grande quantidade de solo que é descartada (SANTOS, 2018; CASSEMIRO, 2018).

Desse modo, o processo de beneficiamento torna-se um fator preocupante e que deve ser estudado, afim de se reduzir a geração desses resíduos, pois além de apresentar um risco ao redor de todo ambiente em relação ao ar e solo, pode também contaminar fontes de água localizadas nas proximidades (PEIXOTO ETAL., 2012). Em virtude disso, agregar valor a esse estéril, visando o reaproveitamento desse material, tem sido considerado um grande ganho ambiental e econômico.

Material e Métodos: Os materiais e equipamentos utilizados neste trabalho foram: Solo proveniente da extração de rocha fosfática; cimento Portland II-F-40; água e duas prensas hidráulicas com capacidade de compactação de 6000 kgf e de 1500 kgf.

O solo empregado nesse estudo é proveniente da Mineração Morro Verde Fosfato, uma extratadora de fosfatos situada na cidade de Pratápolis – MG.

O cimento utilizado foi o Cimento Portland II-F-40 devido à sua maior disponibilidade na região.

As etapas desenvolvidas nesse estudo foram: caracterização física do solo oriundo da mineração de rocha fosfática, definição do traço solo-cimento, fabricação dos tijolos nas prensas ‘A’ e ‘B’, determinação dos parâmetros de resistência e absorção de água, aos 7 e 28 dias, e análise da relação resistência à compressão simples e massa específica aparente.

Na primeira etapa do trabalho efetuou-se a caracterização do solo para verificação da viabilidade de uso desse material como insumo na fabricação do tijolo solo-cimento. O material foi caracterizado visando atender os parâmetros da NBR 10833 (ABNT, 2012), que estabelece que os materiais mais adequados são os que possuem 100% dos grãos passando na peneira 4,8 mm; de 10% a 50% passando na peneira 0,075 mm; limite de liquidez (LL) \leq 45%; e índice de plasticidade (IP) \leq 18%. Desse modo, foram realizados os ensaios de Análise Granulométrica NBR 7181 (ABNT, 2017), Limite de Liquidez NBR 6459 (ABNT, 2016) e Limite de Plasticidade NBR 7180 (ABNT, 2016).

O traço escolhido foi o de 1:6, sendo 1 de cimento para 6 de solo. A escolha desse traço foi embasada na pesquisa efetuada por Cassemiro (2018) que estudou diversos traços utilizando o mesmo rejeito de rocha fosfática.

Na terceira etapa os tijolos foram confeccionados seguindo as diretrizes da NBR 8491 (2012). Como já mencionado, foram utilizadas duas prensas: A prensa ‘A’ com capacidade de compressão de 6000 kgf e a prensa ‘B’ com capacidade de 1500 kgf. Ao todo foram fabricados 30 tijolos em cada prensa.

Para a determinação da umidade ótima (wot) a ser utilizada na fabricação dos tijolos foi efetuado o teste de umidade recomendado pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2002). No teste, toma-se um punhado da mistura (solo+ cimento+ água) e aperta-se energicamente entre os dedos e a palma da mão; ao se abrir a mão, o bolo deverá ter a marca deixada pelos dedos. Em seguida deixa-se o bolo cair de uma altura aproximada de 1 metro, sobre uma superfície dura. Se o material se separar ao cair no chão está na sua umidade ideal, se o material desagregar na própria mão, antes de ser jogado no chão, significa que a mistura está com pouca água, e caso se mantiver unido ao cair no chão está com muita água. Após atingir a umidade ideal, uma pequena parte do material foi pesada e levada ao laboratório para se obter o percentual de água utilizado em cada lote de tijolos solo-cimento.

Depois de serem produzidos, iniciou-se o processo de cura, os tijolos foram dispostos em um tanque onde permaneceram imersos durante 10 minutos, após esse período os tijolos ficaram envoltos por uma lona por cerca de 24 horas para que assim não perdessem a umidade e, em seguida, foram umedecidos duas vezes por dia durante 7 dias.

A quarta etapa consistiu na determinação dos parâmetros de resistência à compressão simples e absorção de água dos tijolos solo-cimento fabricados, segundo os procedimentos da NBR 8492 (ABNT, 2012).

Na última etapa analisou-se a existência ou não de uma relação entre a resistência à compressão simples e a massa específica aparente dos tijolos aos 28 dias de idade.

Resultados e Discussão: Análise Granulométrica Conjunta- Como pode ser observado na Figura 1 e Tabela 1, o solo apresentou quantidade de areia e silte próximas e significativas, sendo classificado como um solo silto-arenoso com argila e pouco pedregulho. De acordo com as diretrizes da NBR 10833 (ABNT, 2012), os resultados foram satisfatórios, possibilitando com que o solo fosse empregado na fabricação dos tijolos.

Figura 1- Curva de Distribuição Granulométrica.



Fonte: O Autor, 2022.

Tabela 1- Porcentagens das frações granulométricas do solo de rocha fosfática.

	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)			Pedregulho (%)		
			Fina	Média	Grossa	Fino	Médio	Grosso
Solo	20	40	12	16	9	3	0	0

Fonte: O Autor, 2022.

Limite de Liquidez (LL)- O resultado do limite de liquidez foi de 31,19%. Segundo à NBR 10833 (ABNT, 2012), o solo é considerado apropriado. Esse resultado permite concluir que o solo possui uma boa coesão entre as partículas, permitindo a realização da moldagem dos tijolos com eficiência.

Limite de Plasticidade (LP)- O resultado do limite de plasticidade foi de 23,14%. Com o valor obtido no ensaio de LL e LP obteve-se o Índice de Plasticidade (IP) igual a 8, o qual

classifica o solo como medianamente plástico. Os valores obtidos atendem à NBR 10833 (ABNT, 2012).

Absorção de Água- Os ensaios de absorção de água foram realizados aos 7 e aos 28 dias de idade. Os resultados são apresentados na Tabela 2. Nos resultados verificou-se um aumento da porcentagem de água retida nos tijolos com o passar da idade, tanto na prensa ‘A’ quanto na prensa ‘B’, mesmo assim os tijolos, em ambas as idades ensaiadas, atenderam o determinado pela NBR 8491 (ABNT,2012).

Tabela 2- Ensaio de absorção de água.

Prensa	Absorção Individual (%)	Absorção Média (%)	Absorção Individual (%)	Absorção Média (%)
	7 dias		28 dias	
A	16,19	17,64	18,32	18,30
	17,09		18,39	
	19,65		18,19	
B	18,47	18,45	19,54	18,81
	18,60		18,53	
	18,28		18,37	

Fonte: O Autor, 2022.

Resistência à Compressão Simples- Os ensaios de resistência à compressão simples também foram realizados aos 7 e aos 28 dias de idade. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3- Ensaio de resistência à compressão simples.

Prensa	Amostra	Resistência (MPa)	Média (MPa)	Amostra	Massa específica (g/cm³)	Resistência (MPa)	Média (MPa)
	7 dias		28 dias				
A	1	2,23	2,06	8	1,441	2,48	2,81
	2	1,98		9	1,499	3,11	
	3	2,43		10	1,465	3,12	
	4	2,06		11	1,451	3,09	
	5	1,84		12	1,418	2,44	
	6	1,95		13	1,483	2,89	
	7	1,95		14	1,419	2,54	
B	1	1,64	1,72	8	1,292	2,34	2,15
	2	1,86		9	1,239	1,70	
	3	1,59		10	1,367	2,13	
	4	1,62		11	1,319	2,42	
	5	1,68		12	1,269	2,02	

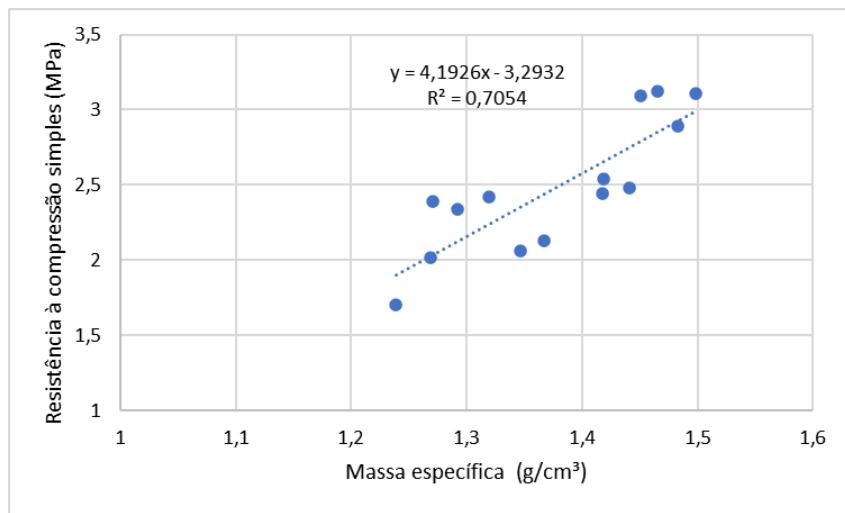
	6	1,98		13	1,347	2,06	
	7	1,69		14	1,271	2,39	

Fonte: O Autor, 2022.

A NBR 8491 (ABNT, 2012) dispõe que aos 7 dias os valores individuais de resistência dos tijolos devem ser $\geq 1,7$ MPa e que a média dos resultados seja ≥ 2 MPa. Na Tabela 3, observa-se que os valores dos corpos de prova da prensa ‘A’, prensa com maior capacidade de compactação, estão dentro dos padrões estabelecidos por norma. Já na prensa ‘B’, prensa com menor capacidade de compactação, a maioria dos tijolos com 7 dias de idade apresentou resistência inferior a 1,7 MPa, fazendo com que a média também ficasse abaixo dos 2 MPa.

Correlação Resistência à Compressão Simples X Massa Específica Aparente- A Figura 2 apresenta a relação encontrada entre a resistência à compressão simples e a massa específica aparente dos tijolos, utilizando os dados das duas prensas. O estudo foi realizado com os tijolos ensaiados aos 28 dias.

Figura 2- Relação entre resistência à compressão simples e massa específica.



Fonte: O Autor, 2022.

A reta de regressão apresenta um coeficiente de determinação igual a 0,70, indicando que 70% da variação da resistência foi explicada pela variável massa específica aparente. Obviamente, existem outros fatores que interferem na resistência do tijolo solo-cimento, mas esse bom índice de correlação permite que, após obtido o traço adequado para os materiais disponíveis, o controle da produção possa ser efetuado por parâmetros simples como a massa específica aparente do tijolo.

Conclusão: Este trabalho analisou a relação entre a massa específica e a resistência à compressão simples em tijolos solo-cimento fabricados com solo oriundo de decapamento em mineração de rocha fosfática, bem como comparou duas prensas com capacidade de compactação distintas. A utilização do resíduo de rocha fosfática se mostrou viável para a fabricação dos tijolos com o traço estabelecido neste estudo, corroborando com Cassemiro (2018), se comportando de maneira positiva durante as moldagens.

Na comparação realizada entre as duas prensas foi possível identificar que o equipamento de maior capacidade de compactação obteve os melhores resultados quanto à resistência à compressão e a absorção de água, o que era esperado.

De acordo com os valores obtidos, identificou-se uma relação entre a massa específica e a resistência à compressão dos tijolos solo-cimento aos 28 dias de idade, com índice de correlação de 70%. Vale ressaltar que essa correlação não foi efetuada também aos 7 dias pelo fato da maioria dos exemplares de confeccionados na prensa ‘B’ apresentar valores individuais de resistência à compressão simples inferiores a 1,7 MPa, estando fora dos padrões estabelecidos por norma.

Esses resultados preliminares permitem inferir a possibilidade de, após a determinação do traço adequado, efetuar o controle da produção de tijolos utilizando parâmetros simples como a massa específica do produto final.

Referências:

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND- ABCP. Fabricação de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas manuais, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 6459: Solo-Determinação do Limite de Liquidez, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 7180: Solo-Determinação do Limite de Plasticidade, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 7181: Solo-Análise granulométrica: Método de ensaio, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 8491: Tijolo de solo-cimento: Requisitos, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 8492: Tijolo de solo-cimento: Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 10833: Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica: Procedimento, 2012.
- CASSEMIRO, V. M. Estudo do traço de tijolos solo-cimento com rejeito de rocha fosfática e areia. [Monografia]. Universidade do Estado de Minas Gerais, Passos, 2018.
- FRANÇA, D. A.; SIMÕES, M. T.; GOMES, K. N. A. E. Tijolo solo-cimento: Processo produtivo e suas vantagens econômicas e ambientais. RECIEC- Revista científica de Engenharia Civil, 2018, 1(1), 12-17.
- PEIXOTO, C. M.; HENKES, J. A. Avaliação do uso do rejeito gerado pelo beneficiamento da rocha fosfatada na agricultura. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental, 2012, 1(1), 74-122.
- REIS, F. M. D. Estudo do comportamento físico-mecânico de tijolos de solo-cimento com adição de rejeitos de minerações de quartzito [Dissertação de Mestrado]. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

SANTOS, M. G. Caracterização da rocha fosfática de angico dos dias (BA) visando a recuperação de cério, lantânio e neodímio, 2018, p. 155. [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2018.

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO FÍSICO-MECÂNICO DE TIJOLOS SOLO-CIMENTO COMPOSTOS COM RESÍDUOS DE QUARTZITO E ROCHA FOSFÁTICA ORIUNDOS DE MINERAÇÕES DO SUDOESTE DE MINAS GERAIS

Reis, F.M.D.¹, Ribeiro, R.P.², Reis, J.C.³, Reis, M.J.⁴, Lemos, I.B.⁵.

1- Fernanda Medeiros Dutra Reis. Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP). fernandamdreis@usp.br

2- Rogério Pinto Ribeiro. Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP). rogeriopr@sc.usp.br

3- João Carlos Reis. Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG). joao.reis@uemg.br

4- Maria José Reis. Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG). mariajose.reis@uemg.br

5- Isabela Bueno Lemos. Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG). isa.bulemos@gmail.com

RESUMO: A utilização de resíduos de mineração no setor da construção civil é uma opção financeiramente atrativa e ambientalmente correta. Este artigo tem como finalidade estudar o comportamento físico-mecânico de tijolos solo-cimento confeccionados com solos de decapamento em mineração de rocha fosfática e resíduos finos de minerações de quartzito de Alpinópolis (MG). Trata-se de um recurso técnico que pode minimizar o custo da produção dos tijolos e reduzir os impactos ambientais decorrentes das atividades de mineração. A metodologia envolveu ensaios de caracterização física nas amostras de resíduos e nas misturas destes materiais, estudo de dosagem, fabricação dos tijolos e determinação dos parâmetros de resistência à compressão e absorção de água. De forma geral, os resultados dos ensaios sugerem a possibilidade do uso dos rejeitos sem o comprometimento das propriedades mecânicas relacionadas à resistência e à absorção de água dos tijolos.

Palavras-Chave: Quartzito; Rochas ornamentais e de revestimento; Resíduo de mineração.

ABSTRACT: The application of mining waste in the construction sector is a financially attractive and environmentally correct alternative. This article aims to study the physical-mechanical behavior of soil-cement bricks made with residual soil from phosphate rock mining and fine residues from quartzite mining. Presenting a technical resource to minimize the cost of production of soil-cement bricks and reduce the environmental impacts resulting from mining activities. The methodology involved physical characterization tests in the samples of residues and in the mixtures of these materials, study of dosage, manufacture of the bricks and determination of the parameters of compressive strength and absorption of water. Overall, the results of the tests suggest the possibility of the use of the tailings without compromising the mechanical properties related to the resistance and water absorption of the bricks.

Keywords: Quartzite; Coating and ornamental rocks; Mining waste.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21938096

Introdução: Com o possível esgotamento dos recursos naturais, a construção civil, setor responsável por grande consumo desses meios, procura cada vez mais minimizar os impactos ambientais, reduzir a quantidade de resíduos gerados, além de sempre buscar mais eficiência nos processos construtivos e o aperfeiçoamento das tecnologias aplicáveis à construção civil.

O aproveitamento de resíduos de mineração no setor da construção civil é uma alternativa economicamente atrativa e ambientalmente correta. Em algumas situações esses resíduos podem ser utilizados com vantagens técnicas e redução de custos, como é o caso, por exemplo, da produção de tijolos solo-cimento.

Ainda em consoante com as questões ambientais, a extração de recursos minerais como o quartzito, gera uma quantidade expressiva de resíduos. Segundo dados de Ramirio et al. (2008), Francklin Junior (2009) e Reis et al. (2018), nas minerações do sudoeste de Minas Gerais o procedimento de obtenção de placas de quartzitos foliados diretamente do maciço origina um grande volume de rejeito equivalente a cerca de 90% do material explotado.

Com relação à extração de fosfato em minerações de rocha fosfática no sudoeste do estado de Minas Gerais, durante as escavações para a retirada do minério, é gerada uma grande quantidade de resíduo que é disposto em pilhas em áreas próximas às fábricas (SANTOS, 2018; CASSEMIRO, 2018). Em virtude disso, agregar valor a esses materiais inconsolidados, visando estudos para o seu reaproveitamento, tem sido visto como a melhor chance de desenvolvimento para os setores ambiental e econômico.

Em virtude disso, o uso alternativo desses materiais estaria contribuindo para a diminuição do montante destinado aos bota-foras das minerações, consequentemente, reduzindo vários impactos ambientais. Além de que, no aspecto social, o emprego dos resíduos oriundos das atividades dessas minerações pode aumentar o número de empregos local e colocar no mercado um produto mais sustentável.

Material e Métodos: Os materiais utilizados neste trabalho para a produção dos tijolos de solo-cimento foram: Resíduo de Quartzito; Solo proveniente da extração de Rocha Fosfática; Cimento Portland II-F-40.

O resíduo de quartzito é proveniente do município de Alpinópolis, localizado na região sudoeste do estado de Minas Gerais. Minas Gerais se destaca no cenário brasileiro por grande parte da produção quartzitos. Segundo Fernandes (2003), o centro produtor de Alpinópolis é o quarto maior do estado e se sobressai no cenário brasileiro como um dos grandes produtores de quartzito. O processo de amostragem do quartzito se deu por peneiramento dos resíduos, provenientes da extração, que estavam empilhados na mineração.

O solo utilizado no estudo é conhecido como Bland, um resíduo de rocha fosfática extraído na propriedade da Mineração Morro Verde Fosfato, uma extratora de fosfatos situada na cidade de Pratápolis – MG. Nas escavações para retirada do minério é movimentada uma grande quantidade de solo que é descartado na própria natureza.

O cimento utilizado na mistura foi o Cimento Portland CP II-F-40 devido à sua maior disponibilidade na região.

A primeira etapa desenvolvida na metodologia do trabalho visou caracterizar as amostras de solo de rocha fosfática (SRF) e os resíduos de quartzito (RQ) para averiguar a viabilidade de uso destes materiais como insumos na fabricação do tijolo solo-cimento. Os materiais foram caracterizados visando atender os parâmetros da NBR 10833 (ABNT, 2012) para a confecção dos tijolos de solo-cimento, que estabelece que os materiais mais adequados são os que possuem 100% dos grãos passando na peneira 4,8 mm; de 10% a 50% passando na peneira 0,075 mm; limite de liquidez (LL) \leq 45%; e índice de plasticidade (IP) \leq 18%.

Desse modo, os ensaios de caracterização tecnológica dos materiais foram realizados na seguinte ordem: Primeiramente realizou-se a Análise Granulométrica Conjunta NBR 7181 (ABNT, 2017) nas amostras dos resíduos provenientes das minerações. Após a realização deste ensaio, foram pré-determinadas misturas SRF:RQ para estudo, de acordo com o estabelecido pela NBR 10833 (ABNT, 2012), para assim realizar os ensaios de Limite de Liquidez NBR 6459 (ABNT, 2016); Limite de Plasticidade NBR 7180 (ABNT, 2016).

No estudo de dosagem foram pré-definidos dois traços, 1:6 e 1:8 (cimento: mistura solo e quartzito), para avaliação. Esses traços foram adotados com base no estudo de dosagem realizado no trabalho de Reis (2019), além disso, esses são os traços mais empregados na região estudada. Nesta etapa, o ensaio de compactação Proctor Normal NBR 12023 (ABNT, 2012) foi realizado com o objetivo de obter o teor de umidade ideal da mistura (SRF:RQ:Cimento) quando compactado. Após a realização deste ensaio, foi possível estabelecer, para cada composição, o percentual de água ideal da mistura, com o qual se alcançam os maiores valores de massa específica seca.

Na terceira etapa os tijolos solo-cimento foram fabricados. Os tijolos foram confeccionados em Pratápolis na fábrica da ECOTERM, que produz tijolos ecológicos de vários modelos e formas, seguindo as especificações da NBR 8491 (2012). Após a fabricação, foi realizada a cura úmida, onde os tijolos foram envoltos com um plástico, ao abrigo do sol e vento durante 7 dias.

A última etapa consistiu na determinação dos parâmetros de resistência à compressão simples e absorção de água dos tijolos solo-cimento fabricados, segundo os procedimentos da NBR 8492 (ABNT, 2012).

Resultados e Discussão: Análise Granulométrica Conjunta- Como pode ser observado na Tabela 1, RQ apresenta grande quantidade de areia, uma pequena quantidade de silte e argila e pouco pedregulho, sendo classificado como um material areno-siltoso. Já SRF apresentou quantidade de areia e silte próximas e significativas, sendo classificado como um solo silte-arenoso com argila e pouco pedregulho.

Tabela 1- Porcentagens das frações granulométricas do quartzito e do solo de rocha fosfática.

	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)			Pedregulho (%)		
			Fina	Média	Grossa	Fino	Médio	Grosso
Quartzito	5	20	40	15	15	5	0	0
Solo	20	40	15	10	10	5	0	0

Fonte: O Autor (2022).

Após a realização da análise granulométrica foram definidas as misturas de SRF:RQ, 3:1 e 2:1, a serem empregadas no restante dos ensaios e na fabricação dos tijolos solo-cimento. A Tabela 2 demonstra as porcentagens de cada mistura em estudo.

Tabela 2- Porcentagens granulométricas das misturas SRF:RQ.

Mistura SRF:RQ	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)
3:1	16,25	33,75	50
2:1	15	31,7	53,3

Fonte: O Autor (2022).

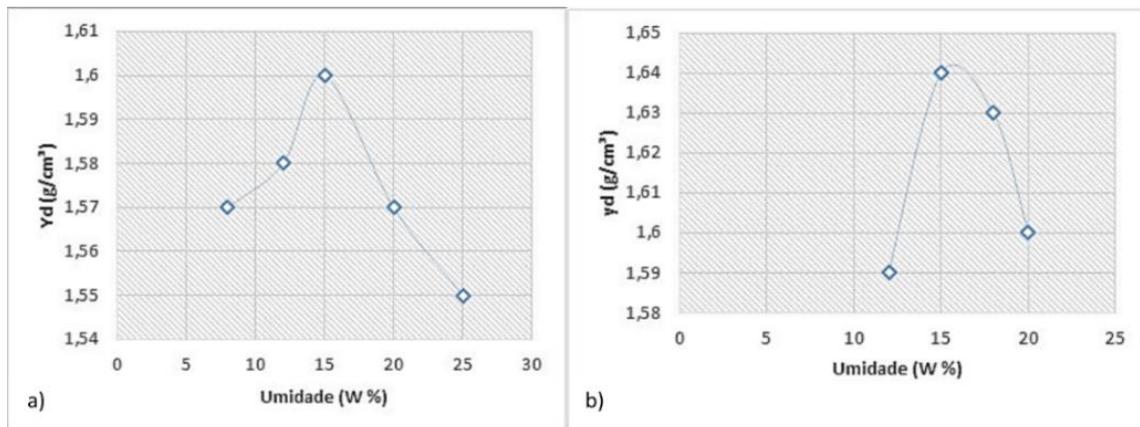
Limite de Liquidez (LL)- Os resultados dos limites de liquidez para as misturas foram de 32,19% e 30,29%, respectivamente. Segundo à NBR 10833 (ABNT, 2012), os resultados foram satisfatórios, visto que a norma preconiza que o solo deve possuir o limite de liquidez $\leq 45\%$. Esses resultados permitem concluir que as misturas possuem uma boa coesão entre as partículas, permitindo a realização da moldagem dos tijolos com eficiência.

Limite de Plasticidade (LP)- O resultado do limite de plasticidade das misturas foi de 24,18% e 23,30%, respectivamente. Com os valores obtidos nos ensaios de LL e LP obteve-se o Índice de Plasticidade (IP) de 8 e 7, respectivamente.

De acordo com a NBR 7180 (ABNT, 2016), as misturas foram classificadas como medianamente plásticas e os valores obtidos atendem à NBR 10833 (ABNT, 2012).

Compactação Proctor Normal- Com as curvas de compactação exibidas na Figura 1 observou-se que as duas misturas obtiveram valores próximos. A mistura 3:1 (Figura 1a) apresentou teor de umidade ótima (w_{ot}) de 15% e uma massa específica aparente seca (ρ_d) de 1,60 g/cm³ e a mistura 2:1 (Figura 1b) obteve uma umidade ótima (w_{ot}) de 15% e uma massa aparente seca (ρ_d) de 1,64 g/cm³.

Figura 1- Ensaio de compactação Proctor Normal: a) Mistura 3:1; b) Mistura 2:1.



Fonte: O Autor (2022).

Após o estudo de dosagem, a mistura 2:1 foi a escolhida para se trabalhar no restante do trabalho devido aos seus resultados serem melhores. Portanto, no decorrer do trabalho, quando nos referirmos à solo, estamos nos referindo à essa proporção 2:1 de SRF e RQ.

Absorção de Água- Nos resultados do ensaio de absorção de água (Tabela 3) verificou-se que o traço 1:8 foi o que melhor atendeu a NBR 8491 (ABNT, 2012), que especifica que as amostras ensaiadas não devem apresentar a média dos valores de absorção de água maior do que 20 % nem valores individuais superiores a 22 %, com idade mínima de sete dias. Já o traço 1:6, apresentou valor médio um pouco acima do exigido.

Tabela 3- Ensaio de absorção de água.

Traço Cimento: Solo	Absorção Individual (%)	Absorção Média (%)
1:6	20,41	20,20
	18,66	
	21,52	
1:8	18,50	18,81
	18,98	
	18,93	

Fonte: O Autor (2022).

Resistência à Compressão Simples- Os ensaios de resistência à compressão simples foram realizados aos 28 dias de idade. Os resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4- Ensaio de resistência à compressão simples.

Traço	Amostra	Resistência (MPa)	Média (MPa)	Traço	Amostra	Resistência (MPa)	Média (MPa)
1:6	1	2,93	3,39	1:8	1	1,70	2,67
	2	4,36			2	2,68	
	3	2,76			3	2,85	
	4	4,00			4	3,02	
	5	2,59			5	1,88	
	6	3,17			6	3,29	
	7	3,91			7	3,25	

Fonte: O Autor (2022).

Embora o traço 1:16 tenha apresentado valores melhores, ambos os traços estão de acordo com a NBR 8491 (ABNT, 2012), que especifica que os tijolos devem ter uma média de resistência à compressão ≥ 2 MPa e valores individuais de resistência $\geq 1,7$ MPa.

Conclusão: A utilização dos resíduos de quartzito e de rocha fosfática se mostrou viável para a fabricação dos tijolos com os traços estabelecidos neste estudo, se comportando de maneira positiva durante as moldagens.

Por meio do ensaio de compactação de Proctor com energia normal foi definida a dosagem a ser trabalhada nos tijolos solo-cimento. A mistura 2:1 foi a que apresentou os melhores resultados, com umidade ótima (wot) de 15% e uma massa aparente seca (ρ_d) de 1,64 g/cm³.

Com relação ao ensaio de resistência à compressão, o traço 1:6 foi o que apresentou os melhores valores, embora ambos os traços estejam de acordo com a NBR 8491 (ABNT, 2012). No ensaio de absorção de água verificou-se que o traço 1:8 foi o que melhor atendeu a referida norma, já o traço 1:6, apresentou valor médio um pouco acima do exigido.

Observando os resultados dos ensaios físicos-mecânicos e comparando-os com o exigido pela NBR 8491 (2012), concluímos que o traço 1:8 é o melhor traço para confecção dos tijolos pois além de atender a todas os critérios dos ensaios é o traço que consome menos cimento na produção dos tijolos solo-cimento.

Este trabalho constitui parte de estudos preliminares de dosagem para fabricação de tijolos solo-cimento incorporando resíduos de minerações da região sudoeste do estado de

Minas Gerais. Os resultados geotécnicos e tecnológicos mostraram-se promissores, abrindo perspectivas de experimentos adicionais com outros traços e tipos de cimentos.

Referências:

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 6459: Solo-Determinação do Limite de Liquidez, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 7180: Solo-Determinação do Limite de Plasticidade, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 7181: Solo-Análise granulométrica: Método de ensaio, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 8491: Tijolo de solo-cimento: Requisitos, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 8492: Tijolo de solo-cimento: Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 10833: Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica: Procedimento, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 12023: Solo-cimento: Ensaio de compactação, 2012.
- CASSEMIRO, V. M. Estudo do traço de tijolos solo-cimento com rejeito de rocha fosfática e areia. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade do Estado de Minas Gerais, Passos, 2018.
- FERNANDES, T. M. G. Aspectos geológicos e tecnológicos dos quartzitos do centro produtor de São Thomé das Letras (MG). Geociências 2003, 22(2), 129-141.
- FRANCKLIN JUNIOR, I. Estudo tecnológico em rejeitos de quartzitos do Sudoeste de Minas Gerais para utilização como agregado graúdo no concreto. [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.
- RAMIRIO, R. F.; PAMPLONA, D. R. P.; COLLARES, E. G., FRANCKLIN JUNIOR, I. Estudo comparativo de rejeitos de quartzito com outros agregados comercialmente utilizados como materiais de construção no Sudoeste de Minas Gerais. Ciência et Praxis (Online) 2008, 1(1), 25-32.

REIS, F. M. D. Estudo do comportamento físico-mecânico de tijolos de solo-cimento com adição de rejeitos de minerações de quartzito [Dissertação de Mestrado]. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

REIS, M. J.; COLLARES, E. G.; REIS, F. M. D. Technological Assessment of Tailings From Quartzite Mining Sites in Alpinópolis (Minas Gerais-Brazil) as Aggregates in Concrete Block Paving (CBP). *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 2018, 77(77), 1623-1637.

SANTOS, M. G. Caracterização da rocha fosfática de angico dos dias (BA) visando a recuperação de cério, lantânia e neodímio, 2018, p. 155. [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2018.

GT 9

Geotecnologias e Modelagem em Ciência Ambiental

ANÁLISE GEOESPECIAL DOS FOCOS DE QUEIMADAS NA REGIÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JEQUITINHONHA, MG/BA, BRASIL

SANTOS, J. J¹; SILVA, D. P²

1 – Joice de Jesus Santos. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. santosjoice1999@gmail.com

2 – Danilo Paulício da Silva. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. dpaulucio@uesb.edu.br

RESUMO: Queimadas e incêndios florestais são eventos responsáveis por causar destruições e ameaças à biodiversidade. Essa ação é utilizada como um sistema de pré-produção agrícola nessa região, e favorece a alteração de ambiente naturais em áreas de ocupação urbana. A bacia do rio Jequitinhonha é o recurso natural mais importante da região. Atividades humanas de desmatamento para fins agropastoris, de mineração e de garimpagem em seu alto curso e alguns dos afluentes têm causado modificações importantes no ciclo hidrológico. Contudo, o presente trabalho tem o objetivo de analisar espacialmente os focos de queimadas na bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha, MG/BA, Brasil. Para a obtenção dos dados foi utilizada como base a plataforma digital de queimadas do INPE, malhas municipais do IBGE e o processamento foi realizado através do software ArcGIS for Desktop 10.8. No processamento dos dados foi considerado o valor $\geq 0,95$ para o risco de fogo. A bacia apresentou baixos índices de focos de queimadas no geral, porém, algumas áreas de seus respectivos municípios mostram que existe a presença de alguns focos de queimadas. Onde, por exemplo, o município de Grão Mogol-MG se destacou com uma alta incidência de queimadas, em seguida tem-se os municípios de Rio Pardo de Minas-MG e Encruzilhada-BA representando um índice mediano de incidência, já os demais também se destacaram por não ter incidência de queimadas. Concluindo, entender a dimensão das áreas queimadas e a severidade do fogo torna-se importante para compreensão da extensão dos impactos ambientais advindos de queimadas e incêndios florestais.

Palavras-Chave: Degradação; Recursos Naturais; SIG.

ABSTRACT: Fires and forest fires are events responsible for causing destruction and threats to biodiversity. This action is used as an agricultural pre-production system in this region, and favors the alteration of natural environments in areas of urban occupation. The Jequitinhonha River basin is the most important natural resource in the region. Human activities of deforestation for agropastoral purposes, mining and prospecting in its upper course and some of the tributaries have caused important changes in the hydrological cycle. However, the present work has the objective of spatially analyzing the fires in the Jequitinhonha River watershed,

MG/BA, Brazil. To obtain the data, the digital platform of fires from INPE, municipal grids from IBGE was used as a basis and the processing was carried out through the ArcGIS for Desktop 10.8 software. When processing the data, the value ≥ 0.95 was considered for the risk of fire. The basin had low rates of fire outbreaks in general, however, some areas of their respective municipalities show the presence of some fire outbreaks. Where, for example, the municipality of Grão Mogol-MG stood out with a high incidence of fires, then there are the municipalities of Rio Pardo de Minas-MG and Encruzilha-BA representing a median incidence rate, while the others also stood out for having no incidence of fires. In conclusion, understanding the dimension of the burned areas and the severity of the fire becomes important to understand the extent of the environmental impacts arising from forest fires and fires.

Keywords: Degradation; Natural resources; GIS.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21940550

Introdução: Nos últimos 30 anos as queimadas têm-se tornado tema de diferentes tipos de estudos, como por exemplo as análises das alterações climáticas, o uso do solo e conservação entre outros. Essa escolha pode ser justificada pelo fato de que as queimadas são práticas habituais utilizadas no típico processo de corte e queima da ação humana (Santos et al., 2017).

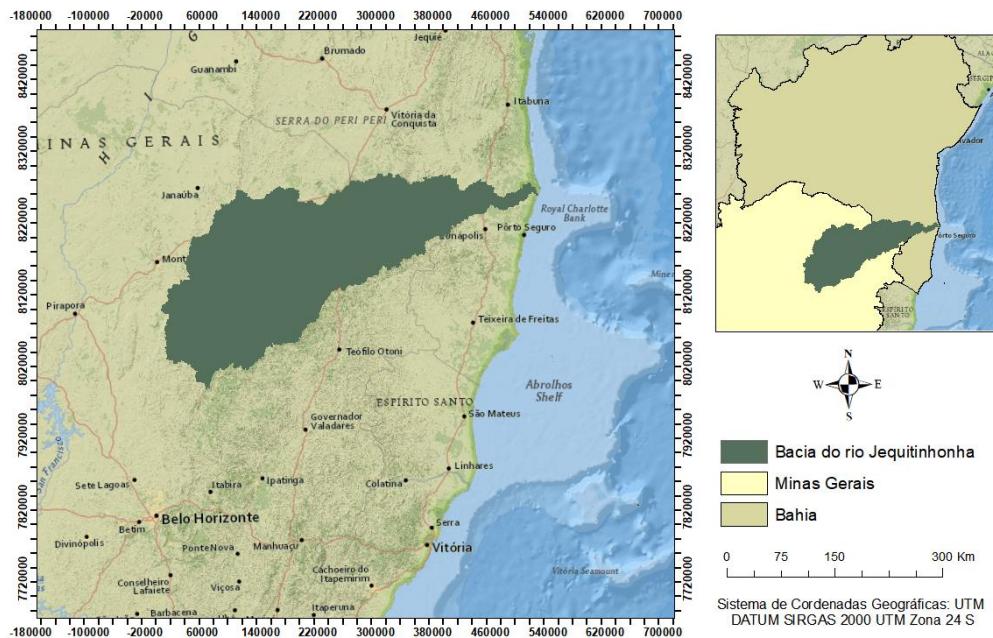
Queimadas e incêndios florestais são eventos responsáveis por causar destruições e ameaças à biodiversidade (Lopes, 2018). A susceptibilidade à ocorrência de incêndios florestais tem aumentado com o decorrer dos anos e um dos fatores agravantes desse processo é a interação antrópica em ecossistemas naturais que gera alterações nas paisagens como introdução de espécies florestais uniformes, aumento de áreas degradadas e de pastagens e o êxodo rural (Ferreira et al., 2015; Van Marle et al., 2017; Hardtke et al., 2015), fatores que contribuem com a ocorrência de queimadas e incêndios florestais.

Essa ação é utilizada como um sistema de pré-produção agrícola nessa região, e favorece a alteração de ambiente naturais em áreas de ocupação urbana, agricultura extensiva para suprir a demanda produtiva do mercado mundial. A bacia do rio Jequitinhonha é o recurso natural mais importante da região. Atividades humanas de desmatamento para fins agropastoris, de mineração e de garimpagem em seu alto curso e alguns dos afluentes têm causado, no decurso dos anos, modificações importantes no ciclo hidrológico (Fengler et al., 2015; Souza et al., 2008).

Outro fator a ser observado quanto a impactos em bacias hidrográficas, está associado ao serviço ambiental que ela presta, como, recarga hídrica e conservação de ecossistemas. Contudo, o presente trabalho tem o objetivo de analisar espacialmente os focos de queimadas na bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha, MG/BA, Brasil.

Material e Métodos: A bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha abrange grande parte do nordeste do Estado de Minas Gerais e pequeno setor do sudeste da Bahia, onde, pelo menos 96 municípios fazem parte da bacia. Está compreendida entre os paralelos 16° e 18°S e os meridianos 39° e 44°W (Gonçalves, R. N, 1997).

Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha



Fonte: Autores (2022).

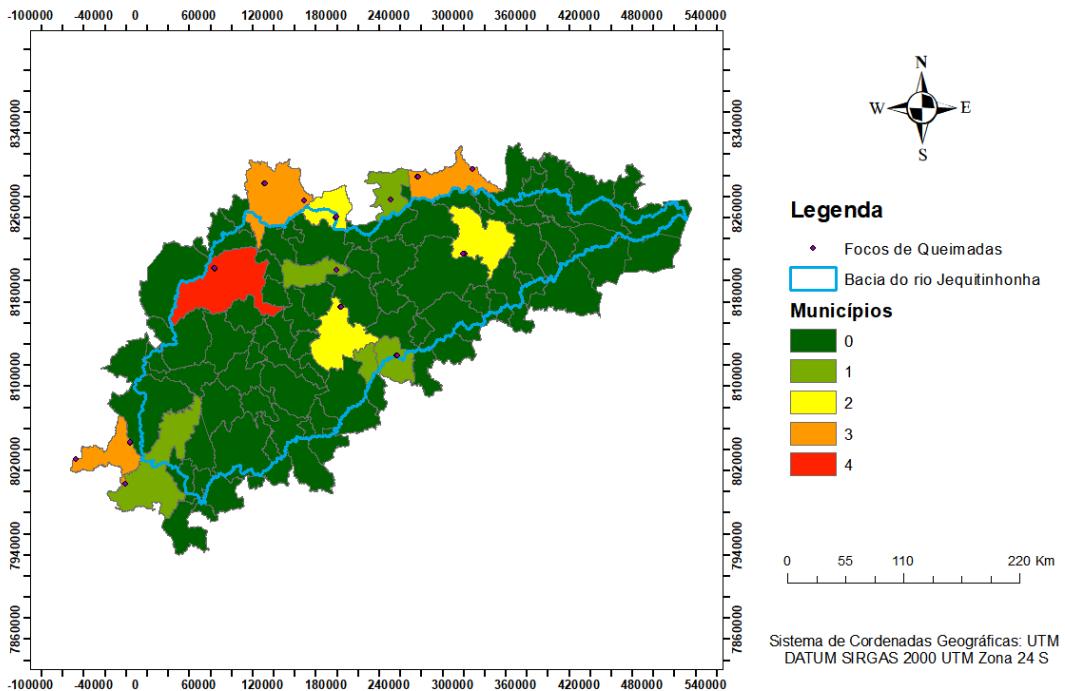
Para a obtenção dos dados foi utilizada como base a plataforma digital de queimadas que provém do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), onde a plataforma disponibiliza dados exatos dos focos de queimadas em todo o território brasileiro.

Malhas municipais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) também foram utilizadas para a detecção da área de cada município que interpolava a bacia e o processamento foi realizado através do software ArcGIS for Desktop 10.8, gerando os mapas para a análise.

No processamento dos dados foi considerado o valor $\geq 0,95$ para o risco de fogo. O risco de incêndio ou risco de fogo, é fator determinante dos níveis de exigência das medidas de segurança contra incêndio. Quanto maior o risco, maiores as exigências. São cinco as categorias do risco de fogo na escala de 0 a 1: Mínimo, abaixo de 0,15; Baixo, de 0,15 a 0,4; médio, de 0,4 a 0,7; Alto, de 0,7 a 0,95 e; crítico, acima de 0,95. A análise foi realizada no período de julho de 2021 à julho de 2022, esse período foi escolhido justamente pela disponibilidade dos dados.

Resultados: A figura 2 apresenta o número de incidência de queimadas por municípios para o período analisado.

Figura 2 – Focos de queimadas nos municípios da bacia do rio Jequitinhonha



Fonte: Autores (2022).

Discussão: A região da bacia apresentou baixos índices de focos de queimadas no geral, porém, em algumas áreas de seus respectivos municípios demonstram a presença de focos de queimadas.

As cores na figura 2 são representativas de acordo a quantidade de focos. Onde, por exemplo, o município de Grão Mogol-MG se destacou com uma alta incidência de queimadas, sendo representada por um total de 4 focos de queimadas na região, em sequencia tem-se os municípios de Rio Pardo de Minas-MG e Encruzilhada-BA representando um índice mediano de incidência, já os demais também se destacaram por não ter incidência de queimadas.

A área que se destacou com alto índice está representada pela classificação do risco de fogo, isto é, acima de 0.95, demonstrando que as exigências e atenção para essa área são maiores.

Nos dois estados em que a bacia se localiza esses focos de queimadas se justificam principalmente na época seca de cada região, pois a baixa incidência da precipitação e a baixa umidade tornam a vegetação mais suscetível ao fogo, facilitando a utilização desta prática. Ainda, fatores naturais como o tipo e umidade da biomassa, e fatores climáticos como a temperatura e a umidade do ar e os ventos influenciam na ignição do fogo e na sua permanência (CRUTZEN e ANDREAE, 1990; FREITAS et al., 2005; FEARNSIDE et al., 2009).

Esse processo é amplamente utilizado, pois facilita e torna mais rápida a abertura e a limpeza de novas áreas, além de favorecer a ciclagem de nutrientes no solo. Entretanto, as

queimadas provocam diversos impactos na superfície e na atmosfera devido ao consumo de extensas áreas de florestas e gramíneas em todo o globo, que muitas vezes ultrapassam os limites originais de utilização (FREITAS et al., 2005; LONGO et al., 2013).

Neste contexto, cada ecossistema responde de uma forma diferente às queimadas, em alguns casos as queimadas favorecem a mineralização dos nutrientes liberados no solo e que são absorvidos pelas plantas, fazendo com que o sistema retorne mais vigoroso, como, por exemplo, as pastagens do Cerrado brasileiro. Entretanto, dependendo da intensidade da queimada, além de eventos sucessivos em uma mesma área, elas podem ser destrutivas pois alteram a taxa de infiltração e evapotranspiração da água no solo, aumentando a suscetibilidade à erosão, além da total destruição da flora e fauna local (COCHRANE e RYAN, 2009).

Conclusão: A bacia do rio Jequitinhonha apresentou baixos índices de focos de queimadas. Entender a dimensão das áreas queimadas e a severidade do fogo torna-se importante para compreensão da extensão dos impactos ambientais advindos de queimadas e incêndios florestais. A obtenção dessas informações pode contribuir com o desenvolvimento de técnicas para prevenção e recuperação de áreas afetadas pelo fogo, minimizando os impactos futuros causados pela queima, tanto causas por ações antrópicas locais como aqueles relacionados às mudanças climáticas.

Referências:

- COCHRANE, M.A.; RYAN, K.C. Fire and fire ecology: Concepts and principles. In: COCHRANE, M.A. Tropical Fire Ecology, Climate Change, Land Use and Ecosystem Dynamics. Chichester: Springer, 2009. p. 60-97. https://doi.org/10.1007/978-3-540-77381-8_2
- CRUTZEN, P.J.; ANDREAE, M.O. Biomass burning in the tropics: Impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. *Science*, v. 250, n. 4988, p. 1669-1678, 1990. <https://doi.org/10.1126/science.250.4988.1669>
- FEARNSIDE, P. M.; RIGHI, C. A.; GRAÇA, P. M. L. A.; KEIZER, E. W. H.; CERRI, C. C.; NOGUEIRA, E. M.; BARBOSA, R. I. Biomass and greenhouse gas emissions from land-use change in Brazil's Amazonian "arc of deforestation": the states of Mato Grosso and Rondônia. *Forest Ecology and Management*, n. 258, p. 1968-1978, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.07.042>
- FREITAS, S. R.; LONGO, K. M.; DIAS, M. A. F. S.; DIAS, P. L. S.; CHATFIELD, R.; PRINS, E.; ARTAXO, P.; GRELL, G. A.; RECUERO, F.S. Monitoring the transport of

biomass burning emissions in South America. Environmental Fluid Mechanics, n. 5, p. 135-167, 2005.<https://doi.org/10.1007/s10652-005-0243-7>

Fengler, F. H., Moraes, J. F. L., Ribeiro, A. I., Peche Filho, A., Storino, M., & Medeiros, G. A. (2015). Qualidade ambiental dos fragmentos florestais na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí-Mirim entre 1972 e 2013. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 19(4), 402-408. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p402-408>.

Ferreira, A. J. D., Alegre, S. P., Coelho, C. O. A., Shakesby, R. A., Páscoa, F. M., Ferreira, C. S. S. Keiser, J. J., Ritsema, C., 2015. Strategies to prevent forest fires and techniques to reverse degradation processes in burned areas. Catena [online] 128. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2014.09.002>. Acesso: 07 jul. 2022.

Gonçalves, R. N. Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Jequitinhonha. Salvador: [s. n.], 1997.

Hardtke, L. A., Blanco, P. D., del Valle, H. F., Metternicht, G. I., Sione, W. F., 2015. Automated mapping of burned areas in semiarid ecosystems using modis time-series imagery. Isprs - International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences [Online] 7/3. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-7-w3-811-2015>. Acesso: 20 jun. 2022.

Lopes, E. R. do N., Silva, A. P. P., Peruchi, J. F., Lourenço, R. W., 2018. Zoneamento de Risco de Incêndio e Queimadas na Cidade de Sorocaba – São Paulo. Geography Department University Of Sao Paulo [Online] 36. Disponível:

<http://dx.doi.org/10.11606/rdg.v36i0.148048>. Acesso: 15 jun. 2022.

LONGO, K. M.; FREITAS, S. R.; PIRRE, M.; MARÉCAL, V.; RODRIGUES, L. F.; PANETTA, J.; ALONSO, M. F.; ROSÁRIO, N. E.; MOREIRA, D. S.; GÁCITA, M. S.; ARTETA, J.; FONSECA, R.; STOCKLER, R.; KATSURAYAMA, D. M.; FAZENDA, A.; BELA, M. The Chemistry CATT-BRAMS model (CCATT-BRAMS 4.5): a regional atmospheric model system for integrated air quality and weather forecasting and research, Geoscientific Model Development, v. 6, p. 1389-1405, 2013.<https://doi.org/10.5194/gmd-6-1389-2013>

Santos, T. O., Andrade Filho, V. S., Rocha, V. M., & Menezes, J. S. (2017). Os impactos do desflorestamento e queimadas de origem antrópica sobre o clima da Amazônia brasileira: um estudo de revisão. Rev. Geogr. Acadêmica, 11(2), 157-181.

Souza, C. R., Azevedo, C. P., Rossi, L. M. B., & Lima, R. M. B. (2008). Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.). EMBRAPA, 2008. Documentos 60.

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/669639/1/ComTec632008.pdf>.

Van Marle, M. J. E., Field, R. D., Van der Werf, G. R. Wagt, I. A. E., Houghton, R. A., Rizzo, L. V., Artaxo, P., Tsigaridis, K., 2017. Fire and deforestation dynamics in Amazonia (1973- 2014). Global Biogeochemical Cycles [Online] 31. Disponível:
<http://dx.doi.org/10.1002/2016gb005445>. Acesso: 23 jun. 2022.

ANÁLISE DA AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL DO PIB AGROPECUÁRIO NO ANO 2019 DO ESTADO DE SÃO PAULO

Liliane Moreira Nery¹; Camille Vasconcelos Silva²; Zahia Merchan Camargo³;
Darllan Collins da Cunha e Silva⁴

1 – Liliane Moreira Nery. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. liliane.nery@unesp.br

2 – Camille Vasconcelos Silva. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. camille.vasconcelos@unesp.br

3 – Zahia Catalina Merchán Camargo. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. zahia.merchan@unesp.br

4 – Darllan Collins da Cunha e Silva. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. darllan.collins@unesp.br

RESUMO: Considerando a relevância do setor agropecuário para o Produto Interno Bruto (PIB), o presente estudo analisou a distribuição espacial do PIB agropecuário paulista, em termos de contribuição monetária e percentual, uma vez que indicadores expressos somente de forma numérica e tabulada não contribuem para inferências abrangentes, e a representação espacial de dados socioeconômicos são úteis na identificação de agregações espaciais e áreas prioritárias em termos de planos de ação, tomada de decisão e políticas públicas. Os resultados indicam relação espacial positiva e ocorrência de *clusters*, corroborando com a hipótese levantada de que há regiões no Estado de São Paulo que contribuem mais significativamente para o PIB geral em termos de produção primária. Concluímos que o presente estudo é norteador para pesquisas futuras, iniciando a discussão sobre a autocorrelação espacial desse indicador pouco discutido para a região estudada.

Palavras-Chave: Sistema de Informação Geográfica; Geoprocessamento; Estatística; Índice de Moran; Correlação espacial.

ABSTRACT: Considering the relevance of the agricultural sector to the Gross Domestic Product (GDP), the present study analyzed the spatial distribution of agricultural GDP in São Paulo, in terms of monetary and percentage contribution, since indicators expressed only numerically and tabulated do not contribute to comprehensive inferences, and the spatial representation of socioeconomic data are useful in identifying spatial aggregations and priority areas in terms of action plans, decision-making, and public policies. The results indicate a positive spatial relationship and occurrence of clusters, corroborating the hypothesis that there are regions in the state of São Paulo that contribute more significantly to the general GDP in terms of primary production. We conclude that the present study is a guide for future research, starting the discussion on the spatial autocorrelation of this little-discussed indicator for the region studied.

Keywords: Geographic Information System; Geoprocessing; Statistics; Moran Index; Spatial correlation.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21940556

Introdução: O setor agropecuário é um dos mais relevantes no cenário brasileiro e apresenta um elevado dinamismo (MARIONI et al., 2016). O setor em questão apresentou crescimento significativo nos últimos anos, resultando no aumento do Produto Interno Bruto (PIB), além de ser o principal agente pelo saldo positivo da balança comercial da economia brasileira (BELIK, 2015). O PIB é um indicador do fluxo do somatório de todos os bens e serviços finais produzidos pelo país, estado ou cidade, em geral em um ano (NETO, ARAÚJO, SILVA, 2022).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) calcula o PIB agropecuário levando em consideração as atividades: pesca, aquicultura, produção florestal, agricultura e pecuária. E apenas no ano de 2020 o PIB da agropecuária representou 6,8% do PIB brasileiro (IBGE, 2022; NETO, ARAÚJO, SILVA, 2022). O crescimento demográfico foi um dos fatores que acarretou a intensificação da produção de alimentos do setor “agro”, o que desenvolveu também os outros setores da economia (TOLOI et al., 2019).

Nesse sentido, esses indicadores expressos de forma apenas numérica, limitam uma visualização mais ampla do fenômeno e uma análise mais holística para a aplicação de políticas públicas locais ou regionais, que fomentem a sustentabilidade dos sistemas produtivos ao longo do tempo e contribuam para o desenvolvimento socioeconômico. Dessa forma, o uso de técnicas como a autocorrelação espacial, a fim de investigar a relação entre o espaço e dados socioeconômicos, são ferramentas apropriadas para a análise exploratória, visualização gráfica e compreensão da distribuição espacial.

A aplicabilidade da análise exploratória espacial é multidisciplinar, exemplificando, Pedrosa e Albuquerque (2020) efetuaram análise espacial da distribuição dos casos de COVID-19 e leitos de terapia intensiva no Estado do Ceará, produzindo mapas dos valores estimados e brutos, por meio do método bayesiano global e local e do Índice de Moran. Hoher et al. (2018) analisou a distribuição espacial dos municípios do Tocantins verificando a hipótese de interferência do PIB e do IDH, assim como a relação espacial entre as variáveis.

Ainda no contexto socioeconômico, Queiroz et al. (2015) procuraram avaliar a autocorrelação espacial do PIB agropecuário de Goiás, a fim de se identificar disparidades sociais na região em estudo. No Estado de São Paulo, autores procuraram descrever e espacializar os dados censitários referentes à produção agropecuária (MARTINS et al., 2020), porém não há estudos que procurem relacionar essas variáveis com o espaço geográfico.

A partir disso, este estudo teve como objetivo analisar a distribuição espacial do PIB agropecuário dos municípios do Estado de São Paulo para o ano de 2019 por meio de índices de correlação espacial, Índice de Moran Global e Índice de Moran Local (LISA), para

compreender o comportamento da distribuição espacial dos dados, em termos de agregação espacial e valores extremos, considerando que existem regiões no Estado que contribuem mais significativamente para o PIB em termos de produção primária, em virtude das características locais e regionais.

Material e Métodos: A área de estudo compreende o Estado de São Paulo, localizado na região sudeste do Brasil, tem uma extensão de 248.219,485 km² e atualmente possui 645 municípios. A população estimada é de 46.649.132 habitantes e uma média de densidade demográfica de 166,25 hab/km². O Estado de São Paulo aporta a maior parte do PIB nacional, aproximadamente 2.348.338 milhes de reais por ano (IBGE, 2021).

Para o presente trabalho foram utilizados os dados brutos do Produto Interno Bruto (PIB), o Produto Interno Bruto agropecuário, ambos em reais (R\$) dos municípios do Estado de São Paulo e a porcentagem que este último representa sobre o PIB geral. Foram consideradas as informações do ano de 2019 da base de dados no repositório do Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE).

Para analisar a distribuição espacial do PIB agropecuário e da porcentagem de contribuição no PIB dos municípios do Estado de São Paulo, foram utilizados métodos de Análise Exploratória de Dados Espaciais (CÂMERA et al., 2004). Inicialmente, foi construída uma matriz de vizinhança com o critério de contiguidade sem aplicação de pesos, assinando valores para cada município, utilizando 1 no caso de ser vizinho entre os diferentes municípios ou 0 no caso contrário.

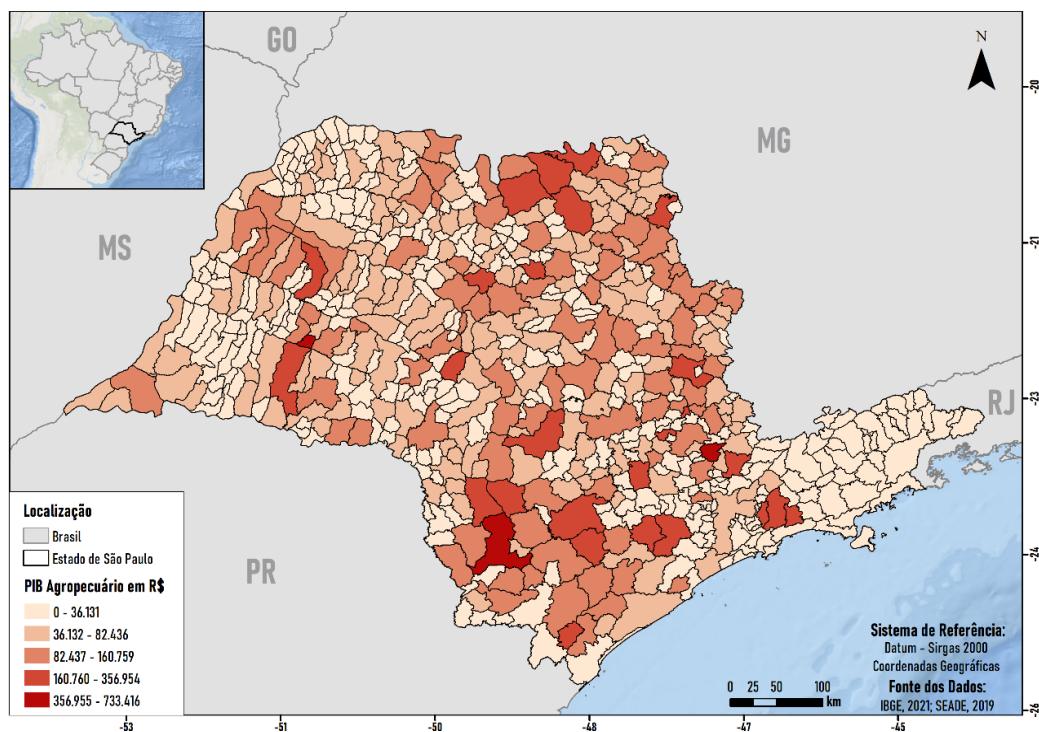
Em seguida, foram calculados os indicadores de autocorrelação espacial: Índice de Moran Global e índice de Moran Local (LISA), que permite ver a tendência por setor para uma análise mais detalhada, para os valores de PIB agropecuário em reais e para a porcentagem de contribuição sobre o PIB geral. Para isso, foi utilizada a ferramenta de análise espacial no ArcToolbox do *software* ArcGis 10.5. Para os cálculos foi considerado o teste de pseudo-significância, onde foram geradas diferentes permutações: 999 no caso do índice global e 9999 no caso do índice local para obter as pseudo distribuições e a validação estatística.

Para a representação dos valores obtidos do LISA foram construídos gráficos de distribuição, os quais podem ser visualizados também em mapas que ajudam a diferenciar as estatísticas de significância para cada área. Estas representações usam os valores normalizados da média divididos pelo desvio padrão de um ponto e compararam com os valores de seus vizinhos, permitindo ver como os dados se comportam em nível espacial.

Os quadrantes apresentam divisões como: quadrantes Q1 (valores positivos e médias positivas), Q2 (valores negativos e médias negativas), estes possuem uma associação positiva, ou seja, os valores dos vizinhos são similares ou iguais com determinado valor de área; Q3 (valores positivos e médias negativas) e Q4 (valores negativos e médias positivas) que apresentam associações espaciais negativas e, portanto, os valores dos vizinhos de um determinado local são diferentes (CÂMERA et al., 2004).

Resultados: De acordo com os dados obtidos do SEADE (2019), o PIB geral do Estado de São Paulo é igual a R\$ 2.348.338.000, dos quais R\$ 33.074.726 se referem à participação agropecuária. A Figura 1 representa a distribuição do PIB agropecuário nos 645 municípios paulistas, com destaque para os municípios: Itapeva, Itatiba, Bastos, Mogi das Cruzes, Miguelópolis, Piedade, Biritiba-Mirim, Holambra, Ibiúna, São Miguel Arcanjo e Itapetininga, que juntos contribuem com mais de 4,4 milhões de reais para o PIB agropecuário do Estado.

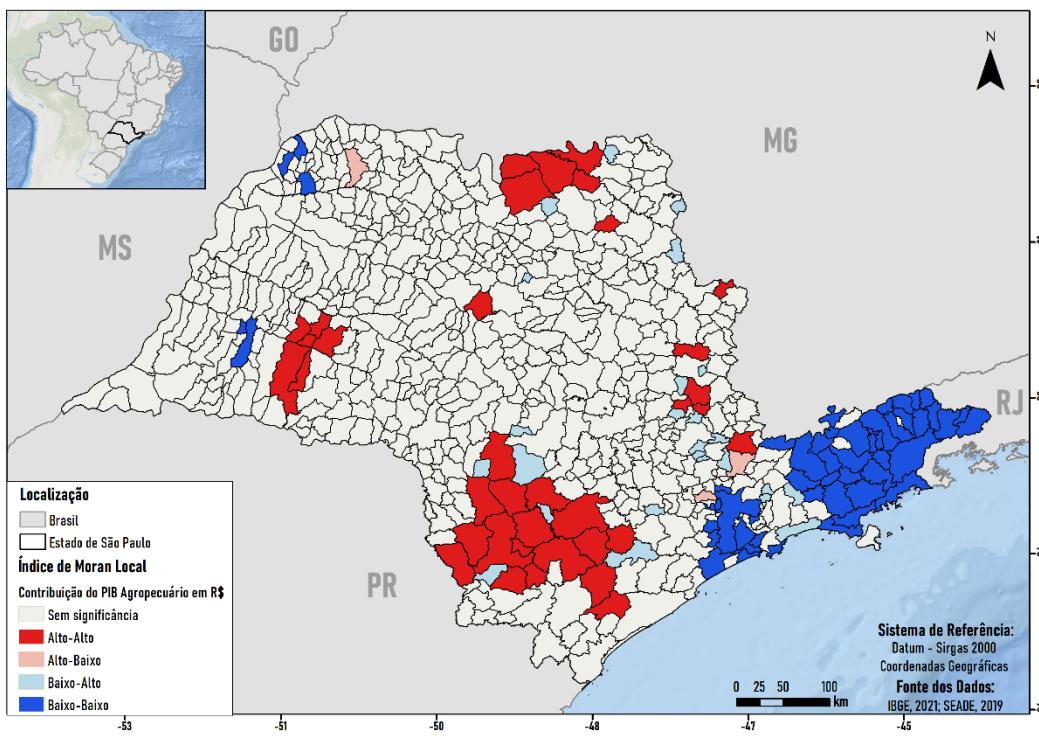
Figura 1: Distribuição do PIB agropecuário (R\$) no Estado de São Paulo



Fonte: Elaborado pelos autores com base em SEADE (2019).

A Figura 2 retrata graficamente a representação espacial do Diagrama de Moran quanto ao cálculo do Índice de Moran Local (LISA) para a contribuição do PIB agropecuário no PIB geral do estado em reais (R\$).

Figura 2: Padrões de associação espacial do PIB agropecuário (R\$) no Estado de São Paulo.



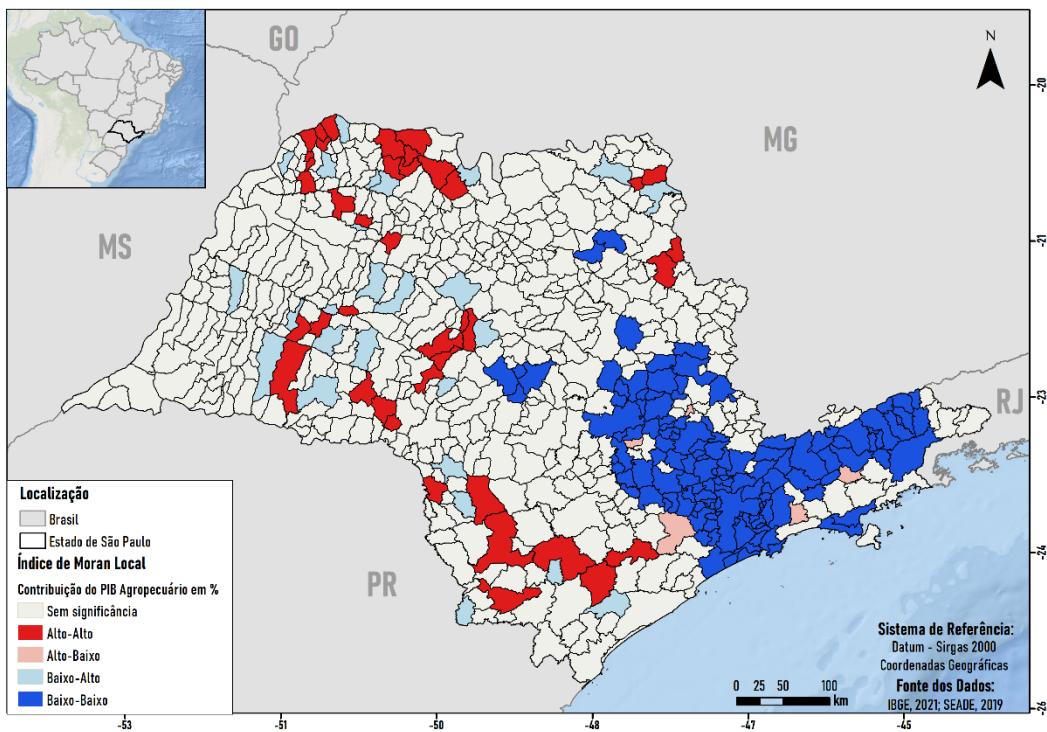
Fonte:

Elaborado pelos autores com base em SEADE (2019).

A Figura 3 retrata graficamente a representação espacial do Diagrama de Moran quanto ao cálculo do Índice de Moran Local (LISA) para contribuição do PIB agropecuário em percentual.

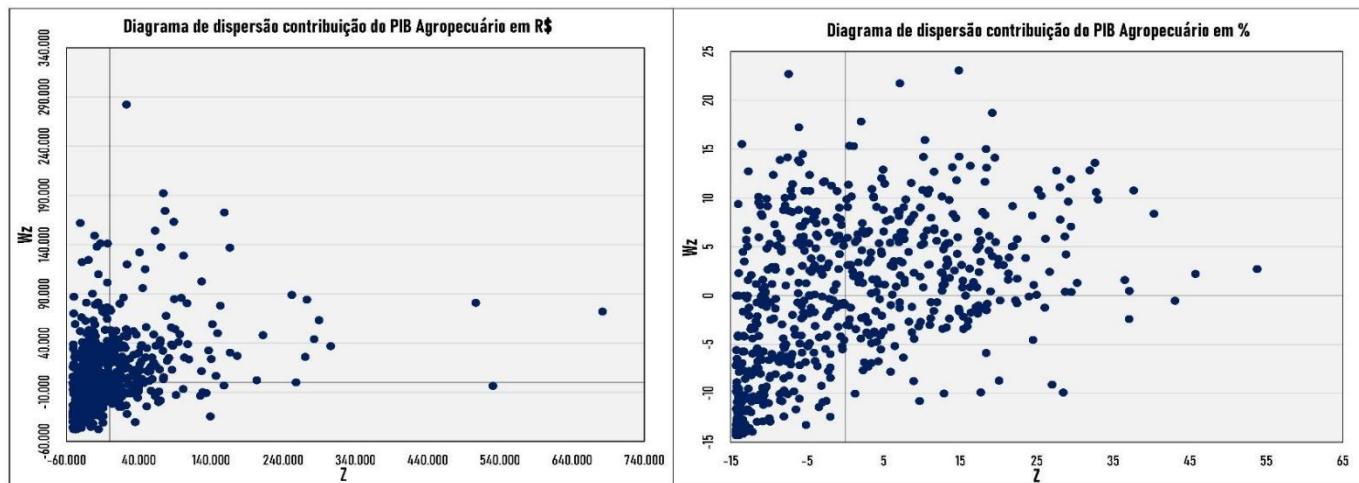
Para melhorar elucidar os padrões de associação espacial do fenômeno estudado, diagramas de dispersão foram sintetizados (Figura 4). O diagrama de dispersão representa a relação entre os valores normalizados da contribuição do PIB agropecuário em reais e em porcentagem (valores de Z) e a média dos vizinhos em cada caso (valores de Wz), que auxiliam na compreensão do comportamento espacial do fenômeno estudado.

Figura 3: Padrões de associação espacial do PIB agropecuário (%) no Estado de São Paulo



Fonte: Elaborado pelos autores com base em SEADE (2019).

Figura 4: Diagrama de Espalhamento de Moran para a contribuição do PIB agropecuário no PIB geral do Estado de São Paulo em reais (R\$) e porcentagem (%).



Fonte: Elaborado pelos autores com base em SEADE (2019).

Discussão: Em termos de distribuição do valor econômico (R\$) do PIB agropecuário, o Índice de Moran Global (0,219) revela que há uma autocorrelação positiva entre os dados (p -valor = 0,000), sendo possível concluir que há certa similaridade dos valores do PIB agrícola e a localização espacial ou entre os municípios vizinhos (LUZARDO; CARVALHO FILHO; RUBIM, 2017).

As regiões “Alto-Alto” indicam municípios com altos valores de PIB e similaridade com seus vizinhos. Entre os municípios classificados como “Alto-Alto”, destacamos a região de Itapetininga, regional com o maior número de unidades de produção agropecuária do Estado (MARTINS et al., 2020), enquanto as regiões de Barretos e Presidente Prudente estão entre as localidades com maiores extensões de culturas de cana-de-açúcar e soja (SÃO PAULO, 2019; MARTIS et al., 2020).

Itapeva, município também classificado como “Alto-Alto”, no Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária do Estado de São Paulo safra 2016/2017 (LUPA), possuía mais de 169 mil hectares de soja plantada (SÃO PAULO, 2019; MARTINS et al., 2020), sendo possível inferir que essas regiões constituem polos importantes de produção agropecuária do Estado.

Contudo, ao analisarmos o Índice de Moran Local, e seus padrões de associação espacial (Figura 3), em termos de contribuição percentual do PIB agropecuário para o PIB geral do Estado, verificamos que a região “Baixo-Baixo” se expande, abrangendo outros municípios. Porém, o Índice de Moran Global (0,294) ainda continua a indicar uma correlação espacial direta e positiva entre os municípios vizinhos (p -valor = 0,000). As regiões “Baixo-Baixo” indicam municípios com baixos valores de PIB e similaridade com seus vizinhos.

Dentro desse contexto, é possível observar que municípios das Regiões Metropolitanas de Sorocaba e Campinas, assim como outros municípios da Região Metropolitana de São Paulo, passaram a integrar a região “Baixo-Baixo”. Essas regiões compõem um complexo industrial macro metropolitano, com aglomerados populacionais urbanos (PASTERNAK; BÓGUS, 2019), dessa forma, é possível inferir que tais municípios contribuem menos, em termos de produção primária, para o PIB geral do Estado.

Comparando as Figuras 2, 3 e 4, verificamos que municípios anteriormente classificados como “Alto-Alto” passaram a ser classificados como não significativos, sendo possível inferir que a produção agropecuária desses municípios não contribui significativamente, em termos de contribuição percentual, para o PIB geral do Estado. Destacamos que em virtude da metodologia utilizada e construção da matriz de vizinhança por contiguidade, o arquipélago de Ilhabela não foi considerado significativo neste estudo, possivelmente pelo fato de ser uma ilha e não cumprir com critérios de vizinhança.

Contudo, não significa que esses municípios não sejam de interesse político, econômico e social, uma vez que os dados em termos de contribuição monetária e percentual se complementam e devem ser utilizados por gestores e tomadores de decisão, como ferramentas

analíticas para o desenvolvimento de políticas pública para o desenvolvimento socioeconômico regional e municipal.

Os municípios classificados como “Baixo-Alto” representam áreas de transição “Baixo-Baixo” para “Alto-Alto”, ou seja, municípios que possuem baixa contribuição no PIB geral através da produção agropecuária, porém que possuem vizinhos que contribuem de forma mais significativa. Enquanto regiões “Alto-Baixo” representam a transição entre a região “Alto-Alto” para a região “Baixo-Baixo”, conforme observado para o município de Ibiúna que possui como vizinhos Tapiraí (Alto-Alto), Alumínio, Mairinque, São Roque, Cotia e São Lourenço da Serra todos “Baixo-Baixo”.

Conclusão: O uso do Indicador Moran para análise exploratória para a distribuição espacial do PIB agropecuário no Estado de São Paulo permitiu a constatação da existência de associação espacial em termos de contribuição monetária e percentual do PIB agropecuário no PIB geral do Estado.

Os resultados demonstram regiões (*clusters*) que contribuem mais significativamente em termos de produção primária, que corroboram com o diagrama do espalhamento de Moran e com a hipótese norteadora do trabalho. Os padrões de associação espacial do PIB agropecuário em termos monetários e percentuais se comportam de modo diferente, porém ambos mostram regiões bem definidas em termos de maior ou menor contribuição.

O presente estudo realiza um breve questionamento sobre o comportamento espacial de uma variável socioeconômica pouco abordada, portanto, recomenda-se o uso combinado e comparativo de tais dados, a depender dos objetivos do uso dos mesmos, assim como recomenda-se o aprofundamento desta discussão em estudos futuros.

Referências:

- CALIXTO, R.; ARAÚJO, L.; SILVA, F. Valor da produção agrícola, PIB per capita e PIB agropecuário relacionados às principais culturas agrícolas de Rondônia: uma contextualização. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2022. 18p. ISSN 0103-9865.
- CÂMERA, G. et al. Análise espacial de áreas. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. V. M. (ed.). Análise Espacial de Dados Geográficos. Brasília, DF: Embrapa, 2004. ISBN 85-7383-260-6
- HOHER, R. et al. Tocantins: Uma análise espacial do idhm e do pib per capita dos municípios. Desafios - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins, v. 5, n. 4, p. 66-76, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.20873/uft.23593652201854p66>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e Estados: São Paulo. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/>. Acesso em: 24 ago. 2022.

QUEIROZ, S. F. et al. Análise da distribuição espacial do PIB agropecuário e do grau de especialização dos municípios do Estado de Goiás: 1999 e 2009. Revista de Economia, v. 11, n. 1, p. 1-26, 2015. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/bitstream/ri/20054/3/Artigo%20-%20Sabrina%20Faria%20de%20Queiro%20-%202015.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2022.

MARIONI, L. S. et al. Uma aplicação de regressão quantílica para dados em painel do PIB e do Pronaf. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 54, n. 2, p. 221-242, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1234.56781806-947900540202>.

MARTINS, V. A. et al. Levantamento censitário por unidades de produção agropecuária 2016/17. Informações econômicas, v. 50, eie 092019, p. 1-41, 2020. Disponível em: https://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/estudos_lupa/IE-LUPA-2016-2017.pdf. Acesso em: 25 ago. 2022.

PEDROSA, N. L.; ALBUQUERQUE, N. L. S. Análise Espacial dos Casos de COVID-19 e leitos de terapia intensiva no Estado do Ceará, Brasil. Ciência & Saúde Coletiva, v. 25, n. 1, p. 2461-2468, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232020256.1.10952020>.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Instituto de Economia Agrícola. Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável. Projeto LUPA 2016/17: Censo Agropecuário do Estado de São Paulo. São Paulo, SP: SAA: IEA: CDRS, 2019. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/index.php>. Acesso em: 24 ago. 2022.

SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. PIB Municipal 2002 - 2019. Disponível em: <https://repositorio.seade.gov.br/dataset/pib-municipal-2002-2018>. Acesso em: 18 ago. 2022.

TOLOI, M. N. V. et al. Influência do setor agropecuário no desenvolvimento econômico e social dos municípios do Estado de Mato Grosso/Brasil. Revista Agrarian, v. 12, n. 44, p. 237-247, 2019. DOI: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v12i44.9211>.

INVESTIGAÇÃO DA PERDA DE NUTRIENTES DO SOLO UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

J.M.F. Galvão¹; L. M. Nery²; V.C. Simonetti³; D.C.C. Silva⁴

1 – Jonilson Michel Fontes Galvão. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. jonilson.galvao@unesp.br

2 – Liliane Moreira Nery. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. liliane.nery@unesp.br

3 – Vanessa Cezar Simonetti. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. va_simonetti@hotmail.com

4 – Darllan Collins da Cunha e Silva. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. darllan.collins@unesp.br

RESUMO: O uso de técnicas de geoprocessamento aliado ao estudo de uso e manejo do solo constitui uma forte interação na interpretação e aquisição de informação do espaço geográfico. Com efeito, o objetivo deste estudo é analisar a perda, bem como a distribuição na bacia hidrográfica do Rio Uma, utilizando ferramentas de geoprocessamento para a avaliação do desenvolvimento sustentável do solo. Nos resultados, os atributos do solo apresentam dependência espacial, com alta concentração na região central da área de estudo. Entre os atributos do solo, o Fósforo apresenta forte concentração na região Sul da bacia hidrográfica, fato ocasionado devido a atividade agrícola. O total de área que não apresenta perda de solo é de 9,83 km² e a área que apresenta maiores perdas concentram-se na região centro-oeste. O estudo registra uma perda anual para os atributos de Potássio (62,639 kg), Fósforo (2,514 kg), Cálcio 552,210 kg e Manganês (71,293 kg).

Palavras-Chave: Atividade agrícola; Geotecnologia; Nutrientes; Perda do solo.

ABSTRACT: The use of geoprocessing techniques combined with the study of land use and management constitutes a strong interaction in the interpretation and acquisition of information from geographic space. With the aim of this study, the objective of this study is to analyze the loss, as well as the distribution in the River One river basin, using geoprocessing tools to evaluate the sustainable development of the soil. In the results, the soil attributes present spatial dependence, with high concentration in the central region of the study area. Among the soil attributes, Phosphorus presents a strong concentration in the southern region of the hydrographic basin, a fact caused by agricultural activity. The total area that does not present soil loss is 9.83 km² and the area with the highest losses is concentrated in the midwest region. The study records an annual loss for the attributes of Potassium (62,639 kg), Phosphorus (2,514 kg), Calcium 552,210 kg and Manganese (71,293 kg).

Keywords: Agricultural activity; Geotechnology; Nutrients; Soil loss

DOI: 10.6084/m9.figshare.21940562

Introdução

Formado por meio de processos naturais, o solo possui uma variada composição de suma importância para estudo, uso e manejo antrópico. Em virtude da sua utilização, essas características tendem a sofrer uma variabilidade de seus atributos físicos e químicos (SIMONETTI et al., 2018).

A utilização de ferramentas geoespaciais para auxílio no cálculo do custo de reposição de nutrientes do solo, assim como, a extração de informação sobre a sua distribuição no meio é de elevada avaliação, pois contribui na interpretação e na aquisição de informações do espaço geográfico para um estudo real, além de propiciar a criação de um banco de dados (GUIMARÃES et al., 2016; SALES et al., 2016; SILVA et al., 2020).

Neste cenário, o objetivo deste estudo é analisar a perda, bem como a distribuição de nutrientes na bacia hidrográfica do Rio Una, utilizando ferramentas de geoprocessamento para a avaliação do desenvolvimento sustentável do solo.

Área de Estudo

Com aproximadamente 73.309 habitantes, dos quais 55,7% residem na zona rural (SEADE, 2020), o município de Ibiúna (SP) faz parte dos municípios pertencentes a Região Metropolitana de Sorocaba (RMS) e no qual localiza-se a bacia hidrográfica do Rio Una.

O Rio Una em companhia com os Rios Sorocabuçu e o Sorocamirim deságuam no reservatório de Itupararanga, o qual possui suma importância regional, sendo a principal fonte de captação de água para a RMS, o mesmo reservatório também é responsável pela irrigação de inúmeras propriedades agrícolas nos arredores (SILVA et al., 2020).

Materiais e Métodos

A geoestatística foi utilizada neste estudo para verificar e avaliar a variabilidade espacial dos atributos do solo estudado, sendo a dependência espacial expressa através do semivariograma (Equação 1) e, também, para estimar os valores dos atributos do solo em locais não amostrados através do método de interpolação da krigagem ordinária (Equação 2).

$$\hat{Y}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(xi) - Z(xi + h)]^2 \quad (1)$$

Sendo:

$N(h)$, os valores amostrados de um determinado atributo do solo estudado; $Z(xi)$ e $Z(xi+h)$, separados pela distância h (YAMAMOTO; LANDIM, 2013)

$$Z_{KO}^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (2)$$

Sendo:

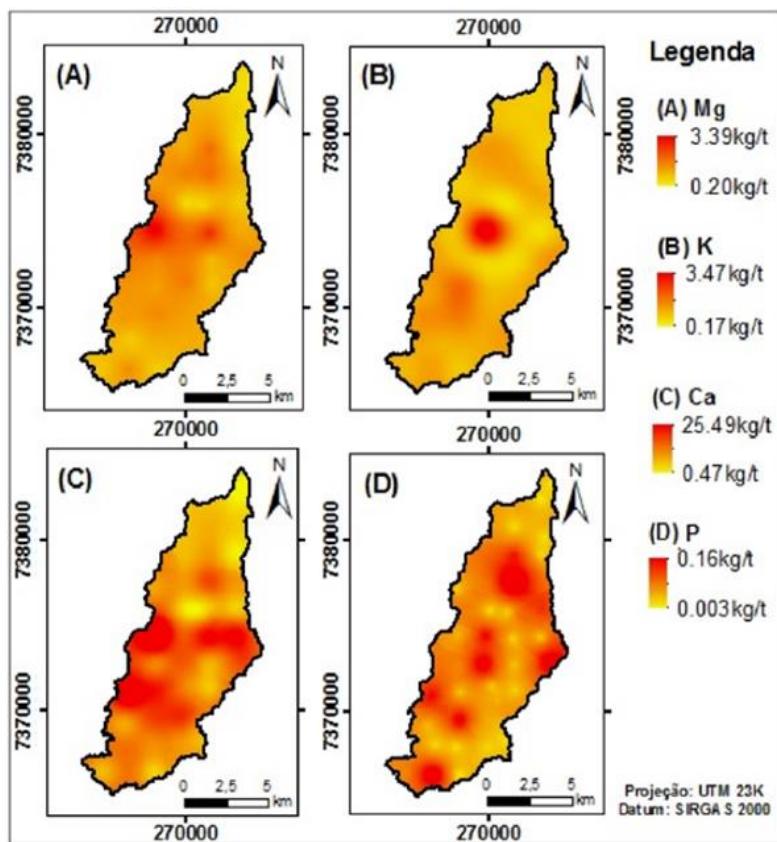
Z_{KO}^* , o estimador para um ponto (x_0) da região; λ_i ($i=1,n$) são os pesos usados na estimativa; $Z(x_i)$ ($i=1,n$) o conjunto de n dados disponíveis.

A partir do estudo realizados por Silva et al. 2020, o mapa de perdas de solos da bacia hidrográfica do Rio Una foi elaborado por meio da coleta de 35 amostras ao longo da bacia nos dias 30 e 31 de outubro de 2017, conforme recomendações técnicas contidas no Boletim Técnico 100 do Instituto Agronômico de Campinas - IAC (RAIJ et al., 1996). Através do mapa de perdas de solo da bacia hidrográfica e da distribuição de nutrientes foi possível calcular a perda anual desses nutrientes do solo para a área de estudo.

Resultados e Discussão

Por meio dos parâmetros geoestatísticos, foi possível verificar que os atributos do solo estudados apontam dependência espacial. Quanto aos atributos do solo amostrados e estimados, foram dispostos na Figura 1, sendo possível analisar que os atributos do solo em estudo possuem intensidade mais acentuada na região central. Porém, dentre eles o fósforo (P) apresentou uma alta concentração na região Sul, assim como no decorrer de toda a bacia hidrográfica, o que presumivelmente pode estar ligado à presença de atividades agrícolas desenvolvidas no local, onde pode ocorrer o uso de fertilizantes que contenham esse nutriente em sua composição (SIMONETTI et al., 2018).

Figura 1 - Distribuição dos nutrientes do solo na bacia hidrográfica

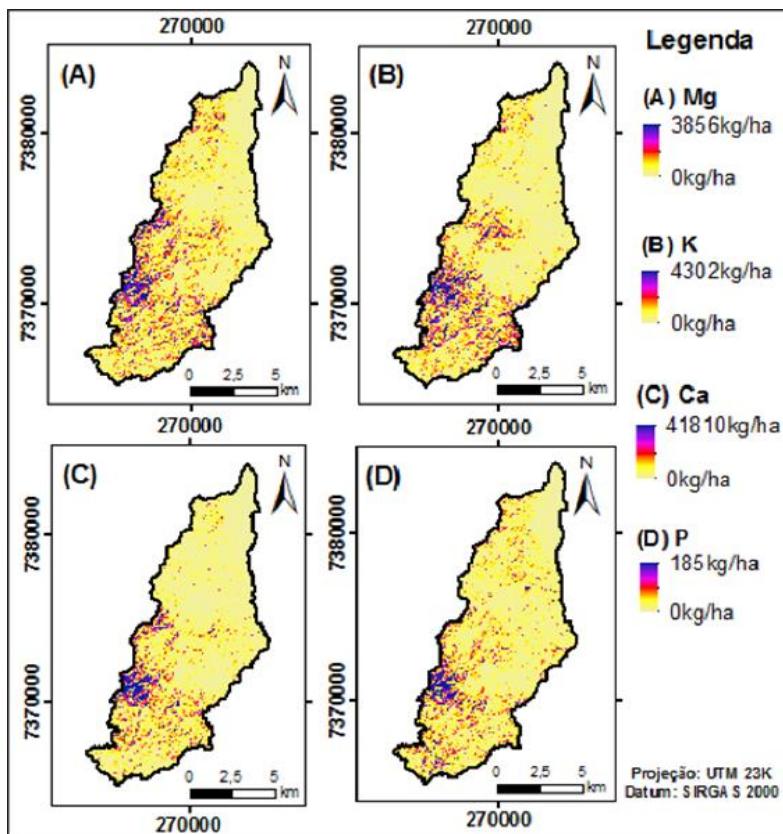


Fonte: os Autores (2022).

Com relação à Figura 2, foi analisado que 9,83 km² da bacia hidrográfica não apresentam perda de solo, devido o perfil do relevo ser plano e por apresentar ocupação urbana densa ou cobertura florestal (SILVA et al., 2020).

Verifica-se que as maiores perdas se concentram na região Centro-Oeste. Estudando separadamente cada um dos nutrientes, observa-se que a perda anual total para toda a extensão da bacia hidrográfica de K é de 62,639 kg, a de P é de 2,514 kg, a de Ca é de 552,210 kg, enquanto o Mg é de 71,293 kg. Sendo Ca o nutriente que possui maior perda anual decorrente da erosão hídrica, seguido pelo Mg, K e P, respectivamente. As elevadas atividades agrícolas em bacias hidrográficas podem ocasionar a perda de diversos nutrientes, ocasionando graves problemas ambientais que diminuem a qualidade da água e do solo (BISPO et al., 2017; SILVA et al., 2020), gerando grandes prejuízos aos próprios produtores rurais, ao setor público e a sociedade, visto que a ausência de nutrientes nos recursos hídricos pode debilitar a qualidade e disponibilidade da água.

Figura 2 - Distribuição dos nutrientes do solo na bacia hidrográfica



Fonte: os Autores (2022).

Conclusão

O transporte de nutrientes das áreas agrícolas para os corpos hídricos acarreta sérios problemas ambientais, refletindo na diminuição da qualidade do solo e da água. Nesse sentido, a utilização de ferramentas geoespaciais permitiu identificar quais áreas carecem maior atenção do poder público em meio à fiscalização e definição de práticas de uso sustentáveis na bacia hidrográfica analisada, além de fornecer subsídios para o aprofundamento do estudo nesse âmbito.

Referências:

- BISPO, D.F.A.; SILVA, M. L. N.; MARQUES, J. J. G. S.; BECHMANN M.; BATISTA, P.V.G.; CURI N. Phosphorus transfer at a small catchment in southeastern Brazil: distributed modelling in different land use scenarios. *Ciência e Agrotecnologia.*, v. 41, n.5, p.565, 2017.
- GUIMARÃES, W. D., JUNIOR, J. G., MARQUES, E. A., SANTOS, N. T.; FERNANDES, R. B. Spatial variability of the physical attributes of soil under pasture. *Revista Ciência Agronômica*, v. 47, p. 247-255, 2016.

- Raij, B. V. et al. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo, vol. 2, ed. Campinas, Instituto Agronômico/Fundação IAC, p. 285 (Boletim Técnico, 100), 1996.
- RAIJ, B. V; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agronômico/Fundação IAC, p.285, (Boletim Técnico, 100), 1996.
- SALES, J.C.A.; SILVA, D.C.C.; ROMAGNANO, L.F.T.; BERTAGNA, R.; LOURENÇO, R.W. Avaliação do impacto ambiental causado pelas alterações espaço temporal do uso do solo e da cobertura vegetal utilizando o modelo das cadeias de Markov. Ciência e Natura, v. 38, n. 1, p. 115-124, 2016.
- SEADE - Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. Informação dos Municípios Paulistas (IMP), capturado on-line em 11/06/2020 <<http://www.imp.seade.gov.br/>>.
- SILVA, D. C. C.; SALES, J. C. A.; SIMONETTI, V. C.; LOURENÇO, R. W. Análise espacial do custo de reposição de nutrientes do solo em uma bacia hidrográfica. RAMA - Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 13, p. 189-212, 2020.
- SIMONETTI, V. C.; SILVA, D. C. C.; OLIVEIRA, R. A.; SABONARO, D. Z.; ROSA, A. H. Análise da suscetibilidade do solo a processos erosivos do Parque Natural Municipal Corredores de Biodiversidade (PNMCBIO) de Sorocaba (SP). Raega - O Espaço Geográfico em Análise, v. 44, p. 169-180, 4 maio 2018.
- YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. Geoestatística: conceitos e aplicações. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

CLASSIFICAÇÃO DO USO DO SOLO EM UMA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA CAPITAL DO ACRE

Fadel Junior, D.¹; Mello, K.²; Fernandes, G. J. T.³

1 – Daniel Fadel Junior. Universidade Federal de São Carlos. danielfadel@estudante.ufscar.br

2 – Kaline de Mello. Universidade Federal de São Carlos. kaline.mello@ufscar.br

3 – Tarcísio José Gualberto Fernandes. Universidade Federal do Acre. tarcisio.fernandes@ufac.br

RESUMO: As áreas protegidas no mundo todo funcionam como a principal estratégia de proteção da natureza, para evitar a conversão de habitats naturais em outros usos do solo. No Brasil, as Unidades de Conservação (UC) se concentram principalmente no bioma amazônico, porém grande parte são unidades de uso sustentável. A Área de Proteção Ambiental (APA) é uma das UCs com usos mais permissíveis, portanto entender como essa categoria de UC contribui para a minimização do desmatamento na Amazônia é muito importante. Este trabalho objetivou avaliar o uso do solo da APA Lago do Amapá que sofre forte influência da capital acreana no cenário amazônico por meio do sensoriamento remoto para os anos de 2019 e 2020 utilizando o método da classificação supervisionada de cobertura do solo com uma ferramenta de processamento de dados em nuvem, o Google Earth Engine, na Área de Proteção Ambiental Lago do Amapá, localizada no município de Rio Branco, Acre.

Palavras-Chave: Classificação supervisionada; Cobertura e uso do solo; Unidade de Conservação; Área de proteção ambiental; Amazônia.

ABSTRACT: How protected areas around the world work as the main strategy for protecting nature, to avoid a conversion of natural habitats into other land uses. In Brazil, Conservation Units (UC) are mainly concentrated in the Amazon biome, but most of them are sustainable use units. The Environmental Protection Area (APA) is one of the UCs with the most permissible uses, so understanding how this UC category contributes to minimizing deforestation in the Amazon is very important. This study aimed to evaluate the land use of APA Lago do Amapá, which is strongly influenced by the capital of Acre in the Amazon scenario of remote sensing for the years 2019 using the method of supervised land cover classification with a data protection processing tool in the cloud, Google Earth Engine, in the Lago do Amapá Environmental Protection Area, located in the municipality of Rio Branco, Acre.

Keywords: Supervised classification; Land cover and use; Conservation Unit; Environmental Protection area; Amazon.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21940565

Introdução: A criação de áreas protegidas é uma das principais estratégias para a conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. No entanto, muitas áreas protegidas em todo o mundo estão ameaçadas devido ao desmatamento e fragmentação florestal, incêndios, poluição, degradação ambiental e muitos outros impactos antropogênicos, em especial as alterações de uso e cobertura do solo (SAURA et al., 2018; WARD et al., 2020; EKLUND et al., 2022).

No Brasil, as áreas protegidas são denominadas Unidades de Conservação (UC), e podem ser de proteção integral ou de uso sustentável que permitem usos diretos como extrativismo e cultivo agrícola. As UCs no Brasil se concentram principalmente no bioma amazônico, porém grande parte são unidades de uso sustentável. A Área de Proteção Ambiental (APA) é uma das UCs com usos mais permissíveis, podendo ser composta por áreas públicas ou privadas, rurais e urbanas, e comportar uma grande área em extensão. O principal objetivo de uma APA é minimizar o processo de ocupação com a proteção da biodiversidade assegurando a sustentabilidade dos recursos naturais (DRUMMOND et. al., 2010). Por permitir que muitas atividades possam ser exercidas em seu território, é importante entender como essa categoria de UC contribui para a minimização do desmatamento na Amazônia, principalmente em regiões com alta pressão de desmatamento.

Uma forma de combater o desmatamento decorrente da expansão agrícola e/ou urbana, principalmente nas UCs, é o monitoramento das alterações de uso e cobertura do solo por sensoriamento remoto. Essa análise pode identificar os usos e cobertura do solo em que poderão exceder capacidade de ocupação da APA (VIANA, 2013). Sabendo da necessidade em manter um equilíbrio ambiental dentro das UCs, as técnicas aplicadas no sensoriamento remoto podem monitorar o uso do solo, quantificar perda ou ganho de vegetação e caracterizar essa vegetação, sendo de grande importância para a tomada de decisão e implementação de políticas públicas (SANTOS, 2009).

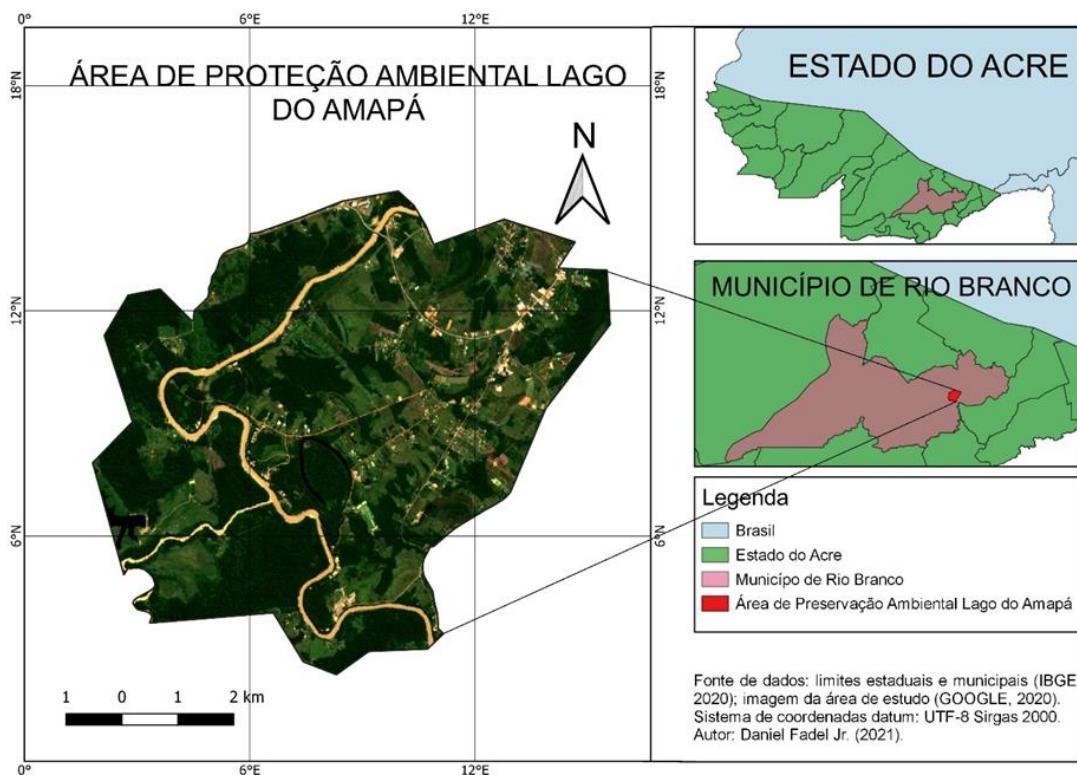
A APA Lago do Amapá, criada pelo Decreto nº 13.531, de 26 de dezembro de 2005 tem como objetivos a preservação e recuperação da biota local remanescente, maior engajamento da educação ambiental como medida de conscientização da população, proteção das belezas cênicas, ecoturismo, entre outros. Sua fragmentação é muito presente e torna-se indispensável o monitoramento uma vez que sua proximidade ao centro urbano da capital acreana favorece o loteamento principalmente em áreas menores que 1 ha que caracteriza a maior parte da APA (SOS AMAZÔNIA, 2010).

Assim, este trabalho objetivou avaliar o uso do solo da APA Lago do Amapá que sofre forte influência da capital acreana no cenário amazônico. por meio do sensoriamento remoto

para os anos de 2019 e 2020, utilizando o método da classificação supervisionada de cobertura do solo com uma ferramenta de processamento de dados em nuvem, o Google Earth Engine.

Material e Métodos: A unidade de Conservação Área de Proteção Ambiental (APA) Lago do Amapá (figura 1) encontra-se no município de Rio Branco, Acre e conta com uma área de aproximadamente 5.208,33 ha (SEMA, 2020). Encontrada a aproximadamente 12 km do centro da capital Rio Branco abrange parte das margens do Rio Acre e do Rio Espalha. No interior da APA encontra-se muitas áreas de floresta nativa, principalmente ao longo das margens de corpos hídricos apesar da forte pressão no crescimento de áreas urbanas que geram desmatamento (VIANA, 2013).

Figura 1 – Mapa de localização da APA Lago do Amapá, Acre.



Fonte: Autor (2021).

A APA Lago Do Amapá é famosa pela formação de lagos ocupados pela dinâmica de movimentação do rio ao longo do tempo na planície aluvial do Acre. O famoso lago presente na região em que se ganha o nome Lago do Amapá possui uma forma de ferradura e suas margens são compostas na maior parte por floresta tropical densa (VIANA, 2013).

Como meio de processamento em nuvem uma nova tecnologia de grande capacidade computacional foi utilizada gratuitamente, a plataforma Google Earth Engine. O arquivo com os limites da UC foi adquirido no programa PRODES e importado para a ferramenta. As imagens selecionadas foram do satélite Sentinel-2 com resolução espacial de 10 metros e utilizadas as bandas do vermelho, verde, azul e infravermelho próximo além da banda QA60, que fornece informações para a filtragem de nuvens dos pixels e a partir destes gerados índices de vegetação e água (NDVI, EVI, NDWI E MNDWI).

O período das imagens foi escolhido devido à dinâmica do clima presente na Amazônia acreana onde na maior parte do ano sua superfície encontra-se coberta por nuvens devido à alta humidade, chamada época de inverno (FISCH, 1998). A classificação foi supervisionada através das amostras de treinamento pré-definidas, utilizando o algoritmo CART (Classification and Regression Trees). O método CART é um classificador de aprendizado de máquina muito utilizado para índices de desmatamento e lida de forma eficiente com recursos binários categóricos ao usar conjuntos de dados com espaços dimensionais elevados principalmente quando usa um grande número de dados de treinamento (JOHANSEN, 2015).

Como a área é caracterizada por regiões alagadas também é muito presente práticas de psicultura, o que favorece a confusão de classes do classificador, sendo assim os índices foram utilizados para melhorar a classificação sendo eles o NDVI e o EVI para a vegetação e dois índices para a água, o NDWI e o MNDWI o que também favorece melhor representatividade da classe urbana. A acurácia do classificador foi realizada para 30% das amostras de treinamento coletadas, separadas antes do script que executa a classificação.

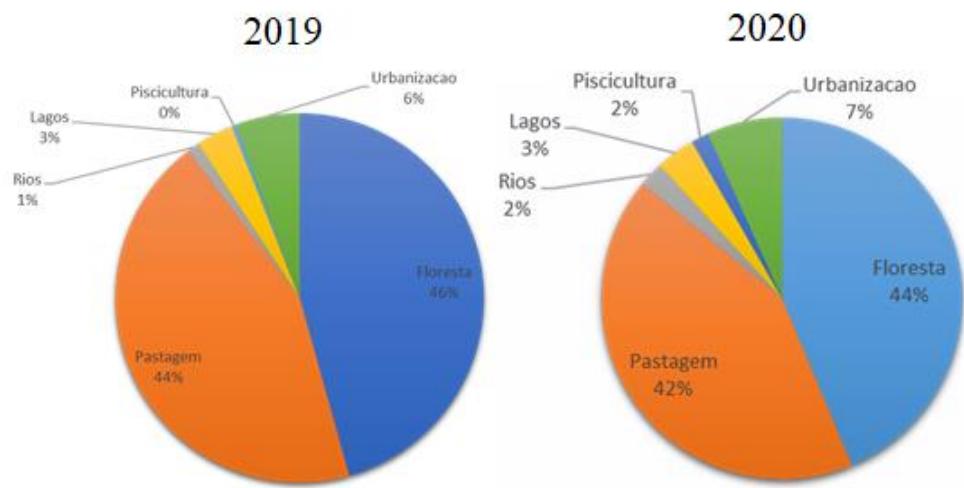
Nos testes de validação foi utilizada a matriz de confusão, que qualifica o comportamento do algoritmo, em especial sua relação na ocorrência de previsões realizadas erroneamente. A matriz foi apresentada em formato de tabela, onde as linhas representam os valores previstos e as colunas fornecem os valores reais (ANDREONI, 2014). Foi também utilizado a partir da matriz de confusão o índice Kappa como uma medida associativa para representar e descrever o grau de concordância na classificação com a verdade terrestre (LANDIS & KOCH, 1977).

Também foi possível dentro da geoferamenta a elaboração de gráficos que disponibilizam área e percentual de classes de uso e ocupação do solo, além de exportar as imagens e a classificação para utilização em outros programas de georreferenciamento, como o QGIS onde foram elaborados os layouts dos mapas.

Resultados: Após as análises da classificação do uso do solo, observou-se que a classe dominante para o ano de 2019 foi a área de cobertura com ocorrência de floresta totalizando

46%, seguida por pastagens com 44% (figura 2). Já para o ano de 2020, apurou-se com maior ocorrência a mesma classe denominada floresta, porém com um percentual menor (44%) e seguida também, pela classe referente à pastagem com 42%.

Figura 2: Percentual de classes de uso e cobertura do solo na APA Lago do Amapá, Acre.



Fonte: Autor (2021).

A diferença entre os anos mostra que de 2.380,5 ha de floresta estimados em 2019, 102,94 ha foram perdidos para o mesmo período de 2020, cerca de 2% de perda do remanescente florestal na APA Lago do Amapá. Entretanto, para a classe pastagem também houve menor área de ocorrência em 2020 quando comparado ao ano anterior, uma perda de 91,6 ha ou aproximadamente 1,8%, resultando 2.204,1 ha.

Com o segundo maior incremento atingindo 1,2% ou cerca de 60 ha temos a classe referente aos rios seguida respectivamente pela urbanização com 1,1% (58,5 ha) e lagos com 0,3% (14,2 ha). A hidrografia na área obteve um grande aumento como um todo resultando incremento do 136 ha ou 2,61% (tabela 1).

Tabela 1: Área por classe

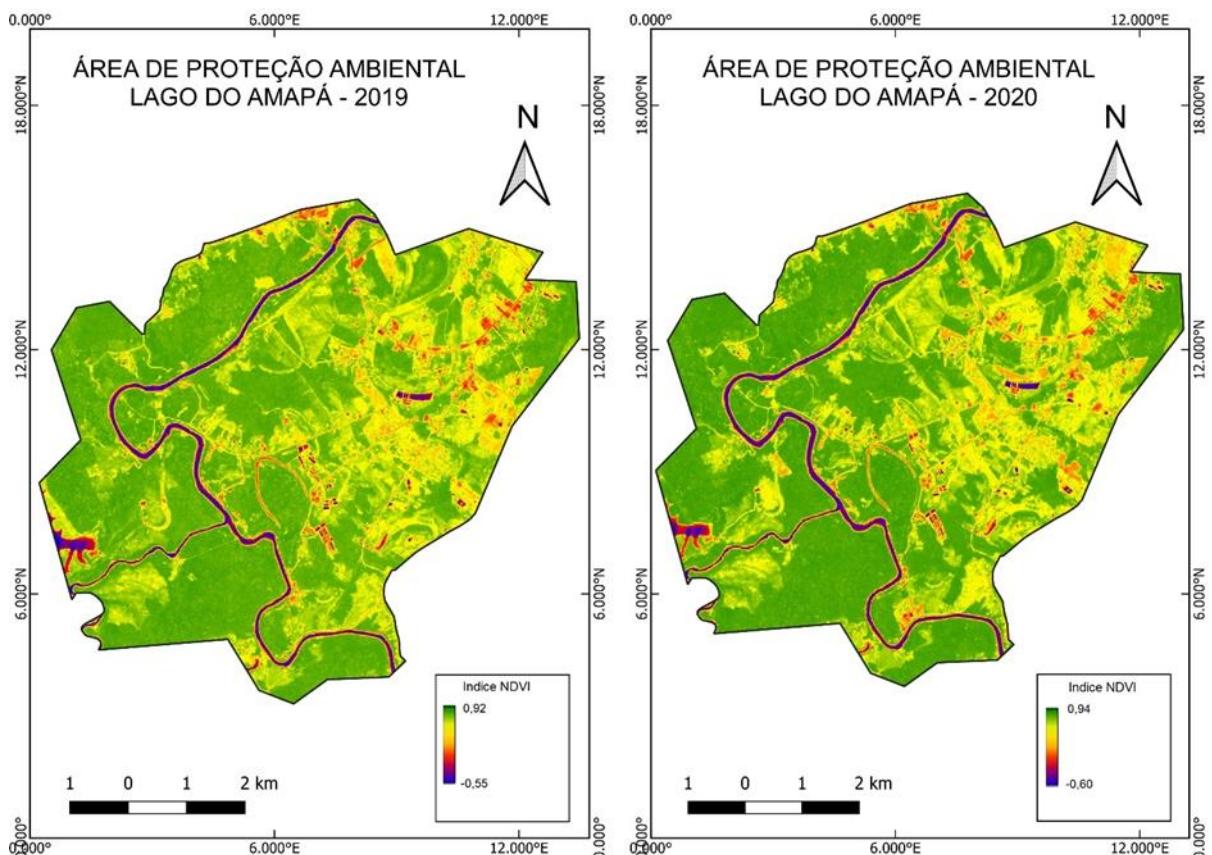
Classes	Área 2019 (ha)	Área 2020 (ha)
Floresta	2.380,50	2.277,56
Pastagem	2.295,68	2.204,09
Urbanização	292,44	350,96
Lagos	170,49	184,64
Piscicultura	20,31	81,92
Rios	54,46	144,72

Fonte: AUTOR (2021),

A Figura 4 mostra os resultados espectrais obtidos para um dos índices incluídos, o NDVI. Devido sua sensibilidade, a clorofila e presença de biomassa é de grande importância

na relação com a vegetação. O NDVI foi primeiramente processado e foi encontrado entre os anos uma média mínima de -0,58 e máxima de 0,93, esses valores são compatíveis com valores encontrados em Terras Indígenas na Amazônia (PAIVA, 2018) e resultam em um NDVI mínimo presente em copos da água de -0,39 e máximos representando as florestas com 0,86, contemplando uma faixa maior entre o mínimo e máximo, uma vez que se tratam de áreas praticamente intocáveis da região Amazônica, com alta biomassa vegetal.

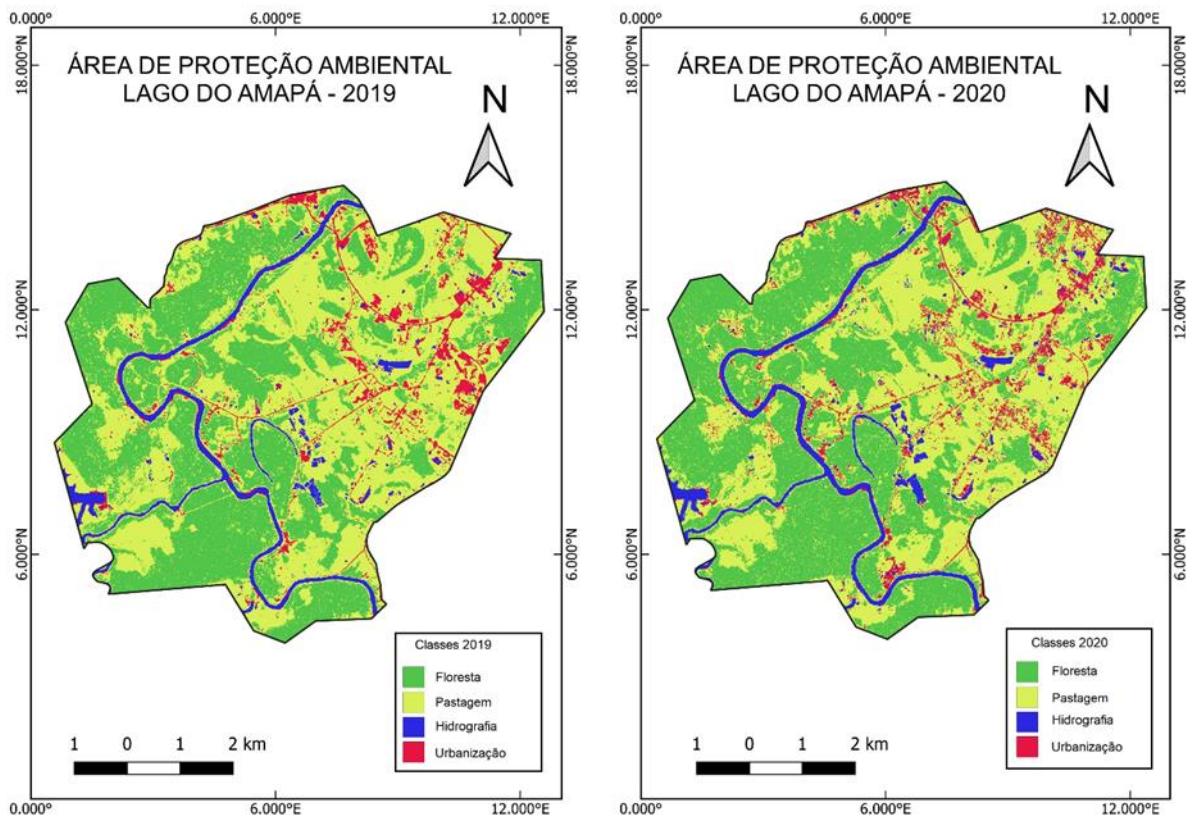
Figura 4: Mapa com Banda NDVI.



Fonte: Autor (2021).

A classificação (Figura 3) feita apresentou, visualmente, boa separação das classes onde todos os corpos da água foram considerados hidrografia, pois a distinção entre lagos e piscicultura se torna difícil ainda mais quando os lagos podem ser considerados piscicultura ou vice versa. Sendo assim, para a hidrografia em 2019, considerando rios, lagos e tanques de piscicultura foi encontrado 245 ha, com um aumento de 2,6% para o mesmo período do ano de 2020 que totalizou 381 ha.

Figura 3: Mapa de classes de uso e cobertura do solo na APA Lago do Amapá, Acre.



Fonte: SICAM (2022).

Discussão: Durante o processo de seleção das amostras para realização da classificação supervisionada notou-se a dificuldade em diferenciar certas classes como tanques de piscicultura, lagos, rios e estradas referentes à urbanização. Por ser uma área que anualmente sofre por constantes alagamentos, diferentes respostas espectrais foram encontradas para cada objeto. Lagos naturais formados pela mudança na trajetória do rio Acre diferenciam-se de tanques de piscicultura e até mesmo dos próprios rios que possuem colorações magentas, amarronzadas. Assim como os Rios também se assemelham às estradas de terra ou solos expostos sem vegetação alguma, de ocorrência na área.

A perca na área de pastagem entre os anos não significou aumento de florestas, as duas classes resultaram cerca de 2% a menos de cobertura em 2020. O Aumento da Urbanização e das classes referentes à hidrografia pode estar ligado com o decréscimo de pastagens e florestas uma vez que estão mais susceptíveis a fragmentações como loteamentos ou práticas rurais.

A classe da piscicultura dobrou de um ano ao outro. Isso pode ser devido a facilidade da aquisição de recursos para criação de tanques de piscicultura, uma vez que a APA se encontra próxima ao centro urbano de Rio Branco e sofre de frequentes alagações (VIANA, 2013).

Apenas para um ano, as diferenças são visíveis, enquanto em classificações como a utilizada pelo PRODES foi encontrado 8,8 ha de desmatamento, pela plataforma de do GEE foi encontrado 102 ha a menos da classe florestal.

Um aumento de quase 3% nos corpos de água pode ser o resultado da diminuição das duas classes de pastagem e floresta ao mesmo tempo. Para áreas relativamente pequenas esta forma de monitoramento mostra-se insuficiente, principalmente quando comparadas com as classes obtidas neste trabalho. Classes de cobertura do solo como a hidrografia e urbanização demonstraram grande importância no monitoramento para esta unidade de conservação e se fazem ausente da resolução utilizada pelo monitoramento realizado pelo programa PRODES.

Outro valor observado foi nos testes de validação da classificação, onde a acurácia geral teve em média um acréscimo de próximos 10% quando classificado com os quatro índices anteriormente citados. Também para o índice Kappa observou-se aumento significativo, como em 2019, onde com as bandas apenas do NDVI encontrava-se 56%. Este aumento da validação também foi observado em outros trabalhos como o de Silva (2020) quando há necessidade de melhor distinguir diferenças espectrais quanto as classes relacionadas a água.

Assim como proposto por Viana (2013) na APA Lago do Amapá, apesar das atividades de educação ambiental realizadas na área a unidade gestora bem como o órgão classificador necessita de certas ferramentas geográficas que melhorem o monitoramento do desmatamento, principalmente quanto à forte pressão do crescimento urbano e empreendimentos que se estabeleceram na APA. Além do controle no desmatamento pode ser controlado os efeitos da urbanização como empreendimentos de piscicultura.

Conclusão: Em 2020, na Área de Proteção Ambiental Lago do Amapá foi encontrado uma média de 2.555 ha de desmatamento acumulado entre pastagem e áreas urbanas e 102 ha a menos de floresta quando comparado com 2019. Isso resulta em quase 50% da área distribuídas entre as classes de pastagem (42,3%) e urbanização (7%) sem contar com hidrografia local que é muito presente ocupando cerca de 7% do total ou uma média de 380 ha distribuídos entre rios, lagos e tanques de piscicultura. A classe florestal com cerca de 44% (2.277,56) sofre grande pressão das áreas de pastagem e urbanização muito presentes na APA e disputa espaço com a hidrografia local que apesar de minoria obteve o maior incremento de 2019 a 2020.

Contando com uma área relativamente pequena, cerca de 5.213 ha, a APA Lago do Amapá necessita de uma análise com maior precisão para seu monitoramento. Isso sugere a

utilização de uma resolução como a utilizada aqui pelo satélite Sentinel-2 e que ainda pode ser facilmente trabalhada de forma gratuita pela plataforma do GEE sem a necessidade de uma grande capacidade computacional para armazenamento e processamento da coleção de imagens.

É certo de que há maior necessidade de tecnologias aprimoradas para melhor equilíbrio do real com o esperado. Principalmente nestas áreas que sofrem desmatamento pela urbanização e/ou produção rural. A diferença das classes entre os anos de 2019 e 2020 foi pouca quando comparado com a área total porem a urbanização aumentou enquanto as florestas e pastagens diminuíram. A convivência entre o morador local e a sustentabilidade dos recursos deve ser monitorada para que encontre a perpetuidade da Unidade de Conservação.

Referências:

- WARD, M., Saura, S., WILLIAMS, B., RAMÍREZ-DELGADO, J. P., ARAFEH-DALMAU, N., ALLAN, J. R., ... & WATSON, J. E., 2020. Just ten percent of the global terrestrial protected area network is structurally connected via intact land. *Nature communications*, 11(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18457-x>.
- BRASIL. Lei n. 9.985, de 18 de jul. de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília- DF, jul 2000. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322>. Acesso em 13 mai. 2021.
- DRUMMOND AUGUSTO, J.; FRANCO ANDRADE J. L.; OLIVEIRA DANIELA. "Uma análise sobre a história e a situação das unidades de conservação no Brasil." *Conservação da Biodiversidade: Legislação e Políticas Públicas*. Editora Câmara, Brasília, 2010.
- VIANA, Adenilson de Sousa. Dinâmica do desmatamento na área de proteção ambiental Lago do Amapá Rio Branco Acre. 2013.
- SANTOS, A. L. C. Diagnóstico dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe através de sensoriamento remoto. Sergipe, 2009.
- SOS AMAZÔNIA. Plano de gestão Área de Proteção Ambiental Lago do Amapá fase 1. Rio Branco- Acre, 2010, 75p.
- FISCH, GILBERTO, JOSÉ A. MARENKO, AND CARLOS A. NOBRE. "Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia." *Acta amazônica* 28.2, 1998.
- JOHANSEN, Kasper; PHINN, Stuart; TAYLOR, Martin. Mapeamento de clareira de vegetação lenhosa em Queensland, Austrália, a partir de imagens do Landsat usando o Google

Earth Engine. Aplicações de Sensoriamento Remoto: Sociedade e Meio Ambiente, v. 1, p. 36-49, 2015.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, v. 33, n. 1, p. 159, mar. 1977.

ANDREONI, M. An intrusion detection and prevention architecture for software defined networking, 2014.

PAIVA, Yuri Roberta Yamaguchi de. Avaliação da cobertura florestal em terra indígena na Amazônia Legal, por meio de modelagem espectral de sequestro de carbono. 2018.

ANDRADE, Ana Beatriz Silva de. Utilização dos índices ndwi e mndwi na detecção de corpos hidricos em imagens sentinel-2 na bacia hidrográfica do rio traipu – Alagoas. 2019. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Agrimensura) – Centro de Ciências Agrárias, Curso de Graduação em Engenharia de Agrimensura, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2019.

SILVA, Cesar de Oliveira Ferreira. Classificação supervisionada de área irrigada utilizando índices espectrais de imagens landsat-8 com Google Earth Engine. *IRRIGA*, v. 25, n. 1, p. 160-169, 2020.

MODELAGEM DA DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA EM UMA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SOROCABUÇU, IBIÚNA, SP

Hetiany Ferreira da Costa¹; Bruna Henrique Sacramento²; Leticia Tondato Arantes³; Roberto Wagner Lourenço⁴

1 – Hetiany Ferreira da Costa. Universidade Estadual Paulista – ICTS. hetiany.fc@gmail.com

2 – Bruna Henrique Sacramento. Universidade Estadual Paulista – ICTS. bruna.sacramento@unesp.br

3 – Leticia Tondato Arantes. Universidade Estadual Paulista – ICTS. leticia.tondato@unesp.br

4 – Roberto Wagner Lourenço. Universidade Estadual Paulista – ICTS. roberto.lourenco@unesp.br

RESUMO: As recorrentes mudanças no uso e cobertura da terra refletem diretamente na qualidade ambiental. Assim, analisar a dinâmica do uso da terra possibilita que sejam tomadas decisões ligadas a medidas conservacionistas e sustentáveis. Diante disso, objetivou-se mapear o uso e cobertura da terra de três anos e modelar um cenário futuro com intuito de analisar sua dinâmica. Os mapas de uso e cobertura da terra foram obtidos por vetorização manual para os anos de 2000, 2010 e 2020, e o cenário de 2030 foi gerado a partir do modelo de Cadeias de Markov. A área de estudo é ocupada em sua maioria por agropecuária e vegetação. As classes “agropecuária” e “área urbanizada” aumentaram globalmente e, no cenário proposto, enquanto as áreas com cobertura vegetal e áreas descobertas diminuíram. A dinâmica do uso e cobertura da terra mostra o crescente aumento das atividades antrópicas e consequentemente o aumento da pressão nos remanescentes florestais, ressaltando a recomendação do planejamento do crescimento urbano e de práticas conservacionistas na agropecuária.

Palavras-Chave: Cenário futuro; Geoprocessamento; Cadeias de Markov.

ABSTRACT: Recurring changes in land use and vegetation cover directly impact environmental quality. Thus, analyzing the dynamics of land use makes it possible to take decisions related to conservation and sustainable measures. Therefore, the objective was to map the use and land cover for three years and model a future scenario in order to analyze its dynamics. The land use and land cover maps were performed by manual vectorization for the years 2000, 2010 and 2020, and the 2030 scenario was generated from the Markov Chains model. The study area is mostly occupied by agriculture and vegetation. The “agricultural” and “urbanized area” classes increased globally and in the proposed scenario, while areas with vegetation cover and uncovered areas decreased. The dynamics of land use shows the growing increase in human activities and, consequently, the increase in pressure on forest remnants, highlighting the recommendation of urban growth planning and conservation practices in agriculture.

Keywords: Future scenario; Geoprocessing; Markov Chains.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21940583

Introdução: O aumento das atividades antrópicas, principalmente as ligadas à agropecuária e setor imobiliário, faz com que a mudança do uso e cobertura da terra seja recorrente e realizada sem gestão e planejamento adequado, provocando ou facilitando as alterações nas áreas ocupadas por fragmentos florestais (MAGALHÃES; THIAGO; SANTOS, 2020; SAITO *et al.*, 2016). Os reflexos dessas alterações são percebidos na biodiversidade, na estrutura do solo, nos recursos hídricos, no clima, e no bem-estar humano.

Dante disso, realizar o levantamento do uso e cobertura da terra passado e atual possibilita a compreensão da intensidade e periodicidade das mudanças e que estratégias sejam traçadas para que as mudanças do uso estejam aliados ao manejo sustentável e a medidas conservacionistas (VAEZA *et al.*, 2010). Ainda nesse contexto, a utilização de mapas preditivos se mostra um importante aliado, visto que podem valer-se como guia em quais estratégias devem ou não serem utilizadas (SALMONA, 2013). É importante ressaltar que tais mapas não devem ser considerados finais e definitivos, visto que as alterações do uso e ocupação da terra são complexas e não lineares, principalmente por poderem contar com intervenções políticas, econômicas ou culturais (RICOBOM; CANEPARO, 2014).

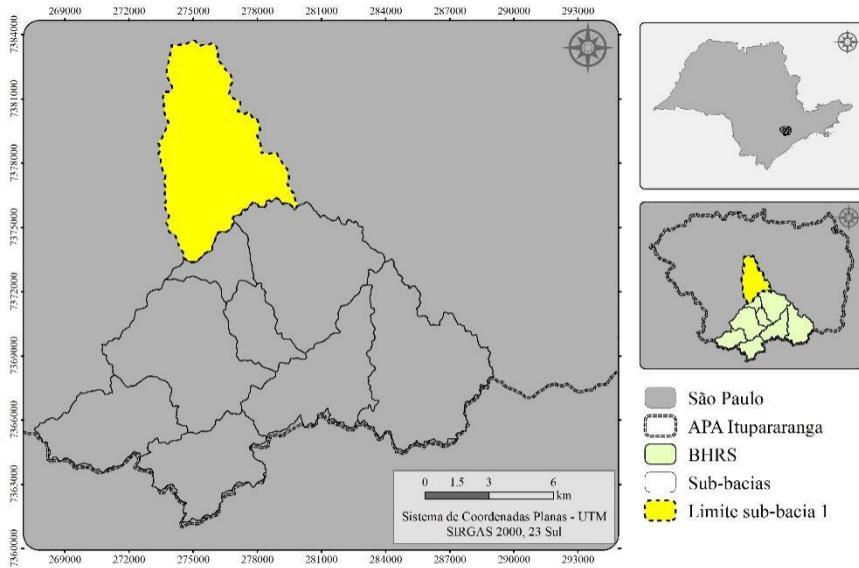
O geoprocessamento é uma importante e poderosa ferramenta de análise, onde a junção das variadas técnicas têm permitido e facilitado inúmeras pesquisas em diversas áreas, mas principalmente nas ambientais (FUJACO *et al.*, 2010). Em estudos que analisam a dinâmica do uso e cobertura da terra a utilização do geoprocessamento é apropriada e altamente utilizada por facilitar a representação e análise temporal e espacial, além de permitir análise em diferentes escalas e com grande dado histórico de maneira mais rápida e econômica (BASKENT; KADIOGULLARI, 2007).

Partindo dessa perspectiva, esse estudo objetivou-se em analisar a dinâmica da paisagem através do mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal e propor um cenário futuro para uma sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabuçu.

Material e Métodos: O estudo foi realizado em uma sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabuçu (Figura 1), inteiramente inserida na Área de Preservação Ambiental (APA) Itupararanga e no município de Ibiúna, situada à sudeste do Estado de São Paulo. O município de Ibiúna possui cerca de 65% dos seus habitantes residindo em áreas rurais e sua economia é baseada principalmente na agricultura (IBGE, 2017).

A região está inserida no bioma Mata Atlântica com remanescentes de Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 2019).

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: SMA (2010, 2013); organizado pelos autores.

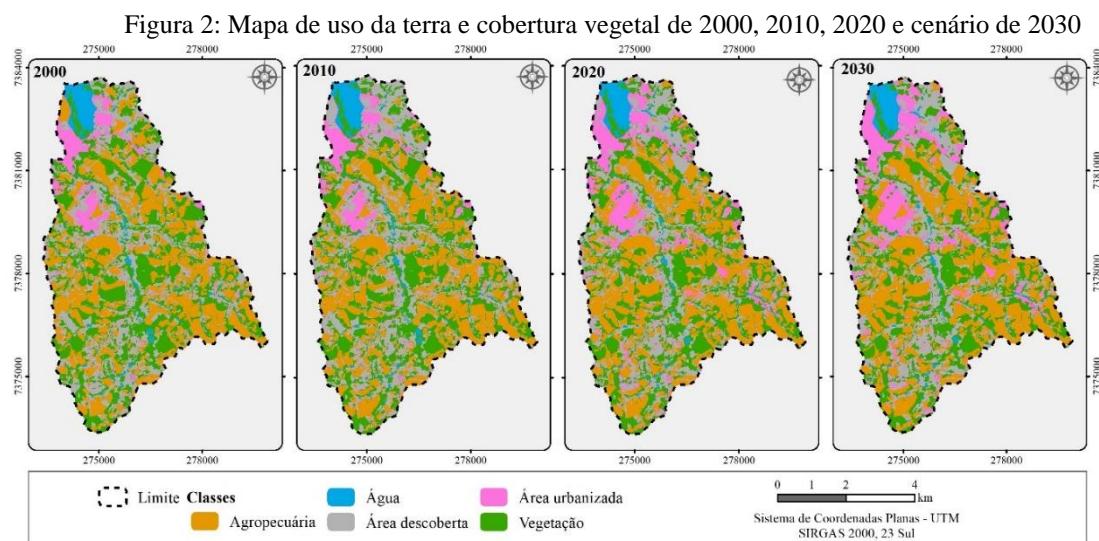
O mapeamento do uso e cobertura da terra foi realizado por interpretação visual, em escala 1:3.000, a partir da ortofoto do sensor *Vexcel Ultracam* de junho de 2010, com resolução espacial de 0,45m obtido no gratuitamente no IGC (2010). Para obtenção dos produtos de 2000 e 2020, foram feitas retificações no mapeamento de 2010 por imagens dos satélites Landsat 7 e CBERS 04, datadas em agosto de 2000 e 2020, respectivamente. A resolução espacial dos produtos utilizados nas retificações foram: 15 m para o Landsat 7 – obtido do portal de imagens do USGS e; 2m para o CBERS 04A – adquirido do Catálogo de Imagens do INPE (INPE, 2019; USGS, 1999). O mapeamento e o *layout* final foram realizados inteiramente em ambiente ArcGIS 10.8 (ESRI, 2020). Foram adotadas cinco classes de uso da terra (agropecuária, água, área descoberta, área urbanizada, vegetação) adaptadas a partir do Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013).

A simulação da dinâmica do uso da terra consistiu em três etapas: a) simulação 2000-2010 para 2020 para validação com o uso da terra real; b) simulação 2010-2020 para 2030; c) análise da dinâmica do uso da terra. Tais simulações foram realizadas em ambiente TerrSet 18.10 (CLARK LABS, 2015) utilizando os módulos MARKOV e CA_MARKOV. O módulo MARKOV analisa um par de imagem e gera uma matriz de transição de áreas utilizada no módulo CA_MARKOV para a predição do cenário futuro. Para a validação do modelo utilizado, foram utilizados os módulos VALIDATE e CROSSTAB.

Modelos baseados em Cadeias de Markov partem do pressuposto de que o futuro é dependente apenas do presente, dado que a informação passada já está contida na situação

presente; sendo considerado um modelo simples e intuitivo, além da vantagem de não depender de grande quantidade de dados históricos (GOIS *et al.*, 2016; RUHOFF *et al.*, 2010).

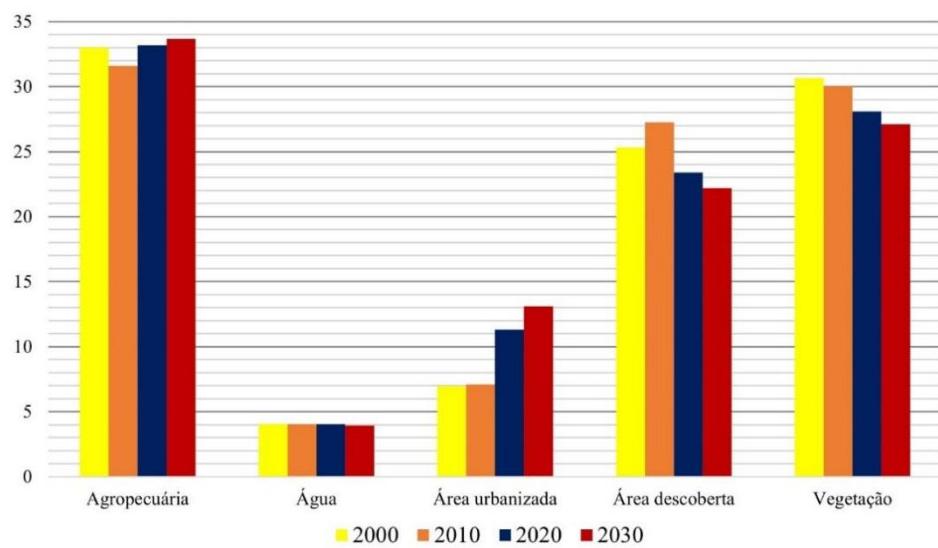
Resultados: Nos três anos analisados a classe com maior representatividade foi a agropecuária (33,02%, 31,59% e 33,19%, respectivamente), distribuído por toda a área de estudo (Figuras 2 e 3). As áreas cobertas por vegetação são a segunda com maior representatividade nos três anos, com queda na área de cobertura entre 2000 e 2020 (30,67%, 30,01% e 28,10%, respectivamente); sendo os maiores fragmentos florestais presentes principalmente na parte sul da sub-bacia.



Fonte: organizado pelos autores.

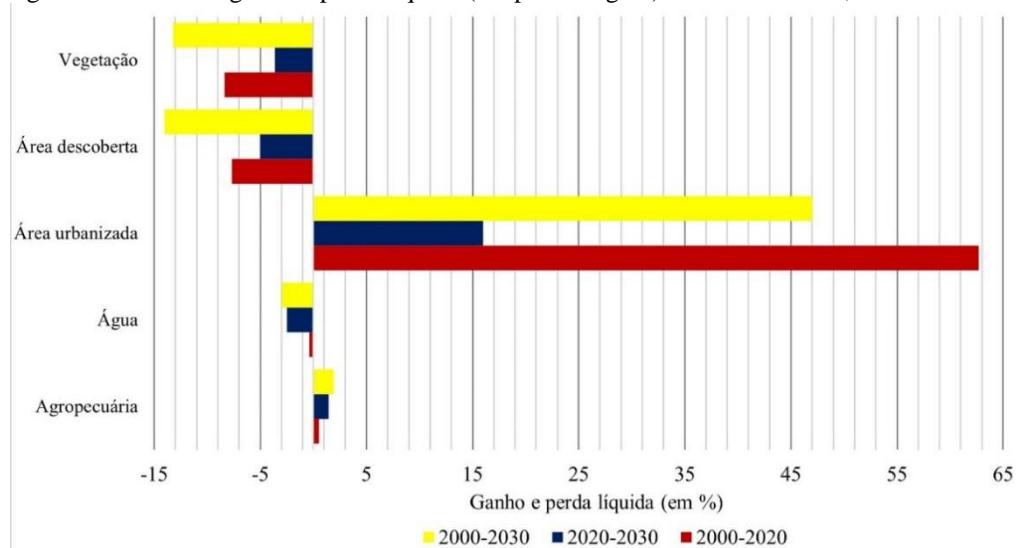
A área urbanizada é a segunda menor classe com representatividade, tendo grande concentração na área norte da sub-bacia, com 6,95% em 2000, 7,10% em 2010 e 11,30% em 2020. Porém, a área urbanizada foi a classe que apresentou maior variação líquida entre 2000 e 2020, com ganho de mais de 60% de área, enquanto as áreas cobertas por vegetação apresentaram a maior perda líquida, com cerca de -10% (Figura 4).

Figura 3: Gráfico do quantitativo (em porcentagem) das classes de uso da terra e cobertura vegetal de 2000, 2010, 2020 e cenário de 2030



Fonte: organizado pelos autores.

Figura 4: Gráfico do ganho e perda líquida (em porcentagem) entre 2000-2030, 2020-2030 e 2000-2020



Fonte: organizado pelos autores.

O cenário de 2030 segue a tendência da dinâmica já existente, onde a agropecuária permanece sendo a classe com maior representatividade, além de manter o crescimento em relação à 2020 (1,42%). O cenário também apresentou crescimento da área urbanizada (cerca de 15% em relação à 2020), enquanto a vegetação, apesar de ser a segunda classe com maior área de abrangência, apresentou diminuição na área.

Discussão: A grande representatividade das áreas ocupadas por agropecuária é explicada pela baixa declividade na área, fator que favorece a prática em questão além de outras atividades antrópicas visto que o aumento da declividade os torna mais caros financeiramente e muitas vezes até tornando a inviável (LEAL; TONELLO, 2016; SANTOS *et al.*, 2016). A

declividade é um grande direcionador do local de cultivo dado que a área é marcada pela produção de culturas temporárias, com grande foco em hortaliças folhosas (AMORIM *et al.*, 2019).

A APA que a sub-bacia está inserida foi criada em 1998 (Lei Estadual nº 10.100/1998) e foi impulsionada pela pressão criada pela especulação imobiliária e das atividades agrícolas, podendo ser um dos fatores relacionados com a diminuição das áreas utilizadas para agropecuária e a área urbanizada ter mantido sua área entre 2000 e 2010. Porém, indo na contramão do esperado, as áreas com cobertura vegetal diminuíram; e, provavelmente, tais áreas desmatadas não tiveram uso visto que a agropecuária e área urbanizada não apresentaram aumento, enquanto as áreas descobertas aumentaram.

A diminuição das áreas com cobertura vegetal não é facilmente vista espacialmente, logo é esperado que os pequenos fragmentos florestais tenham sido suprimidos totalmente ou os maiores fragmentos tenham sofrido contração (processo espacial caracterizado pela diminuição do habitat pela borda e altamente ligado à agropecuária e especulação imobiliária) (FLETCHER; FORTIN, 2018). A supressão total dos pequenos fragmentos florestais prejudica a conectividade da paisagem dado a diminuição de corredores florestais ou trampolins ecológicos, além de prejudicar a manutenção dos ecossistemas presentes no habitat e bem como seus processos (SANTOS *et al.*, 2017). A tendência do desmatamento segue no cenário proposto para 2030, apesar da diminuição da suposta área de perda, ressaltando a importância da fiscalização e políticas públicas que visem explicar a importância de manter os fragmentos florestais presentes.

Analisando o segundo período (entre 2010 e 2020) e o cenário futuro, é possível ver o aumento da agropecuária e da área urbanizada, principalmente no norte da área de estudo (local dentro do perímetro urbano) e possivelmente ocupando áreas de vegetação, mas principalmente áreas descobertas.

Conclusão: A área de estudo segue o caráter econômico do município, tendo como principal atividade a agropecuária, porém, a paisagem se mostra balanceada dado sua cobertura florestal de quase 30% e parte da área estar dentro do perímetro urbano do município.

Diante da proposta do cenário futuro há indicações do aumento das interferências e atividades antrópicas, porém em um ritmo mais desacelerado se comparado com a atual dinâmica. Mas, destaca-se a necessidade e recomendação de conservação e manejo sustentável da área diante do tamanho dos fragmentos florestais (considerados pequenos em sua totalidade) e seu alto risco de supressão total.

Por fim, a metodologia utilizada se mostrou eficaz na análise da dinâmica do uso da terra e cobertura vegetal, bem como na proposição do cenário futuro, sendo esse uma importante ferramenta de auxílio à gestores públicos para a tomada de decisões e planejamento de ações futuras.

Agradecimentos: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências:

- AMORIM, A. T.; SOUSA, J. A. P.; LOURENÇO, R. W. Indicador dos Estágios de Sucessão de Fragmentos Florestais do Bioma Mata Atlântica. *Revista Brasileira de Cartografia*, V. 71, N. 3, P. 756-780, 2019.
- BASKENT, E. Z., KADIOGULLARI, A. Spatial and temporal dynamics of land use pattern in Turkey: A case study in Inegol. *Landscape and Urban Planning*. v. 81, p. 316-327, 2007.
- CLARK LABS. TerrSet. Worcester: Clark Labs, Clark University. 2015.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE – ESRI. ArcGis 10.8. Redlands, 2020.
- FLETCHER, R.; FORTIN, M. J. Land-Cover Pattern and Change. In: FLETCHER, R.; FORTIN, M. J. *Spatial Ecology and Conservation Modeling: Applications in R*, p.55-100. Switzerland: Springer Nature, 2008.
- FUJACO, M. A. G.; LEITE, M. G. P.; MESSIAS, M. C. T. Análise multitemporal das mudanças no uso e ocupação do Parque Estadual do Itacolomi (MG) através de técnicas de geoprocessamento. *Revista Escola de Minas*, v. 63, n. 4, p. 695-701, 2010.
- GOIS, G.; DELGADO, R. C.; OLIVEIRA-JUNIOR, J. F.; et al. EVI2 index trend applied to the vegetation of the state of Rio de Janeiro based on Non-Parametric tests and Markov Chain. *Biosci. J.*, v. 32, n. 4, p. 1049-1058, 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Banco de Dados de Informações Ambientais. 2019. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br>. Acesso 19 fev 2022.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. IBGE cidades. 2017. Disponível em:<<http://www.cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/sp/ibiuna/panorama>>. Acesso 15 dez. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Manual técnico de uso da terra. 3^a ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira. 2^a ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271 p.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO - IGC. Ortofoto Leste de SP. 2010.

Disponível em: <<http://datageo.ambiente.sp.gov.br/>>. Acesso em: abril de 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. Câmeras Imageadoras CBERS 04A. INPE, 2019. Disponível em:

<http://www.cbers.inpe.br/sobre/cameras/cbers04a.php>. Acesso em: 04 nov. 2020.

LEAL, M. S.; TONELLO, K. C. Análise da morfometria e do uso e cobertura da terra da Microcabia do Córrego Ipaneminha de Baixo, Sorocaba, SP. FLORESTA, v. 46, n. 4, p. 439-446, 2016.

MAGALHÃES, I. A. L; THIAGO, C. R. L; SANTOS, A. R. Identificação de Fragmentos Florestais Potenciais para a delimitação de Corredores Ecológicos na bacia hidrográfica do Rio Itapemirim, ES, por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto. Revista Brasileira de Geografia Física. v. 2, n. 13, p. 595-612. 2020.

RICOBOM, A. E.; CANEPARO, S. C. A cartografia prospectiva e a geração de mapas preditivos do uso e cobertura da terra – estudo de caso perímetro urbano de Paranaguá. Ra'e Ga: O espaço geográfico em análise, v. 31, p. 227-259, 2014.

RUHOFF, A.; FANTIN-CRUZ, I.; COLLISCHONN, W. Modelos de simulação dinâmica do desmatamento na Amazônia. Caminhos da Geografia, v.11, n. 36, p. 258-268, Uberlândia, 2010.

SAITO, N. S; MOREIRA, M. A; SANTOS, A. R. et al. Geotecnologia e Ecologia da Paisagem no Monitoramento da Fragmentação Florestal. Floresta e Ambiente, v. 2, n. 23, p. 201-210. 2016.

SALMONA, Y. B. Cerrado com C ou com S? Modelagem de cenários futuros para o bioma. 2013. 87 f. Dissertação (Metrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

SANTOS, C. A. P.; SANO, E. E.; SANTOS, P. S. Fronteira Agrícola e a Análise da Estrutura da Paisagem na Bacia do Rio Preto – Oeste da Bahia. R. Ra'e Ga, v. 36, p.179-207, 2016.

SANTOS, J. F. C.; MENDONÇA, B. A. F.; ARAÚJO, E. J. G. Fragmentação florestal na Mata Atlântica: o caso do município de Paraíba do Sul, RJ, Brasil. R. bras. Bioci., Porto Alegre, v. 15, n.3, p. 151-158, 2017.

SÃO PAULO. Declara Área de Proteção Ambiental o entorno da represa de Itupararanga. Lei Estadual nº 10.100, de 1º de dezembro de 1998. Disponível em:

<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1998/lei-10100-01.12.1998.html>. Acesso em 28 de abr de 2021.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – SMA. Limite do Estado de São Paulo. 2010. Escala: 1: 50.000. Disponível em:

http://datageo.ambiente.sp.gov.br/serviceTranslator/rest/getXml/Geoserver_Publico/LimiteEstadual/1435665102671/wms. Acesso em: 20 jun. 2021.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – SMA. Municípios existentes do Estado de São Paulo. Escala: 1: 50.000. Atualização: 2013. Disponível em:

http://datageo.ambiente.sp.gov.br/serviceTranslator/rest/getXml/Geoserver_Publico/LimiteMunicipal1940/1435155783244/wms. Acesso em: 20 jun. 2021.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY - USGS. Landsat Satellite Missions – Landsat 7. 1999. Disponível em: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-7>. Acesso em: jan. 2022.

VAEZA, R. F.; OLIVEIRA FILHO, P. C.; MAIA, A. G.; DISPERATI, A. A. Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. Floresta e Ambiente, v. 17, n. 1, p. 23-29, 2010.

ANÁLISE DA AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL DE ÍNDICE DE COBERTURA FLORESTAL NO ESTADO DE SÃO PAULO

Bruna Henrique Sacramento¹; Hetiany Ferreira da Costa²; Leticia Tondato Arantes³;
Darllan Collins da Cunha e Silva⁴; Roberto Wagner Lourenço⁵

1 – Bruna Henrique Sacramento. Universidade Estadual Paulista – ICTS. bruna.sacramento@unesp.br

2 – Hetiany Ferreira da Costa. Universidade Estadual Paulista – ICTS. hetiany.fc@gmail.com

3 – Leticia Tondato Arantes. Universidade Estadual Paulista – ICTS. leticia.tondato@unesp.br

4 – Darllan Collins da Cunha e Silva. Universidade Estadual Paulista – ICTS. darllan.collins@unesp.br

5 – Roberto Wagner Lourenço. Universidade Estadual Paulista – ICTS. roberto.lourenco@unesp.br

RESUMO: Os benefícios que se pode obter das florestas são diversos e, com isso, a manutenção delas é importante para a sociedade. Metodologias quer permitam compreender a variabilidade espacial da ocorrência de florestas auxilia a conservação e recuperação florestal. Assim, o presente estudo teve por objetivo analisar a autocorrelação espacial do Índice de Cobertura Florestal dos municípios do estado São Paulo, no sudeste brasileiro, por meio de Sistemas de Informações Geográficas. A malha vetorial dos municípios do estado de São Paulo foi obtida do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados de Uso e Cobertura da Terra de 2020 foram adquiridos do Projeto MapBiomas (Coleção 6). O Índice de Cobertura Florestal foi obtido pela razão entre a área florestal do município e sua área total. A autocorrelação espacial foi avaliada por meio dos Índices de Moran Global e Local. Os dados foram processados no ArcGIS 10.8. Notou-se predominância de usos não-florestais na área de estudo. Os municípios com maior Índice de Cobertura Florestal consistem em locais com Unidades de Conservação. O Índice de Moran Global foi de 0,78079, o que indica alta correlação espacial do Índice de Cobertura Florestal. O Índice de Moran Local apontou que há autocorrelação espacial da variável analisada em 294 municípios paulistas. Foi possível observar um padrão espacial quanto à cobertura florestal no estado de São Paulo. Os Sistemas de Informações Geográficas são ferramentas importantes para este tipo de análise.

Palavras-Chave: Estatística Espacial; Sistema de Informações Geográficas; Uso e Cobertura da Terra; Índice de Moran; Conservação florestal

ABSTRACT: The benefits that can be obtained from forests are diverse and, therefore, their maintenance is important for society. Methodologies that allow understanding the spatial variability of the occurrence of forests help forest conservation and recovery. Thus, the aim of the present study was to analyze the spatial autocorrelation of the Forest Coverage Index of municipalities in the state of São Paulo, in southeastern Brazil, through Geographic Information Systems. The vector mesh of the municipalities in the state of São Paulo was obtained from the

Brazilian Institute of Geography and Statistics. Land Cover and Land Use data for 2020 was acquired from the MapBiomas Project (Collection 6). The Forest Coverage Index was obtained by the ratio between the forest area of the municipality and its total area. Spatial autocorrelation was evaluated using the Global and Local Moran Indexes. The data was processed in ArcGIS 10.8. There were predominance of non-forest uses in the study area. The locations with the highest Forest Coverage Index are the places with Conservation Units. The Global Moran Index was 0.78079, which indicates a high spatial correlation of the Forest Coverage Index. The Moran Local Index showed that there is spatial autocorrelation of the analyzed variable in 294 cities in São Paulo. It was possible to observe a spatial pattern regarding forest cover in the state of São Paulo. Geographic Information System are important tools for this type of analysis.

Keywords: Spatial statistics; Geographic Information System; Land Cover and Land Use; Moran Index; Forest conservation

DOI: 10.6084/m9.figshare.21940607

Introdução:

Os ecossistemas naturais fornecem diversos serviços ecossistêmicos, ou seja, benefícios obtidos do meio ambiente pelo homem (PEREVOCHTCHIKOVA et al., 2019). Tratando-se de florestas, dentre os serviços ecossistêmicos fornecidos tem-se: fornecimento de água potável, conservação da biodiversidade, ciclagem de nutrientes, contenção de erosão, manutenção da qualidade do ar, produção agrícola etc. (MILHEIRAS; MACE, 2019; WANG et al., 2021).

Apesar de tantos benefícios que se pode obter desses ambientes, a extensão das florestas é cada vez menor e as atividades antrópicas constituem fatores importantes para o desflorestamento. No contexto brasileiro, as principais atividades humanas que levam à supressão vegetal são a agricultura e a industrialização (CRUZ et al., 2021; HANSEN et al., 2013; KINDERMANN et al., 2008).

O estado de São Paulo, localizado na região sudeste do país, concentra mais de 20% da população brasileira (CALABONI et al., 2018). Esta unidade federativa destaca-se por ser a mais urbanizada da nação (IBGE, 2010). Neste cenário, a ausência das florestas pode implicar na falta de serviços ecossistêmicos. Desta forma, projetos de conservação e recuperação florestal são relevantes para a população paulista.

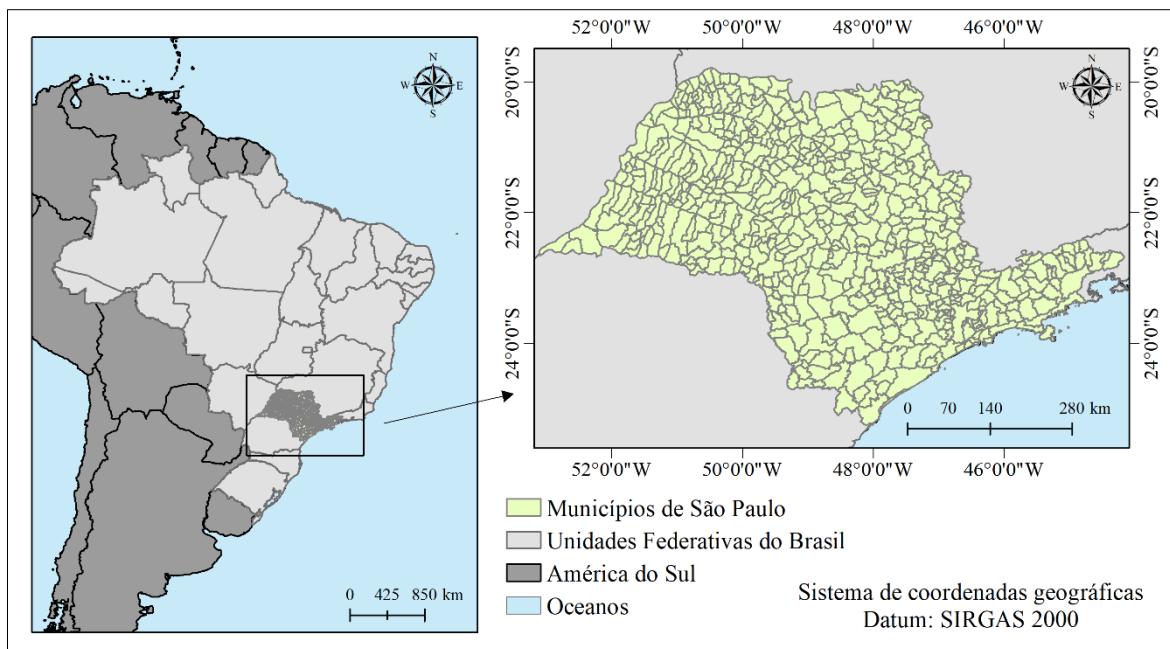
Conforme Guerra et al. (2020), informações que auxiliem os tomadores de decisão em projetos de conservação e restauração florestal são importantes. Assim, destaca-se a demanda por estas informações, bem como metodologias e ferramentas para compreensão dos fenômenos que ocorrem no ambiente. As geotecnologias surgem como ferramentas de suporte para este tipo de investigação, pois permitem uma análise integrada de diversas características ambientais de uma região (ALVES et al., 2021; FONSECA; AGUIAR, 2020).

A identificação de padrões de dependência espacial é uma das formas de análise utilizadas no contexto das geotecnologias. Para este tipo de avaliação, pode-se analisar a autocorrelação espacial, que se define como a existência de uma correlação positiva ou negativa entre a distância entre objetos no espaço e a similaridade dos valores de uma determinada variável em intensidade maior que a esperada pelo acaso (CARVALHO et al., 2008; LEGENDRE, 1993). Ao se notar autocorrelação espacial de um conjunto de dados, indica-se que a mudança de seus valores pode ser explicada pela variabilidade espacial (CARVALHO et al., 2008; LEGENDRE, 1993).

Diante do exposto, o objetivo do estudo foi analisar a autocorrelação espacial do Índice de Cobertura Florestal (ICF) dos municípios do estado São Paulo, no sudeste brasileiro, por meio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Material e Métodos: O estudo foi aplicado para o estado de São Paulo, localizado na região sudeste do Brasil (Figura 1). São Paulo é o estado mais populoso da nação e conta com 46.649.132 habitantes. Sua capital, a cidade de São Paulo, possui uma taxa de urbanização de 99,1 % (NAKADA; URBAN, 2020).

Figura 5: Localização da área de estudo



Fonte: os autores.

A área do estado corresponde a cerca de 250 mil km², aproximadamente 3% do território brasileiro. Este estado, que conta com 645 municípios, possui uma densidade demográfica de 166,25 habitantes/km², de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). Ainda de acordo com o IBGE (2010), desde os anos 1950, a densidade demográfica em São Paulo praticamente triplicou. Este aumento populacional constitui um fator de impactos ambientais negativos.

De acordo com o IBGE (2019), são dois os biomas presentes nesta localidade: Mata Atlântica e Cerrado. Estes biomas são *hotspots* de biodiversidade mundial e ofertam diversos benefícios à população como regulação climática, manutenção de taxas de infiltração da água – o que implica no aumento da qualidade de água, proteção ciliar de recursos hídricos, controle de erosão e sumidouro de gases de efeito estufa (ALARCON et al., 2015; GUIMARÃES et al., 2017; NÓBREGA et al., 2020).

O arquivo vetorial da malha municipal do Brasil, em formato *shapefile* (.SHP), foi obtido do IBGE (2021), em escala 1:250.000. Para as análises, foram considerados apenas os municípios do estado de São Paulo.

O Uso e Cobertura da Terra do estado de São Paulo, referente ao ano de 2020, foi obtido do Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil – MapBiomas (Coleção 6.0), disponibilizado para *download* por meio da plataforma Google Earth Engine (PROJETO MAPBIOMAS, 2021). Estes dados foram obtidos em formato matricial (.TIFF).

Os dados georreferenciados citados foram adquiridos utilizando um sistema de coordenadas geográficas referenciadas ao Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000). Após a aquisição, todos os processamentos sobre os dados foram realizados no *software* ArcGIS 10.8 (ESRI, 2019).

Os dados de Uso e Cobertura da Terra, originalmente com mais de 30 classes de mapeamento, foram generalizados em 2 classes: Floresta e Não-Floresta, por meio da ferramenta *Reclassify* (ESRI, 2019). Foi também realizada a reamostragem dos valores dos *pixels* do arquivo matricial analisado de modo a se obter uma resolução espacial de 0,00269° devido ao custo computacional. Estes dados referentes à cobertura da terra foram, então, convertidos ao formato .SHP por meio da ferramenta *Convert from Raster to Polygon* (ESRI, 2019).

Com o objetivo de avaliar o percentual de remanescentes florestais dos municípios paulistas, foi analisado o Índice de Cobertura Vegetal (ICF), conforme a Equação 1. O ICF consiste na razão entre a área florestal e a extensão territorial de cada município do estado de São Paulo, expressa em percentual.

$$ICF_{município}(\%) = \frac{\text{Área florestal do município (km}^2\text{)}}{\text{Área total do município (km}^2\text{)}} \cdot 100 \quad (1)$$

Para a realização de operações métricas sobre dados georreferenciados, é conveniente a utilização de um sistema de coordenadas projetado (MENEZES; FERNANDES, 2015). Desta forma, optou-se pela projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) referenciada ao SIRGAS 2000. A mudança de sistema de coordenadas dos dados foi realizada pela ferramenta *Project* (ESRI, 2019).

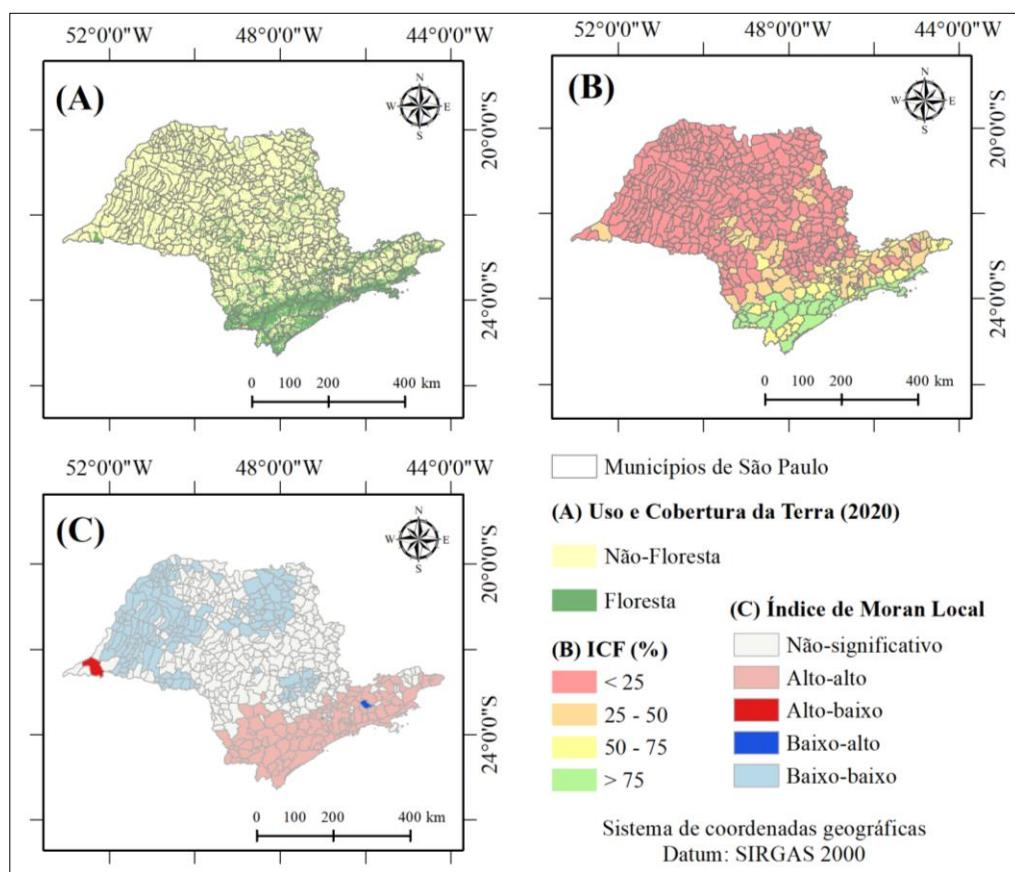
O sistema UTM possui fusos independentes de 6° cada (MENEZES; FERNANDES, 2015). Partindo do pressuposto de o estado de São Paulo se inserir em dois fusos distintos, os dados foram tratados separadamente conforme as zonas (22S e 23S). Após separar os dados dos

municípios e do uso e cobertura da terra, eles foram unidos (conforme o fuso) pela ferramenta *Union* para cálculo do ICF. Após isto, os dados dos dois fusos UTM foram reunidos a nível estadual, novamente, utilizando-se o sistema de coordenadas geográficas (*datum* horizontal SIRGAS 2000), por meio da ferramenta *Merge*.

Foram realizadas, então, duas análises de autocorrelação espacial: o Índice de Moran Global e o Índice de Moran Local. Em ambas as análises, a variável analisada foi o ICF. Para a análise global, utilizou-se a contiguidade como matriz de vizinhança. Já com relação ao índice local, também se utilizou a vizinhança como a relação de contiguidade e 999 o número de permutações (ESRI, 2019).

Resultados e discussão: A Figura 2(A) apresenta o mapa de Uso e Cobertura da Terra de 2020 após a reclassificação proposta. É possível observar a predominância dos usos não-florestais no estado de São Paulo. De acordo com a literatura, esta unidade federativa possui grande importância na economia brasileira por meio de atividades agrícolas e industriais (CAMARA; CALDARELLI, 2016; NUÑEZ; BRISEÑO; NUÑEZ, 2021).

Figura 6: Mapas de Uso e Cobertura da Terra (A), ICF (B) e Índice de Moran Local (C) do estado de São Paulo



Fonte: os autores.

A Figura 2(B) contém o mapa do ICF do estado de São Paulo. É possível observar que os municípios ao sul do estado possuem as maiores porcentagens de áreas florestadas. Especificamente, nas regiões de Registro, Baixada Santista e São José dos Campos. Estas são regiões litorâneas ou de relevo mais acidentado (montanhoso, como no caso da Serra da Mantiqueira), que são mais conservadas. Estas regiões possuem importantes Unidades de Conservação (UC) como o Parque Estadual da Serra do Mar. Conforme Reis e Queiroz (2017), as UC ofertam diversos serviços ecossistêmicos como os de provisão e de lazer.

Com relação à análise do Índice de Moran Global, o ICF é um dado com notório agrupamento no estado de São Paulo. O valor do índice foi de 0,78079, o que indica uma alta correlação espacial desta variável. O valor de pseudo-significância foi inferior a 1% e o valor crítico foi de 33,29 ou seja, a análise foi significativa.

Já com relação ao Índice de Moran Local (Figura 2(C)), seu resultado aponta que foram diversos os municípios que apresentaram valores não-significativos. Ainda assim, 294 municípios do estado de São Paulo apresentaram significância com relação a este índice. Sobre os resultados obtidos do diagrama de espalhamento de Moran, conforme a legenda do mapa, é possível notar que a maioria dos dados possuem autocorrelação positiva (alto-alto e baixo-baixo), ou seja, conforme aumentam os valores do ICF dos vizinhos de um município, seu valor também aumenta (e vice-versa). Isto confirma o padrão espacial observado para a região analisada.

Grande parte dos locais com índice local baixo-baixo estão na região oeste do estado. De acordo com Santos, Hernandez e Rosseti (2013), esta porção do estado paulista é marcada por forte atividade agropecuária, uso antrópico da terra (ou seja, um uso não-florestal).

Conclusão: É possível notar um padrão espacial com relação à cobertura florestal no estado de São Paulo: as maiores incidências do ICF ocorrem no sul do estado, devido a características regionais e a existência de UC. Já a região oeste é limítrofe à uma região do Brasil com forte atividade agropecuária, uso antrópico que pode acarretar numa menor cobertura florestal.

Análises desta natureza são importantes para nortear a tomada de decisões de gestores públicos. Tratando-se da cobertura florestal, iniciativas conservacionistas podem ser guiadas tendo-se um melhor panorama sobre a dinâmica espacial deste fenômeno. Os SIG facilitam este tipo de análise.

Agradecimentos: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências:

- ALARCON, G. G. et al. Weakening the Brazilian legislation for forest conservation has severe impacts for ecosystem services in the Atlantic Southern Forest. *Land Use Policy*, v. 47, p. 1-11, 2015.
- ALVES, W. S. et al. Geotechnologies applied in the analysis of land use and land cover (LULC) transition in a hydrographic basin in the Brazilian Cerrado. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, v. 22, p. 100495, 2021.
- CALABONI, A. et al. The forest transition in São Paulo, Brazil. *Ecology and Society*, v. 23, n. 4, 2018.
- CAMARA, M. R. G.; CALDARELLI, C. E. Expansão canavieira e o uso da terra no estado de São Paulo. *Estudos Avançados*, v. 30, p. 93-116, 2016.
- CARVALHO, F. M. V. et al. Padrões de autocorrelação espacial de índices de vegetação MODIS no bioma cerrado. *Revista Árvore*, v. 32, p. 279-290, 2008.
- CRUZ, D. C. et al. An overview of forest loss and restoration in the Brazilian Amazon. *New Forests*, v. 52, n. 1, p. 1-16, 2021.
- FONSECA, S. F.; AGUIAR, H. H. Autocorrelação espacial entre indicadores socioeconômicos nos vales do Jequitinhonha e Mucuri. *GEOUSP Espaço e Tempo (Online)*, v. 23, n. 3, p. 619-639, 2019.
- GUERRA, A. et al. Ecological restoration in Brazilian biomes: Identifying advances and gaps. *Forest ecology and Management*, v. 458, p. 117802, 2020.
- GUIMARÃES, H. et al. Indicators of ecosystem services in a military Atlantic Forest area, Pernambuco — Brazil. *Ecological Indicators*, v. 80, p. 247-257, 2017.
- HANSEN, M. C. et al. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *science*, v. 342, n. 6160, p. 850-853, 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Biomas e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil. 2019. Escala: 1: 250.000. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15842-biomas.html?=&t=downloads>>. Acesso em: 12 set. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <www.censo2010.ibge.gov.br>. Acesso em 17 set. 2022.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE – ESRI. ArcGis 10.8. Redlands, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Malha municipal do Brasil. 2021. Escala: 1: 250.000. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 04 maio 2021.

KINDERMANN, Georg et al. Global cost estimates of reducing carbon emissions through avoided deforestation. *Proceedings of the national Academy of Sciences*, v. 105, n. 30, p. 10302-10307, 2008.

LEGENDRE, P. Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm?. *Ecology*, v. 74, n. 6, p.1659-1673, 1993

MENEZES, P. M. L.; FERNANDES, M. C. Roteiro de Cartografia. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

MILHEIRAS, S. G.; MACE, G. M. Assessing ecosystem service provision in a tropical region with high forest cover: Spatial overlap and the impact of land use change in Amapá, Brazil. *Ecological indicators*, v. 99, p. 12-18, 2019.

NAKADA, L. Y. K.; URBAN, R. C. COVID-19 pandemic: Impacts on the air quality during the partial lockdown in São Paulo state, Brazil. *Science of the Total Environment*, v. 730, p. 139087, 2020.

NÓBREGA, R. L. B. et al. Ecosystem services of a functionally diverse riparian zone in the Amazon–Cerrado agricultural frontier. *Global Ecology and Conservation*, v. 21, p. e00819, 2020.

NÚÑEZ, M. C. R.; BRISEÑO, L. M. G.; NÚÑEZ, G. R. Importancia de las bolsas de valores en la economía. Diagnóstico FACIL Empresarial Finanzas Auditoria Contabilidad Impuestos Legal, n. 4, p. 55-64, 2021.

PEREVOCHTCHIKOVA, M. et al. Systematic review of integrated studies on functional and thematic ecosystem services in Latin America, 1992–2017. *Ecosystem Services*, v. 36, p. 100900, 2019.

PROJETO MAPBIOMAS – [COLEÇÃO 6]. Mapas de cobertura e uso do solo: 2020.

REIS, A. F.; QUEIROZ, O. T. M. M. Concessões nas Unidades de Conservação do Estado de São Paulo: reflexões, oportunidades e desafios. *Revista Brasileira de Ecoturismo (RBEcotur)*, v. 10, n. 2, 2017.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI, v. 4, n. 3, 2013.

WANG, H. et al. Spatial-temporal pattern analysis of landscape ecological risk assessment based on land use/land cover change in Baishuijiang National nature reserve in Gansu Province, China. Ecological Indicators, v. 124, p. 107454, 2021.

EMPREGO DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL NA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS: UMA ANÁLISE DO INCÊNDIO NO PARQUE DO COCÓ, FORTALEZA (CE)

Angélica Lilian Freires Caetano¹; Claudio Ângelo da Silva Neto²; Vivian Rodrigues Lopes³;

1 – Angélica Lilian Freires Caetano. Universidade Federal do Ceará. angellicalilian@gmail.com

2 - Claudio Ângelo da Silva Neto. Universidade Federal do Ceará. claudioasn@gmail.com

3 – Vivian Rodrigues Lopes. Universidade Federal do Ceará. vivanetico@hotmail.com

RESUMO: O geoprocessamento e o sensoriamento remoto fazem parte das geotecnologias que são utilizadas para facilitar o desenvolvimento de estudos do espaço geográfico e seus aspectos ambientais, permitindo avanços no planejamento, monitoramento e gestão urbana e do meio ambiente. Os incêndios e queimadas florestais, naturais ou criminosos, apesar de serem catastróficos para a saúde da vegetação e dos ecossistemas, são recorrentes no Brasil. Um incêndio de cunho criminoso atingiu a vegetação do Parque Estadual na noite do dia 17 de novembro de 2021, durando mais de 22 horas e causando um grande impacto na flora e fauna do local. Neste contexto, esse trabalho teve como propósito utilizar imagens do satélite *Sentinel-2* para fazer uma comparação entre imagens de antes e depois da área atingida, com o método da classificação supervisionada. Os resultados obtidos mostraram que a área atingida é de 42,041 hectares, ou seja, 2,67% da área total do Parque.

Palavras-Chave: Geoprocessamento; Sensoriamento remoto; Parque Estadual; Incêndios florestais.

ABSTRACT: Geoprocessing and remote sensing are part of the geotechnologies that are used to facilitate the development of studies of geographic space and its environmental aspects, allowing advances in planning, monitoring and urban and environmental management. Forest fires, natural or criminal, despite being catastrophic for the health of vegetation and ecosystems, are recurrent in Brazil. A criminal fire hit the vegetation of the Parque Estadual do Cocó on the night of November 17, 2021, lasting more than 22 hours and causing a great impact on the flora and fauna of the place. In this context, this work aimed to use Sentinel-2 satellite images to compare before and after images of the affected area, using the supervised classification method. The results obtained showed that the affected area is 42,041 hectares, that is, 2.67% of the total area of the Park.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21940628

Introdução: O geoprocessamento é uma área das Geociências em ascensão pelas suas inúmeras aplicações e pode ser conceituado como “um conjunto de técnicas e tecnologias que permitem a coleta, visualização, manipulação e análise de dados geoespaciais” (ROSA, 2013, p.59). Neste contexto, a utilização de geotecnologias como o sensoriamento remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permite realizar análises que são aplicadas nas mais diversas áreas, dentre elas: agricultura, saúde, economia, gestão pública, recursos naturais etc (MORAES NOVO, 2010).

O sensoriamento remoto pode ser compreendido como um conjunto de técnicas para obtenção de dados de um determinado objeto à distância, sendo utilizado para facilitar o desenvolvimento de estudos do espaço geográfico e seus aspectos ambientais, permitindo avanços no planejamento, monitoramento e gestão urbana e do meio ambiente (ROSA, 2013; FITZ, 2018). Geralmente, são utilizadas imagens capturadas por sensores orbitais embarcados em satélites que, através do registro de interação da radiação eletromagnética com os alvos nos quais ela incide, conseguem obter dados da superfície terrestre.

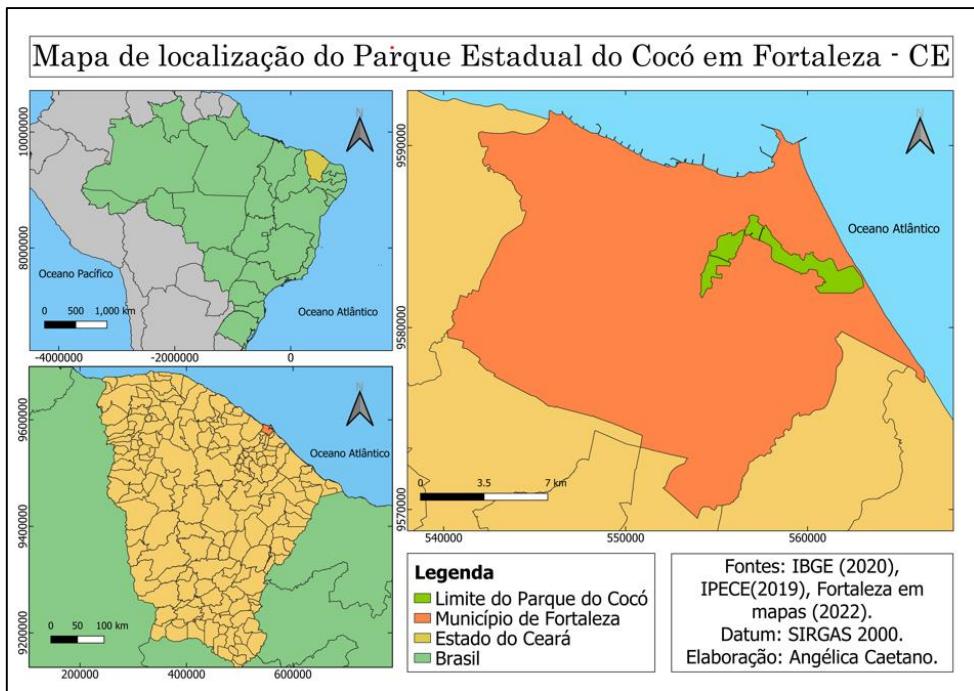
Umas das técnicas mais utilizadas nas análises de dados gerados por sensoriamento remoto é a classificação supervisionada, baseada na identificação manual de várias classes de diferentes tipos de superfícies com assinaturas espectrais variadas e uma posterior análise utilizando algoritmos que permitem extrair as feições de interesse em um espaço com várias dimensões. Essa técnica aplicada em imagens de satélite tem o propósito de usar as amostras classes com comportamentos espectrais diferenciados para estender em toda a imagem e assim, classificar automaticamente todos os pixels, encaixando-os em uma dessas classes (VALE, 2018).

Para a adoção dessa técnica, o procedimento foi realizado por meio do *software* QGIS e com o complemento desse *software* chamado *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP), que permite a interpretação de imagens de sensoriamento remoto através da detecção de assinaturas espectrais de classes do solo (ROSA, 2013). Os incêndios e queimadas florestais, naturais ou criminosos, apesar de serem catastróficos para a saúde da vegetação e dos ecossistemas, são recorrentes no Brasil. Dentre os prejuízos que causam, estão incluídos poluição atmosférica com a liberação de gases como CO₂, a perda de espécies da fauna e flora e a modificação no clima de seus arredores (CUSTÓDIO, 2006).

Neste contexto, um incêndio de cunho criminoso atingiu a vegetação do Parque Estadual do Cocó, localizado no município de Fortaleza (CE) na noite do dia 17 de novembro de 2021, durando mais de 22 horas e causando um grande impacto na flora e fauna do local. Diante do exposto, este trabalho visa empregar métodos de classificação supervisionada de imagens orbitais para analisar os danos na vegetação do Parque do Cocó decorrentes do incêndio, bem como calcular a área afetada em relação à área total.

Material e Métodos: A área de estudo é o Parque Estadual do Cocó, que fica localizado no município de Fortaleza no estado brasileiro Ceará (Figura 1). Possui 1571,29 hectares no total e é dividido em dois trechos, determinados no Decreto nº 32.248, de 07 de junho de 2017 (CEARÁ, 2017). É o maior parque natural em área urbana do Norte e Nordeste do Brasil e representa os ecossistemas Manguezal, Dunas, Restinga e Mata de Tabuleiro.

Figura 1 – Mapa de Localização do Parque do Cocó



Fonte: Da autora (2022).

O procedimento adotado para a execução do trabalho envolveu a aquisição de dados vetoriais nos sítios eletrônicos Fortaleza em Mapas e IBGE e a obtenção de imagens orbitais por meio do *United States Geological Survey* (USGS) e *Copernicus*. Pelo fato de propiciar melhores resoluções espaciais e temporais, pois a área de estudo é relativamente pequena, foram utilizadas neste estudo imagens do satélite Sentinel-2. Consideramos duas datas de imagens, uma antes do incêndio (dia 15 de outubro de 2021) e outra depois do incêndio (dia 19 de novembro de 2021). As imagens foram escolhidas com base no critério de melhor visibilidade e baixa cobertura de nuvens. O processamento digital de imagens foi feito no software QGIS, onde inicialmente foram transformados os valores das bandas espectrais de 1 a 7 (que podem ser observadas na Tabela 1) das imagens dos dois dias de número digital para reflectância. Em seguida, as bandas foram agrupadas em um único conjunto e recortadas utilizando a delimitação vetorial do Parque do Cocó. Para melhorar a visualização da área queimada, mudamos a simbologia e foi gerada uma composição colorida RGB, com a banda 6 (*Red Edge 2*) no canal do vermelho, banda 5 (*Red Edge 1*) no canal do verde e banda 4 (Vermelho) no canal do azul.

Tabela 1 – Informações das bandas do satélite Sentinel-2

Nº	Banda	Resolução Espacial	Comprimento de Onda (μm)
1	Aerosol	60m	0.443
2	Azul	10m	0.49
3	Verde	10m	0.56
4	Vermelho	10m	0.665
5	Red Edge 1	20m	0.705
6	Red Edge 2	20m	0.74
7	Red Edge 3	20m	0.783
8A	Red Edge 4	20m	0.865
8	NIR	10m	0.842
9	Vapor D'água	60m	0.94
10	Cirrus	60m	1.375
11	SWIR 1	20m	1.61
12	SWIR2	20m	2.19

Fonte: Adaptação de MIRANDA, 2019.

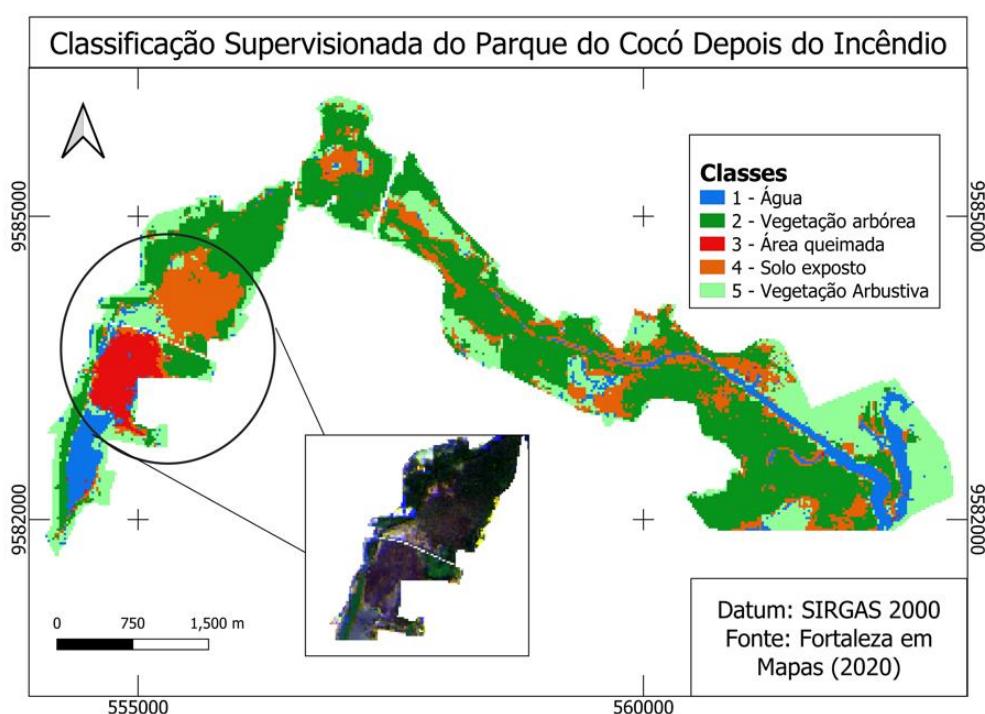
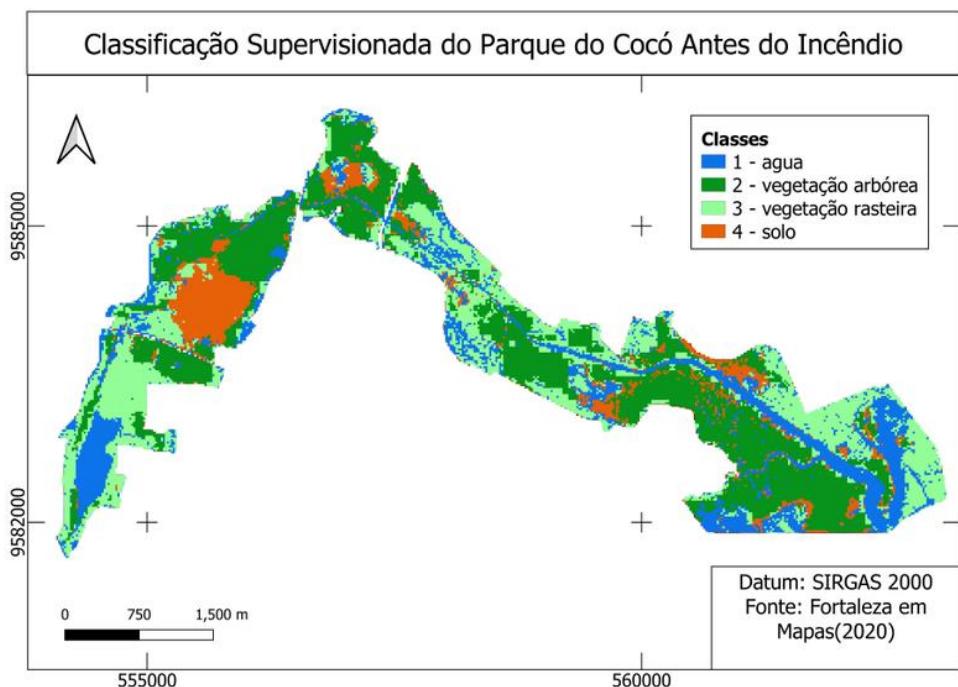
Em seguida, foi utilizado o complemento do QGIS *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP) para realizar a classificação supervisionada das imagens, empregando o método de máxima verossimilhança. As classes analisadas foram água (corpos hídricos), solo exposto, vegetação arbórea, vegetação rasteira e na imagem de após o incêndio foi adicionada a classe área queimada. Neste processo, coletamos amostras de *pixels* para cada tipo de classe analisada, e o algoritmo do *software*, baseado no comportamento espectral dos alvos em estudo, extrapolou a classificação para a imagem como um todo.

Ao final, as classes delimitadas foram convertidas para vetores, tornando possível o cálculo da área queimada em hectares, por meio da calculadora de campo.

Resultados e Discussão: As imagens empilhadas com a composição RGB 6-5-4 permitiram uma boa visualização e avaliação da área que foi atingida pelo incêndio, onde se pode ver e identificar facilmente a diferença entre o antes e depois da área que foi atingida pelo incêndio, pois uma grande área que antes era de tons claros de verde, com vegetação arbustiva e nas imagens de depois do incêndio aparece bem mais escura, efeito do fogo do incêndio.

Com a classificação supervisionada, foram criadas cinco classes (água, solo exposto, vegetação arbórea, vegetação arbustiva e área queimada), e a partir de suas respectivas amostras de pixels o *software* extrapolou a classificação para a imagem completa, possibilitando o destaque da área mais atingida pelo fogo.

Figuras 2 e 3 – Resultado da classificação supervisionada, respectivamente, antes e depois.



Fonte: Da autora (2022).

Através da vetorização do *raster* foi possível ter noção do tamanho da área que foi afetada que, segundo os nossos cálculos, corresponde a 42,041 hectares, ou seja, 2,67% da área total do Parque.

Conclusão: Os resultados obtidos nos permitiram quantificar o tamanho da área do Parque que foi atingida pelo incêndio criminoso, o que demonstra a praticidade e a acurácia que as ferramentas de geoprocessamento fornecem ao permitirem a análise das características do terreno e o cálculo da área mesmo à distância.

A metodologia de classificação supervisionada e o uso do complemento SCP do software QGIS proporcionaram a identificação com maior precisão da área que foi queimada possibilitando a identificação visual das mudanças que ocorreram na paisagem. As informações que podem ser obtidas através dessas tecnologias podem subsidiar uma melhor eficácia da gestão ambiental e de catástrofes, sendo um importante fator na tomada de decisões.

O uso do geoprocessamento e do sensoriamento remoto está se tornando cada vez mais necessário na gestão ambiental, em especial no monitoramento e avaliação de incêndios e queimadas em florestas e unidades de conservação devido à praticidade que nos fornece quanto à aquisição de dados sem a necessidade de estar diretamente na área em estudo.

Os incêndios em áreas verdes, especialmente em Unidades de Conservação causam impactos extremamente nocivos que afetam todo o redor da área e devem ser combatidos principalmente com a educação ambiental.

Referências:

- CEARÁ. Decreto nº 32.248 de 07 de junho de 2017, Fortaleza, CE.
- CUSTÓDIO, Maraluce Maria. Incêndios florestais no Brasil. In: Conferência apresentada junto ao Grupo de Estudos de Incêndios Florestais da Universidade de Valladolid. 2006.
- FITZ, Paulo Roberto. Geoprocessamento sem complicações. Oficina de textos, 2018.
- G1 CE. Incêndio no Parque do Cocó: 46,2 hectares foram afetados pelo fogo; bombeiros e técnicos avaliam área atingida. G1 CE, nov. 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2021/11/19/incendio-no-parque-do-coco-462-hectares-foram-afetados-pelo-fogo-bombeiros-e-tecnicos-avaliam-area-atingida.ghtml>>. Acesso em 07 fev. 2022.
- MORAES NOVO, Evelyn ML. Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações. Editora Blucher, 2010.
- ROSA, Roberto; BRITO, Jorge Luis Silva. Introdução ao geoprocessamento. UFU: Apostila. Uberlândia, 2013.
- SEMA. PARQUE ESTADUAL DO COCÓ. Secretaria do Meio Ambiente. <https://www.sema.ce.gov.br/gestao-de-ucs/parques/parque-estadual-do-coco_>. Acesso em 07 fev. 2022.
- TRINDADE, Weverton Carlos Ferreira; IARMUL, Jorge. O uso de imagens de satélite Sentinel-2 na análise de impactos ambientais: um caso de incêndio no Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, Paraná.
- TÚLIO, D. Gestor do Parque do Cocó afirma que incêndio foi criminoso. O Povo, nov. 2021. Disponível em: <<https://www.opovo.com.br/noticias/fortaleza/2021/11/19/gestor-do-parque-do-coco-afirma-que-incendio-foi-criminoso.html>>. Acesso em 07 fev. 2022.

VALE, Jones Remo Barbosa et al. Análise comparativa de métodos de classificação supervisionada aplicada ao mapeamento da cobertura do solo no município de Medicilândia, Pará. Interespaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade, p. 26-44, 2018.

ANÁLISE DA ERODIBILIDADE DO SOLO EM RELAÇÃO A DECLIVIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAJIBU-MIRIM, SOROCABA-SP COM O AUXÍLIO DE GEOTECNOLOGIAS

Vitor Kaiber dos Santos¹; William Masayoshi Kuriyama²; Felipe dos Santos Coelho³;
Nobel Penteado de Freitas⁴; Vanessa Cezar Simonetti⁵

1 – Vitor Kaiber dos Santos. Universidade de Sorocaba. vitor_kaiber@hotmail.com
2 – William Masayoshi Kuriyama. Universidade de Sorocaba. william.kym2000@gmail.com
3 – Felipe dos Santos Coelho. Universidade de Sorocaba. felipecoelhosantos13@gmail.com
4 – Nobel Penteado de Freitas. Universidade de Sorocaba. nobel.freitas@prof.uniso.br
4 – Vanessa Cezar Simonetti. Universidade de Sorocaba. va_simonetti@hotmail.com

RESUMO: Os solos proporcionam diversos benefícios à população através de serviços ambientais pela sua diversidade de uso. Deste modo, faz-se necessário o uso de recursos tecnológicos que contribuam com a análise e monitoramento ambiental através de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) no cenário ambiental para estudos de solos. O presente estudo tem como objetivo a avaliação da erodibilidade dos solos da Bacia Hidrográfica do rio Pirajibu-Mirim por meio do fator K presente na Equação Universal de Perda de Solos (USLE) baseando-se na variação de declividade em que o mesmo está inserido conforme classificação da EMBRAPA. As coletas dos solos foram baseadas na metodologia de distribuição de malha uniforme sobre a bacia, onde foram analisados os atributos físicos com profundidade de 0-20cm. O fator K foi calculado através da expressão indireta de Bouyoucos por meio dos dados obtidos na análise granulométrica. A espacialização dos resultados foi realizada por meio do interpolador Ponderação do Inverso da Distância (IDW). O fator K para o Pirajibu-Mirim variou de baixo a extremamente alto, com característica heterogênea. Os locais que apresentaram baixa suscetibilidade à erosão estão presentes em áreas vegetadas com terreno fortemente ondulado (20-45%) e montanhoso (45%-75%), já as regiões com o fator K extremamente alto estão distribuídas em regiões planas (0-3%). Analisando os resultados conclui-se que regiões a combinação de alta declividade e suscetibilidade extremamente altas foram pontuais não eximindo a necessidade de monitoramento da bacia devido a existência do risco de assorear os corpos hídricos por falta de cobertura vegetal em baixas declividades.

Palavras-Chave: Erodibilidade. Declividade. Geoprocessamento. Perda de solos.

ABSTRACT: Soils represent several benefits through environmental services due to their diversity of use. Thus, it is necessary to use technological resources that contribute to an environmental analysis and monitoring through Geographic Information Systems (GIS) in the environmental scenario for soil studies. The present study has as objective the erodibility of the

soils of the Pirajibu-Mirim River Watershed through the K factor presented in the Universal Soil Loss Equation (USLE) based on the slope assessment in which it is inserted according to the classification of the EMBRAPA. Soil collections were carried out using a mesh distribution methodology over the basin, where the physical attributes were defined with a depth of 020cm. The K factor was calculated through the indirect expression of Bouyoucos through the data obtained in the granulometric analysis. The spatialization of the results was performed using the Inverse Distance Weighting (IDW) interpolator. The K factor for Pirajibu-Mirim varies from low to extremely high, with heterogeneous characteristics. The lowlands are susceptible to flat areas - predominantly undulating (20-45%) and mountainous (45-4%) and mountainous (45-4%) areas, as regions with extremely high K factor are distributed in regions with the lowest extremely high K factor (0-3%). Analyzing the results, it is concluded that the bodies of high slope and extremely extreme susceptibility to the need for monitoring the basin are not punctual due to the existence of risk of silting up the water bodies due to lack of vegetation cover on low slopes.

Keywords: Erodibility. Geoprocessing. Soil loss. Interpolation.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21940649

Introdução: O solo com a sua biodiversidade, são considerados recursos naturais essenciais ao desenvolvimento e manutenção da vida no planeta.

A compreensão elementar da natureza possibilita a classificação do solo em sistemas, facilitando a distinção de seus atributos físicos, químicos e biológicos, uma vez que cada grupo de solos possui inúmeras características. A forma de manipulação do solo conforme suas características próprias resulta em melhor aproveitamento do mesmo (LEPSCH, 2011; MATIAS et al, 2013).

Faz-se mister analisar as vantagens que o solo proporciona para a sociedade. Do mesmo modo, é imprescindível valorizar e incentivar os estudos que analisam os fatores prejudiciais ao solo (WADT, 2003). O o atual estudo consiste em avaliar a suscetibilidade à erosão de um solo sobreposto a uma bacia hidrográfica tendo como parâmetro a declividade em que o mesmo está inserido pois este problema traz como consequência a perda das propriedades físico químicas do solo. No Brasil, a erosão mais predominante é a hídrica, por conta de o país estar localizado em uma região subtropical, ou seja, com um clima mais sazonal.

De acordo com os estudos de Cooke (1990), a compreensão acerca das bacias hidrográficas possui grande proporção como unidade para o planejamento sobre o manejo do solo. Diante do problema exposto, o uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG) tem se tornado de suma importância. Ao trazer avanços significativos no setor de pesquisa, abrangendo os aspectos de planejamento, processos de monitoramento, manejo e outros fatores que relacionam o espaço geográfico, o SIG acabou por disseminar-se no cenário atual (LANG, 2009; FITZ, 2008; SILVA, et. al, 2016).

De acordo com os estudos desenvolvidos por Wischmeier et al. (1978), é possível estimar a suscetibilidade do solo por fórmulas matemáticas, summarizadas na Equação da Perda de Solos (USLE). O fator K representa a erodibilidade do solo na medida em que reflete a suscetibilidade do mesmo à erosão, sendo expresso em MJ/ha e mm/ano, devendo-se ainda considerar a quantidade de solos perdidos, conjunto ao fator da erosividade R, que se refere aos índices de chuvas (LEPSCH, 2011).

De acordo com Oliveira (2021), a declividade infere forte influência nos processos erosivos no solo pela sua característica de minimizar ou maximizar o processo de escoamento superficial que por sua vez vem a gerar as erosões primordialmente laminar e podendo se transformar em ravinas voçorocas gerando arraste de minerais e nutrientes nas perdas de solos.

Estudos concretizados por Mannigel et al. (2002) consiste em calcular o fator de erodibilidade e a tolerância de perda de solos do Estado de São Paulo, sendo que o supramencionado faz também parte da summarização da USLE conhecido como fator A, ela é

calculada por unidade de área expressa em t/ha. Os métodos utilizados para calcular a erodibilidade do solo e a perda de solos foram o sistema de classificação do solo brasileiro, definido pela EMBRAPA (2006).

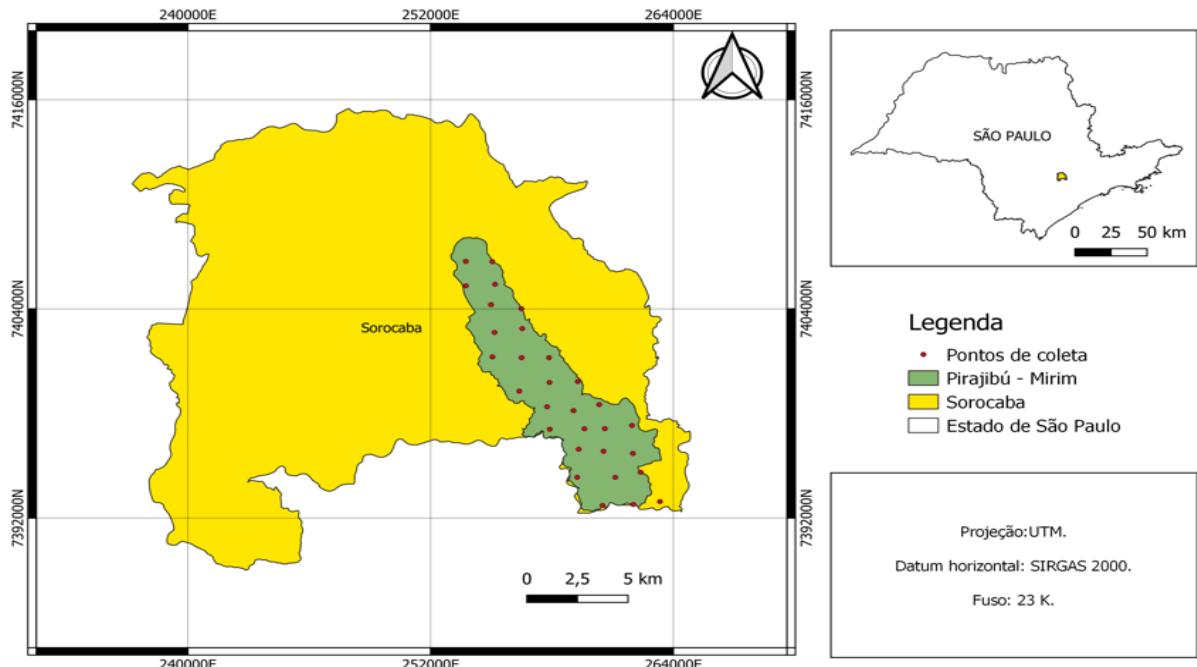
Diante disso, o estudo presente busca mensurar e categorizar a erosividade na bacia do Pirajibu-Mirim com ajuda de ferramentas de geoprocessamento e a partir dos dados obtidos inferir sobre a interferência da declividade local nos processos erosivos presentes.

Material e Métodos: O presente estudo pertence à Bacia Hidrográfica do rio Pirajibu-Mirim e possui uma área de 55,317 km² localizada no município de Sorocaba (figura 1), com área de 449 km² e com a população estimada de 644.919 habitantes, sendo 99% residentes na zona urbana. Quanto à vegetação, a área está inserida em um ecótono, com domínio de Mata Atlântica e Cerrado, onde o clima é caracterizado por chuvas no período do verão e invernos secos, classificado como Cw, além de uma precipitação média anual de 1.311 mm sendo que esta bacia contribui para 10% do abastecimento para a comunidade local (CORRÊA et al., 2016).

Está previsto no atual plano diretor do município de Sorocaba, regulamentado pela Lei nº 11.022, de 16 de dezembro de 2014 que a bacia do Pirajibu-Mirim está inserido na macrozona com grandes restrições à ocupação considerando como área de proteção de mananciais do tipo 1 (captação de água existente). De acordo com as cartas topográficas do IBGE (1996), é possível identificar 109 nascentes dentro do perímetro da bacia de estudo.

A coleta de dados referente aos aspectos físicos do solo foi realizada em 30 pontos amostrais distribuídos ao longo da Bacia Hidrográfica do Pirajibu-Mirim na profundidade de 0-20 cm, onde foram retirados 800g de solo com um trado holandês confeccionado em aço inox. As amostras obtidas foram enviadas ao laboratório selecionado para realização das análises. Os pontos amostrais foram georreferenciados por meio de um *Global Position System* (GPS) para obtenção das coordenadas geográficas e posterior confecção do mapa de distribuição de nutrientes na bacia.

Figura 1 - Localização da área de estudo e pontos de coleta



Fonte: Elaboração própria.

Os pontos foram distribuídos em malha dentro da delimitação da bacia hidrográfica, definido pelo software ArcGis 10.4.1. A malha serviu para distribuir os pontos proporcionalmente dentro da delimitação da bacia com uma distância e um raio específico do local destinado. Em alguns pontos, era nítido que os solos sofreram impactos antrópicos, principalmente nas regiões urbanas. Porém, não foi possível coletar na coordenada exata estipulada pela malha pois em muitos pontos o acesso era inviável e também a localização indicava em corpos hídricos. Portanto, foi coletado em um raio de 50 metros para cada ponto da malha para evitar desvios nos valores finais.

Depois de coletados e enviadas ao laboratório da Universidade Estadual Paulista de Botucatu, os resultados das amostras foram utilizados para estimativa do fator de erodibilidade do solo (K) de forma indireta, através da expressão de Bouyoucos (MANNIGEL et al., 2002; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012), que considera apenas a porcentagens das frações de areia, silte e argila, conforme a Equação (1):

$$K = \left(\frac{\% \text{ Areia} + \% \text{ Silte}}{\% \text{ Argila}} \right) \times \frac{I}{100} \quad (1)$$

Sendo K um fator de erodibilidade do solo ($t.ha.h.ha^{-1}.MJ^{-1}.mm^{-1}$); % de areia, silte e argila que representam as respectivas frações de uma amostra de solo. Para o Estado de São Paulo, foi utilizado 6 (seis) classes de fator K (MANNIGEL et al., 2002):

Tabela 1 – Classes de erodibilidade adaptado para o Estado de São Paulo

Classificação	Fator K ($t.ha.h.ha.MJ.mm$)
Muito baixo	< 0,0090
Baixo	0,0090 à 0,0150
Médio	0,0150 à 0,0300
Alto	0,0300 à 0,0450
Muito alto	0,0450 à 0,0600
Extremamente alto	

> 0,0600

Fonte: (MANNIGEL et al., 2002)

. A interpolação dos dados coletados em campo foi realizada por meio do interpolador Inverso do Quadrado da Distância (IQD) que é um interpolador univariado de médias ponderadas descrito pela Equação (2). Estudos realizados por Souza et al. (2017) concluíram que este interpolador apresenta resultados satisfatórios para estimar a distribuição de atributos físicos dos solos.

$$xp = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^2} * xi \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^2} \right)} \quad (2)$$

Sendo:

xp = atributo interpolado;

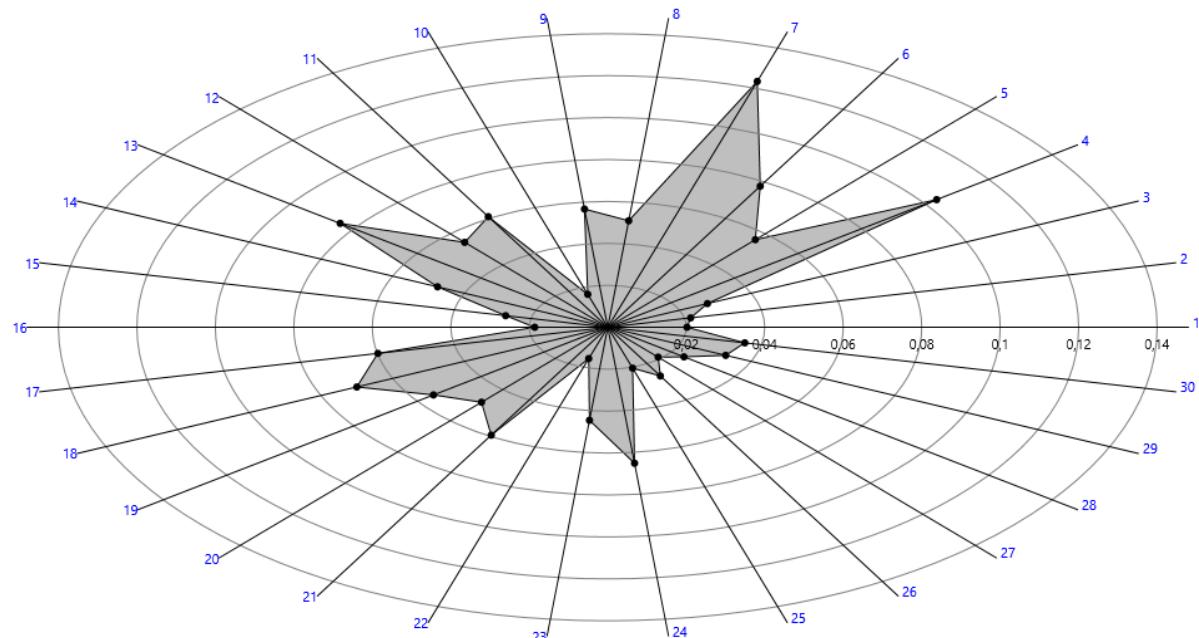
xi = valor do atributo do i-ésimo ponto de amostragem;

di = distância euclidiana entre o i-ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado;

n = número de amostras;

Resultados: Foi gerado um gráfico polar (figura 5) para representar o fator K e os respectivos pontos individuais. Os pontos com os maiores picos apresentam textura franco arenosa e os menores argilosos.

Figura 2 - Fator K para pontos individuais

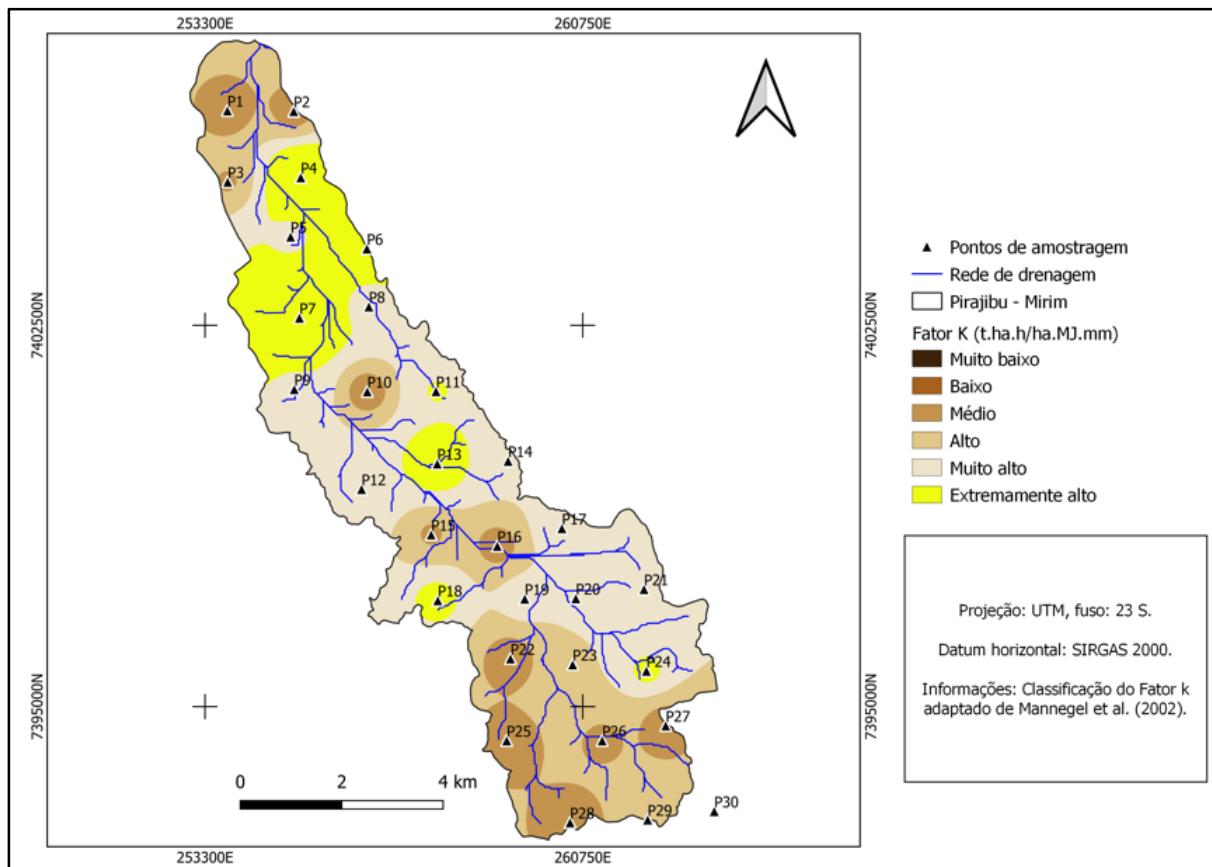


Fonte: Elaboração própria

O ponto 22 (vinte e dois) apresentou o valor mínimo a susceptibilidade à erosão por possuir uma textura argilosa. O ponto 7 (sete) apresentou o valor máximo de susceptibilidade à erosão devido a sua textura franco arenosa pois partículas mais degradadas e soltas tem maior facilidade em ser carregadas por enxurradas ou pelo vento, por conta de sua dimensão e densidade 0,05-2 mm (VOLK, 2008).

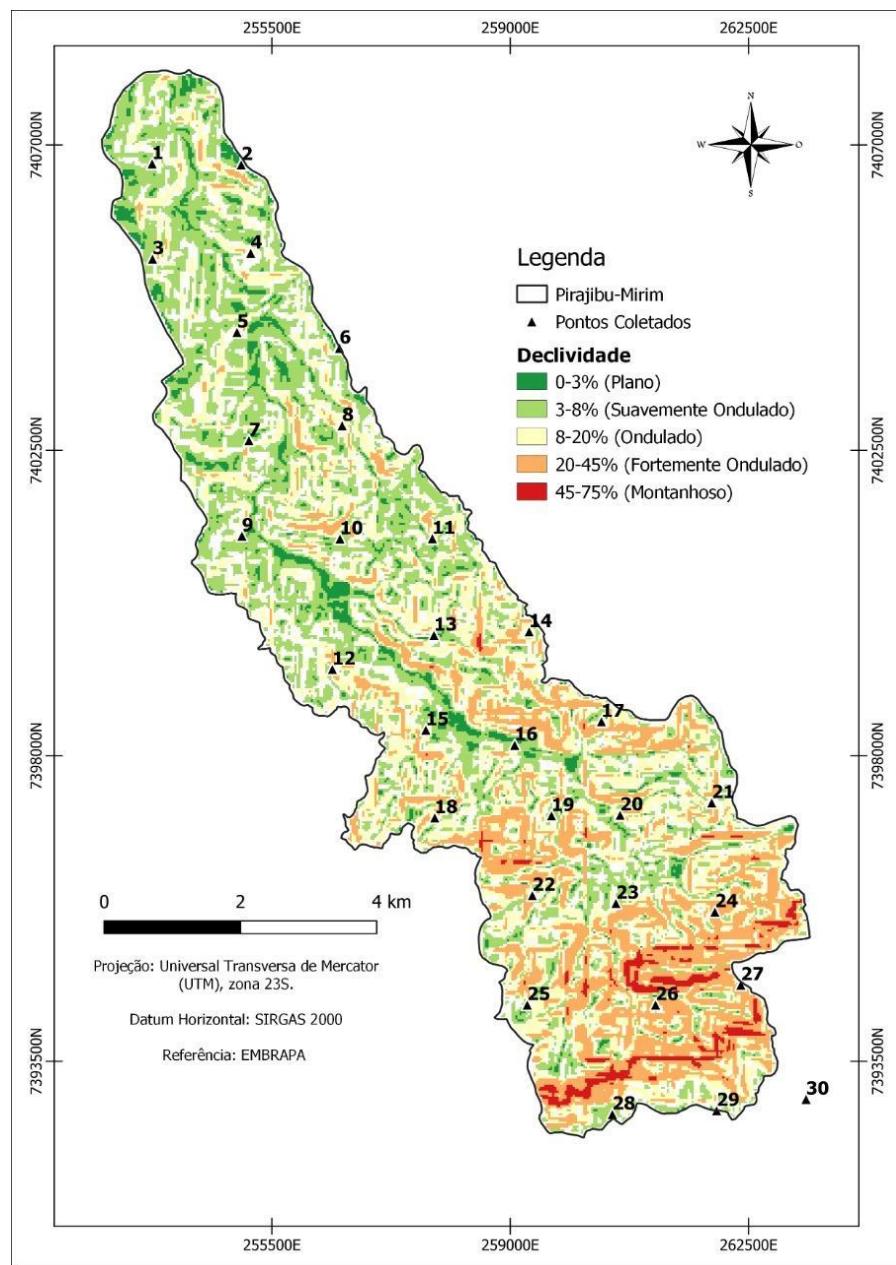
A partir dos resultados obtidos foi elaborado um mapa de erodibilidade do solo da bacia hidrográfica do Rio Pirajibú-Mirim (SP) onde foram interpolados através do *software* ArcGis 10.4.1 os dados de coordenadas dos pontos juntamente com os valores obtidos de erosividade (figura 7).

Figura 3 - Erodibilidade do Pirajibu-Mirim
Fonte: Elaboração Própria.



Além disso, foi elaborado um mapa junto ao mesmo *software* para os valores de declividade obtidos através de metodologias de classificação da Embrapa.

Figura 4 -Declividade do Pirajibu-Mirim



Fonte: Elaboração própria.

Discussões: O solo do Pirajibu–Mirim apresentou uma predominância alta de suscetibilidade à erosão. O fator k é resultante do teor de argila consistido na amostragem, isto se dá pela metodologia indireta que está relacionada ao denominador da fórmula.

Portanto, é possível afirmar que a expressão indireta de Bouyoucos não leva em consideração os fatores como declividade, cobertura vegetal e manejo do solo, apenas as características granulométricas. Entretanto, os locais que apresentaram o valor de fator k

extremamente alto é necessário ter intervenções por conta das atividades antrópicas que acarreta na degradação dos corpos hídricos.

Ressalta-se também que em relação a declividade, os valores do fator K se mantiveram na categoria baixo e médio nas regiões de nascentes de cabeceiras de morros representados pela categoria montanhosa (45-75%) e próximo a foz da bacia, reforçando assim a necessidade de preservação dessas áreas tendo em vista que erosões das mesmas representam problemas e prejuízos para todo o corpo hídrico local afetando possivelmente as bacias ao entorno. Além disso, é necessário ressaltar que os pontos coletados foram próximos a rios e leitos, e os mesmos que apresentam suscetibilidade a erosão extremamente alta como o ponto sete, possui uma facilidade maior dos sedimentos se depositarem nos corpos hídricos resultando em assoreamento.

Portanto, o uso indiscriminado do solo sem planejamento sem a prática conservacionista tendo em vista parâmetros de declividade e manejo sustentável ocasiona diversos processos erosivos resultantes do cultivo de monocultura ou falta de cobertura vegetal (SIMONETTI et al., 2018).

Conclui-se que os pontos mais erosivos estão presentes em locais com pouca cobertura vegetal e entre as zonas de declividade suavemente ondulado e fortemente ondulado. Sendo assim a chance de assoreamento de reservatórios e rios com sedimentos e lixiviação de nutrientes são altas, levando em consideração a declividade do terreno e a força da energia cinética da chuva. Estudo de Xavier et al. (2010) afirma que quando gerado o mapa final de potencial à erosão, através dos cruzamentos matriciais, verifica-se que o assoreamento do reservatório de Manso, está relacionado à falta de planejamento do uso e ocupação do solo. Fazendo com que corroboram com a necessidade de preservação das matas ciliares e ter um melhor planejamento sobre o uso do solo.

Conclusão: O fator erosivo não depende apenas das características granulométricas, apesar de possuir grande importância. Porém, devem ser considerados a declividade da região, cobertura vegetal, manuseio do solo e dos tipos de erosões que ocorrem no local.

É de fundamental importância o aprofundamento de estudos sobre a correlação da suscetibilidade a erosão e declividade das áreas pois através desses dois parâmetros é possível o estabelecimento de diversas conclusões e teorias, entre outras, sobre o estado de conservação local, características de interferência antrópica e possibilidades de remediação.

Este estudo prova que há necessidade de estar monitorando a bacia do Pirajibu-Mirim, pois quando a qualidade do solo é alterado, reflete diretamente na qualidade da vegetação local e dos recursos hídricos, principalmente quando a bacia apresenta uma predominância muito alta de suscetibilidade à erosão na região central.

Referências:

- BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. Conservação do Solo. 8 ed. São Paulo: ícone, 2012.
- COOKE, R. V. et al. Geomorphology in environmental management: a new introduction. 2 ed. Oxford University Press (OUP), 1990.
- CORRÊA, C, J, P.; TONELLO, K, C.; SILVEIRA F, F. Análise hidroambiental da microbacia do Pirajibu-Mirim, Sorocaba, SP, Brasil. Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science, v. 11, n. 4, 2016.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ed. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/338818/1/sistemabrasileirodeclassificacaodossolos2006.pdf>. Acesso em: 17 de julho de 2019.
- FITZ, Paulo Roberto. Geoprocessamento sem complicações. Oficina de textos, 2018.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Loja do IBGE. 1996. Disponível em: <http://loja.ibge.gov.br/cartas-mapas-e-cartogramas/mapeamento-topográfico>. Acesso em: 15 de julho de 2019.
- LANG, S.; BLASCHKE, T. Análise da Paisagem com SIG. Tradução: KUX, H. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- LEPSCH, IGO, F. 19 lições de pedologia. --. São Paulo: Oficina de textos, 2011.
- MANNIGEL, A, R.; CARVALHO, M, P.; MADEIRO, D, M, L, R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 24, p. 1335-1340, 2002.
- MATIAS, S, S, R.; MARQUES, J, J.; SIQUEIRA, D, S.; PEREIRA, G, T. Modelos de paisagem e susceptibilidade magnética na identificação e caracterização do solo. Pesquisa Agropecuária Tropical, p. 93-103, 2013.
- OLIVEIRA, Livania Norberta; AQUINO, Cláudia Maria Sabóia. Análise dos fatores de erodibilidade e declividade na sub-bacia hidrográfica do rio Gurgueia, Piauí-Brasil. Terr@ Plural, v. 15, p. 1-14, 2021.

- SILVA, D. C. C.; SALES, J. C. A., ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; LOURENÇO, R. W. Caracterização morfométrica e suas implicações no acúmulo de sedimentos em reservatórios: O caso da Represa Hedberg, Iperó/SP. Raega-O Espaço Geográfico em Análise, v. 36, p. 225-247, 2016.
- SIMONETTI, Vanessa Cezar et al. Análise da suscetibilidade do solo a processos erosivos do Parque Natural Municipal Corredores de Biodiversidade (PNMCBIO) de Sorocaba (SP). Raega-O Espaço Geográfico em Análise, v. 44, p. 169-180, 2018.
- SOUZA, V.; GALVANI, E. DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL NATURAL À EROSÃO LAMINAR NA BACIA DO RIO JACARÉ GUAÇÚ (SP)-determination of natural potential for soil erosion in jacaré guaçú stream basin (são paulo state-brazil). Raega-O Espaço Geográfico em Análise, v. 39, p. 08-23, 2017.
- VOLK, L.B.S.; COGO, N.P. Inter-relação biomassa vegetal subterrânea-estabilidade de agregados-erosão hídrica em solo submetido a diferentes formas de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n. 4, p. 1713-1722, 2008.
- WADT, P, G, S. Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas. Embrapa Acre-Dокументos (INFOTECA-E), 2003.
- WISCHMEIER, Walter H. et al. Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation planning. Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation planning., 1978.
- XAVIER, Fernanda Vieira et al. Análise da suscetibilidade à erosão laminar na bacia do rio manso, Chapada dos Guimarães, MT, utilizando Sistemas de Informações Geográficas. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 11, n. 2, 2010.

ANÁLISE MULTITEMPORAL DO GRAU DE ANTROPIZAÇÃO NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DO MURUNDU, IBIÚNA, SP

Leticia Tondato Arantes¹; Bruna Henrique Sacramento²; Hetiany Ferreira da Costa³;
Darllan Collins da Cunha e Silva⁴; Roberto Wagner Lourenço⁵

1 – Leticia Tondato Arantes. Universidade Estadual Paulista – ICTS. leticia.tondato@unesp.br

2 – Bruna Henrique Sacramento. Universidade Estadual Paulista – ICTS. bruna.sacramento@unesp.br

3 – Hetiany Ferreira da Costa. Universidade Estadual Paulista – ICTS. hetiany.fc@gmail.com

4 - Darllan Collins da Cunha e Silva. Universidade Estadual Paulista – ICTS. darllan.collins@unesp.br

5 – Roberto Wagner Lourenço. Universidade Estadual Paulista – ICTS. roberto.lourenco@unesp.br

RESUMO: Modificações no uso e cobertura da terra veem ocorrendo de forma crescente e desordenada, ocasionando uma série de impactos negativos na paisagem, por conseguinte, comprometendo a qualidade dos recursos naturais. Nesse sentido, esse trabalho tem como objetivo avaliar a degradação ambiental em uma sub-bacia com base em três períodos (2000, 2010 e 2020) por meio da construção do índice denominado “Índice de Transformação Antrópica”, com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento. Os resultados demonstram que a sub-bacia foi classificada como “regular”, todavia, quando analisado os três anos observa-se um aumento do ITA, deste modo, requerendo atenção dos órgãos gestores, uma vez que a sub-bacia pode avançar para maior grau antropização. Por fim, pode-se dizer que a metodologia utilizada se mostrou eficiente para avaliar o grau de transformação antrópica, podendo contribuir como ferramenta para auxiliar na análise ambiental, com o intuito de reduzir a degradação ambiental nessas áreas.

Palavras-Chave: Geoprocessamento; Uso da Terra; Degradação Ambiental.

ABSTRACT: Changes in land use and cover are occurring in an increasing and disorderly way, causing a series of negative impacts on the landscape, therefore, compromising the quality of natural resources. In this sense, this work aims to evaluate the environmental degradation in a sub-basin based on three distinct periods (2000, 2010 and 2020) through the construction of the environmental index called "Anthropic Transformation Index", with the help of tools of geoprocessing. The results show that the sub-basin was classified as "regular", however, when analyzing the three periods, an evolution in values is observed, thus requiring attention from Organs management bodies, since it can advance to greater anthropization. Finally, it can be said that the methodology used proved to be efficient to assess the degree of anthropic transformation, where it can contribute as a tool to assist in environmental analysis, in order to reduce environmental degradation in these areas.

Keywords: Geoprocessing; Land Use; Environmental Indicators.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21940655

Introdução: Atualmente uma das questões de ampla preocupação estão relacionadas aos problemas ambientais em função da intensa exploração dos recursos naturais e elevado número de mudanças no uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas (BELWARD; SKOEN, 2015). Visto que quanto mais intenso são as atividades antrópicas estabelecidas na bacia hidrográfica, consequentemente maior será a alteração da paisagem, por conseguinte, afetando de forma direta os recursos ambientais, biodiversidade e o próprio ser humano (COCCO et al., 2015).

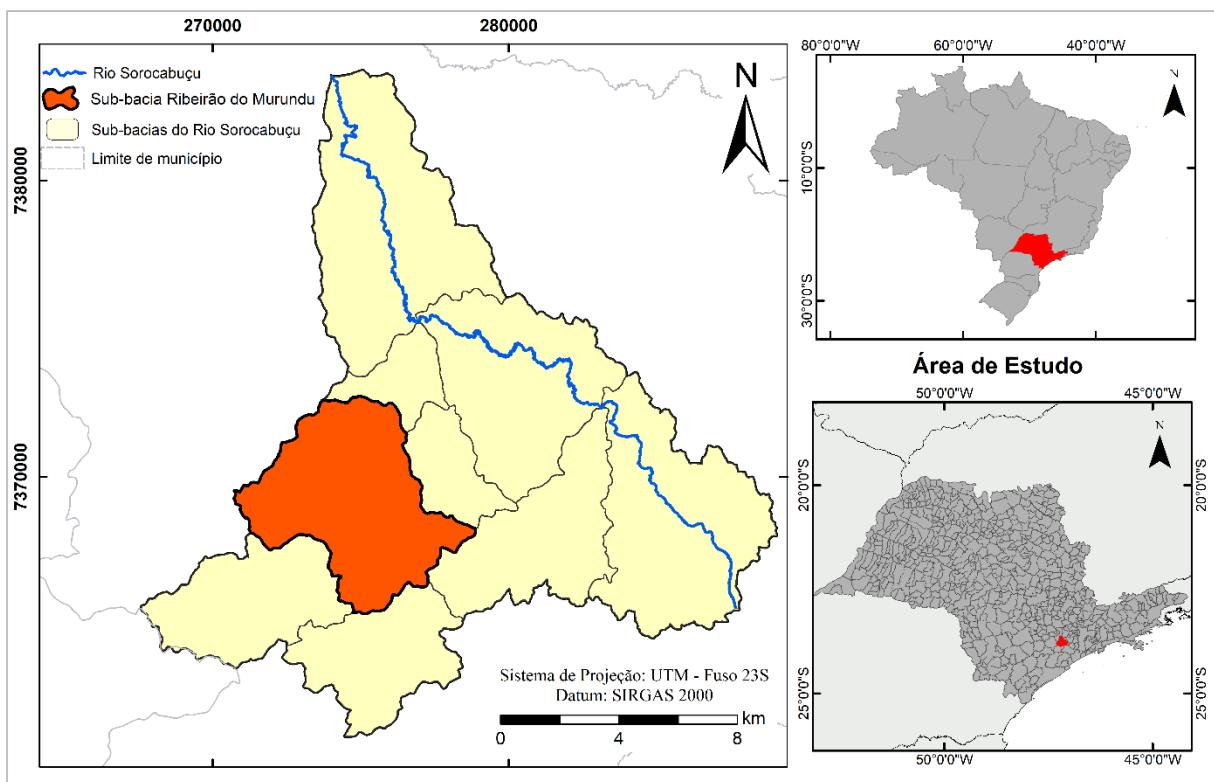
Nesse sentido, condições não adequadas às condições naturais do uso e cobertura da terra, desencadeiam inúmeros problemas de degradação ambiental, logo, requerendo alternativas para o entendimento dos efeitos das atividades antrópicas e gerenciamento dessas áreas (TAELMAN et al., 2016; LOLLO et al., 2019).

Para tanto, diversos trabalhos utilizam abordagens que fazem o uso de geotecnologias, como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Sensoriamento Remoto (SR) de forma integrada para diferentes tipos de estudos ambientais e análises associadas às variações espaciais e temporais, de forma rápida e precisa (AHMAD, 2012; RAWAT, 2015).

Nesse cenário, uma das formas de avaliar a modificação antrópica da paisagem é por meio do uso de índices e indicadores em ambiente SIG, possibilitando estabelecer o grau de transformação antrópica existente em bacias hidrográficas. Dentre os índices, destaca-se o Índice de Transformação Antrópica (ITA), utilizado por diversos pesquisadores (RIBEIRO; GALVANIN; PAIVA, 2017; SILVA et al., 2017; LOPES et al., 2021), o qual possibilita mensurar a pressão das ações antropogênicas acerca de um determinado componente da paisagem, bem como o grau de antropização existente na unidade ambiental analisada, auxiliando no fornecimento de dados para auxiliar os órgãos gestores nas áreas que carecem maior atenção. Diante do exposto, esse trabalho objetivou efetuar uma análise multitemporal da transformação antrópica da sub-bacia do Ribeirão do Murundu, para os anos de 2010 e 2022. Para tal, foi elaborado o Índice de Transformação Antrópica (ITA), por meio do uso de dados de SR e SIG.

Material e Métodos: A área de estudo refere-se à sub-bacia do Ribeirão Murundu pertencente a Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabuçu (BHSR), localizada na região sudoeste do Estado São Paulo, no município de Ibiúna, apresentando uma área de aproximadamente 203 km².

Figura 1: Localização da sub-bacia do Ribeirão do Murundu



Fonte: Os Autores (2022).

A área em questão é tida como uma importante unidade de gestão hídrica, uma vez que está inserida na Unidade de Conservação (UC) designada Área de Proteção Ambiental (APA) da represa de Itupararanga, a qual objetiva a preservação e conservação dos recursos hídricos, bem como a proteção da diversidade biológica (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2010).

Índice de Transformação Antrópica

O Índice de Transformação Antrópica (ITA) tem como objetivo quantificar a pressão antrópica acerca dos componentes da paisagem, possibilitando avaliar o grau de antropização na área de análise (LÉMECHEV, 1982). O ITA é determinado tendo como base dados de uso da terra e cobertura vegetal, onde é atribuído pesos que variam de 0 a 10 para os diferentes tipos de uso da terra e cobertura vegetal. O índice foi calculado por meio da Equação 1.

$$ITA = \frac{\sum(\% \text{ Uso} \times \text{Peso})}{100} \quad (1)$$

Sendo:

Uso: referente à área em valores percentuais da classe de uso da terra e cobertura vegetal;

Peso: peso determinado para os diferentes usos da terra e cobertura vegetal considerando o grau de alteração antrópica.

A classificação do ITA é dividida em quatro classes, com valores entre 0 e 10: pouco degradada (0 - 2,5), regular (2,5 - 5), degradada (5 - 7,5) e muito degradada (7,5 - 10). Deste modo, o estabelecimento dos pesos para os diferentes tipos de uso da terra/cobertura da vegetação para a sub-bacia do Ribeirão do Murundu, teve como base o método Delphi, o qual atribui os pesos tendo como base a multidisciplinariedade e a visão de especialistas (SCHWENK; CRUZ, 2008).

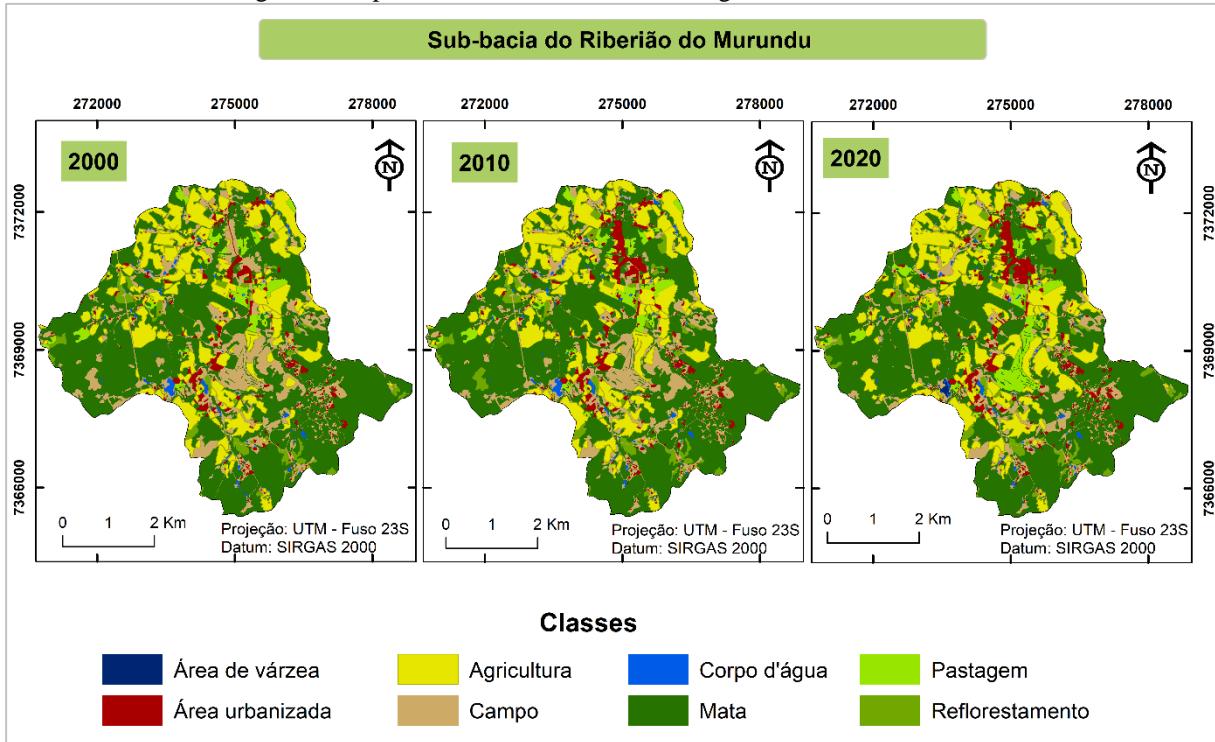
Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal

Os mapas do uso da terra e cobertura do vegetal para os anos de 2000, 2010 e 2020 para a área de estudo, foram desenvolvidos no Laboratório de Geoprocessamento e Modelagem Matemática Ambiental (LABGEMM) da UNESP – Sorocaba, utilizando o método de interpretação visual para a extração de informações acerca da cobertura terrestre. Para tal, inicialmente foi realizado o mapeamento para o ano de 2010 utilizando ortofoto do sensor Vexcel Ultracam, com resolução espacial de 0,45 metros e, posteriormente, retificada para os demais anos utilizando imagens Landsat com resolução espacial de 15 m, obtido no portal de imagens da USGS e do satélite do CBERS 4A disponibilizada no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

As classes temáticas adotadas nesse trabalho foram adaptadas do Manual Técnico de Uso da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), sendo definidas um total de 8 classes: Área Urbanizada, Área de Várzea, Agricultura, Campo, Corpo d'água, Cultura Temporária, Cultura Permanente, Pastagens e Reflorestamento. Este procedimento gerou o produto denominado Mapa de uso da terra e cobertura vegetal.

Resultados e Discussão: A Figura 2 apresenta os mapas de uso da terra e cobertura vegetal para os anos de 2020, 2010 e 2020, para a sub-bacia do Rio Murundú, possibilitando observar a distribuição espacial das classes existentes na sub-bacia.

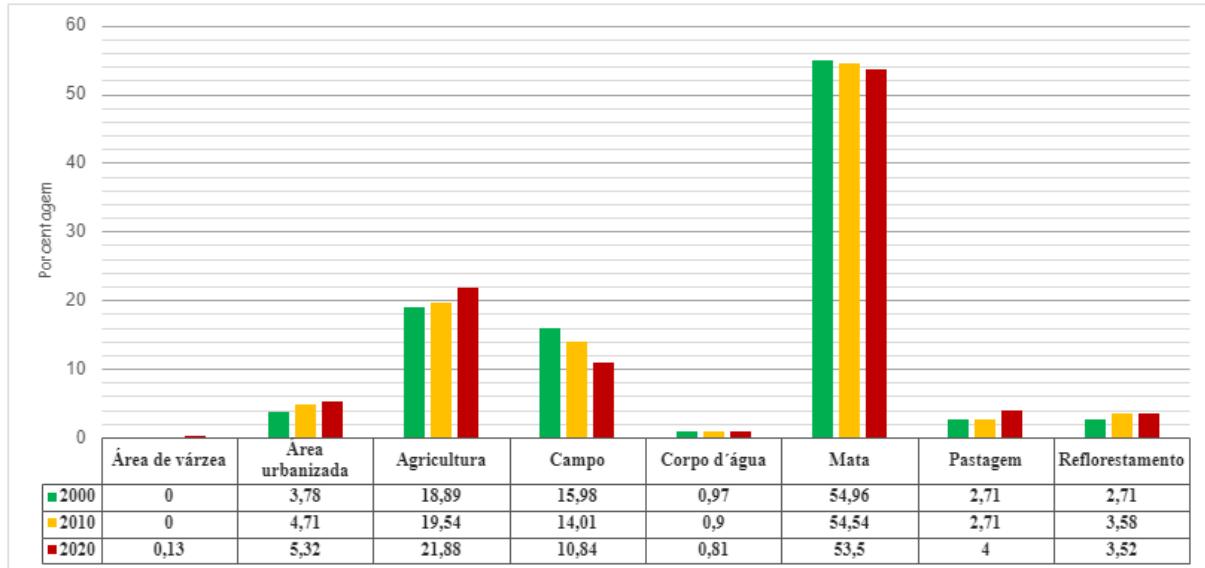
Figura 2: Mapa de uso da terra e cobertura vegetal do ano de 2000, 2010, 2020.



Fonte: Os autores (2022).

A Figura 3, exibe a área pertencente a cada uma das classes de uso da terra e cobertura vegetal presente na área de estudo, viabilizando identificar as atividades predominantes na sub-bacia e transições entre as classes e, posteriormente, utilizar esses dados em conjunto com outras informações relevantes para a geração de índices ambientais visando fornecer subsídios para o gerenciamento dessas áreas.

Figura 3: Gráfico quantitativo em porcentagem das classes uso da terra e cobertura vegetal.

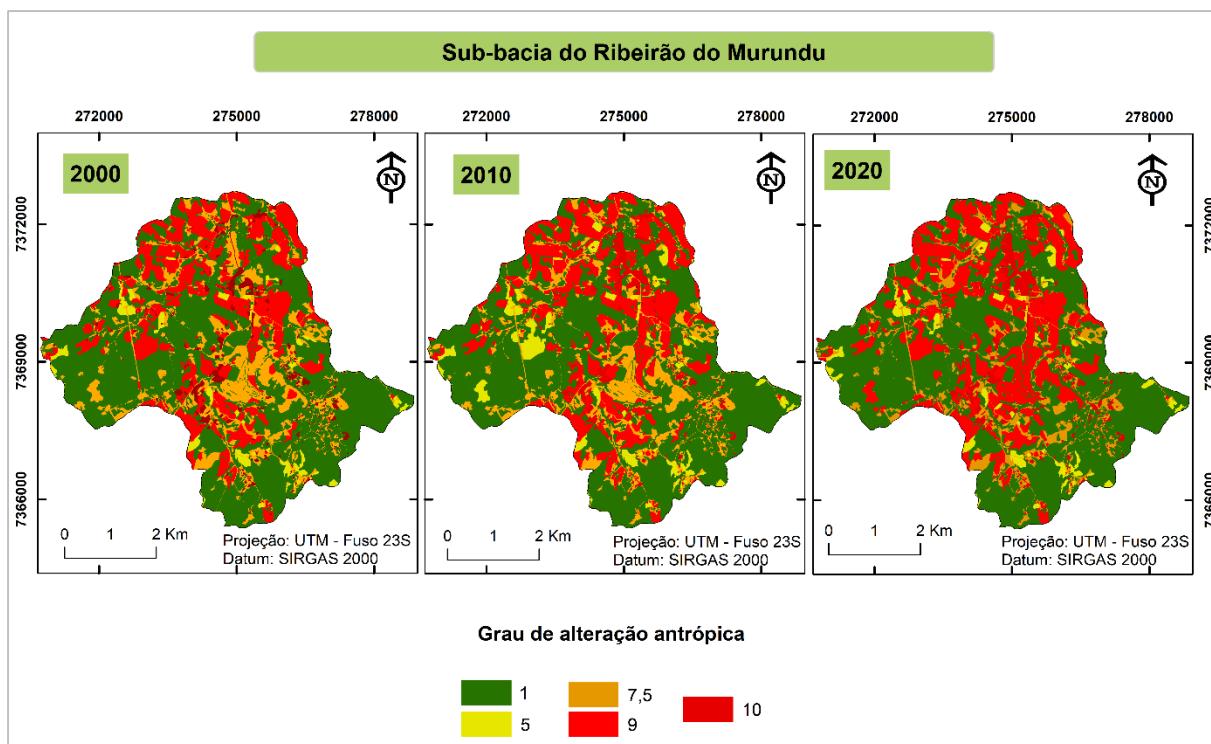


Segundo o gráfico quantitativo para cada uma das classes (Figura 3) é possível observar que a classe predominante na área de estudo é a “mata”, com um valor médio de representatividade de 54% do total da área, concentrada na região sudeste e oeste da sub-bacia, seguida da ocorrência da classe de “agricultura” com cerca de 21% da área, distribuída de forma aleatória ao longo da área, por outro lado, a classe “área de várzea” refere-se a classe com a menor representatividade.

Analisando a classificação do uso da terra e cobertura vegetal entre 2000, 2010 e 2020 (Figura 2), dentre as mudanças observadas nesse período, observa-se um ligeiro crescimento da classe “agricultura” (de 18,9% em 2000 para 21,9% em 2020), redução da área na classe “mata” de 55% (2000) para 53,3% (2020), a classe “campo” também reduziu de 16% para 10,8% da área total, já as demais classes de usos identificadas (área de várzea, corpo d’água, pastagem e reflorestamento) representam pequenas áreas na bacia ou tiveram mudanças pouco expressivas.

Na Figura 4 é exibido a espacialização dos pesos resultantes para as classes existentes no mapa de uso da terra e cobertura vegetal da sub-bacia segundo o seu nível de antropização, atribuídos por meio de consultas aos especialistas do LABGEMM.

Figura 4: Uso da terra e cobertura vegetal com os respectivos pesos do grau de alteração antrópica

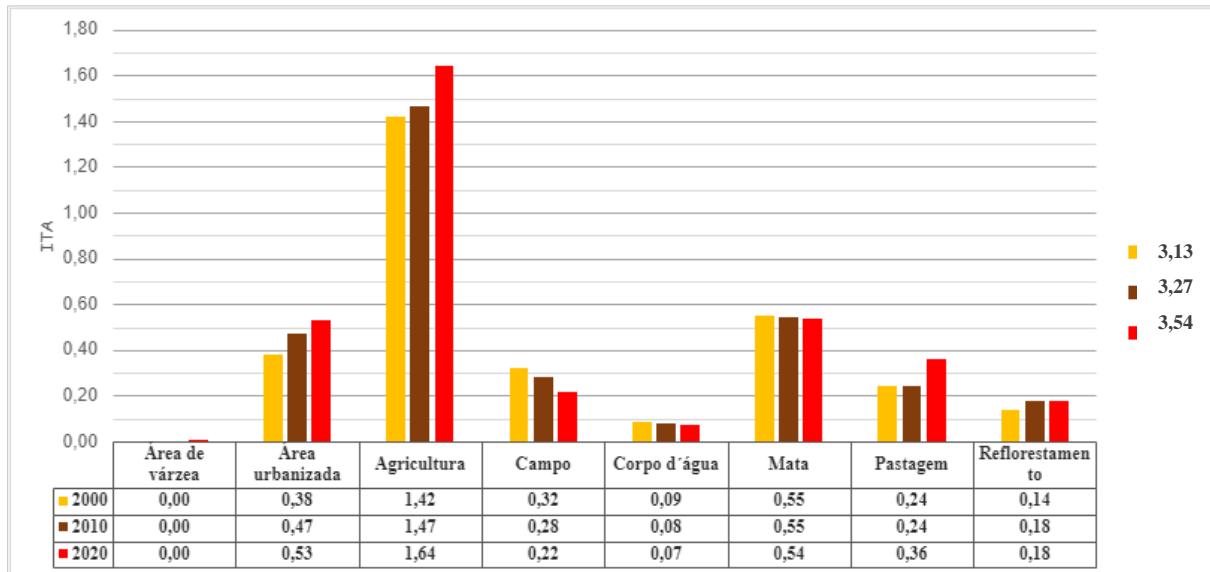


Fonte: Os autores (2022).

Os menores níveis de alteração antrópica referem-se as áreas constituídas por mata, corpo d'água e área de várzea com pesos igual a 1, já o grau regular diz respeito a áreas composta por reflorestamento (5) e campo (7,5), caracterizadas por serem áreas que não apresentam alterações significativas na paisagem. Em paralelo, maiores alterações antrópicas denota as áreas com constantes alterações antropogênicas, compreendendo as áreas de agricultura, pastagem sem o manejo adequado, área urbanizada, com pesos de 9, 9 e 10, respectivamente.

Com relação aos valores do ITA obtidos nos anos analisados, foi possível verificar quais os tipos de usos possuem maiores níveis de alterações antrópicas e classificar a sub-bacia segundo o seu o grau de antropização, conforme é apresentado na Figura 5.

Figura 5. Gráfico de distribuição dos valores de ITA para a sub-bacia



Com base no valor de ITA obtido para a sub-bacia do Ribeirão do Murundu é classificada como “Regular” para os três anos, sendo o ano de 2020 (3,54) o que resultou no menor valor para o índice, seguido do ano de 2010 e 2020 com 3,13 e 3,27 respectivamente, evidenciando que as perturbações antropogênicas estão se tornando mais prevalentes (DENG; GIBSON, 2020). Diversos trabalhos evidenciam um aumento do grau de antropização com o passar dos anos em bacias hidrográficas (PEREZ; CARVALHO, 2012; GOUVEIA; GALVANIN; NEVES, 2013; LOPES et al., 2021), em concordância com o resultado obtido nesse estudo.

Dentre as classes analisadas, o principal fator de mudança na paisagem se deve ao aumento da área destinada a classe “agricultura”, com maior índice em 2020, que conforme Tayyebi et al. (2015) é uma grande ameaça à qualidade dos recursos hídricos, em função do uso exacerbado de agrotóxicos, somado a isso, a não adoção de práticas de conservação do solo, podem ocasionar uma série de problemas de degradação do solo (POUDEL et al., 2016).

Concomitantemente, nas classes de “área urbanizada”, “pastagem” e “reflorestamento” ocorreu adição no valor do ITA no decorrer dos anos. O aumento das áreas de pastagem resulta em alguns efeitos no meio ambiente, como a degradação da paisagem, empobrecimento do solo, induz a ocorrência de processos erosivos em função da alteração no regime do escoamento superficial e pode comprometer a qualidade da água de forma direta e indireta (LOLLO et al. 2019).

Em contrapartida, a classe “mata” apresentou um menor valor no decorrer dos anos, demonstrando que parte da vegetação natural foi suprimida para o estabelecimento de atividades

antrópicas, configurando um impacto ambiental negativo, dado que o aumento da intensidade do uso da terra, por conseguinte, na cobertura vegetal pode alterar drasticamente a qualidade e disponibilidade dos recursos naturais comprometendo os serviços ambientais (LEES et al., 2015; HASAN et al., 2020).

Ainda que os resultados de ITA apontem um grau “regular” de antropização da área de estudo, destaca-se a demanda de planejamento e gestão no intuito de prevenir que ações antrópicas potencializem os impactos negativos nessas áreas, uma vez que ocorre uma tendência no aumento do ITA com o passar dos anos na área de estudo, podendo elevar o grau de antropização da sub-bacia.

Conclusão: Por meio do estudo foi possível constatar o grau de transformação antrópica da sub-bacia do Ribeirão do Murundu a partir do ITA, sendo classificada como “regular” para todos os anos analisados, evidenciando um aumento ligeiro nos valores do ITA no decorrer dos anos, logo, requerendo atenção dos órgãos gestores, uma vez que a sub-bacia pode alcançar maior grau de antropização se exposto a formas de uso e cobertura da terra inadequados. Ainda, o indicador obtido nesse estudo pode contribuir como ferramenta no fornecimento de dados visando auxiliar os órgãos gestores na identificação das áreas com maiores níveis de degradação, por conseguinte, corroborando com um maior nível de proteção dessas áreas.

No que diz respeito a metodologia, o estabelecimento do índice combinado com as ferramentas de geoprocessamento se mostrou eficientes para a identificação e quantificação das áreas que requerem maior atenção dos órgãos gestores em função das atividades antrópicas.

Agradecimentos: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

Referências:

- AHMAD, F. Detection of change in vegetation cover using multi-spectral and multi-temporal information for district Sargodha, Pakistan. *Sociedade & Natureza*, v. 24, 2012.
- BELWARD, A. S. ; SKOJEN, J. O. Who launched what, when and why; trends in global land-cover observation capacity from civilian earth observation satellites. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 103, p. 115-128, 2015.
- COCCO, J. et al. Análise e previsões das ações antrópicas para a bacia do rio do Sangue – Mato Grosso/Brasil. *Revista de Estudos Sociais*, v. 17, n. 34, p. 52-63, 2015.

- DENG, X. Z.; GIBSON, J. Sustainable land use management for improving land eco-efficiency: a case study of Hebei, China. *Annals of Operations Research*, v. 290, p. 265–277, 2020.
- FUNDAÇÃO FLORESTAL. Plano de Manejo da APA de Itupararanga. Fundação Florestal. São Paulo, 2010.
- GOUVEIA, R. G. L.; GALVANIN, E. A.S.; NEVES, S. M. A. S. Aplicação do índice de transformação antrópica na análise multitemporal da bacia do córrego do Bezerro Vermelho em Tangará da Serra-MT. *Revista Árvore*, v. 37, n. 6, 2013.
- HASAN, R. et al. Impact of eco-hydrological factors on growth of the Asian stinging catfish *Heteropneustus fossilis* (Bloch, 1794) in a Wetland Ecosystem. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, v.24, n. 5, p.77-94, 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Manual técnico de uso da terra. 3^a ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p.
- LÉMECHEV, T. On hydrological heterogeneity catchment morphology and catchment response. *Journal of Hydrology*, v.100, p.357- 375, 1982.
- OLLO, J. A. et al. Mudanças de uso e cobertura da terra e degradação ambiental em bacias hidrográficas. In: AMÉRICA-PINHEIRO, J. L. Bacias Hidrográficas: fundamentos e aplicações. Tupã: ANAP, 2019. p. 17-42.
- LOPES, E. R. N. et al. Anthropic Exposure Indicator for River Basins Based on Landscape Characterization and Fuzzy Inference. *Water Resource*, n.48, p. 29–40, 2021.
- POUDEL, D. D. Surface water quality monitoring of an agricultural watershed for nonpoint source pollution control. *Journal Soil Water Conservation*, v.71, n. 4, p. 310-326, 2016.
- PEREZ, D. J.; CARVALHO, S. L. Aplicação de dois indicadores ambientais para quantificação da antropização na microrregião do Córrego do Ipê (SP) – Brasil. *Revista de Ciências Agrícola*. v. 29, p. 93 - 107. 2012.
- RAWAT, K. S.; MISHRA, A.K.; BHATTACHARYYA, R. Soil erosion risk assessment and spatial mapping using LANDSAT-7 ETM+, RUSLE, and GIS-a case study Arabian. *Journal of Geosciences*, v. 9, p. 288, 2016.
- RIBEIRO, H. V.; GALVANIN, E. A. S.; PAIVA, M. M. Análise das pressões antrópicas na bacia Paraguai/Jauquara-Mato Grosso. *Ciência e Natura*, v. 39, n. 2, p. 378-389, 2017.
- SILVA, D. C. C. et al. Metodologia para análise do potencial de degradação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas. *Caderno de Geografia*, v. 27, n. 50, 2017.

SCHWENK, L. M.; CRUZ, C. B. M. Conflitos socioeconômico ambientais relativos ao avanço do cultivo da soja em áreas de influência dos eixos de integração e desenvolvimento no Estado de Mato Grosso. *Acta Scientarium. Agronomy*. v. 30, p. 501-511. 2008.

TAELMAN, S. E. et al. Accounting for land use in life cycle assessment: The value of NPP as a proxy indicator to assess land use impacts on ecosystems. *Science of The Total Environment*, v. 57, p. 143-156, 2016.

TAYYEBI, A.; PIJANOWSKI, B. C; PEKIN, B. K. Land use legacies of the Ohio River Basin: Using a spatially explicit land use change model to assess past and future impacts on aquatic resources. *Applied Geography*, v. 57, p. 100-111.

GEOTECNOLOGIAS COMO INSTRUMENTO DE SUPORTE À GESTÃO DAS ROTAS DE COLETA DE MATERIAL RECICLÁVEL

J.M.F. Galvão¹; L. M. Nery²; V.C. Simonetti³; D.C.C. Silva⁴

1 – Jonilson Michel Fontes Galvão, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. jonilson.galvao@unesp.br

2 – Liliane Moreira Nery, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. liliane.nery@unesp.br

3 – Vanessa Cezar Simonetti, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. va_simonetti@hotmail.com

4 – Darllan Collins da Cunha e Silva, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. darllan.collins@unesp.br

RESUMO: A preocupação com o aumento do descarte de resíduos sólidos levou o Brasil a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. No entanto, além do descarte, a logística compreende fator essencial de análise para o custo e benefício que o resíduo agrupa. Dessa forma, o objetivo deste estudo é utilizar geotecnologia na gestão de uma empresa de coleta seletiva. Os resultados mostraram que, dos seis veículos utilizados na coleta, apenas dois apresentam melhores indicadores, dois caminhões apresentam baixa eficiência com materiais recolhidos e menores imóveis atendidos e um dos veículos possuí maior rota e maior quantidade de domicílio atendidos, porém seus indicadores não apresentam bons resultados de curso e benefício. Desta forma, o estudo contribuiu para a empresa de coleta seletiva um plano de rotas para maximizar as zonas atendidas, criando assim, mais de 500 novos pontos de coleta.

Palavras-Chave: Reciclagem; Geoprocessamento; Gestão

ABSTRACT: Concern about the increase in the disposal of solid waste led Brazil to promulgate the National Solid Waste Policy. However, in addition to disposal, logistics comprises an essential analysis factor for the cost and benefit that the waste aggregates. Thus, the aim of this study is to use geotechnology in the management of a selective collection company. The results showed that, of the six vehicles used in the collection, only two have better indicators, two trucks have low efficiency with collected materials and lower properties served and one of the vehicles has a higher route and greater amount of household serviced, but their indicators do not present good course results and benefit. Thus, the study contributed to the selective collection company a route plan to maximize the zones served, thus creating more than 500 new collection points.

Keywords: Recycling; Geoprocessing; Management

DOI: 10.6084/m9.figshare.21940658

Introdução

O aumento do descarte de resíduos sólidos no Brasil trouxe à tona uma preocupação quanto a sua gestão. Neste sentido, foi aprovada a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, Lei nº 12.305/2010, com a intenção de regulamentar possíveis soluções para os problemas gerados quanto à gestão de resíduos sólidos urbanos – RSU (BRASIL, 2010).

Estudos aplicando geotecnologias na coleta de resíduos demonstram a sua colaboração na redução de custos e impactos ambientais (FERRONATO et al., 2020). Segundo esta lógica, vários autores constaram que a sua aplicação auxilia no processo de tomada de decisão para investigação dos impactos e custos ambientais do RSU, na redução do percurso de coleta, transporte e horas trabalhadas em proporções entre 20 e 30% e, consequentemente, contribuindo na redução do consumo de combustíveis e emissão de poluentes (BING et al., 2014; DAS; BHATTACHARYYA, 2015). Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo o levantamento de dados quantitativos do material reciclável coletado em diferentes rotas com auxílio de geotecnologias.

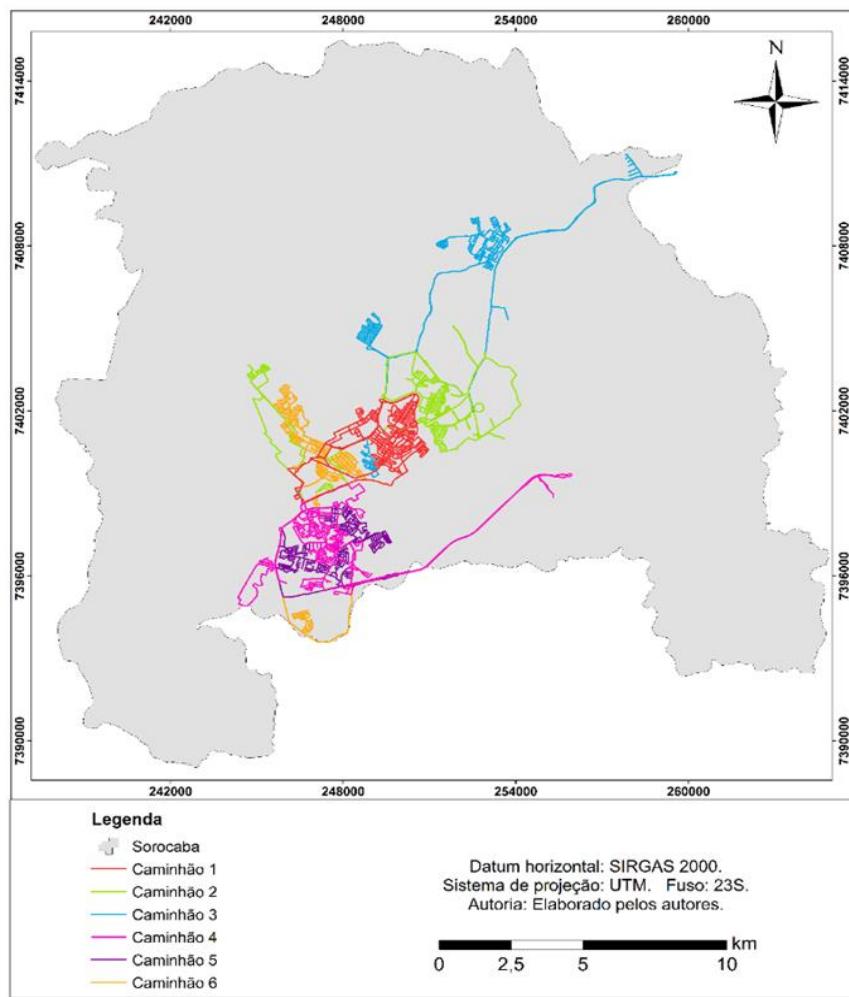
Área de Estudo

A área de estudo localiza-se no município de Sorocaba, estado de São Paulo, na latitude 23° 30' 06" sul e longitude 47° 27' 29" oeste, possuindo uma área aproximada de 456,00 km², com uma população estimada de 679.378 habitantes (IBGE, 2020). A coleta seletiva em Sorocaba é feita por cooperativas de triagem e reciclagem com o apoio da prefeitura municipal. Cerca de 13% das residências são atendidas no sistema de coleta de porta em porta, gerando a reciclagem de cerca de 330 ton./mês de resíduos (PMS, 2020). A cooperativa Catares possui cerca de 60 cooperados, os quais estão divididos entre a coleta e triagem do material reciclável no galpão da cooperativa, localizada na rua Salvador Stefanelli, 266, Jardim Zulmira.

Materiais e Métodos

Durante a pesquisa, as rotas da cooperativa foram mapeadas e documentadas com vistas para a elaboração de um procedimento metodológico que permitisse documentar as rotas (Figura 1).

Figura 1 - Rotas mapeadas junto à Cooperativa



Fonte: Os autores (2022).

A coleta do material é realizada por seis equipes compostas por até três cooperados, de modo que cada zona de coleta é realizada por um determinado caminhão. Inicialmente, em campo, os itinerários realizados pelos caminhões de coleta de material reciclável foram acompanhados, para o conhecimento das rotas, com o auxílio de um *Global Positioning System* (GPS) de navegação *Garmim modelo Etrex Vista*. Posteriormente os dados foram exportados para o *software ArcGis 10.6*. Durante o percurso, foram obtidos dados relacionados a quantidade de material coletado por rua com auxílio de uma balança eletrônica portátil *Walmur*. A partir destes dados, foram elaborados indicadores quantitativos de material coletado que permitiram avaliar a quantidade de material coletado por trecho, bem como o material coletado por rua, de acordo com as Equações (1) e (2).

$$IQT = \frac{QT}{DT} \quad (1)$$

Sendo:

IQT - Indicador de quantidade material coletado por trecho (kg/km);

QT - Quantidade de material levantado por trecho (em kg);

DT - Distância percorrida por trecho (em km).

A Equação 2 demonstra a quantidade de material coletado por quilômetro e por rua.

$$IQR = \frac{QR}{DR} \quad (2)$$

Sendo:

IQR - Indicador de quantidade material coletado por rua (kg/km);

QR - Quantidade de material levantado por rua (em kg);

DR - Distância percorrida por rua (em km).

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos nos levantamentos de material reciclável coletado foram dispostos na Tabela 1. De modo à analisar o desempenho dos referidos caminhões, foram calculados os indicadores a partir dos dados obtidos, tais como a média de kg/km (quilograma de material coletado por quilômetro percorrido), média de kg/rua (quilograma de material coletado por rua percorrida) e média de kg/imóveis (quilograma de material coletado por número de imóveis).

Tabela 1: Exemplo de elemento não gráfico (tabela)

Indicadores	Caminhões					
	1	2	3	4	5	6
Média de kg/km coletado	49,35	33,76	33,51	70,6	66,71	54,18
Média de kg/rua coletado	15,48	11,62	13,29	17,3	15,45	14,05
Média de kg/ imóveis	5,99	16,72	4,14	10,1	9,78	5,5
R\$/km	21,85	14,08	10,73	48,4	18,79	19,23
R\$/ imóveis	2,5	6,81	1,32	6,92	2,85	1,65
Quantidade coletada (kg)	1018,91	811,9	998	938	940,7	804
Rota percorrida (km)	20,73	24,23	34,78	15,5	14,74	12,43
Número de imóveis	173	148,7	244,1	162	127	165,2

Fonte: Os autores (2022).

Com os dados apresentados podemos inferir que os caminhões 4 e 5 apresentam os melhores valores dos indicadores. Enquanto os caminhões 2 e 6 apresentam baixa eficiência em relação à coleta de material reciclável e baixo número de imóveis atendidos, o caminhão 3 possui maior rota e o maior número de imóveis atendidos, bem como a segunda maior coleta em kg de material reciclável, contudo seus indicadores de kg/km não apresentam bons resultados devido a elevada distância percorrida. Com base nos dados, foi possível

sugerir alterações nas rotas desses caminhões, de modo que os mesmos não tenham rotas coincidentes e ainda consigam aumentar o atendimento aos imóveis, criando mais de 500 novos pontos de coleta seletiva. Um planejamento adequado, visando a otimização de recursos, eficiência e qualidade na prestação de serviços, são fundamentais para a implementação e manutenção dos programas de coleta seletiva (ÁVILA; GIL, 2019).

Conclusão

Com a utilização do SIG como ferramenta de análise espacial, foi possível integrar as informações do dia a dia da cooperativa, possibilitando o processo de tomada de decisão para otimização das novas rotas. Portanto, conclui-se que os dados levantados servem como instrumento para a gestão da cooperativa Catares.

Referências

- ÁVILA, G. M.; GIL, M. L. Estudo comparativo dos meios de transporte utilizados na coleta seletiva. *Braz. J. of Develop.*, vol. 5, n. 9, p.14327-14344, 2019.
- BING, X.; KEIZER, M.; BLOEMHOF-RUWAARD, Jacqueline M.; VORST, J. G.A.J. D. Vehicle routing for the eco-efficient collection of household plastic waste. *Waste Management*, v. 34, n. 4, p. 719-729, 2014.
- Brasil. (2010). Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília.
- DAS, S.; BHATTACHARYYA, B. K. Optimization of municipal solid waste collection and transportation routes. *Waste Management*, v. 43, p. 9-18, 2015
- FERRONATO, Navarro; PREZIOSI, Gianluca; PORTILLO, Marcelo Antonio Gorrity; LIZARAZU, Edith Gabriela Guisbert; TORRETTA, Vincenzo. Assessment of municipal solid waste selective collection scenarios with geographic information systems in Bolivia. *Waste Management*, v. 102, p. 919-931, 2020.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2019). Cidades: Sorocaba – População estimada, capturado on-line em 30/05/20 de
<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sorocaba/panorama>>.
- PMS. Prefeitura Municipal de Sorocaba. Coleta Seletiva. (2020), capturado on-line em 30/05/20 de <<https://meioambiente.sorocaba.sp.gov.br/educacaoambiental/coleta-seletiva/>>.

GT 10

**Inovação, Transformações e Transições para a
Sustentabilidade**

PERSPECTIVA EM MULTI-NÍVEIS E A ORIENTAÇÃO DE TRANSIÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE

Henrique Tateishi¹

1 – Henrique Ryosuke Tateishi. Procam/IEE Universidade de São Paulo. hrtateishi@usp.br

RESUMO: Os referenciais conceituais “Perspectiva em Multi-Níveis” (MLP) e “Governança de Transições” (TM) representam duas formas de enxergar Transições para a Sustentabilidade (ST), sendo dois referenciais (dos quatro) seminais da Rede de Pesquisa em Transições para a Sustentabilidade (STRN). Para ambos os referenciais, transições são processos de reconfiguração não-lineares e coevolucionárias entre múltiplos atores e instituições, em um sistema (predominantemente sócio-técnico) complexo, adaptativo e aberto, com orientação normativa à sustentabilidade. No entanto, apesar do terreno comum, há um “distanciamento”, na literatura em ST, que se ampliou entre ambos os referenciais. A intenção deste resumo é discutir preliminarmente possíveis intercâmbios conceituais frutíferos entre ambos os referenciais para o estudo em ST. Este resumo expandido foca, dessa maneira, na discussão conceitual, com ênfase em dois tópicos: reconfiguração no sistema sócio-técnico; e a orientação da transição à sustentabilidade.

Palavras-Chave: Perspectiva em Multi-Níveis; Reconfiguração sócio-técnica; Governança de Transições; Governança; Transições para a Sustentabilidade

ABSTRACT: The Multi-Level Perspective (MLP) and the Transition Management (TM) frameworks can be seen as two ways of approaching Sustainability Transitions (ST), while both represent two (out of the four) seminal theoretical frameworks in the Sustainability Transitions Research Network (STRN). For both frameworks, transitions are non-linear and coevolutionary processes of reconfiguration among multi-actors, institutions, and in a (socio-technical) system. The system in question is considered as complex, adaptive and open, and the transition should include a normative orientation towards sustainability. However, despite the common ground between the two frameworks, there is a “distance” between them in the ST studies literature. The intentionality of this abstract is to discuss, preliminarily, the possibility of fruitful crossovers between both frameworks to study ST. This expanded abstract focuses on two topics: the socio-technical reconfiguration; and the orientation to sustainability.

Keywords: Multi-Level Perspective; Socio-technical reconfiguration; Transition Management; Governance; Sustainability Transitions

DOI: 10.6084/m9.figshare.21961115

Introdução: A STRN é um campo de pesquisa interdisciplinar, em que duas preocupações comuns estão em: como promover mudanças (radicais) nos modos sistêmicos de produção e consumo, para modos mais sustentáveis; e em como podemos atuar na governança de tais processos (Köhler *et al.*, 2019; Loorbach, Frantzeskaki e Avelino, 2017; Markard, Raven e Truffer, 2012). O que é considerado por “distanciamento” se refere a duas frentes de estudo sobre ST, como colocado por Markard *et al.* (2012), cuja complementaridade pode ser frutífera para trabalhar as preocupações citadas no primeiro parágrafo, mas que não têm sido mobilizadas juntas tão frequentemente nos estudos da STRN.

Em uma frente, o MLP se propõe a entender e estudar processos de reconfigurações sócio-técnicas, enquanto, por outra frente, o referencial TM apresenta uma proposta de pesquisa, intervenção e reflexão sobre como (aprender a) promover mudanças nestes sistemas, com orientação normativa da trajetória para a sustentabilidade. No entanto, não somente o MLP e o TM têm sido pouco utilizados conjuntamente (Nesari *et al.*, 2022; Truffer *et al.*, 2022), como também o TM tem sido, relativamente, menos utilizado a partir de 2016, enquanto o MLP, mais utilizado (Hansmeier, Schiller e Rogge, 2021). Ainda, é possível que estudos sobre ST estejam se fragmentando e deixando de refinar os arcabouços originais da STRN, uma vez que há uma menor mobilização dos conceitos dentre os frameworks seminais (Truffer *et al.*, 2022).

ST e referenciais MLP e TM: Em estudos sobre ST, além da unidade analítica de pesquisa centrada no sistema sócio-técnico, dois conceitos seminais são o de *regimes*, i.e., sistema sócio-técnico incumbente, de trajetória dependente, não sustentável, e *nichos*, i.e., novos mercados ou domínios de aplicação de inovações disruptivas, inicialmente protegidos (Kemp, Schot e Hoogma, 1998; Markard, Raven e Truffer, 2012; Rip e Kemp, 1998). De maneira complementar, ST são contestadas por múltiplos atores divergentes nos contextos institucionais em que se encontram, uma vez em que são consideradas como “possibilidades de futuro” (*envisioning*) (Loorbach, 2007; Markard, Raven e Truffer, 2012; Walker e Shove, 2007).

O referencial MLP é um arcabouço que entende STs como processos de configuração e reconfiguração do sistema sócio-técnico a partir de tensões entre e dentro de nichos e regimes, que incluem, adicionalmente, o alinhamento do *ambiente* externo ao sistema (que é considerado aberto). O regime, os nichos e o ambiente constituem nos múltiplos níveis que interagem em um processo de transição (Fuenfschilling e Truffer, 2014; Geels, 2002; Geels e Schot, 2007), cuja reconfiguração é considerada um processo de co-evolução entre três dimensões: múltiplos atores, instituições e o sistema (Fuenfschilling e Truffer, 2016; Geels, 2004, 2020).

No regime incumbente, esta configuração tende a apresentar uma trajetória dependente, isto é, existe um processo histórico em que a reprodução futura deste sistema sócio-técnico tende a persistir de maneira estável – e não sustentável (Geels, 2004; Geels e Schot, 2007). Apesar da estabilidade, o regime não é uma configuração estática, sendo que os atores incumbentes (e, geralmente, dominantes) têm um esforço, inclusive institucional, em manter tal estabilidade (Fuenfschilling e Truffer, 2014, 2016). Nichos seriam espaços protetivos de experimentos inovadores (tecnológicos e sociais) em que múltiplos atores da sociedade poderiam incubar mudanças (graduais), que levem à reconfiguração sistêmica (radical) (Smith e Raven, 2012). Concernente às influências externas, estas podem perturbar a estabilidade do regime incumbente e facilitar uma ascensão do nicho, ou aceleração da ST, habilitando uma reconfiguração em partes ou no todo do sistema (Roberts e Geels, 2019).

O referencial conceitual TM³⁸ é considerado como uma proposta de governança e de intervenções, especialmente de baixo-para-cima, na orientação de processos de ST a uma visão (futura) de sustentabilidade, que constitui raízes na literatura de sistemas complexos, principalmente adaptativos, e de governança como um paradigma alternativo ao governar somente de cima-para-baixo (Loorbach, 2007, 2010; Rotmans, Kemp e Asselt, Van, 2001; Smith, Stirling e Berkhout, 2005).

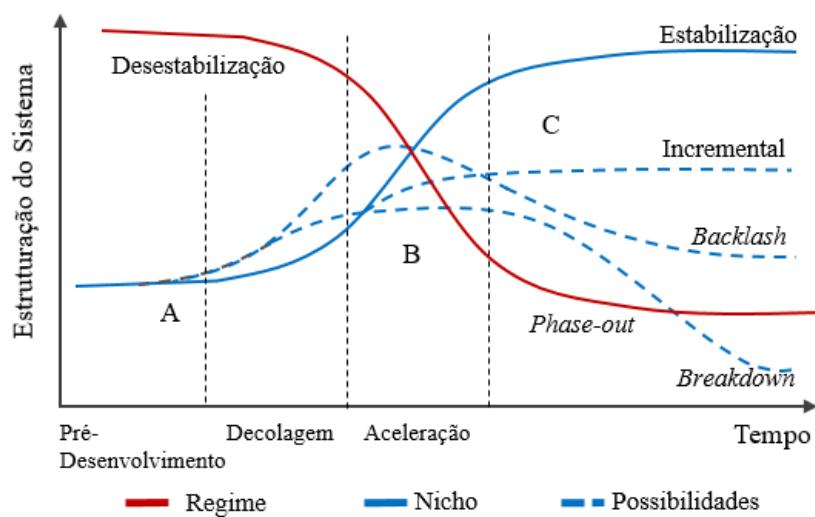
O referencial TM considera haver algumas fases nas ST (Figura 1): o pré-desenvolvimento (muitas vezes, de um nicho); a “decolagem” (*lock-in* inicial); a aceleração (mecanismos de retroalimentação positivos); e a estabilização (Rotmans, Kemp e Asselt, Van, 2001). Concomitante, haveria uma desestabilização do regime incumbente no determinado contexto (tempo e espaço), que pode habilitar ou facilitar a ST (ver Hebinck *et al.*, 2022). Entretanto, durante esse processo, transições também podem não suceder, que incluiriam apenas mudanças incrementais na trajetória insustentável, ou promover consequências não desejadas, como retrocessos (*backlash*) e uma ruptura da transição (*system breakdown*) (Loorbach, Frantzeskaki e Avelino, 2017).

Intercâmbios entre MLP-TM e Discussão: Um primeiro intercâmbio entre os referenciais poderia ser a análise em diferentes contextos e períodos de uma (re-)configuração sócio-técnica, em relação a outra reconfiguração que abranja uma demarcação analítica do sistema maior ou menor (e.g., atores relevantes, tempo, escala e contexto). Nesse sentido, o

³⁸ Optou-se por traduzir *Transitions Management* para Governança de Transições em virtude da correspondência mais precisa com um dos principais objetivos do arcabouço, que seria o processo de governança ou guia (i.e. *steering* (Loorbach, 2007) e *Governing Transitions* (Köhler *et al.*, 2019)).

MLP permitiria a análise de como se encontra a dinâmica da configuração sócio-técnica, como “partes” (e.g., A, B e C na Figura 1) de uma transição (que, no contexto, pode ser também uma ST), enquanto o referencial TM poderia identificar tal parte dentro do contexto mais abrangente da ST com uma perspectiva de governança: quem, em que ponto estamos, como proceder, e para onde? (Fuenfschilling e Truffer, 2016; Hebinck *et al.*, 2022; Heiberg, Truffer e Binz, 2022; Rotmans e Loorbach, 2010).

Figura 1 – Perspectiva em Multi-fases e desestabilização do regime³⁹



(A): variação e seleção de múltiplos nichos e estabilidade do regime incumbente, com diversos atores não relacionados; (B): institucionalização do nicho e des-institucionalização do regime, com a coordenação e/ou mudanças nos papéis dos atores relevantes; (C) diferentes possibilidades de trajetórias (ainda) podem suceder ou se estabelecer, dispersão de atores relevantes e/ou manutenção da nova configuração.

Fonte: Adaptado de Hebinck *et al.* (2022) ('Curva-em-X') e Loorbach, Frantzeskaki e Avelino (2017) ('Perspectiva em multi-fases').

Outro cruzamento entre os referenciais seria relacionado ao anterior, mas desta vez com maior inclinação à governança: considerando o referencial do MLP, seria possível analisar qual a configuração no momento e contexto do sistema sócio-técnico (e.g., posicionamento dos atores, quais as influências institucionais, as relações de poder, ou as agremiações) (Fuenfschilling e Truffer, 2016; Heiberg, Truffer e Binz, 2022), de tal modo a elucidar quais estratégias de governança poderiam ser contempladas, e em quais padrões configuracionais determinadas intervenções teriam maior chance de suceder (Frantzeskaki, Loorbach e Meadowcroft, 2012; Loorbach, Frantzeskaki e Avelino, 2017; Rotmans e Loorbach, 2010).

³⁹ Apesar da representação em duas dimensões (cartesianas), as múltiplas fases podem concorrer paralelamente, ao mesmo tempo, e/ou em direcionamentos diferentes, devido à complexidade do sistema (Rotmans and Loorbach, 2010, p. 128-130).

Como tanto as tensões entre nicho e regime, quanto ao alinhamento com o ambiente, são relacionadas sistematicamente de maneira complexa (Rotmans e Loorbach, 2010; Vasileiadou e Safarzyńska, 2010), por um lado, a emergência de uma ST pode levar a uma reconfiguração radical; por outro lado, a dificuldade na coordenação dessa emergência e suas consequências podem levar a resultados não desejáveis, ou em perdas de oportunidade para transição (Voss, Dierk e Kemp, 2006; Walker e Shove, 2007). Neste sentido, os instrumentos iterativos de governança do referencial TM, dedicados à orientação de ST: arena de transição, formulação de agendas de transição, criação de experimentos de transição, e monitoramento, avaliação e aprendizado da trajetória, são particularmente interessantes para formular estratégias e intervir, a partir de uma dada configuração contextual, e compatível com uma fase de reconfiguração na ST (Loorbach, 2007; Loorbach, Frantzeskaki e Avelino, 2017).

Por exemplo, a estratégia da arena de transição é constituída por um grupo de atores (relevantes contextualmente e de distintos planos de fundo), em que tais dividam visões diversificadas sobre “quais os nossos problemas atuais, e qual a transição que queremos neste contexto, no longo-prazo”, de maneira a criar compromissos conjuntos para (tal visão de) ST (Loorbach, 2007). Uma observação da configuração das dimensões (multi-atores, instituições e sistema) pode identificar quais os atores relevantes, quais as dificuldades prováveis, e como algumas arenas poderiam ser orientadas para uma formulação de uma agenda de transições (Avelino e Wittmayer, 2016). Experimentos podem ser precursores de novos nichos, mas como difundi-los ou expandi-los e quais os (principais) entraves (atores e instituições) nas fases de ‘decolagem’, ‘aceleração’ e ‘estabilização’, poderiam ser retomadas em outras análises de configuração do sistema (Raven *et al.*, 2016; Smith e Raven, 2012).

Tais instrumentos são iterativos, e, sobretudo o ‘monitoramento, avaliação e aprendizado’, reflete sobre o processo de transição até então tomado, o que foi de fato alcançado em termos de “sustentabilidade” (o que, como e para quem?), e quais as trajetórias (*pathways*) e direcionamentos que seriam normativamente desejáveis no futuro (Loorbach, Frantzeskaki e Avelino, 2017; Turnheim *et al.*, 2015). Além da incerteza e dos efeitos não desejados relacionados à complexidade das transições (Köhler *et al.*, 2019), existem outras dificuldades, inerentes e ambivalentes, à tentativa de estudo e governança das transições, como a difusa e permanente contestação ‘de qual’ sustentabilidade se almeja em determinada ST (Walker e Shove, 2007), e que nem sempre é clara na literatura sobre ST (Olsson e Galaz, 2012).

Como aponta Smith e Stirling (2007), outra consideração é se, de fato, o processo de uma ST é (foi) aberto e justo, dos pontos de vista social e ambiental. Se este processo envolve não apenas um diagnóstico do que ‘precisa’ ser mudado e quais agentes executam as funções

programadas, de um ponto de vista particular (e.g., acadêmico, formulador de política) – ‘governança para dentro’, mas também a forma de estabelecer o problema e a visão de ST é conjunta e concomitantemente diversificada, e os compromissos são justos a cada capacidade e conforme perspectivas coletivas distintas – ‘governança para fora’.

Considerações finais: De maneira preliminar, intercâmbios entre os referenciais MLP-TM podem permitir uma análise de partes ou subsistemas de uma ST em relação à transição mais abrangente, ou sistema sócio-técnico em contexto ampliado. Esta intersecção poderia auxiliar na formulação de estratégias e de intervenções de governança em diferentes contextos e fases da ST, de modo a entender quais configurações sócio-técnicas teriam mais propensão em habilitar reconfigurações. Entretanto, mesmo assim, ainda haverá desafios tanto do ponto de vista conceitual, como a aproximação ou generalização do grau de complexidade analítica (e.g., sistemas, sub-sistemas, multi-atores, fases), ou do ponto de vista da orientação normativa – à (qual) sustentabilidade, ou pela perspectiva da implementação, como a permanente tensão entre governança ‘para dentro’ e ‘para fora’.

A intenção desta discussão não é argumentar que tais intercâmbios seriam conceituações “melhores”, nem mesmo que estas seriam uma única maneira de estudar ou orientar (praticamente) transições (e.g., governança adaptativa e sistemas sócio-ecológicos). Contudo, a intenção é chamar atenção para possibilidades de intercâmbio entre referenciais dentro da própria STRN, perante o processo de amadurecimento do campo de pesquisa.

Agradecimentos: À profa. Tatiana Rotondaro. Adicionalmente, esta discussão foi baseada em uma conversa com o prof. Bonno Pel. Pesquisa financiada pela CAPES.

Referências:

- AVELINO, F.; WITTMAYER, J. M. Shifting power relations in sustainability transitions: A multi-actor perspective. *Journal of Environmental Policy and Planning*, v. 18, n. 5, p. 628–649, 2016.
- FRANTZESKAKI, N.; LOORBACH, D.; MEADOWCROFT, J. Governing societal transitions to sustainability. *International Journal of Sustainable Development*, v. 15, n. 1/2, p. 19–36, 2012.

FUENFSCHILLING, L.; TRUFFER, B. The structuration of socio-technical regimes - Conceptual foundations from institutional theory. *Research Policy*, v. 43, n. 4, p. 772–791, 2014.

_____. The interplay of institutions, actors and technologies in socio-technical systems - An analysis of transformations in the Australian urban water sector. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 103, p. 298–312, 2016.

GEELS, F. W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, v. 31, n. 8–9, p. 1257–1274, 2002.

_____. From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy*, v. 33, n. 6–7, p. 897–920, 2004.

_____. Micro-foundations of the multi-level perspective on socio-technical transitions: Developing a multi-dimensional model of agency through crossovers between social constructivism, evolutionary economics and neo-institutional theory. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 152, n. 119894, 2020.

GEELS, F. W.; SCHOT, J. Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy*, v. 36, n. 3, p. 399–417, 2007.

HANSMEIER, H.; SCHILLER, K.; ROGGE, K. S. Towards methodological diversity in sustainability transitions research? Comparing recent developments (2016-2019) with the past (before 2016). *Environmental Innovation and Societal Transitions*, v. 38, n. February, p. 169–174, 2021.

HEBINCK, A. et al. An actionable understanding of societal transitions: the X-curve framework. *Sustainability Science*, n. 0123456789, 2022.

HEIBERG, J.; TRUFFER, B.; BINZ, C. Assessing transitions through socio-technical configuration analysis – a methodological framework and a case study in the water sector. *Research Policy*, v. 51, n. 1, 2022.

KEMP, R.; SCHOT, J.; HOOGMA, R. Regime Shifts to Sustainability Through Process of Niche Formation: The Approach of Strategic Niche Management. *Technology Analysis and Strategic Management*, v. 10, n. 2, p. 175, 1998.

KÖHLER, J. et al. An agenda for sustainability transitions research: State of the art and future directions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, v. 31, n. December 2018, p. 1–32, 2019.

LOORBACH, D. *Transitions Management: New mode of governance for sustainable development*. Utrecht: International Books, 2007.

- _____. Transition management for sustainable development: A prescriptive, complexity-based governance framework. *Governance*, v. 23, n. 1, p. 161–183, 2010.
- LOORBACH, D.; FRANTZESKAKI, N.; AVELINO, F. Sustainability Transitions Research: Transforming Science and Practice for Societal Change. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 42, p. 599–626, 2017.
- MARKARD, J.; RAVEN, R.; TRUFFER, B. Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. *Research Policy*, v. 41, n. 6, p. 955–967, 2012.
- NESARI, M. et al. The evolution of socio-technical transition studies: A scientometric analysis. *Technology in Society*, v. 68, n. December 2021, p. 101834, 2022.
- OLSSON, P.; GALAZ, V. Social-Ecological Innovation and Transformation. *Social Innovation*, p. 223–247, 2012.
- RAVEN, R. et al. Niche construction and empowerment through socio-political work. A meta-analysis of six low-carbon technology cases. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, v. 18, p. 164–180, 2016.
- RIP, A.; KEMP, R. Technological Change. In: RAYNER, S.; MALONE, E. L. (Eds.). . Human Choice and Climate Change. Columbus: Battelle Press, 1998. p. 327–399.
- ROBERTS, C.; GEELS, F. W. Conditions and intervention strategies for the deliberate acceleration of socio-technical transitions: lessons from a comparative multi-level analysis of two historical case studies in Dutch and Danish heating. *Technology Analysis and Strategic Management*, v. 31, n. 9, p. 1081–1103, 2019.
- ROTMANS, J.; KEMP, R.; ASSELT, M. VAN. More evolution than revolution: transition management in public policy. *Foresight*, v. 3, n. 1, p. 15–31, 2001.
- ROTMANS, J.; LOORBACH, D. Towards a Better Understanding of Transitions and Their Governance. In: GRIN, J.; ROTMANS, J.; SCHOT, J. (Eds.). . Transitions to sustainable development. New York: Routledge, 2010. p. 105–219.
- SMITH, A.; RAVEN, R. What is protective space? Reconsidering niches in transitions to sustainability. *Research Policy*, v. 41, n. 6, p. 1025–1036, 2012.
- SMITH, A.; STIRLING, A. Moving outside or inside? Objectification and reflexivity in the governance of socio-technical systems. *Journal of Environmental Policy and Planning*, v. 9, n. 3–4, p. 351–373, 2007.
- SMITH, A.; STIRLING, A.; BERKHOUT, F. The governance of sustainable socio-technical transitions. *Research Policy*, v. 34, n. 10, p. 1491–1510, 2005.
- TRUFFER, B. et al. A perspective on the future of sustainability transitions research. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, v. 42, n. January, p. 331–339, 2022.

TURNHEIM, B. et al. Evaluating sustainability transitions pathways: Bridging analytical approaches to address governance challenges. *Global Environmental Change*, v. 35, n. 2015, p. 239–253, 2015.

VASILEIADOU, E.; SAFARZYŃSKA, K. Transitions: Taking complexity seriously. *Futures*, v. 42, n. 10, p. 1176–1186, 2010.

VOSS, J.-P.; DIERK, B.; KEMP, R. *Reflexive governance for sustainable development*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing Limited, 2006.

WALKER, G.; SHOVE, E. Ambivalence, sustainability and the governance of socio-technical transitions. *Journal of Environmental Policy and Planning*, v. 9, n. 3–4, p. 213–225, 2007.

DESAFIOS AMBIENTAIS E REGULATÓRIOS NOS PROJETOS DE EÓLICA OFFSHORE NO BRASIL – UMA VISÃO INICIAL.

Azevedo dos Santos¹, A.; Peyerl, D.²

1. Alex Azevedo dos Santos. Universidade de São Paulo/Procam – alexazevedo@usp.br.

2. Drielli Peyerl. University of Amsterdam/Universidade de São Paulo – dpeyerl@usp.br.

RESUMO: A energia proveniente de eólicas offshore é um importante instrumento para a descarbonização global. Embora ainda não possua nenhuma instalação dessa fonte em operação no Brasil, mais de 60 parques eólicos offshore já estão em processo de licenciamento ambiental. Esse resumo expandido avaliou os desafios iniciais dessa fonte no Brasil, do ponto de vista ambiental e regulatório. A pesquisa teve caráter qualitativo, utilizando de triangulação metodológica baseada em análise de documentos públicos, revisão bibliográfica e conteúdos de mídias. A publicação do decreto 10.946/2022, que dispõe sobre a cessão de uso de espaços físicos para geração de energia no mar, foi até o momento o principal instrumento para fomentar a fonte no Brasil. Embora tenha antecipado o debate público, esse decreto conflita com o marco regulatório offshore que está em construção no senado federal, e não conseguiu endereçar lacunas já expostas. Na parte ambiental, o IBAMA antecipou o processo burocrático, publicando um termo de referência padrão que sintetizou os itens avaliáveis. Também realizou uma avaliação de possíveis impactos, mapeando os modelos decisórios europeus para esses empreendimentos. Entretanto, a antecipação do IBAMA e a publicação do decreto pode ter gerado uma conflituosa corrida para os projetos offshore, e a busca acelerada por essas infraestruturas tem exposto lacunas e enaltecido controvérsias, como problemas nos processos de autorização ambiental e disputas regulatórias no congresso nacional. Como resultados até momento, quase um terço dos projetos estão em sobreposição de área, há insegurança jurídica sobre o decreto publicado, e o primeiro licenciamento ambiental foi negado.

Palavras-Chave: Eólica offshore, Controvérsias ambientais, Governança ambiental, controvérsias sociotécnicas, licenciamento ambiental.

ABSTRACT: Energy from offshore wind is an important instrument for global decarbonization. Although it does not have any installation in operation in Brazil, more than 60 offshore wind farms are already in the environmental licensing process. This expanded summary evaluated the initial challenges of this source in Brazil, from an

environmental and regulatory point of view. The research had a qualitative character, using methodological triangulation based on analysis of public documents, literature review and media content. The publication of decree 10.946/2022, which provides for the assignment of use of physical spaces for generating energy at sea, has so far been the main instrument to promote the source in Brazil. Although it anticipated public debate, this decree conflicts with the offshore regulatory framework that is under construction in the federal senate, and failed to address gaps already exposed. On the environmental side, IBAMA anticipated the bureaucratic process, publishing a standard term of reference that summarized the evaluable items. It also carried out an assessment of possible impacts, mapping the European decision-making models for these projects. However, the anticipation of IBAMA and the publication of the decree may have generated a conflicting race for offshore projects, and the accelerated search for these infrastructures has exposed gaps and highlighted controversies, such as problems in environmental authorization processes and regulatory disputes in the national congress. As a result so far, almost a third of the projects are in overlapping areas, there is legal uncertainty about the published decree, and the first environmental license was denied.

Keywords: Offshore wind, Environmental controversies, Environmental governance, socio-technical controversies, environmental licensing.

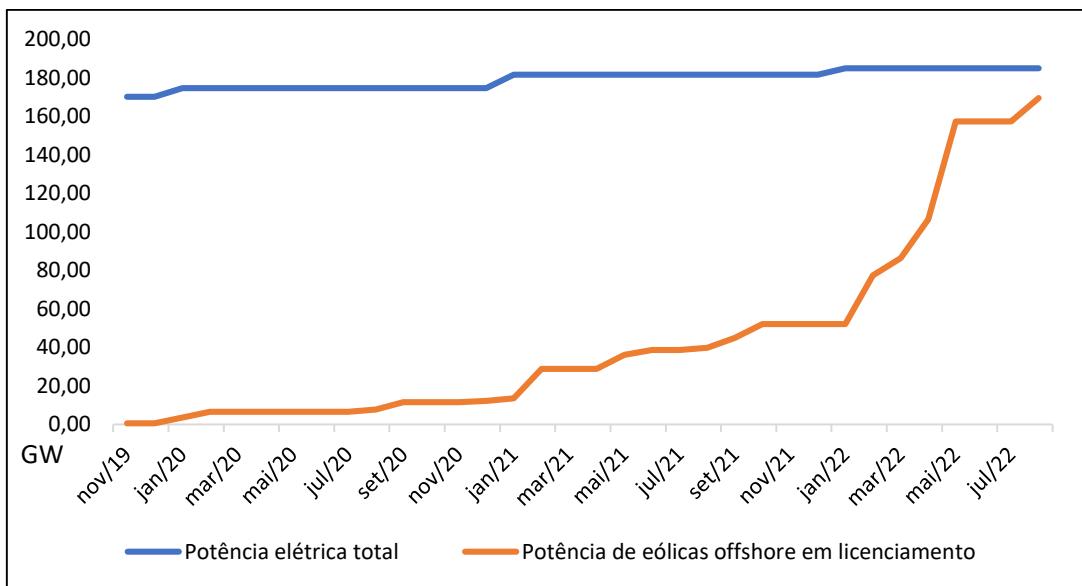
DOI: 10.6084/m9.figshare.21961169

Introdução: O setor energético é o maior emissor global atual de gases de efeito estufa, e descarboniza-lo é premissa central para atender os objetivos climáticos de zero emissões líquidas até 2050 (R. F. POTENZA, G. O. QUINTANA *et al.*, 2021; ONU, 2015; OECD, 2019). Nessa linha, a ampliação da geração energética por fontes renováveis, principalmente solar e eólica, são atualmente as medidas mais adotadas visando atingir os objetivos citados (IEA, 2021a). Em cenários otimistas que potencializam o desenvolvimento sustentável, há a estimativa que as energias renováveis, que atualmente correspondem a 12% do suprimento energético global, cheguem a 55% até 2050 (IEA, 2021b). Nesse cenário, 84% da eletricidade seria gerada por fonte renováveis, como eólica (30%), solar (30%) e hidráulica (14%) (IEA, 2021b).

Para que a fonte eólica atinja esses patamares, é previsto uma grande expansão dessas infraestruturas no mar, as denominadas eólicas offshore (GWEC, 2022). Embora atualmente somente 7% da geração eólica global seja oriunda de empreendimentos offshore, essas infraestruturas estão em crescimento, e já corresponderam a 29% de toda a energia eólica instalada no mundo no ano de 2021 (GWEC, 2022). Esses projetos utilizam tecnologia semelhante à dos projetos eólicos onshore, porém possuem vantagens específicas, como a capacidade de explorar ventos mais velozes e constantes e ter menos restrições na área e distância do solo (EPE, 2020). Como resultado, os projetos e as turbinas eólicas são geralmente maiores, refletindo em indicadores de desempenho melhores (IEA, 2019). Atualmente, grande parte dessas infraestruturas se concentram no Reino Unido, Alemanha e China (GWEC, 2022).

Embora ainda não possua nenhum empreendimento de eólica offshore em operação no Brasil (ANEEL, 2022), há uma corrida para desenvolver essas infraestruturas, havendo mais de 60 parques offshore com solicitação de licenciamento ambiental, os quais somados possuem uma capacidade instalada superior a 160 GW (IBAMA, 2022). Esse montante é tamanho que se assemelha à toda capacidade instalada de geração elétrica no Brasil atualmente, somando todas as fontes em operação, conforme visto na figura 1 (EPE, 2022).

Figura 1: Potência elétrica instalada total do Brasil x potência dos projetos de eólica offshore em licenciamento.



Fonte: ANEEL e (2022); IBAMA (2022) verificado em 09/09/2022. Elaboração própria.

A atratividade pela fonte eólica offshore no Brasil se relaciona ao grande potencial do país, estimado em cerca de 700 GW em profundidade até 50 metros (EPE, 2020), e também a possibilidade de produzir hidrogênio verde através dessa fonte (KELMAN *et al.*, 2020). No entanto, ainda há muitos desafios para o desenvolvimento dessa tecnologia no país, como a ausência de regulação, custo elevado, conflitos territoriais marítimos, baixo know-how tecnológico e falta de mão de obra especializada (SANTESTEVAN; PEYERL; D'AQUINO, 2021)

Sendo um processo em construção, a regulação ambiental da eólica offshore pode ser uma oportunidade de adoção de uma governança ambiental atuante nas mudanças climáticas. O conceito de governança ambiental pode ser entendido como as decisões conjuntas tomadas para manter a integridade do planeta, abrangendo as relações entre Sociedade, Estado, mercados, direito, instituições, políticas e ações governamentais (JACOBI & SINISGALLI, 2012). Desse modo, esse trabalho fez uma análise inicial das questões regulatórias e ambientais relacionadas aos projetos de eólicas offshore no Brasil. Como justificativa, entende-se que o potencial dessa pesquisa é analisar um processo de governança ambiental em construção, listando desafios para criar futuramente um espaço de diálogo com estudos correlatos.

Metodologia: Essa pesquisa utilizou do método qualitativo, sendo essa a abordagem adequada quando pretende-se descobrir ou entender a complexidade de uma interação de elementos interrelacionados ao objeto de estudo (MARTINS; THEÓPHILO, 2009). Foi utilizado uma triangulação metodológica de fonte de dados, que compreendem em

abordagens diferentes para a condução de uma mesma pesquisa, buscando uma maior confiabilidade ao estudo (MARTINS & TEÓPHILO, 2009). As 3 fases metodológicas utilizadas:

1. A análise documental utilizou da documentação pública relacionada a eólica offshore. Na questão ambiental foi analisada principalmente pelos arquivos do IBAMA; para questões normativas – os arquivos associados aos projetos de lei e decreto sobre energia no mar;
2. As análises de manifestações públicas se embasaram em artigos de jornais e outras mídias, além de eventos online associados ao tema;
3. Revisão bibliográfica acerca de pesquisas sobre impactos ambientais de empreendimentos eólicos offshore e controvérsias sociotécnicas desses projetos ou correlatos.

Resultados: A aceleração dos projetos de eólica offshore na ausência de arranjos regulatórios, tecnológicos e ambientais do país, tem evidenciado lacunas e controvérsias. Enquanto uma comissão especial no Senado construía um marco legal para exploração da energia gerada em alto-mar, o PL 576/2021⁴⁰, o governo publicou o conflituoso decreto N° 10.946/2022, dispondo da cessão de uso de espaços físicos e o aproveitamento dos recursos naturais em empreendimentos offshore (AGÊNCIA SENADO, 2022; EPBR, 2022; BRASIL, 2022). Além de ser um instrumento normativo mais frágil que uma lei, o decreto não resolveu fragilidades apontadas por consultorias especializadas (FAFÁ, 2022). Entre as principais inconsistências, o decreto transfere o poder concedente das áreas da União ao Ministério de Minas e Energia (MME), e juristas afirmam que não há respaldo jurídico para essa alteração de competência, fomentando o risco de judicialização do decreto (FAFÁ, 2021). Outra fragilidade foi o engessamento para integração de novas cadeias de valor da energia eólica, como a produção de hidrogênio associado, já que o decreto prevê que as disposições sejam apenas para geração de energia elétrica (FAFÁ, 2022).

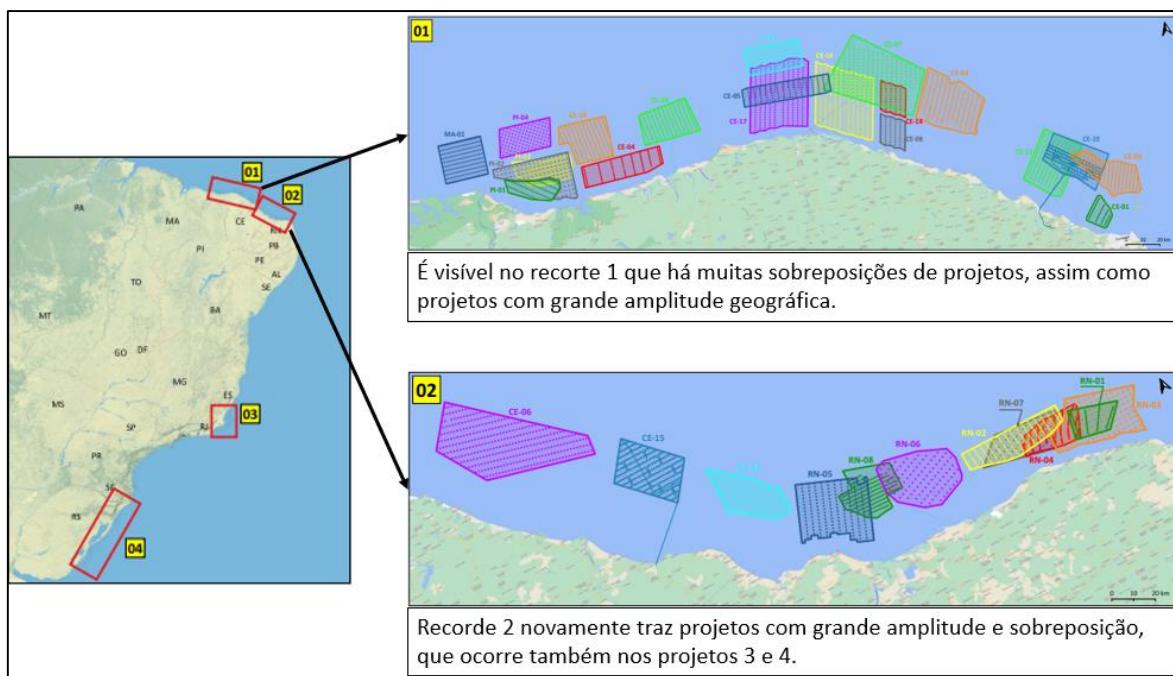
E mesmo nesse cenário de insegurança jurídica, 32 novos projetos de eólica offshore foram submetidos para licenciamento ambiental em um período de 8 meses (FAFÁ, 2022; IBAMA, 2022). Atualmente o IBAMA concentra os projetos de

⁴⁰ PL foi aprovado por comissão especial em 29/08/2022 e segue para aprovação final na câmara dos deputados.

licenciamento ambiental para eólicas offshore (IBAMA, 2022). Embora o órgão tenha confeccionado um termo de referência padrão (IBAMA, 2020b) e um estudo sobre avaliação de impactos dos projetos offshore (VASCONCELOS, 2019), o licenciamento ambiental também enfrenta conflitos. Quase 1 terço dos projetos de eólica offshore enviados ao IBAMA estão em sobreposição de área (IBAMA, 2022), conforme visto na figura 2, e o primeiro licenciamento ambiental avaliado foi negado por várias inconsistências no projeto, associadas principalmente pela importação do modelo de estudo de impacto ambiental europeu (IBAMA, 2020a).

Entre os desafios ambientais do Brasil para essa atividade, destaca-se a ausência de um planejamento do espaço marinho e zoneamento econômico ecológico que contemple a totalidade das áreas costeiras, mar territorial, plataforma continental e zona econômica exclusiva (VASCONCELOS, 2019). Lacunas como essas ampliam o nível de complexidade para análise de impactos e delimitação de projetos no país (SUMAR; FERREIRA, 2021). Visando avaliar os possíveis impactos, o decreto Nº 10.946/2022 definiu que pelo 10 autarquias devem avaliar e emitir uma Declarações de Interferência Prévia (DIP), como requisito para explorar a geração eólica offshore (BRASIL, 2022). Os documentos serão emitidos por Marinha, Aeronáutica, Ibama, Instituto Chico Mendes, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), os ministérios da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, da Infraestrutura e do Turismo e a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), e devem avaliar a compatibilidade com o transporte aquaviário, impacto paisagístico em regiões turísticas, eventuais interferências na atividade pesqueira, interferências nas comunicações ou nas operações aéreas, respeito a unidades de conservação, prejuízos para futuras implantações de projetos de exploração de gás ou petróleo, entre outros fatores (BRASIL, 2022). Embora a DIP vise uma simplificação do processo, o PL 576/2021 sugere que alguma instância centralize o pedido entre governo e empreendedor, para que o último não tenha que realizar 10 pleitos distintos (PORTINHO, 2022).

Figura 2: Sobreposição de áreas nos projetos de eólica offshore submetidos à licenciamento ambiental no Brasil



Fonte: IBAMA (2022). Elaboração própria.

Mesmo em etapas iniciais, já há projetos sofrendo protestos de comunidades locais, que alegam ausência de transparência sobre os possíveis impactos das atividades (PIMENTEL, 2022). O IBAMA realizou um mapeamento de modelos decisórios ambientais da Europa para eólicas offshore, visando aprofundar nos possíveis impactos que devem ser analisados no Brasil (VASCONCELOS, 2019). Focando principalmente em Alemanha, Bélgica, Dinamarca, Espanha, França e Portugal, os resultados convergiram para a importância da definição de um Planejamento Espacial Marinho, que organize a utilização do ambiente marítimo pelos diversos interessados, e seja construído embasado em consultas públicas, fundamentando aspectos como: potencial eólico; conservação da natureza; pesquisa científica; turismo e lazer; herança cultural; pesca e aquicultura; energia, cabos e dutos; indústria de petróleo e gás; extração de areia e cascalho; treinamento militar; tráfego marítimo, portos e dragagem (VASCONCELOS, 2019).

As questões ambientais se mostram similares em todos os países pesquisados, incluindo ruído subaquático, comunidade bentônicas, peixes, aves locais e migratórias, mamíferos marinhos, cenário natural, bens culturais, aceitação social, assim como interferência de outras atividades econômicas (VASCONCELOS, 2019). A fauna alada, em especial as aves, é o grupo animal potencialmente mais impactado pelas usinas eólicas offshore (VASCONCELOS, 2019). Além do mapeamento das atividades de maiores riscos, um resultado importante do mapeamento realizado pelo IBAMA foi constatar as

lacunas de conhecimento, regulamentares e estruturais do país para avaliar e monitorar essas atividades (VASCONCELOS, 2019). Algumas dessas lacunas são essencialmente decorrentes do desconhecimento da biologia das espécies que utilizam o ambiente marinho no Brasil, enquanto outras são inerentes à relativa novidade das interferências provocadas pela geração de energia eólica no ambiente offshore, que demandam melhor conhecimento das relações de causas e efeitos em níveis ecológicos mais complexos (VASCONCELOS, 2019).

Discussão: A adaptação dos modelos e tecnologias de governança internacional à realidade de cada país é um dos desafios presentes para descarbonização energética global, que requer, além do desenvolvimento do know-how nacional, a participação efetiva dos stakeholders, de modo que as especificidades e necessidades socioeconômicas locais sejam incorporadas ao processo de planejamento energético (RELVA *et al.*, 2021). Para que realmente haja um objetivo comum, a governança deve ser entendida como um processo que envolve tomadores de decisão e não tomadores de decisão, que devem se relacionar em um processo de participação descentralizada e corresponsável (JACOBI & SINISGALLI, 2012).

Variados estudos constatam que o processo de gestão ambiental ocorre de modo assimétrico entre os poderes, mas que por vezes as controvérsias oriundas dessas relações criam espaços de participação sociopolítica, com capacidade de influenciar na transformação do estado atual da governança ambiental no Brasil (JACOBI; 2009; JACOBI, 2004). Ainda em desenvolvimento, a governança dos projetos offshore já sinaliza assimetria, visto que a regulação estruturante, ambiental e econômica, até o presente momento endereça os desafios pertinentes a investidores, buscando acelerar essas infraestruturas mesmo na carência de um robusto modelo sociotécnico e ambiental.

Conclusão: O Brasil realizou esforços para acelerar o interesse do mercado para a eólica offshore, como a publicação de decreto sobre a cessão de áreas marinhas para geração de energia elétrica, e os termos do IBAMA adiantando itens de contemplação de licenciamentos ambientais e possíveis impactos. Entretanto, os resultados concretos dessas medidas foram uma intensificação desordenada de solicitações de projetos de eólica offshore no mar brasileiro. Há muitos projetos em sobreposição de áreas, e controvérsias em relação ao decreto publicado tornaram-se públicas, fomentando um cenário de insegurança jurídica para essa atividade. Sendo assim, uma análise holística

desse processo em latência deve ser continuada, avaliando o itinerário socioambiental dos próximos passos.

Referências:

- AGÊNCIA SENADO. CI aprova marco legal para exploração da energia gerada em alto-mar. [S. l.], 2022. Disponível em:
<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2022/08/17/ci-aprova-marco-legal-para-exploracao-da-energia-gerada-em-alto-mar>. Acesso em: 9 set. 2022.
- ANEEL. Matriz Elétrica Brasileira. [S. l.], 2022. Disponível em:
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJIYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIImMiOjR9>. Acesso em: 29 jun. 2022.
- BRASIL. DECRETO No 10.946, DE 25 DE JANEIRO DE 2022 O PRESIDENTE DA REPÚBLICA, 25 jan. 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.946-de-25-de-janeiro-de-2022-376016988>. Acesso em: 9 set. 2022.
- EPBR. Governo publica decreto que promete destravar as eólicas offshore. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://epbr.com.br/governo-publica-decreto-que-pode-destravar-as-eolicas-offshore/>. Acesso em: 9 set. 2022.
- EPE. Roadmap Eólica Offshore Brasil. Perspectivas para a energia eólica marítima. Brasília - Brazil: [s. n.], 2020.
- EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Energia Elétrica - Fontes. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/energia-eletrica/expansao-da-geracao/fontes>. Acesso em: 29 jun. 2022.
- FAFÁ, Larissa. Eólica offshore: consultoria do Senado vê risco de judicialização em decreto. [S. l.], 2021. Disponível em: https://epbr.com.br/eolica-offshore-consultoria-do-senado-ve-risco-de-judicializacao-em-decreto/?utm_source=politico+epbr&utm_campaign=dc8eff1386-politico202100602_COPY_01&utm_medium=email&utm_term=0_669889231b-dc8eff1386-183352917. Acesso em: 16 set. 2022.
- FAFÁ, Larissa. “Gera insegurança jurídica desnecessária”, diz Jean Paul sobre decreto de eólicas offshore. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://epbr.com.br/gera-inseguranca-juridica-desnecessaria-diz-jean-paul-sobre-decreto-de-eolicas-offshore/>. Acesso em: 9 set. 2022.
- GWEC. GLOBAL WIND REPORT 2022. Brussels, Belgium: [s. n.], 2022.

IBAMA. Complexos Eólicos Offshore - Projetos com processos de licenciamento ambiental abertos no IBAMA. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em:
https://www.conecte.bio.br/ibama/20220802_Usinas.pdf

IBAMA. PARECER TÉCNICO REFERENTE A ANÁLISE DE REQUERIMENTO DE LICENÇA PRÉVIA SEM SOLICITAÇÃO DE COMPLEMENTAÇÕES No 7922392/2020 -NLA-RS/DITEC-RS/SUPES-RS 2020 a. p. 1–42.

IBAMA. Termo de Referência: Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Tipologia: Complexos eólicos marítimos (offshore).
Www.Ibama.Gov.Br, [s. l.], 2020b.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Complexos eólicos offshore - Projetos com processo de licenciamento ambiental abertos no Ibama. [S. l.], 2022. Disponível em:
http://www.ibama.gov.br/phocadownload/licenciamento/2022-04-20_Usinas_Eolicas_Offshore_Ibama.pdf. Acesso em: 29 jun. 2022.

IEA. Net Zero by 2050: A Roadmap for the global energy sector. [S. l.: s. n.], 2021a.

IEA. Offshore Wind Outlook 2019: World Energy Outlook Special Report. International Energy Association, [s. l.], p. 98, 2019.

IEA. World Energy Outlook 2021 - revised version October 2021. [S. l.: s. n.], 2021b.
Disponível em: www.iea.org/weo.

KELMAN, Rafael et al. Can Brazil Become a Green Hydrogen Powerhouse? Journal of Power and Energy Engineering, [s. l.], v. 8, n. 11, p. 21–32, 2020. Disponível em:
<https://doi.org/10.4236/JPEE.2020.811003>. Acesso em: 29 jun. 2022.

MARTINS, Gilberto de Andrade; THEÓPHILO, Carlos Renato. Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2009. E-book.

OECD. G20 contribution to the 2030 Agenda. UNDP, [s. l.], 2019.

ONU. ADOPTION OF THE PARIS AGREEMENT. Framework Convention on Climate Change - Conference of the Parties, [s. l.], 2015. Disponível em:
<https://doi.org/10.17580/gzh.2021.07.02>

PIMENTEL, Samuel. Evento na Fiec tem protesto contra eólica offshore em Icarai de Amontada. [S. l.], 2022. Disponível em:
<https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2022/08/04/evento-na-fiec-tem-protesto-contra-eolica-offshore-em-amontada.html>. Acesso em: 9 set. 2022.

PORTINHO, Carlos. PARECER (SF) No 22, DE 2022Senado Federal - Comissão de Serviços de Infraestrutura, 2022.

R. F. POTENZA, G. O. QUINTANA, A. M. Cardoso et al. Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970 – 2020Seeg. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos/Analiticos/SEEG_9/OC_03_relatorio_2021_FINAL.pdf.

RELVA, Stefania Gomes et al. Enhancing developing countries' transition to a low-carbon electricity sector. Energy, [s. l.], v. 220, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119659>

SANTESTEVAN, William; PEYERL, Drielli; D'AQUINO, Carla de Abre. Possibilidades e desafios para inserção da geração eólica offshore no Brasil. Revista Brasileira de Energia, [s. l.], v. 27, n. 4, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.47168/rbe.v27i4.613>

SUMAR, Cristina Carvalho; FERREIRA, Luciana Gil. Eólicas offshore no Brasil: avanços e status da regulação ambiental - Energia Hoje. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://energiahoje.editorabrasilenergia.com.br/eolicas-offshore-no-brasil-avancos-e-status-da-regulacao-ambiental/>. Acesso em: 9 set. 2022.

VASCONCELOS, Rafael Monteiro. Complexos Eólicos Offshore - Estudo sobre Avaliação de impactos. IBAMA, [s. l.], p. 1–194, 2019. Disponível em: www.sectordialogues.org

SISTEMA DE AVALIAÇÃO PONDERADA DA MULTIFUNCIONALIDADE DA AGRICULTURA: UMA ABORDAGEM QUANTITATIVA DA REALIDADE RURAL BRASILEIRA

Gabriela Maria Leme Trivellato¹; Gustavo Nazato Furlan²; Gabriel Adrián Sarriés³

1 – Gabriela Maria Leme Trivellato. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. gabriela.trivellato@usp.br

2 – Gustavo Nazato Furlan. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. gustanfur@yahoo.com.br

3 – Gabriel Adrián Sarriés. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. gasarrie@usp.br

RESUMO: No panorama atual de dramáticas questões ambientais associadas ao uso desenfreado dos recursos ecossistêmicos, ferramentas que deem destaque a formas sustentáveis de produção agrícola tornam-se emergentes. Nascida no âmbito do desenvolvimento sustentável na década de 1990, a noção Multifuncionalidade da Agricultura (MFA) realça a importância da agricultura para o equilíbrio ambiental e manutenção dos serviços ecossistêmicos. Neste resumo, apresentamos nossos esforços em avaliar a Multifuncionalidade da Agricultura na realidade brasileira, de forma quantitativa, considerando os 26 estados e Distrito Federal. Partimos de uma mineração de dados junto aos resultados preliminares do Censo Agropecuário 2017, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. A seleção das variáveis preditoras funda-se no índice “Sistema de Avaliação Ponderada da Multifuncionalidade da Agricultura”, desenvolvido em estudos anteriores. A análise do banco de dados é feita por *Machine Learning* nos softwares Weka e R-Action Stat e; por estatística não paramétrica, uni e multivariada, no SAS e no R. Nossos resultados consistem na identificação de distintos desempenhos entre estados e regiões. Nossa intenção é que estas informações orientem tomadores de decisão no tocante às quatro principais funções da MFA na realidade rural brasileira, conforme Maria José Carneiro e Renato Maluf, que correspondem às quatro dimensões avaliadas pelo índice: a) reprodução socioeconômica das famílias rurais; b) promoção da segurança alimentar das próprias famílias rurais e da sociedade; c) manutenção do tecido social e cultural; d) preservação dos recursos naturais e da paisagem rural.

Palavras-Chave: Multifuncionalidade da agricultura; Serviços ecossistêmicos; *Machine Learning*

ABSTRACT: In the current panorama of dramatic environmental issues associated with the unbridled use of ecosystem resources, tools that highlight sustainable forms of agricultural production become emerging. Born in sustainable development in the 1990s, the multifunctionality of agriculture (MFA) emphasizes the importance of agriculture for the

environmental balance and maintenance of ecosystem services. In this summary, we present our efforts to evaluate the multifunctionality of agriculture in the Brazilian reality, quantitatively, considering the 26 states and the Federal District. We start from a data mining with the Brazilian Institute of Geography and Statistics's 2017 Agricultural Census preliminary results, considering the 26 Brazilian states and the Federal District. The selection of predictors variables is based on the index "Weighted Evaluation System of Agriculture Multifunctionality", developed in previous studies. A database was built; analyzed by *Machine Learning* on Weka and R-Action Stat softwares and; by non-parametric, uni and multivariate statistical methods, on SAS and R. Our results are the identification of different performances among Brazilian states and regions. Our intention is that this information to guide decision makers regarding the four main functions of MFA in Brazilian rural reality, according to Maria José Carneiro and Renato Maluf, which correspond to the four dimensions evaluated by the index: a) rural families socioeconomic reproduction; b) rural families and society food security; c) social and cultural relations maintenance; d) natural resources and rural landscape preservation.

Keywords: Multifunctionality of agriculture; Ecosystem services; Machine Learning

DOI: 10.6084/m9.figshare.21961178

Introdução: Nascida no âmbito do debate sobre o desenvolvimento sustentável na década de 1990, a noção MFA resgata o espaço da agricultura na sociedade, realçando sua contribuição ao equilíbrio ambiental.

O estudo da Multifuncionalidade da Agricultura está relacionado aos debates ligados aos paradigmas de produção responsáveis e sustentáveis (JOURNAL RESOLIS, 2020); ao desenvolvimento territorial (DEMATTÊ FILHO, 2014) e; à questão hídrica (CHIODI; MORUZZI MARQUES; MURADIAN, 2018).

Conforme Turetta et al. (2019, p. 2), “até 2050, a agricultura precisará produzir globalmente 60% a mais de alimentos, e 100% a mais nos países em desenvolvimento”. Explicam que aumentar a eficiência no uso da água utilizada na agricultura é uma das metas do “Programa de Avaliação Mundial da Água. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos” (WWAP, 2015). Uma das soluções para isso está em “considerar práticas agrícolas como potenciais facilitadoras desse processo, tendo em vista a multifuncionalidade da agricultura” (VOS; HOOGENDOORN, 2000 Apud TURETTA et al., 2019, p. 2),

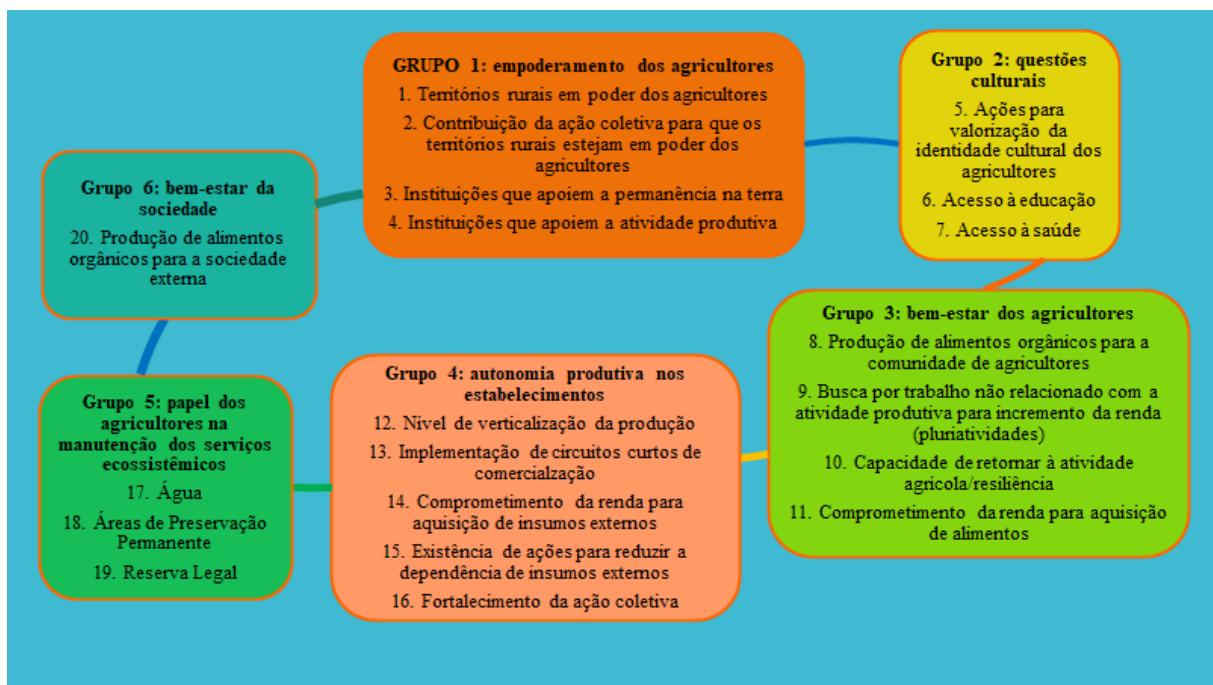
Enquanto “prática pós-produtivista”, a MFA tem “ganhado importância no mundo todo” pois proporciona aos sistemas de produção “melhorias na qualidade do produto, preservação ambiental” e das “condições de vida dos produtores” (BENEDETTI; DALLABRIDA, 2016, p. 147).

Consideramos que a maior relevância da Multifuncionalidade da Agricultura justifica-se por alinhar-se ao tema da valorização dos serviços ecossistêmicos (MEA, 2005a; 2005b).

Neste texto, apresentamos uma abordagem quantitativa dos 26 estados brasileiros e Distrito Federal, visando aspectos relevantes para a análise da multifuncionalidade da agricultura no contexto dos estabelecimentos agropecuários brasileiros. A hipótese deste projeto funda-se na perspectiva de que o favorecimento da multifuncionalidade da agricultura pode exercer grande influência sobre a gestão dos serviços ecossistêmicos (MEA, 2005a; 2005b; CARNEIRO; MALUF, 2005; INPE, 2020).

Material e Métodos: O “Sistema de Avaliação Ponderada da Multifuncionalidade da Agricultura” (Figura 1) parte de 20 questões centrais relativas à MFA para orientar a coleta de dados, conforme Figura 1.

Figura 1: 20 questões centrais relativas à MFA para orientar a coleta de dados, separadas em seis grupos de foco de interesse.



Fonte: Gabriela Maria Leme Trivellato.

Uma variedade de fontes pode ser utilizada para responder às 20 questões, de acordo com o interesse do pesquisador. Podem orientar coleta de dados em plataformas ou serem utilizadas como questionário junto a comunidades de agricultores. Nesse último caso, o pesquisador pode utilizar uma escala de Likert, conforme demonstrado por Trivellato (2021). No caso de plataformas, Trivellato *et al.* (2020) conduziram seu estudo junto aos resultados preliminares do Censo Agropecuário 2017, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE.

As respostas das 20 questões são utilizadas para “alimentar” os 70 subindicadores do “Sistema de Avaliação Ponderada da Multifuncionalidade da Agricultura”. Na Figura 2, a estrutura do índice: 4 dimensões, avaliadas por 20 indicadores, compostos por 70 subindicadores. As quatro dimensões correspondem às quatro principais funções atribuídas à MFA na realidade rural brasileira, propostas por Maria José Carneiro e Renato Maluf (2003): a) reprodução socioeconômica das famílias rurais; b) promoção da segurança alimentar das próprias famílias rurais e da sociedade; c) manutenção do tecido social e cultural; d) preservação dos recursos naturais e da paisagem rural.

Figura 2: As quatro dimensões do índice: D1, D2, D3, D4. Indicadores estão representados por “I1”, “I2”. Cada indicador é composto por um número distinto de subindicadores, “5sub”, 3sub”.



Fonte: Gabriela Maria Leme Trivellato.

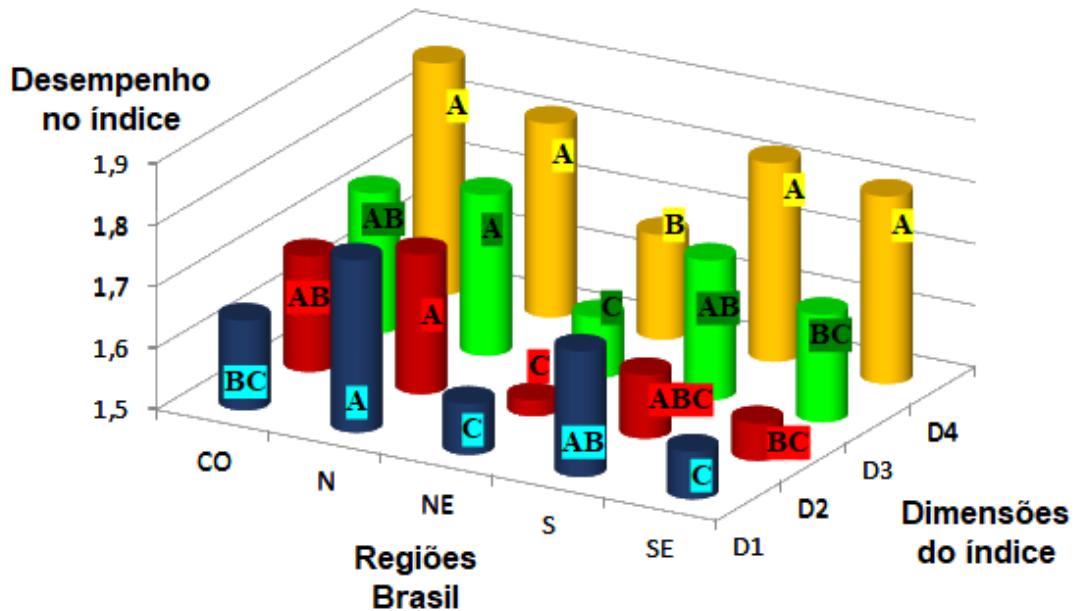
Com os resultados do processamento de dados no índice, um banco de dados é construído e analisado por *Machine Learning* nos softwares Weka e R-Action Stat e; por estatística não paramétrica, univariada e multivariada, no SAS e no R.

Resultados: A partir da coleta de dados junto aos resultados preliminares do Censo Agropecuário 2017, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, um banco de dados foi construído; analisado por *Machine Learning* nos softwares Weka e R-Action Stat e; por estatística não paramétrica, univariada e multivariada, no SAS e no R (TRIVELLATO, 2021).

O resultado central das principais análises realizadas está nas distinções entre desempenhos de estados e regiões: maiores valores em D1, D2, D3 encontram-se na região Norte; em D4, na Centro-Oeste; os menores valores nas dimensões estão na região Nordeste, com desempenhos críticos nos estados de Sergipe e Bahia. No Brasil, as regiões tiveram melhor desempenho em D4 (preservação dos recursos naturais e da paisagem rural) e pior em D2 (promoção da segurança alimentar das famílias rurais e da sociedade). Nota-se que, embora a região Sudeste seja a mais desenvolvida do país e a Nordeste a menos, os estabelecimentos agropecuários destas regiões possuem desempenhos semelhantes nos parâmetros considerados no índice: acesso a trabalho digno, segurança alimentar, manutenção do tecido social e cultural e preservação dos recursos naturais. Norte, Centro-Oeste e Sul são as regiões com melhor desempenho geral nas dimensões estudadas. Conforme o Gráfico 1:

Gráfico 1: Desempenho médio das regiões nas dimensões. Comparações por Kruskal-Wallis ($p = 0,05$).

Regiões com letras iguais não diferem entre si.



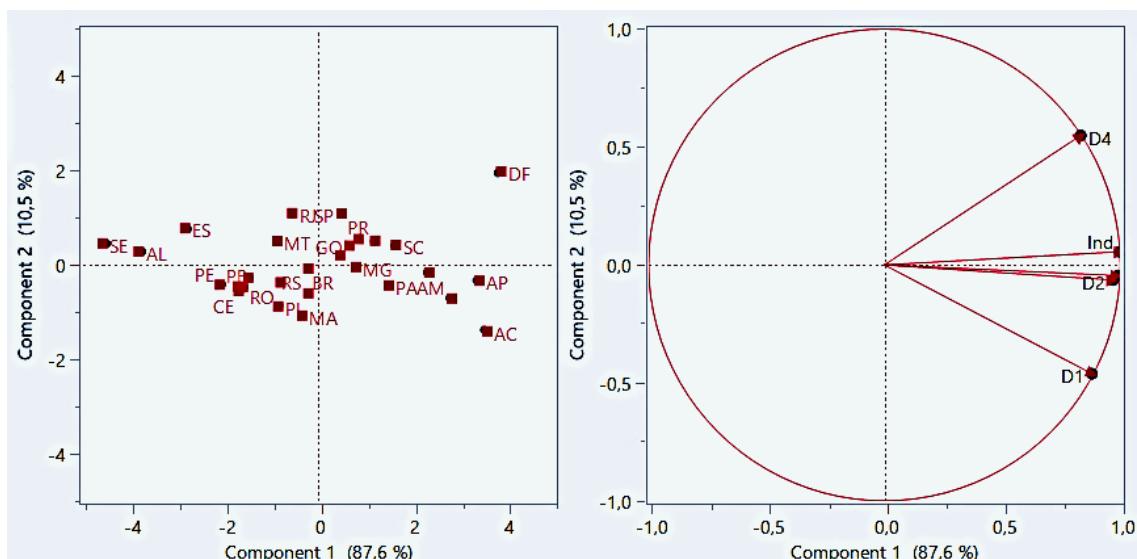
Fonte: Elaboração de Gabriel Adrián Sarriés, Gustavo Nazato Furlan e Gabriela Maria Leme Trivellato, usando o software R.

O gráfico de desempenho médio das regiões nas dimensões, com comparações por Kruskal-Wallis ($p = 0,05$) revelou que o desempenho dos estados e Distrito Federal no índice atingiu entre 1,5 e 1,9. Isto expressa “pouco” favorecimento da MFA para todas as variáveis resposta, conforme a escala de Likert construída para este índice. Esta considera grau de favorecimento da MFA entre 0 (nenhum) a 5 (muitíssimo).

Foi realizada uma *Principal components analysys (PCA)* com *biplot (Machine Learning Não Supervisionado)*, Gráfico 2, considerando a importância de D1, D2, D3, D4 e do valor final do índice (Ind) no desempenho dos 26 estados brasileiros e Distrito Federal (DF).

Gráfico 2: *Principal components analysys (PCA)* com *biplot*. Importância das variáveis (D1, D2, D3, D4, Ind) no desempenho de cada estado (e DF) no índice. Componente 1 (combinação das cinco variáveis preditoras) representa 87,6% da informação, variabilidade; Componente 2 representa 10,5% da informação.

Assim, trabalhou-se com a soma dessas informações, totalizando 98,1% da informação disponível



Fonte: Elaboração de Gabriel Adrián Sarriés, Gustavo Nazato Furlan e Gabriela Maria Leme Trivellato, usando o software Weka.

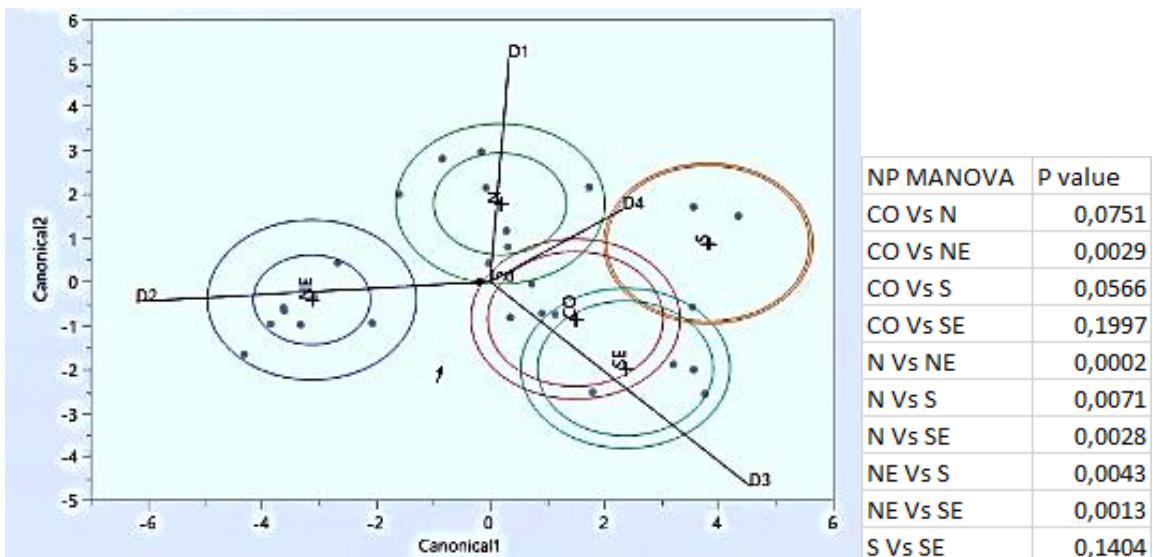
Na interpretação da *Principal components analysis* (PCA) com *biplot* (*Machine Learning* Não Supervisionado), quanto mais distantes do centro os estados e DF se posicionam, maior é a influência (positiva ou negativa) de D1, D2, D3, D4 ou Ind no seu desempenho – ou seja, depende do tamanho do vetor. A formação de 90graus significa inexistência de relação, por exemplo, o desempenho de São Paulo (SP) não está associado ao Ind.

No gráfico, a proximidade das dimensões D2 e D3 e dos Índice geral (Ind) indica desempenhos altos nessas variáveis preditoras para os estados de Amapá (AP), Amazonas (AM), Santa Catarina (SC) e Minas Gerais (MG).

Distrito Federal se destaca com alto desempenho em D4 (Preservação dos recursos naturais e da paisagem rural). Espírito Santo (ES) tem baixo desempenho na D1. Os estados de Alagoas (AL) e Sergipe (SE) tem baixo desempenho em D2 e D3. Ceará (CE), Pernambuco (PE) e Roraima (RR) tem baixo desempenho no índice geral (Ind).

Utilizando um gráfico de Variáveis Canônicas com *biplot*, Gráfico 3, a seguir, (*Machine Learning* Supervisionado), as regiões brasileiras foram caracterizadas quanto aos seus desempenhos nas dimensões.

Gráfico 3: (Esquerda) Variáveis Canônicas com *biplot* por região do Brasil, em duas dimensões, capturando 93% da informação. (Direita) Comparações por NP MANOVA: regiões diferem entre si (a nível de significância de 1%, 5% ou 10%), exceto COvsSE e SvsSE.



Fonte: Elaboração de Gabriel Adrián Sarriés, Gustavo Nazato Furlan e Gabriela Maria Leme Trivellato, usando os softwares SAS e R.

No gráfico, os pontos (referentes aos estados e DF) são circundados por duas regiões de confiança (coloridas). O círculo interno representa uma região de confiança de 95%. O círculo externo, uma região de confiança de 99%. Por *NP MANOVA*, verificamos os resultados das Variáveis Canônicas com *biplot*, identificando que as regiões diferem entre si (a nível de significância de 1%, 5% ou 10%), exceto COvsSE (*pvalor* $\leq 0,1997$), SvsSE (*pvalor* $\leq 0,1404$), COvsN (*pvalor* $\leq 0,0751$) e COvsS (*pvalor* $\leq 0,0566$). Nas Variáveis Canônicas com *biplot*, esse resultado é verificado pela interceptação dos círculos.

A região Nordeste é caracterizada pelo desempenho na dimensão 2. O que caracteriza a região Norte é a dimensão D1. As regiões Sudeste e Centro-Oeste caracterizam-se pelo desempenho na dimensão D3, porém, estão sobrepostas, indicando que as variáveis preditoras em comportamentos semelhantes nesses quesitos. A região Sul caracteriza-se pelo desempenho na D4.

Os resultados obtidos na PCA e nas Variáveis Canônicas com *biplot* corroboram com aqueles obtidos no Gráfico 1, para o Teste de Comparações Múltiplas por Kruskal-Wallis ($p = 0,05$) para as quatro dimensões consideradas.

Discussão: Os três gráficos apresentados na seção anterior fornecem-nos informações relativas aos diferentes desempenhos dos estados e regiões brasileiros nas quatro dimensões do índice, que correspondem às quatro principais funções atribuídas à MFA na realidade rural brasileira, propostas por Maria José Carneiro e Renato Maluf (2003): D1) reprodução socioeconômica das famílias rurais; D2) promoção da segurança alimentar das próprias famílias

rurais e da sociedade; D3) manutenção do tecido social e cultural; D4) preservação dos recursos naturais e da paisagem rural.

Se considerarmos o compromisso social e ambiental que se espera num contexto de valorização da MFA, acreditamos que este índice pode revelar que estados e regiões brasileiros tem desempenhos insatisfatórios no que concerne às problemáticas ambientais; ao desenvolvimento sustentável; aos paradigmas sustentáveis e responsáveis de produção e comercialização; à segurança alimentar; à valorização local e territorial. Isso fica evidente no Gráfico 1.

A utilização deste índice para identificação de distinções entre desempenhos pode ser uma ferramenta para orientar políticas públicas em prol da melhoria dessas quatro funções da MFA no Brasil.

Este estudo, porém, nos revelou que, embora o índice sirva de guia para a coleta de dados e seja parte fundamental da pesquisa para avaliar a MFA quantitativamente, a maior preocupação deve estar na qualidade dos dados coletados.

Em se tratando de traduzir quantitativamente questões imateriais (MEA, 2005a; 2005b), é a qualidade dos dados que serão coletados para responder cada questão que irá comandar os resultados finais da pesquisa.

No caso da pesquisa de Trivellato (2021), os resultados das Comparações por Kruskal-Wallis ($p = 0,05$), do Gráfico 1, demonstraram que as regiões Nordeste e Sudeste não diferem estatisticamente em termos da Dimensão 2, relativa à Segurança Alimentar. Isso ocorreu pois, foram coletados relativos à utilização de químicos na produção. Para resultados mais precisos e que expressem a realidade, outras variáveis deveriam ter sido levadas em consideração, sobretudo aqueles que permitissem avaliar o acesso aos alimentos.

Conclusão: Enquanto ferramenta desenvolvida para análise quantitativa da MFA, o “Sistema de Avaliação Ponderada da Multifuncionalidade da Agricultura” permitiu identificar distinções entre desempenhos de estados e regiões brasileiros em termos de favorecimento da MFA. Em vista disso, acreditamos no seu potencial para valorizar a preservação ambiental e cultural na gestão de estabelecimentos agropecuários, ou agroecossistemas, podendo viabilizar: a) comparações mais precisas entre performances agrícolas; b) definição de benchmarks e locais-problema; c) norteamento de políticas públicas, favorecendo a MFA e o equilíbrio ambiental, principalmente nas áreas mais susceptíveis. posterior construção do banco de dados e análise por.

Os desdobramentos dessa pesquisa estão em andamento. Trata-se de realizar análises a nível dos 5.570 municípios brasileiros, tendo em vista que os estados apresentam gritantes diferenças entre si.

Além disso, espera-se que seja possível, futuramente, disponibilizar numa plataforma as informações relativas ao desempenho brasileiro em termos de favorecimento da Multifuncionalidade da Agricultura, numa abordagem quantitativa, a nível de município, estado e região.

Agradecimentos: CAPES.

Referências:

- BENEDETTI, Eliziane Luiza; DALLABRIDA, Valdir Roque. Aspectos da multifuncionalidade no Planalto Norte Catarinense: adubação orgânica no incremento da produção de erva-mate. DRd-Desenvolvimento Regional em debate, v. 6, n. 2, p. 147-169, 2016.
- CARNEIRO, M.J.; MALUF, R.S. Para além da produção: multifuncionalidade e agricultura familiar. Rio de Janeiro: Mauad, 2003. 230p.
- CARNEIRO, Maria José; MALUF, Renato S. Multifuncionalidade da agricultura familiar. Cadernos do CEAM, p. 43-58, 2005.
- CHIODI, R. E.; MORUZZI MARQUES, P. E.; MURADIAN, R. S. Ruralidades e Política Ambiental: heterogeneidade socioeconômica e lógicas indiferenciadas dos projetos públicos de pagamento por serviços ambientais. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 56, n. 2, p. 239-256, 2018.
- DEMATTÊ FILHO, L. C. Sistema agroalimentar da avicultura fundada em princípios da Agricultura Natural: multifuncionalidade, desenvolvimento territorial e sustentabilidade. 2014. 251p. Tese (Doutorado em Ciências). Piracicaba: Programa de Pós-Graduação Interunidades em Escologia Aplicada ESALQ-CENA, Universidade de São Paulo. 2014.
- INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. IX Simpósio da Pós-Graduação em Ciência do Sistema (SPGCST) do INPE, São José dos Campos/SP. 2020. Disponível em: <<http://pg.ccst.inpe.br/spgcst/9simposio/>>. Acesso em: 05 mar. 2021.
- JOURNAL RESOLIS. Alimentation responsable et durable. (online). Disponível em: <<https://www.resolis.org/programme/alimentation-responsable-et-durable/3>>. Acesso em: 29 mar. 2019.
- MEA - Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystem and human well-being: biodiversity synthesis. World Resources Institute, Washington, DC, 2005a, 86p.

MEA - Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC, 2005b, 137p.

TRIVELLATO, G. M. L.; SARRIES, G. A.; MARQUES, P. E. M.; LUCAS, ADEMIR DE; FURLAN, G. N.; BREMER NETO, H. Sistema de avaliação ponderada da multifuncionalidade da agricultura: seres humanos e serviços ecossistêmicos. In: IX Simpósio da Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2020, São José dos Campos, SP. Artigos do IX Simpósio da Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre (SPGCST), 2020.

TRIVELLATO, Gabriela Maria Leme. Sistema de avaliação ponderada da multifuncionalidade da agricultura: seres humanos e serviços ecossistêmicos. 2021. 212p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Piracicaba: Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ecologia Aplicada ESALQ-CENA, Universidade de São Paulo. 2021.

TURETTA, Ana Paula D.; FIDALGO, Elaine Cristina Cardoso; PRADO, Rachel Bardy; MONTEIRO, Joyce Maria Guimarães; PEDREIRA, Bernadete da Conceição; SCHULER, Azeneth Eufrasio; DUARTE, Gabriela Teixeira Duarte. Práticas agrícolas e impacto na segurança hídrica, alimentar e energética: colocando em prática a multifuncionalidade da agricultura. In: Embrapa Solos-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Encontro Nacional de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional, 4.; Encontro Goiano de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar, 1., 2019, Goiânia. Paradigmas e desafios para uma ciência cidadã em soberania e segurança alimentar e nutricional: anais. Goiânia: UFG, 2019. IV ENPSSAN., 2019.

VOS, W. & HOOGENDOORN, J., 2000. Multifunctionality of agriculture and landscape: challenges for innovative research. In: Boekestein, A., Diederik, P., Jongen, W.M.F., et al. eds. Towards an agenda for agricultural research in Europe: proceedings of a conference held in Wageningen, The Netherlands, from 13-15 April 1999. Wageningen Pers, Wageningen, 215- 223.

WWAP – Programa de Avaliação Mundial da Água. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos – Água para um mundo sustentável. 2015. Sumário Executivo. Disponível em: <<https://en.unesco.org/>>. Acesso em: 22 out. 2021.

SUMARIZAÇÃO DE ASPECTOS RELACIONADOS À SELEÇÃO DE ÁREAS PARA INSTALAÇÃO DE USINAS FOTOVOLTAICAS

Gustavo Gonçalves¹; José Quintanilha²

1 – Gustavo Leite Gonçalves. Universidade de São Paulo. gustavoleite@usp.br

2 – José Alberto Quintanilha. Universidade Federal da Paraíba. jquinta@usp.br

RESUMO: As fontes renováveis de energia são consideradas alternativas energéticas condizentes com as preocupações do desenvolvimento sustentável, rumo ao combate dos efeitos das mudanças climáticas. A energia fotovoltaica é vista como uma fonte promissora, limpa e em constante processo de expansão, que necessita de planejamento estratégico para sua permanência no desenvolvimento da sustentabilidade. Desta forma, o conhecimento das particularidades locais é de grande valia para o melhor aproveitamento da área, dos recursos solares e garantia do máximo beneficiamento das populações próximas, e conservação ambiental do espaço. Através de uma revisão bibliográfica, este trabalho tem por finalidade sumarizar pontos importantes contidos na literatura acadêmica, que abordam o contexto da escolha de áreas para implantação de usinas solares. Adicionalmente elaborou-se um apanhado acerca de déficits apresentados em pesquisas sobre impactos da energia solar, bem como sobre a aplicação de ferramentas de geoprocessamento para otimização do processo de alocação de projetos. Como resultados, observou-se uma categorização dos critérios utilizados para esta definição como sendo: Ambiental, Técnico e Socioeconômico. Estratégias devem ser traçadas para o melhor atendimento desses critérios, de forma a otimizar a escolha do local de implantação das usinas, onde metodologias com integração de ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas às análises multicritério vem ganhando notoriedade. Identificou-se, ainda, uma carência de estudos com foco na temática socioeconômica, demonstrando-se um promissor campo de pesquisa.

Palavras-Chave: Energia solar; Usina fotovoltaica; Viabilidade; Análise multicritério; SIG.

ABSTRACT: Renewable energy sources are considered alternative energy sources consistent with the concerns of sustainable development, towards combating the effects of climate change. Photovoltaic energy is seen as a promising, clean source in a constant process of expansion, which requires strategic planning for its permanence in the development of sustainability. In this way, the knowledge of the local particularities is of great value for the best use of the area, of the solar resources and guarantee of the maximum benefit of the nearby populations, and environmental conservation of the space. Through a literature review, this work aims to summarize important points contained in the academic literature, which address

the context of choosing areas for the implementation of solar plants. Additionally, an overview was made of deficits presented in research on the impacts of solar energy, as well as on the application of geoprocessing tools to optimize the project allocation process. As a result, a categorization of the criteria used for this definition was observed as being: Environmental, Technical and Socioeconomic. Strategies must be drawn up to better meet these criteria, in order to optimize the choice of location for the plants, where methodologies with the integration of Geographic Information Systems tools to multi-criteria analyzes are gaining notoriety. A lack of studies focusing on the socioeconomic theme was also identified, demonstrating a promising field of research.

Keywords: Solar energy; Photovoltaic plant; Viability; Multi-criteria analysis; GIS

DOI: 10.6084/m9.figshare.21961184

Introdução: A queima de combustíveis fósseis para geração de eletricidade e calor é um dos principais contribuintes para a intensificação dos efeitos do aquecimento global no planeta, devido à grande quantidade de Gases de Efeito Estufa - GEE liberados na atmosfera. As Energias Renováveis - ER, portanto, são vistas como alternativas ao combate deste problema ambiental, assegurando um setor energético competitivo, confiável e sustentável (HADIAN; MADANI, 2015; PACESILA; BURCEA; COLESCA, 2016).

Dentre as inúmeras fontes alternativas de ER, a energia solar é amplamente difundida devido à sua baixa emissão de carbono, matéria prima abundante, mínima dependência de combustíveis fósseis e pouca necessidade de manutenção (DHAR et al., 2020). Além desses feitos, as tecnologias de energia solar contribuem de forma direta e transversalmente para o alcance de metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS propostos pela Organização das Nações Unidas – ONU (2015).

O acesso à energia limpa (ODS 7) está diretamente ligado aos ODS 3 (boa saúde e bem-estar) e 13 (ação contra a mudança global do clima), oferecendo benefícios de saúde e ambientais para o planeta. A baixa emissão de CO₂ na geração fotovoltaica cooperaativamente com a redução dos níveis de poluição locais, minimizando a dependência de combustíveis fósseis e possibilitando a mitigação das mudanças climáticas (ADENLE, 2020). De acordo com Shahsavari e Akbari (2018), estima-se que a implantação de sistemas fotovoltaicos possa economizar cerca de 0,53 kg CO₂ eq/kWh gerado, quando comparados aos combustíveis fósseis, contabilizando uma atenuação de até 100 milhões de toneladas de CO₂ eq até 2030, e também dos casos de ataques cardíacos e vários tipos de asma.

Ainda de acordo com Adenle (2020), o desenvolvimento e a implementação de projetos de energia solar continuamente geram empregos e capacitam economicamente as pessoas, criando um forte vínculo entre a dimensão econômica e o uso das tecnologias solares, contribuindo com o ODS 8 (emprego decente e crescimento econômico). Além da geração de empregos, as ligações entre a adoção da energia solar e a renda e economia monetária, tendo em vista a forte relação entre fome e renda, indica o importante papel desta fonte de energia para aquisição de alimentos em populações economicamente desfavorecidas, colaborando potencial e diretamente para o alcance das metas dos ODS1 (erradicação da pobreza) e 2 (fome zero).

No Mundo, o total acumulado de geração fotovoltaica cresceu de forma exponencial desde o início do século, saltando de 6 TWh no ano de 2006, para 720 TWh em 2019, com estimativa de alcance de 3.268 TWh até 2030 (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA, 2020). Já na realidade brasileira, em 2020 a geração fotovoltaica atingiu, aproximadamente,

10,7 TWh, representando um acréscimo de 61,5% ao ano anterior e correspondendo a 1,7% da matriz nacional, com uma potência instalada de 7,9 GW no mesmo ano (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2021).

Por ser um País agraciado com índices solares promissores, o Brasil se destaca na efetividade da geração solar, com uma irradiação solar média de, aproximadamente, 5,3 kWh/m²; consideravelmente maior do que em localidades cujos recursos fotovoltaicos já são amplamente utilizados, como na França (3,4 kWh/m²) e Alemanha (3,0 kWh/m²), conforme dados do Atlas Global desenvolvido pelo Programa de Assistência à Gestão do Setor Energético – ESMAP (*Energy Sector Management Assistance Program*) (2021).

Baseado neste cenário promissor da energia solar, o objetivo deste trabalho foi sumarizar pontos importantes contidos na literatura acadêmica, que abordam o contexto da escolha de áreas para implantação de usinas solares, com foco nos critérios ambientais, técnicos e socioeconômicos. Adicionalmente elaborou-se um apanhado acerca de déficits apresentados em pesquisas sobre impactos da energia solar, bem como sobre a aplicação de ferramentas de geoprocessamento para otimização do processo de alocação de projetos.

Material e Métodos: O material elaborado compreende uma revisão bibliográfica que aborda aspectos conceituais da energia solar e sua aplicação, e critérios e métodos vinculados à definição das áreas para instalação de usinas. Através de compilados de artigos revisados por pares e materiais técnicos elaborados por instituições renomadas do cenário energético Nacional e Internacional, foram coletadas informações sobre o estado da arte atual acerca das perspectivas tratadas anteriormente, além de identificar déficits mencionados na literatura e realizar um apanhado sobre a incorporação de ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas - SIG nos processos decisórios associados.

Resultados e Discussão: Para o sucesso na implantação de qualquer sistema de energia solar, é necessário o conhecimento exato e preciso das peculiaridades locais (POLO et al., 2016). O local ideal deve garantir a máxima exploração do potencial solar, acompanhado do uso consciente da terra, disponibilidade e conservação dos recursos hídricos, acesso à infraestrutura da rede, bem como uma análise técnico-econômica e de viabilidade como um todo (HIRBODI; ENJAVI-ARSANJANI; YAGHOUBI, 2020). São inúmeros os critérios que impactam a definição destes locais, tornando a produção de eletricidade em um local mais confiável e econômica que em outro (DOLJAK; STANOJEVIĆ, 2017), sendo estes classificados habitualmente em três grupos: ambiental, técnico e socioeconômico (MIERZWIAK; CALKA, 2017).

No quesito ambiental, a seleção do ambiente deve atentar-se aos dados climatológicos de irradiação solar e temperatura local, além de promover a conservação de aspectos do ambiente natural, como a preservação de áreas de matas, florestas, unidade de conservação e recursos hídricos, além de resguardar eventuais conflitos de interesses de uso e ocupação do solo. Já a questão técnica busca, principalmente, reduzir os gastos em infraestrutura, com alocações próximas às redes de distribuição de energia, ambientes construídos e estradas acessíveis.

No tocante à análise socioeconômica, são avaliadas as condições do local e como a intervenção proposta impactará na vida dos habitantes e na viabilidade do investimento, seja na área exigida, nos formatos e estrutura das propriedades disponíveis, nas configurações de uso e ocupação do solo, nas aplicações financeiras e no retorno econômico para a comunidades (MIERZWIAK; CALKA, 2017). Para a melhor viabilidade da execução do projeto, todas essas variáveis devem ser atendidas, certificando a sua exequibilidade em caráter ambiental, técnico, social e econômico.

Com o aprimoramento das tecnologias existentes e a diminuição do preço dos equipamentos fotovoltaicos, o número das instalações de sistemas de energia solar vem aumentando consideravelmente nos últimos anos (SOKKA et al., 2016). Com isso, vários outros fatores influenciam na viabilidade dos projetos fotovoltaicos, como exemplos, a criação de empregos, impactos sobre o valor da propriedade e atividades econômicas tradicionais, aumento da desigualdade, riscos à saúde, distúrbios estéticos e sonoros, poluição, fragmentação da paisagem, impactos adversos na vida selvagem, taxa de envolvimento das comunidades locais, dentre outros (MARTINEZ; KOMENDANTOVA, 2020).

Habitualmente, os estudos dos impactos da energia solar compõem uma análise de forma limitada e compartmentada, baseados nos pilares da sustentabilidade (econômico, social e ambiental). Entre os principais relatados na bibliografia, cita-se: (i) os conflitos de interesse quanto ao uso e ocupação do solo, (ii) impressões negativas e oposição das comunidades locais quanto à implantação das usinas, (iii) contaminação dos corpos hídricos por produtos químicos na sua manutenção, (iv) danos à paisagem, riscos de desastres ambientais pelo corte de solo e (v) geração de resíduos (AKITA, 2020, MANCINI; NASTASI, 2020, TAWALBEH et al., 2021). Ficam de fora outros pontos, como governança, participação da sociedade civil, o papel da mulher, inclusão de minorias sociais, segurança alimentar, redução de conflitos, assentamentos rurais e fortalecimento econômico das comunidades (BRUNET et al., 2020).

De acordo com Benedek, Sebestyén e Bartók (2018), os impactos socioeconômicos regionais das usinas solares são sub-representados na literatura e esta situação é ainda mais

grave quando a área de estudo é reduzida para níveis locais. Dessa forma, o planejamento energético deve adotar ações que auxiliem na superação das barreiras e, para isso, é necessário um trabalho de sensibilização dos cidadãos sobre as energias renováveis, bem como projetos específicos para os contextos locais (MANCINI; NASTASI, 2020).

Diante da dificuldade do mapeamento multidimensional para infraestruturas energéticas, a integração de tecnologias fundamentadas em SIG a métodos multicritério vem atuando como um mecanismo facilitador de apoio ao julgamento das diferentes alternativas, sujeitas a múltiplos critérios. A tecnologia SIG oferece recursos exclusivos para organização, análise, edição e visualização de grandes quantidades de dados geográficos (ELKADEEM et al., 2021). Ainda de acordo com Yushchenko et al. (2018), é notório o crescimento expressivo e constante de estudos baseados em SIG para estimativa da disponibilidade de recursos solares e adequação do espaço, entretanto a aplicação destes estudos se concentra na Europa, América do Norte, Oriente Médio e Ásia.

Em geral, as metodologias apresentam um roteiro baseado inicialmente na aplicação de critérios restritivos para eliminar áreas inadequadas, seguido da consideração de diferentes fatores para classificação das demais áreas de acordo com sua adequação, os quais geralmente recebem pesos de acordo com sua importância para o processo de tomada de decisão. Os métodos de tomada de decisão multicritério mais utilizados neste contexto incluem (i) Média Ponderada Ordenada - OWA (*Ordered Weighted Averaging*) e (ii) Processo de Hierarquia Analítica – AHP (*Analytic Hierarchy Process*) (YUSHCHENKO et al., 2018).

Estas ferramentas permitem simular diferentes pesos para os critérios determinados e produzir mapas personalizados para as áreas. As propostas mesclam métodos e ferramentas consolidadas para avaliação de recursos solares, técnicas de sensoriamento remoto, análise espacial e análises multicritério. Essa integração flexível para tomada de decisão quanto à localização representa, inclusive, uma perspectiva futura de automação (GEORGIOU; SKARLATOS, 2016).

Considerações Finais: O uso da energia fotovoltaica, ambientalmente falando, é bem menos impactante quando comparada à queima de combustíveis fósseis, uma vez que não emite gases de efeito estufa e necessita de pouca manutenção. Neste cenário, os estudos de localização para implantação das usinas devem garantir o melhor aproveitamento energético e das estruturas já existentes, com a máxima preservação do meio ambiente e respeito e beneficiamento às comunidades próximas.

Exalta-se a utilização de ferramentas de SIG para planejamento de usinas, por meio de

simulações que auxiliam na melhor determinação de suas instalações. Destaca-se, ainda, uma carência de estudos cujas análises estejam mais alinhadas ao viés social, tornando-se um excelente campo de pesquisa a ser desenvolvido.

Em trabalhos futuros almeja-se realizar uma revisão do tipo “sistêmica”, com foco nos impactos sobre o meio socioeconômico, identificando os principais critérios utilizados para confecção das análises multicritérios, além dos métodos escolhidos para tomadas de decisão. Além disso, pretende-se realizar a determinação das melhores localizações para implantação de usinas fotovoltaicas na região semiárida do Brasil, através de um estudo de caso no Estado do Ceará, com uma abordagem SIG-Multicritério.

Referências:

- ADENLE, A. Assessment of solar energy technologies in Africa-opportunities and challenges in meeting the 2030 agenda and sustainable development goals. *Energy Policy*, [s.l.], v. 137, p. 111180, fev. 2020.
- AKITA, N.; OHE, Y.; ARAKI, S.; YOKOHARI, M.; TERADA, T.; BOLTHOUSE, J. Managing Conflicts with Local Communities over the Introduction of Renewable Energy: the solar-rush experience in Japan. *Land*, [s.l.], v. 9, n. 9, p. 290, 23 ago. 2020.
- BENEDEK, J.; SEBESTYÉN, T.; BARTÓK, B. Evaluation of renewable energy sources in peripheral areas and renewable energy-based rural development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s.l.], v. 90, p. 516-535, jul. 2018.
- BRUNET, C.; SAVADOGO, O.; BAPTISTE, P.; BOUCHARD, M. A.; RAKOTOARY, J. C.; RAVONINJATOVO, A.; CHOLEZ, C.; GENDRON, C.; MERVEILLE, N. Impacts Generated by a Large-Scale Solar Photovoltaic Power Plant Can Lead to Conflicts between Sustainable Development Goals: a review of key lessons learned in Madagascar. *Sustainability*, [s.l.], v. 12, n. 18, p. 7471, 10 set. 2020. 7471, 10 set. 2020.
- DHAR, A.; NAETH, M. A.; JENNINGS, P. D.; EL-DIN, M. G. Perspectives on environmental impacts and a land reclamation strategy for solar and wind energy systems. *Science of the Total Environment*, [s.l.], v. 718, p. 134602-13462, maio 2020.
- DOLJAK, D.; STANOJEVIĆ, G. Evaluation of natural conditions for site selection of ground-mounted photovoltaic power plants in Serbia. *Energy*, [s.l.], v. 127, p. 291- 300, maio 2017.
- ELKADEEM, M. R.; YOUNES, A.; SHARSHIR, S. W.; CAMPANA, P. E.; WANG, S. Sustainable siting and design optimization of hybrid renewable energy system: A geospatial multi-criteria analysis. *Applied Energy*, [s.l.], v. 295, p. 117071, ago. 2021.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2021: relatório síntese / ano base 2020. Rio de Janeiro: EPE, 2021. 77 p.

ESMAP - ENERGY SECTOR MANAGEMENT ASSISTANCE PROGRAM. Global Solar Atlas. 2021. Disponível em: <https://globalsolaratlas.info/map>. Acesso em: 15 out. 2021.

GEORGIOS, A.; SKARLATOS, D. Optimal site selection for siting a solar park using multi-criteria decision analysis and geographical information systems. *Geoscientific Instrumentation, Methods And Data Systems*, [s.l.], v. 5, n. 2, p. 321-332, 26 jul. 2016.

HADIAN, S.; MADANI, K. A system of systems approach to energy sustainability assessment: are all renewables really green? *Ecological Indicators*, [s.l.], v. 52, p. 194-206, maio 2015.

HIRBODI, K.; ENJAVI-ARSANJANI, M.; YAGHOUBI, M. Techno-economic assessment and environmental impact of concentrating solar power plants in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s.l.], v. 120, p. 109642-109669, mar. 2020.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (Paris). Solar PV. 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/solar-pv>. Acesso em: 07 abr. 2021.

KOTHARI, C. R. Research methodology: methods and techniques. 2. ed. Nova Delhi: New Age International Limited, 2004. 414 p.

MANCINI, F.; NASTASI, B. Solar Energy Data Analytics: PV deployment and land use. *Energies*, [s.l.], v. 13, n. 2, p. 417, 15 jan. 2020.

MARTINEZ, N.; KOMENDANTOVA, N. The effectiveness of the social impact assessment (SIA) in energy transition management: stakeholders' insights from renewable energy projects in Mexico. *Energy Policy*, [s.l.], v. 145, p. 111744, out. 2020.

MIERZWIAK, M.; CALKA, B. Multi-Criteria Analysis for Solar Farm Location Suitability. *Reports on Geodesy and Geoinformatics*, [s.l.], v. 104, n. 1, p. 20- 32, 20 dez. 2017.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 15 ago. 2021.

PACESILA, M.; BURCEA, S. G.; COLESCA, S. E. Analysis of renewable energies in European Union. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s.l.], v. 56, p. 156-170, abr. 2016.

POLO, J.; WILBERT, S.; RUIZ-ARIAS, J.A.; MEYER, R.; GUEYMARD, C.; SDRISDRI, M.; MARTÍN, L.; MIESLINGER, T.; BLANC, P.; GRANT, I.; BOLAND, J.; INEICHEN, P.; REMUND, J.; ESCOBAR, R.; TROCCOLI, A.; SENGUPTA, M.; NIELSEN, K. P.; RENNE, D.; GEUDER, N.; CEBECAUER, T. Preliminary survey on site-adaptation

techniques for satellite-derived and reanalysis solar radiation datasets. *Solar Energy*, [s.l.], v. 132, p. 25-37, jul. 2016.

SHAHSAVARI, A.; AKBARI, M. Potential of solar energy in developing countries for reducing energy-related emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s.l.], v. 90, p. 275-291, jul. 2018.

SOKKA, L.; SINKKO, T.; HOLMA, A.; MANNINEN, K.; PASANEN, K.; RANTALA, M.; LESKINEN, P. Environmental impacts of the national renewable energy targets – A case study from Finland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s.l.], v. 59, p. 1599-1610, jun. 2016.

TAWALBEH, M.; AL-OTHMAN, A.; KAFIAH, F.; ABDELSALAM, E.; ALMOMANI, F.; ALKASRAWI, M. Environmental impacts of solar photovoltaic systems: a critical review of recent progress and future outlook. *Science of the Total Environment*, [s.l.], v. 759, p. 143528-143540, mar. 2021.

YUSHCHENKO, A.; BONO, A. de; CHATENOUX, B.; PATEL, M. K.; RAY, N. GIS-based assessment of photovoltaic (PV) and concentrated solar power (CSP) generation potential in West Africa. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, [s.l.], v. 81, p. 2088-2103, jan. 2018.

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA APLICAÇÃO DE BIPVS: REVISÃO SISTEMÁTICA

Gustavo Gonçalves¹; Raphael Abrahão²; Luiz Coelho Junior³

1 – Gustavo Leite Gonçalves. Universidade de São Paulo. gustavoleite@usp.br

2 – Raphael Abrahão. Universidade Federal da Paraíba. raphael@cear.ufpb.br

3 – Luiz Moreira Coelho Junior. Universidade Federal da Paraíba. luiz@cear.ufpb.br

RESUMO: Os valores da sustentabilidade são baseados em um meio ambiente equilibrado, economicamente viável e socialmente justo, que amparam diversos setores e serviços. Neste contexto, as construções ditas sustentáveis estão em ampla difusão, contemplando os Sistemas Fotovoltaicos Integrados à Construção, ou BIPVs (Building Integrated Photovoltaic). Os BIPVs agregam funcionalidade aos módulos fotovoltaicos, atribuindo-lhes funções estruturais e arquitetônicas. Este resumo sintetizou uma revisão sistemática acerca da abordagem dos pilares da sustentabilidade em trabalhos referentes aos BIPVs, bem como apurou as principais lacunas descritas nas obras. Realizou-se buscas por palavras-chave relacionadas ao tema na Web of Science, obtendo-se 69 publicações, entre artigos científicos e de revisão, que foram submetidos a análise bibliométrica e revisão sistemática, em busca de informações quantitativas, qualitativas e de conteúdo. Os principais resultados revelaram 27 trabalhos como de abordagem exclusivamente do pilar ambiental, 18 do econômico, 2 do social, 13 da intersecção entre ambiental e econômico, 6 ambiental e social, e 3 dos três pilares. Dentre as metodologias específicas e recorrentes em cada área de estudo cita-se a ACV, período de retorno de energia e do investimento. Por fim, concluiu-se que os BIPVs se mostraram propagadores dos princípios da sustentabilidade, principalmente no âmbito das construções sustentáveis, pela valorização arquitetônica, economia de recursos naturais e resgate de gases de efeito estufa, sendo necessário estudos ambientais e econômicos sólidos que atestem sua eficácia em casos específicos, além de aperfeiçoamento de políticas incentivadoras.

Palavras-Chave: ACV; Energias renováveis; Energia solar; Arquitetura sustentável; Desenvolvimento sustentável

ABSTRACT: The Sustainability values are based on a balanced environment, economically viable and socially fair that supports diverse sectors and services. In this context, the called sustainable buildings are widely publicized, contemplating the Building Integrated Photovoltaics (BIPV). BIPVs add functionality to photovoltaic modules, assigning them structural and architectural functions. This summary synthesized a abstract review about the

approach of sustainability pillars in articles related to BIPVs, as well as identified the main gaps described in the papers. Searches were carried out for keywords related to the topic on the Web of Science, obtaining 69 publications, including scientific and review articles, which were submitted to bibliometric analysis and systematic review, in search of quantitative, qualitative and content information. The main results revealed 27 papers exclusively addressing the environmental pillar, 18 the economic, 2 the social, 13 the intersection between environmental and economic, 6 environmental and social and 3 of the three pillars. Among the specific and recurrent methodologies in each study area, mention is made of LCA, energy and payback period. Finally, it was concluded that BIPVs have shown themselves to be propagators of the principles of sustainability, especially in the context of sustainable buildings, through architectural enhancement, saving natural resources and rescuing greenhouse gases, requiring solid environmental studies. and economic to attest to its effectiveness. in specific cases, in addition to improving incentive policies.

Keywords: LCA; Renewable energy; Solar energy; Sustainable architecture; Sustainable development

DOI: 10.6084/m9.figshare.21961187

Introdução: O conceito de sustentabilidade tem amparo em três pilares, que são princípios fundamentais do desenvolvimento sustentável: meios ambiente, econômico e social (LI; ROSKILLY; WANG, 2018). A indústria da construção civil, em geral, desempenha um papel primordial na sustentabilidade urbana, através de métodos construtivos sustentáveis, que possibilitam a redução dos impactos comumente apresentados. Um exemplo desse modelo de tecnológico são as coberturas alternativas apresentam-se como oportunidade de melhoria do modelo urbano de desenvolvimento (KELLY; SEN; TATARI, 2020).

É possível que essas coberturas ajam como geradoras de energia renováveis, quando, por exemplo, tecnologias fotovoltaicas são integradas à construção (LI; YANG; LAM, 2013). Esse tipo de instalação é denominado “Building Integrated Photovoltaic” (BIPV), que ao contrário dos sistemas convencionais, que são acoplados ao invólucro do edifício, geralmente nos telhados, os BIPVs são instalados diretamente na construção (RITZEN et al., 2017). Os módulos fotovoltaicos tornam-se elemento construtivo no exterior da edificação, como telhado, fachada ou claraboia e, quando semitransparentes, permitem a penetração da luz durante o dia e favorecem a iluminação e visualização interna. Além disso, servem como proteção contra intempéries, proporcionam isolamento térmico, proteção contra ruídos, etc. (TRIPATHY; SADHU; PANDA, 2016).

A avaliação holística de sistemas BIPVs funciona como ferramenta de planejamento e otimização, além de ter a possibilidade de, posteriormente, servir para classificação e certificação de edifícios (SCHUETZE; WILLKOMM; ROOS, 2015). Em termos de estudos de revisão sobre sistemas fotovoltaicos, observa-se, de forma representativa, a concentração da ênfase das investigações, tais como os desenvolvimentos recentes, diferenças entre tipos de sistemas, pontos de vista sobre metodologias e principais lacunas identificadas (LAMNATOU; CHEMISANA, 2017).

Este resumo sintetiza os principais resultados obtidos pela pesquisa que objetivou apresentar a análise do enquadramento dos pilares da sustentabilidade em trabalhos referentes aos BIPVs, como forma de aferir as informações relevantes e as tendências de desenvolvimento das obras, bem como o conteúdo por elas abordados, incluindo as principais lacunas.

Material e Métodos: A técnica metodológica empregada consistiu na elaboração de uma revisão sistemática, como método de aferimento do desenvolvimento da linha de pesquisa, as colaborações dos autores dos trabalhos publicados, bem como seu espaço-temporal, baseado em Montoya et al. (2016). Na sequência foram empregadas análises de redes e de conteúdo, que descrevem e interpretam o conteúdo de classes de documentos e textos, e revisam o

conteúdo das pesquisas selecionadas, atendendo a critérios específicos de confiabilidade e validação (HAM-BALOYI; JORDAN, 2016).

Etapa 1 – Entradas: A partir de uma prévia pesquisa exploratória, estimou-se a relevância do problema a ser analisado, realizou-se a definição do objeto de estudo, além dos termos de busca.

Etapa 2 – Processamento: A coleta das informações na plataforma da Web of Science (WOS) foi em maio de 2020. A escolha de uma única base de dados se deu pelo grande prestígio e acervo da WOS, que assegura uma vasta cobertura de dados de citações e dados bibliográficos, com a maior profundidade e qualidade (AZEVEDO et al., 2020).

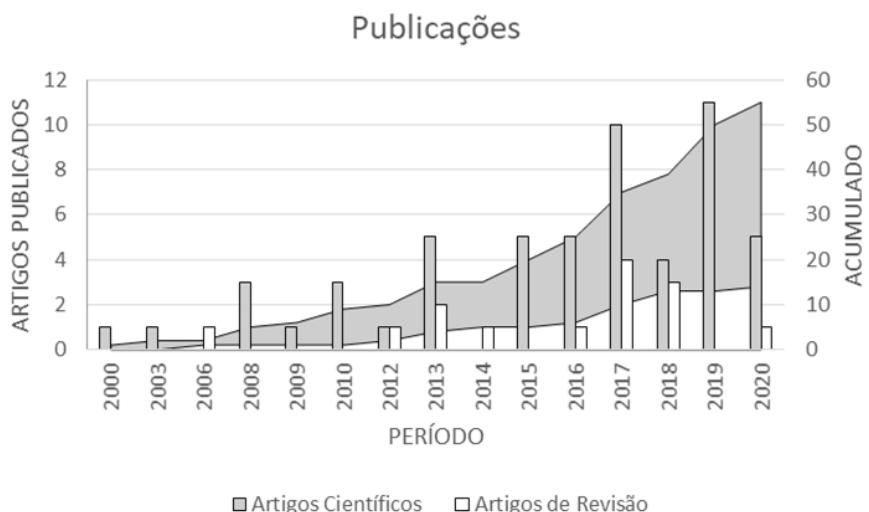
Buscas no Banco de Dados: A primeira busca decorreu dos termos Environment* “or” Green*, realizada por “títulos” e Building Integrated Pholtovoltaic “or” BIPV em “tópicos”. A segunda busca visou complementar a primeira, agregando novos termos à pesquisa, onde Building Integrated Pholtovoltaic “or” BIPV foram configuradas como “título” e Viabilit* “or” Feasibilit* “or” Availabilit* “or” Evalua* “or” Assessment*, foram consideradas em “tópicos”. A estrutura escolhida trouxe aos “títulos” o protagonismo das buscas, correlacionando-os aos “tópicos”, já os termos “incompletos” utilizados, tal como “Evalua”, acrescidos do “*”, representam uma forma de busca, onde a base retorna os resultados de todas as suas variações, como “Evaluation”, “Evaluate” e “Evaluated”.

Critérios de inclusão e exclusão: A princípio apenas foram escolhidos artigos científicos e de revisão. Posteriormente foram excluídos os trabalhos duplicados nas duas buscas. Por fim foram lidos todos os títulos, resumos e partes principais dos artigos, separando exclusivamente aqueles que possuíam alinhamento completo com a sustentabilidade na aplicação de BIPVs. Os trabalhos restantes foram classificados de acordo com o eixo temático, por análise de conteúdo, referente ao(s) pilar(es) da sustentabilidade analisado(s) (Ambiental, Econômico e Social), por meio de termos relacionados (BEZERRA; GOHR; MORIOKA, 2020).

Etapa 3 – Saídas: Os balanços quantitativos e qualitativos embasaram a melhor compreensão dos trabalhos analisados. Para tanto, no Excel, foram tabuladas e analisadas as informações sobre os trabalhos estudados, como quantitativos, linha cronológica, principais autores e suas redes de colaboração, dentre outras. Após a leitura meticulosa do material, realizou-se a identificação das metodologias empregadas e elaborou-se um diagrama de Venn para estampar o enquadramento dos trabalhos nos pilares da sustentabilidade. A análise de agrupamento das palavras-chave foi desenvolvida com auxílio do software VOSviewer versão 1.6.15 (VAN ECK; WALTMAN, 2020), que identificou e totalizou 23 palavras com ocorrência mínima de 5 vezes.

Análise Bibliométrica: O primeiro artigo da amostra é datado do ano 2000, conforme ilustrado na Figura 1, e tratou de uma combinação de inventário de ciclo de vida simplificado e fluxo de caixa descontado, como forma de demonstrar o equilíbrio entre fatores econômicos e ambientais na tecnologia fotovoltaica integrada (OLIVER; JACKSON, 2000). Essa visão foi a abertura da linha de raciocínio dos trabalhos posteriores, o que indicou que o mesmo serviu de base para a perspectiva dos demais autores. As publicações, entretanto, seguiram escassas nos anos subsequentes, onde em 2013 houve um eventual aumento que se estende até o momento da elaboração dessa pesquisa (2020) e esse fato demonstrou a relevância do tema no contexto atual.

Figura 1 - Quantitativo de artigos publicados e publicações acumuladas ao longo dos anos relacionados à sustentabilidade na aplicação de BIPVs.



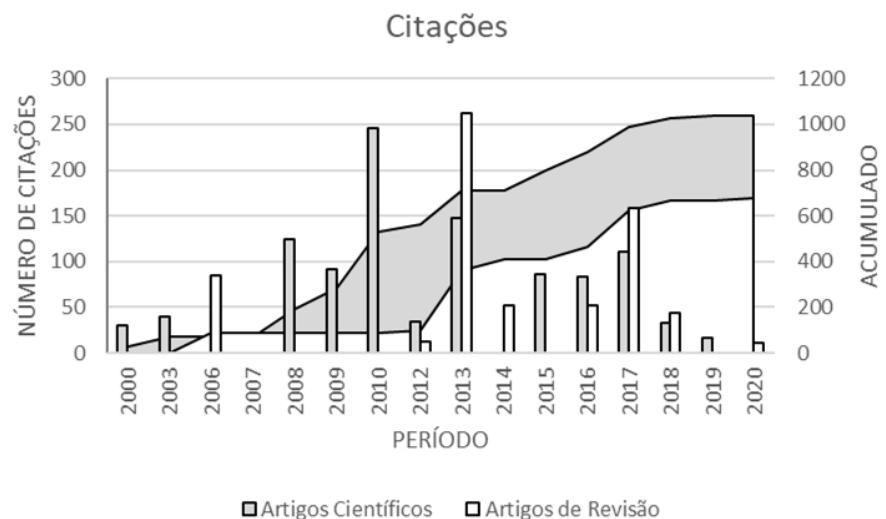
Fonte: AUTORES (2020).

Notou-se, também, que os artigos científicos do ano de 2010 possuem o maior valor de citações, principalmente devido ao trabalho de Lu e Yang (2010), já citado 106 vezes até a data das buscas. Já o trabalho de Li; Yang e Lam (2013) proporcionou a discrepância presente no ano de 2013 com relação aos artigos de revisão, pois só ele teve 207 citações nos anos seguintes, como observado na Figura 2.

É notório que embora o número de artigos científicos seja superior, os artigos de revisão possuem uma significância na recorrência de citações, principalmente pelo caráter analítico e teórico presentes. Os mesmos foram publicados em 25 periódicos, a maioria com foco em energia e/ou meio ambiente, enquanto o restante foi da área de química, infraestrutura,

arquitetura, engenharia e economia. O periódico de maior representatividade foi o “Energy and Buildings”, com 14 publicações. Todos os periódicos reportados possuem fatores de impacto relevantes, o que constata a importância dos trabalhos perante o tema.

Figura 2 - Quantitativo de citações e citações acumuladas ao longo dos anos relacionados a sustentabilidade na aplicação de BIPVs.

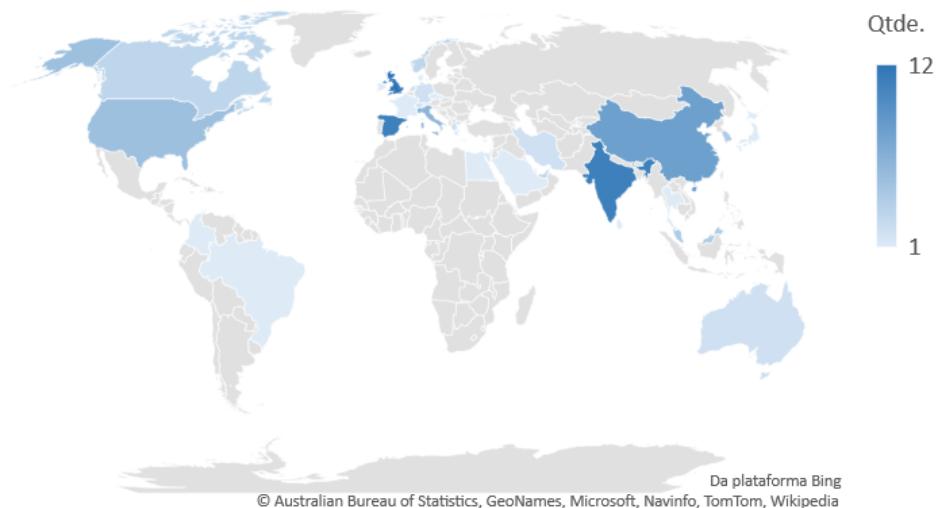


Fonte: AUTORES (2020).

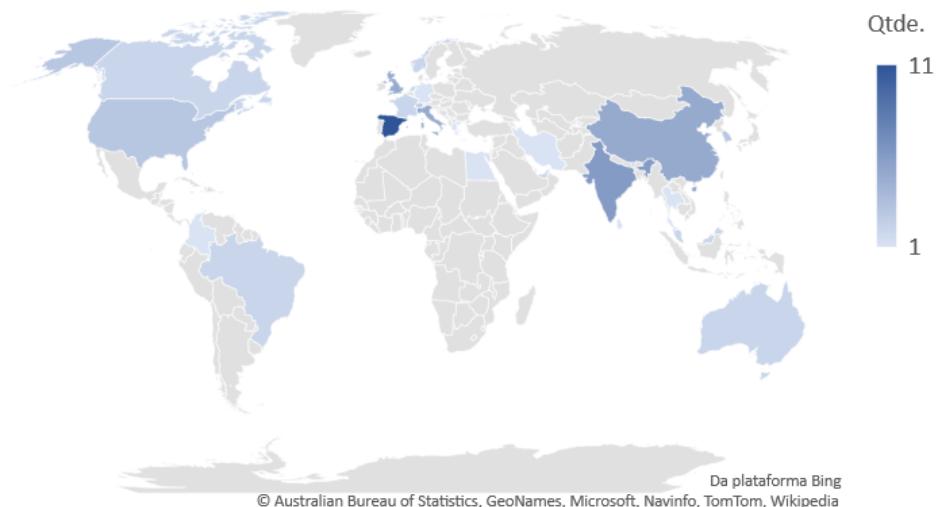
No tocante ao arranjo territorial referente à localização de onde se deu o desenvolvimento das pesquisas e a quantidade de publicações por território, muito embora a maioria dos artigos publicados advenha de países desenvolvidos como Reino Unido, Espanha, Itália e EUA, notou-se que alguns países em desenvolvimento apresentaram contribuições significativas para o tema, como a Índia, China e Malásia. Já com relação aos países que serviram de objeto de estudo para os trabalhos da amostra analisada, não há proporcionalidade direta entre o local de elaboração dos artigos e os locais de aplicação do estudo. A Figura 3 retrata essas informações.

Figura 3: Países de desenvolvimento e objeto de estudo dos trabalhos analisados e seus quantitativos

Quantidade de trabalhos desenvolvidos por País



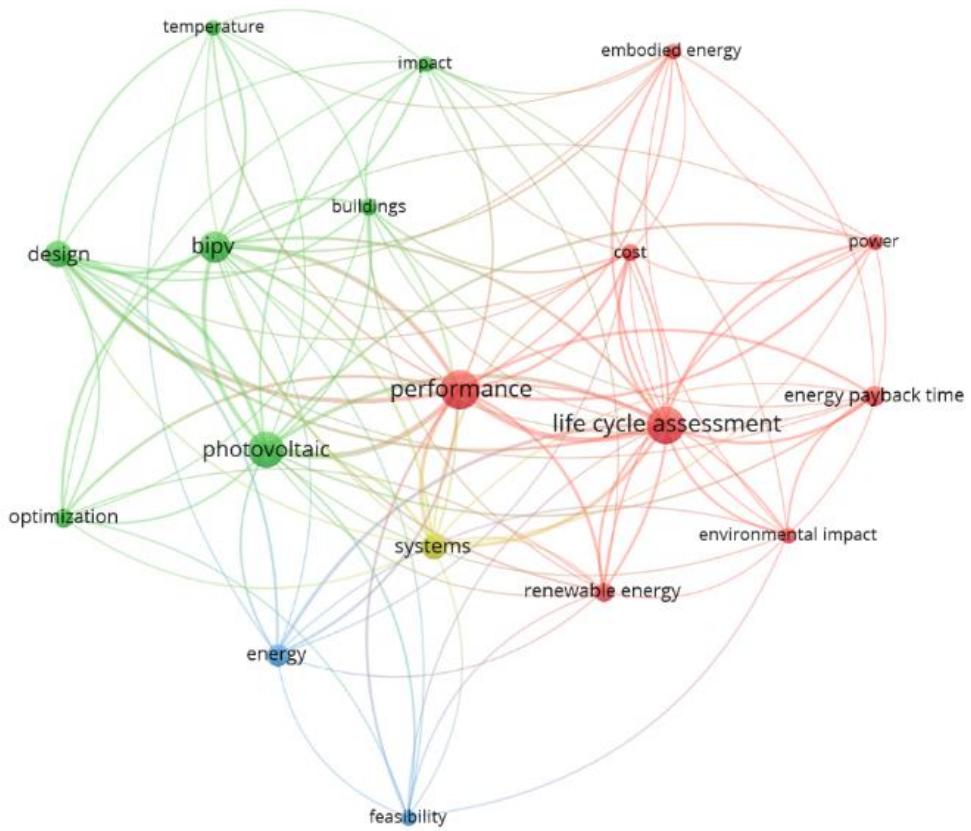
Países objeto de estudo



Fonte: AUTORES (2020).

A co-ocorrência de palavras-chave determina a proximidade das relações entre os artigos e a força da conexão entre elas (LI et al., 2016). A Figura 4 sintetiza o resultado da análise amostral, onde observou-se que “Performance”, “Life-cycle assessment”, “Design” e “BIPV” se destacaram em incidência, o que confirmou a temática principal dos trabalhos analisados, que buscaram descrever a performance técnica, ambiental, econômica e/ou social pertinentes à aplicação da tecnologia BIPV. No geral, as palavras apresentaram uma rede de interações bastante inter-relacionada, e tornou possível a identificação de abordagens como: impactos ambientais associados ao desempenho energético; análise do custo de ciclo de vida; interferência do design na eficiência energética; avaliação do ciclo de vida dos sistemas, dentre outros.

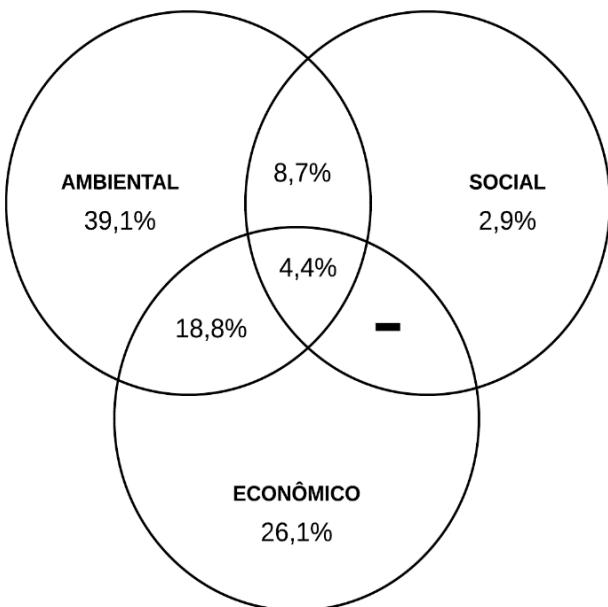
Figura 4: Análise de agrupamento das palavras-chave



Fonte: AUTORES (2020).

Estado da Arte: Embora o termo “sustentabilidade” seja amparado por três pilares bem definidos (ambiental, social e econômico), muitos autores que usaram essa temática como justificativa da execução de seus trabalhos a trataram de forma parcial. Dos 69 artigos analisados profundamente, 47 explanaram sobre apenas um dos eixos, 19 da junção entre dois e apenas 3 abordaram realmente a inter-relação entre os três pilares. A Figura 5 ilustra a abordagem dos pilares da sustentabilidade na implantação de sistemas BIPV dentre a amostra dos trabalhos analisados.

Figura 5: Diagrama de Venn dos artigos sobre BIPV associados aos pilares da sustentabilidade



Fonte: AUTORES (2020).

De forma isolada, o pilar ambiental foi o mais discutido e compreendeu 39,1% do total das pesquisas, seguido do pilar econômico, com 26,1%. A temática econômica esteve intimamente relacionada a questões técnicas da instalação dos sistemas BIPV e correlata a viabilidade do investimento com o retorno da forma energética a ser gerada, seja ela elétrica ou térmica. Já o pilar social foi o menos explorado, com apenas 2,9%, justificado pelo fato deste estar geralmente associado a outra temática (ambiental e/ou social). Do montante, 4,4% abordaram os três pilares da sustentabilidade de forma interdependente. Não foram registrados trabalhos referentes a intersecção entre economia e social.

O foco ambiental concentrou-se no estudo dos impactos ambientais associados ao BIPV, principalmente na equivalência das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE). Algumas abordagens foram mais recorrentes, cuja metodologia foi replicada na maioria dos trabalhos, onde a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) foi a mais utilizada. Deve-se mencionar também que alguns estudos investigaram e enfatizaram o Período de Retorno da Energia (PRE) e das Emissões de GEE (PRGEE), tratados de forma independente, como em Lu e Yang (2010), ou como complemento à ACV, como fizeram Lamnatou et al. (2017).

A abordagem econômica dos cenários descritos foi satisfeita por alguns indicadores econômicos, sendo eles: Custo Nivelado de Energia (LCOE), Valor Presente Líquido (VPL), Período de Retorno do Investimento (Payback) e Avaliação do Custo de Ciclo de Vida (LCCA). Também foram apreciadas as economias de substituição de material e de carga térmica de resfriamento, devido à integração do sistema ao edifício (LU; YANG, 2010). Já os estudos de

cunho social foram pautados no encorajamento e análise da adoção das tecnologias por meio de políticas incentivadoras, na percepção humana dos benefícios ambientais e econômicos da sua implantação e a influência da aplicabilidade no dia a dia dos usuários.

Constatou-se que existem discussões, pesquisas e desenvolvimentos que necessitam de mais atenção nos três eixos. Cita-se a necessidade de mais estudos baseados em múltiplos métodos de ACV e impactos ambientais associados, soluções de armazenamento para sistemas solares integrados, com ênfase nos impactos ambientais de diferentes tipos de componentes de armazenamento, além de políticas públicas de incentivos.

Conclusão: A sustentabilidade foi tratada de forma segregada, na maior parte dos trabalhos, abordando um ou dois pilares de forma mútua. O pilar ambiental foi o de maior representatividade, seguido do econômico e da junção destes dois. Uma amostragem mínima trabalhou com os três pilares de forma explícita, entretanto, todos justificaram a metodologia empregada com base no princípio da sustentabilidade.

O foco do pilar ambiental foi abordado com estudos dos impactos ambientais associados ao BIPV, principalmente no equivalente às emissões de gases de efeito estufa. A avaliação econômica foi satisfeita, basicamente, por indicadores de viabilidade e retorno de investimentos. Já o cunho social foi pautado em termos de análise dos incentivos e da adoção da tecnologia por meio de políticas, opiniões e impactos da aplicabilidade na vida dos usuários.

Listou-se alguns déficits presentes elencados pelos autores, para melhoria do embasamento quanto à sustentabilidade na aplicação de BIPVs, como a premência de trabalhos profundamente direcionados para as construções sustentáveis, múltiplos métodos de ACV e impactos ambientais associados. Além de tudo, não foram detectados trabalhos classificados como econômicos e sociais, o que demonstra a conveniência de mais estudos dessa área de pesquisa específica.

Agradecimentos: Os autores agradecem o apoio do CNPq, CAPES e UFPB.

Referências:

- AZEVÉDO, R. de O.; ROTELA JUNIOR, P.; ROCHA, L. C. S.; CHICCO, G.; AQUILA, G.; PERUCHI, R. S. Identification and Analysis of Impact Factors on the Economic Feasibility of Photovoltaic Energy Investments. *Sustainability*, [s.l.], v. 12, n. 17, p. 7173-7213, 2 set. 2020.
- BEZERRA, M. C. da C.; GOHR, C. F.; MORIOKA, S. N. Organizational capabilities towards corporate sustainability benefits: a systematic literature review and an integrative

framework proposal. *Journal of Cleaner Production*, [s.l.], v. 247, p. 119114-119132, fev. 2020.

HAM-BALOYI, W. T.; JORDAN, P. Systematic review as a research method in post-graduate nursing education. *Health SA Gesondheid*, [s.l.], v. 21, p. 120-128, dez. 2016.

KELLY, C.; SEN, B.; TATARI, O. A system dynamics analysis of the alternative roofing market and its potential impacts on urban environmental problems: a case study in orlando, florida. *Resources, Conservation and Recycling*, [s.l.], v. 153, p. 104556-104570, fev. 2020.

LAMNATOU, C.; CHEMISANA, D. Photovoltaic/thermal (PVT) systems: a review with emphasis on environmental issues. *Renewable Energy*, [s.l.], v. 105, p. 270-287, maio 2017.

LI, D. H. W.; YANG, L.; LAM, J. C. Zero energy buildings and sustainable development implications – A review. *Energy*, [s.l.], v. 54, p. 1-10, jun. 2013.

LI, H.; AN, H.; WANG, Y.; HUANG, J.; GAO, X. Evolutionary features of academic articles co-keyword network and keywords co-occurrence network: based on two-mode affiliation network. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, [s.l.], v. 450, p. 657-669, maio 2016.

LI, T.; ROSKILLY, A. P.; WANG, Y. Life cycle sustainability assessment of grid-connected photovoltaic power generation: a case study of northeast england. *Applied Energy*, [s.l.], v. 227, p. 465-479, out. 2018.

LU, L.; YANG, H. X. Environmental payback time analysis of a roof-mounted building-integrated photovoltaic (BIPV) system in Hong Kong. *Applied Energy*, [s.l.], v. 87, n. 12, p. 3625-3631, dez. 2010.

MONTOYA, F. G.; BAÑOS, R.; MEROÑO, J. E.; MANZANO-AGUGLIARO, F. The research of water use in Spain. *Journal of Cleaner Production*, [s.l.], v. 112, p. 4719-4732, jan. 2016.

OLIVER, M.; JACKSON, T. The evolution of economic and environmental cost for crystalline silicon photovoltaics. *Energy Policy*, [s.l.], v. 28, n. 14, p. 1011-1021, nov. 2000.

RITZEN, M. J.; VROON, Z. A. E. P.; ROVERS, R.; LUPÍLEK, A.; GEURTS, C. P.W. Environmental impact comparison of a ventilated and a non-ventilated building-integrated photovoltaic rooftop design in the Netherlands: electricity output, energy payback time, and land claim. *Solar Energy*, [s.l.], v. 155, p. 304-313, out. 2017.

SCHUETZE, T.; WILLKOMM, W.; ROOS, M. Development of a Holistic Evaluation System for BIPV Façades. *Energies*, [s.l.], v. 8, n. 6, p. 6135-6152, 19 jun. 2015.

TRIPATHY, M.; SADHU, P. K.; PANDA, S. K. A critical review on building integrated photovoltaic products and their applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s.l.], v. 61, p. 451-465, ago. 2016.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Leiden University's Centre for Science and Technology Studies. VOSviewer. 2020. Disponível em: <https://www.vosviewer.com/>. Acesso em: 13 abr. 2020.

ANÁLISE DAS EMISSÕES DE CO² EVITADAS BASEADA EM DADOS DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS: EVIDÊNCIAS PARA O BRASIL

Larissa Guerreiro¹; Sérgio Pacca^{1,2}

1 – Larissa Ribeiro Guerreiro. Universidade de São Paulo. la.ribeirog@usp.br

2 – Sérgio Almeida Pacca. Universidade de São Paulo. spacca@usp.br

RESUMO: O pressuposto de que os sistemas fotovoltaicos não emitem gases de efeito estufa durante a sua operação precisa ser examinado considerando as emissões do ciclo de vida e as emissões líquidas desse processo de geração de energia. O objetivo deste resumo é analisar as emissões de CO₂ evitadas por meio de sistemas fotovoltaicos no Brasil, a partir da revisão bibliográfica de estudos de avaliação do ciclo de vida (ACV) desses sistemas. O método de avaliação do ciclo de vida neste trabalho foi utilizado para analisar as taxas de emissões de CO₂ de sistemas fotovoltaicos policristalinos (Multi-Si), juntamente com os fatores de emissão brasileiro, a fim de determinar as emissões líquidas e o tempo de recuperação da energia investida. A taxa de retorno de energia, indica em quanto tempo o sistema fotovoltaico compensaria o consumo de energia que ele precisou ao longo do seu ciclo de vida, portanto desde sua extração, fabricação até seu destino final. Os resultados mostram que as taxas de emissões de CO₂ desses sistemas comparadas com o fator de emissão brasileiro resultam em 150,69 g de emissões líquidas evitadas por kWh gerado pelo sistema fotovoltaico. O tempo de recuperação de energia calculado com os valores de radiação solar do Brasil variou entre os módulos, de 5 meses a 12 anos. Sendo assim, os sistemas fotovoltaicos são uma boa opção de investimento no Brasil, visto que sua localização e vasta irradiação solar contribuem para o bom desempenho da tecnologia.

Palavras-Chave: Avaliação do Ciclo de Vida; Sistemas fotovoltaicos; Tempo de retorno de Energia; Emissões líquidas

ABSTRACT: The assumption that photovoltaic (PV) systems do not emit greenhouse gases during their operation needs to be examined considering its life cycle emissions and the net emissions from this power generation process. The objective of this article is evaluating CO₂ avoided emissions through photovoltaic systems in Brazil, based on a literature review of life cycle assessment studies (LCA) of PV systems. The life cycle assessment method in this work was used to analyze CO₂ emission rates from polycrystalline (Poly-Si) PV systems, together with Brazilian grid emission factors, in order to determine net emissions and the energy

payback time. The energy payback time indicates how long the photovoltaic system would compensate for the energy consumption that was needed throughout its life cycle, from resources extraction, manufacture to its decommissioning. Results show that the CO₂ emission rates of these systems compared to the Brazilian emission factor result in 150.69g of net avoided emissions per kWh generated by the PV system. The energy payback time, calculated with Brazilian solar radiation values, varied from 5 months to 12 years. Therefore, photovoltaic systems are a good investment option in Brazil, since its vast solar irradiation contributes to the good performance of the technology.

Keywords: Life cycle assessment; Photovoltaic systems; Energy payback time; Zero net emissions

DOI: 10.6084/m9.figshare.21961196

Introdução: A energia solar fotovoltaica é cada vez mais competitiva com outras formas de geração de eletricidade, sendo uma opção de baixo custo em muitas aplicações. Os custos caíram 62% desde 2015 e devem diminuir em mais 16% até 2030. Em várias partes do mundo, o valor da eletricidade de sistemas fotovoltaicos está abaixo do valor da eletricidade gerada a partir de fontes não renováveis e, em algumas, está abaixo dos gastos operacionais da eletricidade gerada pelos combustíveis fósseis. De forma global, a faixa de gastos globais de energia solar é bastante similar à faixa de valores do carvão e do gás natural (IPCC, 2022).

A energia solar durante o seu ciclo de vida, ele consome muita energia e emite GEE durante várias etapas, como no processo de fabricação das células solares, na montagem de módulos fotovoltaicos, produção do *balance of the system* (BOS⁴¹), no transporte de materiais, na instalação fotovoltaica e nos sistemas de disposição final ou reciclagem. Neste caso é possível averiguar o desempenho ambiental de um sistema fotovoltaico, realizando uma avaliação do ciclo de vida (ACV) que é capaz de avaliar e analisar o uso de energia e seus impactos ambientais ao longo do seu ciclo de vida. E assim utilizar duas métricas que são capazes de avaliar a sustentabilidade e o desempenho ambiental dos sistemas, sendo elas: as taxas de emissão líquida de GEE e o tempo de retorno de energia (PENG et al., 2013).

Segundo Fthenakis & Kim (2012) o tempo de retorno de energia investida (EPBT) é definido como o tempo que um sistema de energia renovável leva para gerar a mesma quantidade de energia (primária ou correspondente em kWh) que é utilizada para produzir o próprio sistema. Do ponto de vista do ciclo de vida do produto, a energia consumida do berço ao portão da fábrica. Já ao avaliar as emissões de GEE durante o ciclo de vida dos sistemas fotovoltaicos, o principal gás no qual a taxa de emissão líquida foi baseada é o CO₂, sendo descrito nesta dissertação como g CO₂/kWh (MORENO et al., 2019).

Com isso, a fim de contribuir para que a avaliação do ciclo de vida seja incluída no planejamento energético do Brasil, o objetivo deste resumo é analisar as emissões de CO₂ evitadas por meio de sistemas fotovoltaicos no Brasil, a partir da avaliação do ciclo de vida (ACV) desses sistemas, como também calcular o fator de emissão da energia primária brasileira e da margem de operação para dar andamento ao cálculo das emissões líquidas evitadas e do tempo de retorno de energia (EPBT) desses sistemas. Para isso foram utilizados dados levantados em estudos de ACV de sistemas fotovoltaicos desenvolvidos em diferentes países,

⁴¹ São as demais partes de um sistema fotovoltaico, excluindo os módulos, são definidas como os componentes de equilíbrio do sistema e incluem: inversores, controlador, cabos, baterias, entre outros (PENG, 2013).

como também métodos para calcular os fatores de emissão que serão citados ao longo deste trabalho.

Material e Métodos: Para determinar as emissões de CO₂ evitadas por meio de sistemas fotovoltaicos no Brasil e calcular tempo de retorno de energia, a metodologia utilizada neste resumo está baseada na pesquisa bibliográfica, a qual buscou a contribuição de diversos autores sobre o tema abordado, sendo assim foi desenvolvida a partir de estudos e artigos científicos para identificar as principais informações (GIL, 2008). Após todos os dados serem compilados através da pesquisa bibliográfica, foi realizada uma análise quantitativa para mensurar e revelar uma faixa de incerteza, sendo esses dados distribuídos em faixas de intervalos (mínimo-máximo), os quais serão utilizados ao longo desta dissertação, portanto, para: a irradiação solar, as emissões de CO₂ dos sistemas, o fator de emissão brasileiro e por fim no tempo de retorno de energia desses sistemas.

Para realizar a adaptação das emissões de CO₂ do ciclo de vida dos sistemas caso eles fossem instalados no Brasil, foi preciso através da revisão da literatura obter os valores da irradiação solar do Brasil. Desse modo, foram utilizados a faixa de valores, segundo o Atlas Solar Global (2019), de mínimo (1534 kWh/ano) e máximo (2264 kWh/ano) anuais. O sistema escolhido foi o silício multicristalino, pois existem diversos tipos de tecnologia de módulos fotovoltaicos disponíveis no mercado e segundo Peng *et al.* (2013) o sistema policristalino tem a mesma eficiência que os outros sistemas, porém consome menos energia durante o seu ciclo de vida, sendo assim sua taxa de emissão de GEE e seu EPBT podem ser menores que os de outros sistemas.

Desse modo, neste resumo para determinar as emissões dos sistemas fotovoltaicos, foram necessárias coletar as seguintes informações através da revisão bibliográfica: Localização, Ano, Irradiação solar e as Taxas de emissões de CO₂ em gramas do ciclo de vida de ambos os sistemas. Com os dados acima obtidos, foi possível realizar os cálculos através da equação (1):

$$\frac{\text{Taxa de Emissões} \left(\text{g} \frac{\text{CO}_2}{\text{kWh}} \right) \times \text{Irradiação solar} \left(\text{kWh/m}^2/\text{ano} \right)}{\text{Irradiação solar mínima ou máxima do Brasil} \left(\text{kWh/m}^2/\text{ano} \right)} \quad (1)$$

Onde: a Taxa de Emissões (g CO₂/kWh) e a Irradiação solar (kWh/m²/ano) refere-se a dados encontrados pela pesquisa bibliográfica e a Irradiação solar do Brasil (kWh/ano) refere-se ao intervalo de dados 1534-2264 kWh/ano.

Feito os cálculos, foi obtido os valores máximo e mínimo para revelar uma faixa de incerteza na análise dos dados. Dessa maneira, foi utilizado um intervalo das taxas de emissões do ciclo de vida do sistema fotovoltaico de silício multicristalino de 7,13-314,41 g CO₂/kWh.

Partindo desses dados é possível determinar as emissões evitadas por meio desses sistemas fotovoltaicos no Brasil, juntamente com o cálculo do Fator de Emissão Brasileiro do SIN. Sendo assim, para realizar o cálculo do Fator de Emissão do sistema interligado para fins Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, foi utilizado o método da análise de despacho do MCTI, do ano de 2021, pois representa tanto o fator de emissão da margem de operação quanto da construção, portanto esse método demonstra o crescimento das emissões de CO₂ da energia despachada na margem e das últimas usinas construídas (MCTI, 2021).

Para conseguir realizar o cálculo do tempo de retorno de energia, o Fator de Energia Primária brasileiro precisa ser calculado, pois ele irá apontar a quantidade de CO₂ emitida decorrente da produção de uma determinada quantia de energia, de acordo com a matriz energética de cada país (TIAGO FILHO; ROSA, 2013). Para esse resumo, foi utilizado o documento do SIDAC, o qual utiliza como base a metodologia de Estimativa dos fatores de conversão em energia primária presente no Anexo I do Relatório “Eficiência Energética em Edificações – Análise da Energia no Aquecimento de Água: Fatores de Energia Primária e Emissão”, do CB3F, elaborado pelo IEE-SP (RUPP; LAMBERTS, 2017). Para o cálculo da energia primária, ela é associada à geração elétrica no país e considera dados do Balanço Energético Nacional (BEN) do ano de 2021, com base em 2020. A metodologia utilizada não leva em consideração o ciclo de vida da produção dos vetores energéticos. Sendo assim, o cálculo consiste no uso e na conversão de unidade de diversas tabelas presentes no BEN e finaliza com um valor médio de 1,45 GWhprim/GWhelet. dos últimos 3 anos (2018, 2019 e 2020) para o fator de energia primária e eletricidade (GUERREIRO et al., 2022).

As premissas entre os cálculos de EPBT variam, porém, a energia para a produção dos módulos deve abranger e contabilizar tudo, desde a energia necessária para extrair até montar, implantar e o destino final do seu ciclo de vida (GESSERT, 2012). Portanto neste resumo expandido para calcular o tempo de retorno de energia (EPBT), foi utilizada a equação 2.

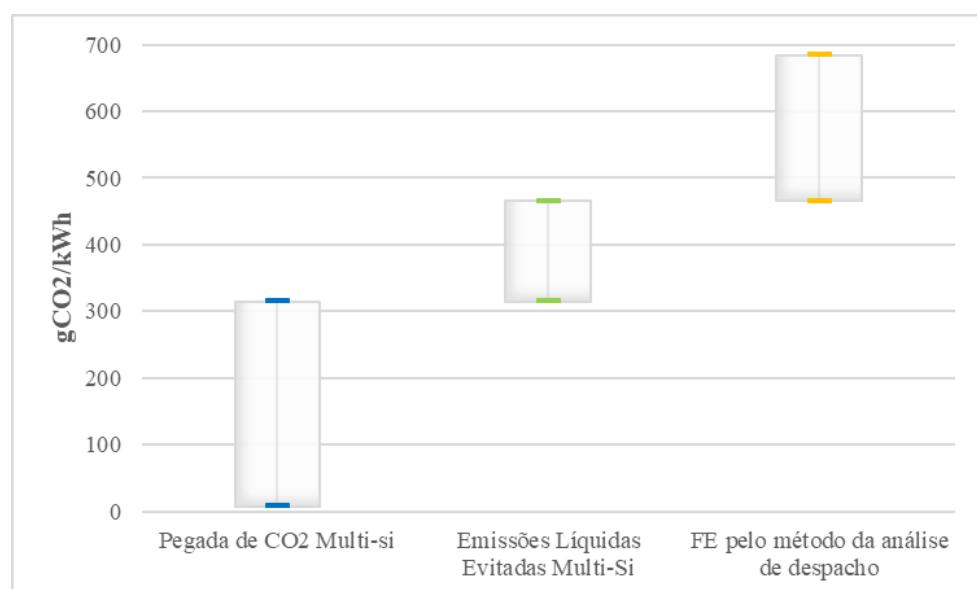
$$\frac{\text{Fabricação dos módulos em MJp/m}^2/\text{ano}}{\text{Energia mínima ou máxima em MJprim/ano}} \quad (2)$$

Resultados e Discussão: Dado o aumento da produção de gases de efeito estufa causado pela queima e o uso de recursos não renováveis, o consumo de energia das operações industriais e a produção de sistemas fotovoltaicos está diretamente relacionado às emissões de dióxido de carbono (GARCÍA *et al.*, 2014)

Faz-se então necessário buscar meios de geração e produção de energia que diminuam a dependência em relação ao uso dos combustíveis fósseis e a emissão de gases de efeito estufa, além de alcançar a sustentabilidade. Portanto, este resumo analisa as taxas de emissões do ciclo de vida dos sistemas fotovoltaicos realizada a partir de dados coletados na literatura. Para o sistema multicristalino temos o intervalo de taxa de emissão de gases de 6,09-569 g CO₂/kWh encontrada na pesquisa bibliográfica, esses valores foram adaptados para o Brasil através da equação (1). Assim quando utilizamos os dados encontrados a partir da revisão bibliográfica da irradiação solar e das taxas de emissões de CO₂ do ciclo de vida desses sistemas pelos valores de máximo (2264 kWh/ano) e mínimo (1534 kWh/ano) da irradiação solar do Brasil, obtemos um intervalo de faixa para o sistema multicristalino no Brasil de 7,13-314,41 g CO₂/kWh, que será utilizado ao longo do resumo.

A partir do método de despacho disponibilizado pelo MCTI, foram calculados os valores de máximo e mínimo diário (465,1-684,1 gCO₂/kWh) ao longo do ano para o fator de emissão médio (tCO₂/MWh). O resultado das emissões líquidas evitadas por meio dos sistemas fotovoltaicos pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 – Intervalo da faixa de CO₂ do sistema Multi-Si com o intervalo de faixa do Fator de Emissão Brasileiro do SIN e suas emissões líquidas evitadas



Fonte: Autora (2022).

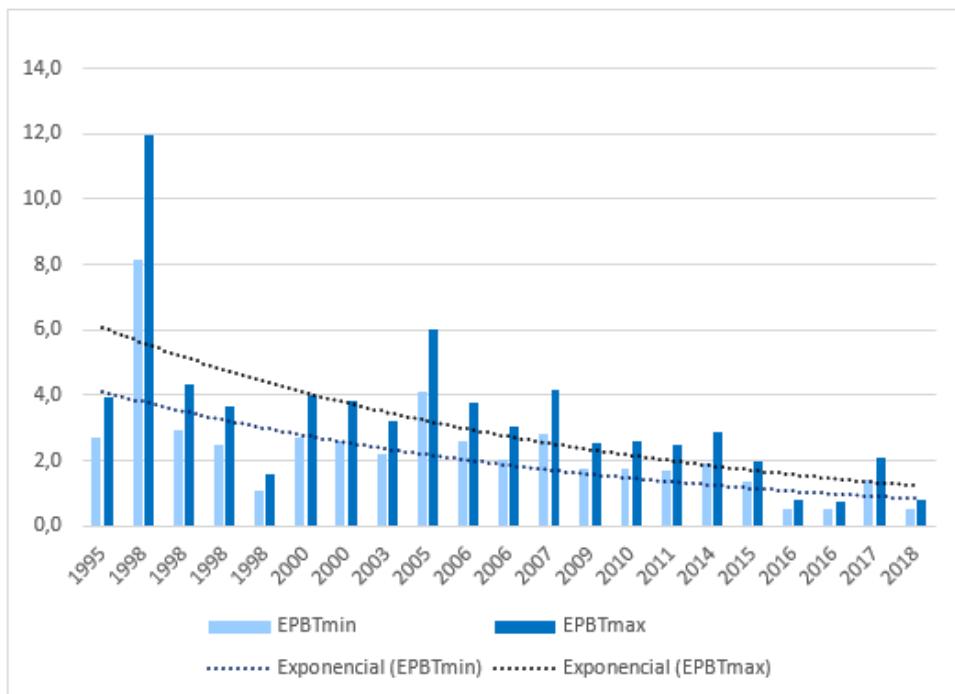
Onde o intervalo da taxa de CO₂ do sistema Multi-Si pode ser visualizada pelo marcador azul (7,13-314,41 g CO₂/kWh), o total de emissões líquidas evitadas pelo marcador verde (150,69 g/kWh) e o marcador laranja mostra o intervalo da taxa do Fator de Emissão calculado pelo método da análise de despacho (465,1-684,1 g CO₂/kWh).

O tempo de retorno de energia é o tempo necessário para que o sistema fotovoltaico gere a quantidade equivalente de energia consumida em seu ciclo de vida, portanto, seus processos de fabricação. Nesta dissertação os dados foram analisados em conjunto, tanto a fabricação quanto a eficiência dos sistemas, e assim obteve-se uma grande variação de EPBT do sistema Multi-Si. Ele também é um bom indicador do potencial de redução de CO₂ e outros impactos ambientais associados com a geração de eletricidade, uma vez que normalmente mais de 90% das emissões de GEE ao longo da vida útil de um sistema fotovoltaico são causadas pelo uso de energia (ALSEMA, 2012).

Portanto para calcular o EPBT dos sistemas fotovoltaicos foram necessários utilizar dados como a eficiências dos módulos e o valor da fabricação de módulos Multi-Si. A fabricação de módulos fotovoltaicos inclui a produção da matéria-prima de silício, fundição, corte, processo do módulo, processo da produção do painel, montagem do módulo, entre outros (Peng et al., 2013). Os valores para a fabricação dos módulos estão em (MJ_{prim}/m²), assim o cálculo foi adaptado para o Brasil através do valores de máximo e mínimo diário de radiação global horizontal, portanto foi contabilizado os valores 1534-2264 kWh/m².ano (Atlas Solar Global, 2019).

Para encontrar o intervalo de faixa do tempo de retorno de energia (EPBT) foi utilizada a equação (2), os dados foram colocados com relação ao ano de publicação dos artigos, e pode-se notar pela Figura 2 que nos anos 1990 o tempo de retorno de energia é elevado de 12-8 anos, o que acaba tornando-se inviável, mas ao longo dos anos os valores vão se mantendo constantes sem nenhuma mudança abrupta, fornecendo valores para os dias atuais de meses para o tempo de retorno de energia desse sistema.

Figura 2 - Tempo de retorno de energia investida (EPBT) do sistema Multi-Si



Fonte: Autora (2022).

Conclusão: O resultado pelo uso da tecnologia fotovoltaica deve considerar a fabricação do sistema até o funcionamento, pois para que o sistema fotovoltaico possa funcionar, é preciso gastar energia para a produzir para depois utilizar. Sendo assim, fica claro o quanto importante é considerar a Avaliação do Ciclo de Vida desses sistemas fotovoltaicos, pois a fabricação é a parte do ciclo que emite maior emissão de CO₂ e isso irá influenciar diretamente nas métricas utilizadas ao longo do resumo.

Com relação a geração de energia solar no Brasil, pode-se dizer que pelas suas taxas de radiação solar e a localidade, o país teria bons investimentos na área de energia solar. As emissões líquidas evitadas pelo uso dos sistemas fotovoltaicos no Brasil são tangíveis dependendo do sistema e da localidade que seria instalado devido a quantidade de irradiação. Os valores encontrados em locais no Brasil com uma irradiação alta, portanto 2664 kWh/ano, mostram valores propícios, ou seja, valores melhores que os que os autores propõem e menores quantidade de gramas de CO₂ emitidas.

No caso do tempo de retorno de energia, sabemos que os fatores que influenciam a interpretação dos dados são: a irradiação solar e a eficiência dos sistemas, e ambas foram citadas ao longo da dissertação. Como já mencionado, no Brasil com uma irradiação alta obtivemos valores propícios e observamos que a eficiência dos sistemas fotovoltaicos ao longo dos anos está sendo modificada e inovada, mostrando que com o passar dos anos os sistemas fotovoltaicos pode ser viável e possuir um tempo de retorno de energia satisfatório, pois quanto

menor o EPBT, melhor. Pode-se dizer que 5 meses de EPBT em um sistema com uma vida útil de 25 anos, implicam que o módulo iria produzir mais de 24 anos de eletricidade além da consumida durante o seu ciclo de vida.

Agradecimentos: Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado concedida.

Referências:

- ALSEMA, E. (2012). Energy Payback Time and CO₂ Emissions of PV Systems. Practical Handbook of Photovoltaics, 1097–1117. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385934-1.00037-4>
- ATLAS SOLAR GLOBAL, 2019. Download de mapas e dados. Disponível em:<<https://globalsolaratlas.info/download/brazil>>. Acesso em: 10 jan 2022.
- FTHENAKIS, V. M., & KIM, H. C. (2012). Environmental Impacts of Photovoltaic Life Cycles. Comprehensive Renewable Energy, 1, 143–159. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-087872-0.00107-4>
- GARCÍA, J., SANTANA, L., & JOHN, V. (2014). Emissões de gases do efeito estufa e conteúdo energético de placas fotovoltaicas na américa latina. 3121–3131.
- GESSERT, T. A. (2012). Cadmium Telluride Photovoltaic Thin Film: CdTe. Comprehensive Renewable Energy, 1, 423–438. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-087872-0.00122-0>
- GIL, A. C. (2008). Métodos e técnicas de pesquisa social (6a ed). Disponível em:<<https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf>>. Acesso em: 12 jun 2021.
- GUERREIRO, L. R., CACHOLA, C. S., & PACCA, S. A. (2022). Relatório de coleta de dados para o Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção: energia e transporte. Disponível em:<https://sidac.org.br/documentos/Sidac_Energia_e_transporte.pdf>. Acesso em: 20 fev 2022.
- IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. MCTI. (2021). Método da análise de despacho. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_despacho.html. Acesso em: 20 maio 2022.

- MOREIRA J. O., SOUZA, C. C. de, MOREIRA J. O., & SOUZA, C. C. de. (2020). Aproveitamento fotovoltaico, análise comparativa entre Brasil e Alemanha. *Interações* (Campo Grande), 21(2), 379–387. DOI: <https://doi.org/10.20435/inter.v21i2.1760>
- MORENO, W. E. G.; DUARTE, A. U.; dOS SANTOS, L. & LOUREGA, R. V. (2019). "Photovoltaic Solar Energy: Is It Applicable in Brazil? – A Review Applied to Brazilian Case". *Materials and Geoenvironment*, vol.66, no.2, 2019, pp.99-120. DOI: <https://doi.org/10.2478/rmzmag-2019-0012>
- PENG, J., LU, L., & YANG, H. (2013). Review on life cycle assessment of energy payback and greenhouse gas emission of solar photovoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19, 255–274. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2012.11.035>
- RUPP, R. F. L. R. (2017). Fatores de conversão de energia elétrica e térmica em energia primária e em emissões de dióxido de carbono a serem usados na etiquetagem de nível de eficiência energética de edificações. [https://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Relatório Fatores de Conversão.pdf](https://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Relatório%20Fatores%20de%20Conversão.pdf)
- TIAGO FILHO, G. L.; ROSA, C. A. Análise da Capacidade de Amortização dos Passivos Energéticos e Ambientais dos Módulos Fotovoltaicos. *Revista Brasileira de Energia*, Vol. 19, No. 1, 1o Sem. 2013, pp. 171-194.

GT 11

Mudanças Climáticas, Vulnerabilidade e Riscos Socioambientais

IMPACTO DE UMA ESTRUTURA VERDE MELHORADA NA INTENSIDADE DA ILHA DE CALOR URBANA DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Stefano J. Daminello; Flávia N. D. Ribeiro

1 – Stefano Jericó Daminello. Universidade de São Paulo. stefanojerico@usp.br

2 – Flávia Noronha Dutra Ribeiro. Universidade de São Paulo. flaviaribeiro@usp.br

RESUMO: Dez por cento da população brasileira está localizada na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Para hospedar todos esses cidadãos, uma explosiva verticalização está ocorrendo. Consequentemente, aumentar a densidade de construções pode mudar o clima urbano, acarretando em maiores temperaturas do ar. Melhorar a infraestrutura verde é uma das alternativas sugeridas para enfraquecer a intensidade da ilha de calor urbana (IICU), mas ainda é incerta a eficiência da infraestrutura verde nessa questão. Assim, é necessária uma análise numérica atualizada da capacidade de impacto da infraestrutura verde na mitigação da IICU, ajudando assim a guiar políticas públicas que estejam almejando o resfriamento do ar urbano para que os cidadãos da RMSP tenham vidas mais saudáveis. O objetivo deste estudo é determinar o impacto de uma infraestrutura verde melhorada na IICU de uma grande região metropolitana. Nós utilizamos o modelo Weather Research and Forecasting (WRF) para simular um dia ensolarado de inverno em dois diferentes cenários: um utilizando a ocupação de solo atual; o outro simulando uma RMSP com mais áreas verdes. Nós calculamos a IICU como sendo a diferença entre a média da temperatura do ar urbano (considerando todas as classes urbanas) e a média da temperatura do ar rural (considerando todas as classes não urbanas). Uma queda substancial da temperatura do ar ocorre aumentando a infraestrutura verde. Além disso, a IICU apresenta uma menor amplitude térmica no cenário simulado. Nós concluímos que melhorar a infraestrutura verde numa área metropolitana pode diminuir a temperatura do ar, ajudando a mitigar a IICU.

Palavras-Chave: infraestrutura verde; ilha de calor urbana; São Paulo; clima urbano

ABSTRACT: Ten percent of Brazil's population is located in the Metropolitan Region of Sao Paulo (MRSP) area. A booming build verticalization phase is happening to house all these citizens. Consequently, increasing the building density may change the urban climate, causing higher air temperatures. Alternatively, enhancing green infrastructure has been suggested as an urban heat island mitigation strategy. Nonetheless, it is unclear how efficient an increase in green infrastructure decreases urban heat island intensity (UHII). Therefore, an

updated numerical analysis is still missing and it is relevant to public policies aiming to cool urban air and promote healthier lives for the MRSP area's citizens. This study aims to determine the impact of an enhanced green infrastructure on the UHII of a large metropolitan area. We used the Weather Research and Forecasting (WRF) meteorological model to simulate a sunny winter day in two different scenarios: one used the current land use pattern; the other simulated a greener MRSP. We calculated the UHII as the difference between the average urban air temperature (considering all urban classes) and the average rural air temperature (considering all non-urban classes). A substantial air temperature drop occurs by increasing the green infrastructure. Furthermore, UHII has a smaller temperature amplitude in the greener scenario than the current scenario. We conclude that in a large metropolitan area, such as the MRSP, an enhanced green infrastructure can decrease the city's air temperature and help mitigate UHII.

Keywords: green infrastructure; urban heat island; São Paulo; urban climate

DOI: 10.6084/m9.figshare.21961331

Introdução: Dez por cento da população brasileira está localizada na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), que é composta de 39 municípios e uma das áreas mais populosas do mundo (EMTU-SP, sd). Para hospedar todos esses cidadãos, uma explosiva verticalização está ocorrendo (ABECIP, 2021). Consequentemente, aumentar a densidade de construções pode causar mudanças no clima urbano, acarretando em maiores temperaturas do ar. Para isso, melhorar a infraestrutura verde vem sendo uma das alternativas sugeridas para enfraquecer a intensidade da ilha de calor urbana (IICU) (EPA, 2022), mas ainda é incerta a eficiência da infraestrutura verde para a RMSP. Para isso, é necessária uma análise numérica atualizada da capacidade de impacto da infraestrutura verde na mitigação da IICU, ajudando assim a guiar políticas públicas que estejam almejando o resfriamento do ar urbano para que os cidadãos da RMSP tenham vidas mais saudáveis.

Objetivo: O objetivo deste estudo é determinar o impacto de uma infraestrutura verde melhorada na IICU de uma grande região metropolitana.

Material e Métodos: Nós utilizamos o modelo meteorológico Weather Research and Forecasting (WRF), versão 4.3.3, considerando o modelo de cobertura urbana de camada única, para simular um dia ensolarado de inverno em dois diferentes cenários: um com o padrão de ocupação de solo atual; e o outro com mais árvores, arbustos e camadas permeáveis. Para áreas construídas utilizamos a classificação Local Climate Zones (LCZ) e para as vegetações utilizamos a classificação FLDAS "MODIFIED_MODIS_NOAH". As classes LCZ que continham apenas construções foram trocadas para as suas versões similares com maior cobertura vegetal. Assim, a LCZ "Compact high-rise" foi trocada para "Open high-rise" e "Compact midrise" foi trocada para "Open mid-rise". Nós calculamos a IICU como a diferença entre a temperatura média urbana (considerando todas as classes urbanas) e a temperatura média rural (considerando todas as classes não urbanas).

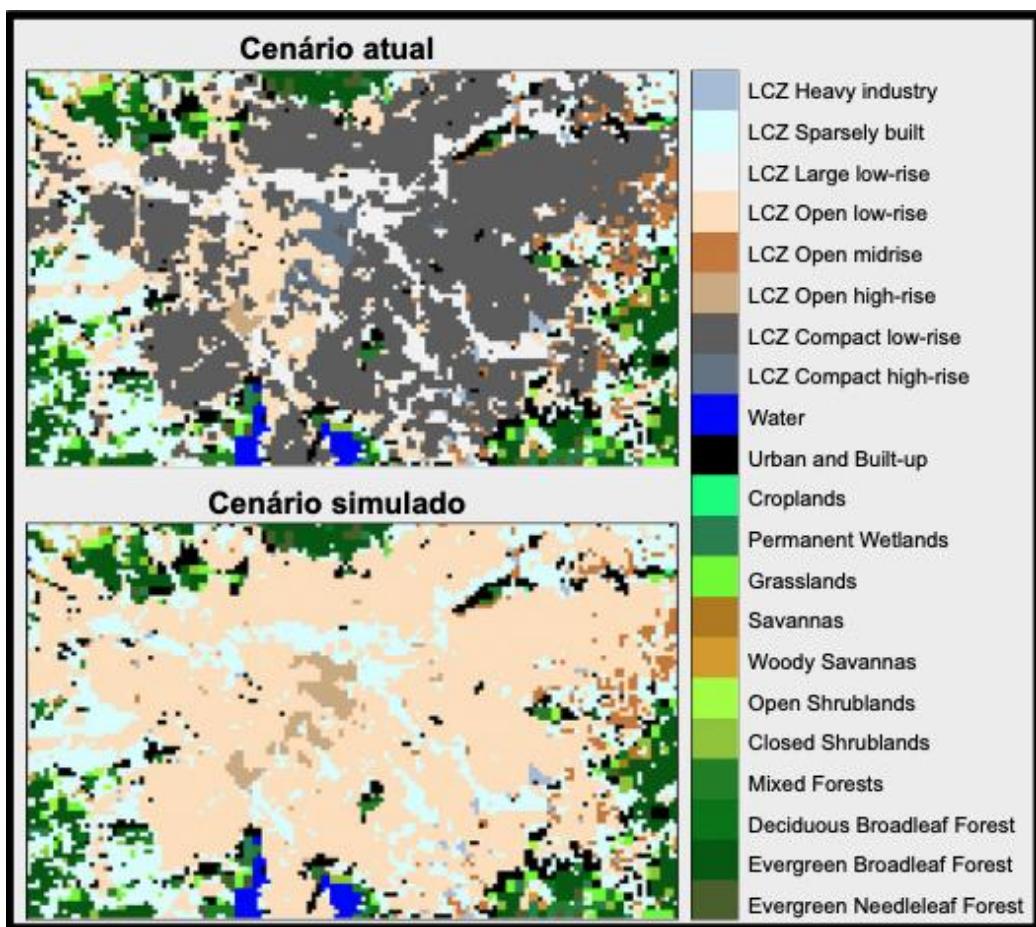
Escolhemos o aninhamento de três domínios concêntricos de respectivas resoluções de grade: 100km², 4km² e 0,25km².

Figura 1: Representação do domínio pai e domínio filho.



Discussão e resultados: A alteração das ocupações de solo altamente densas em construção por suas versões mais verdes e permeáveis causou mudanças perceptíveis no mosaico de uso de solo da RMSP. Sendo assim, a coloração cinza respectiva das classes LCZ "Compact high-rise" e "Compact low-rise" foram substituídas pela coloração bege das classes "Open high-rise" e "Open low-rise". Nenhuma área de 0,25km² predominantemente "Compact mid-rise" foi captada e as ocupações urbanas não assimiladas pelos parâmetros LCZ foram classificadas como "Urban and Built-up", classe do parâmetro de vegetação FLDAS "MODIFIED_MODIS_NOAH". Este tipo de ocupação de solo não participou da transformação para o cenário simulado uma vez que essa classe é generalista e se desconhece a tipologia urbana de cada área demarcada como essa classe, impedindo sua transformação para as classes urbanas LCZ mais permeáveis.

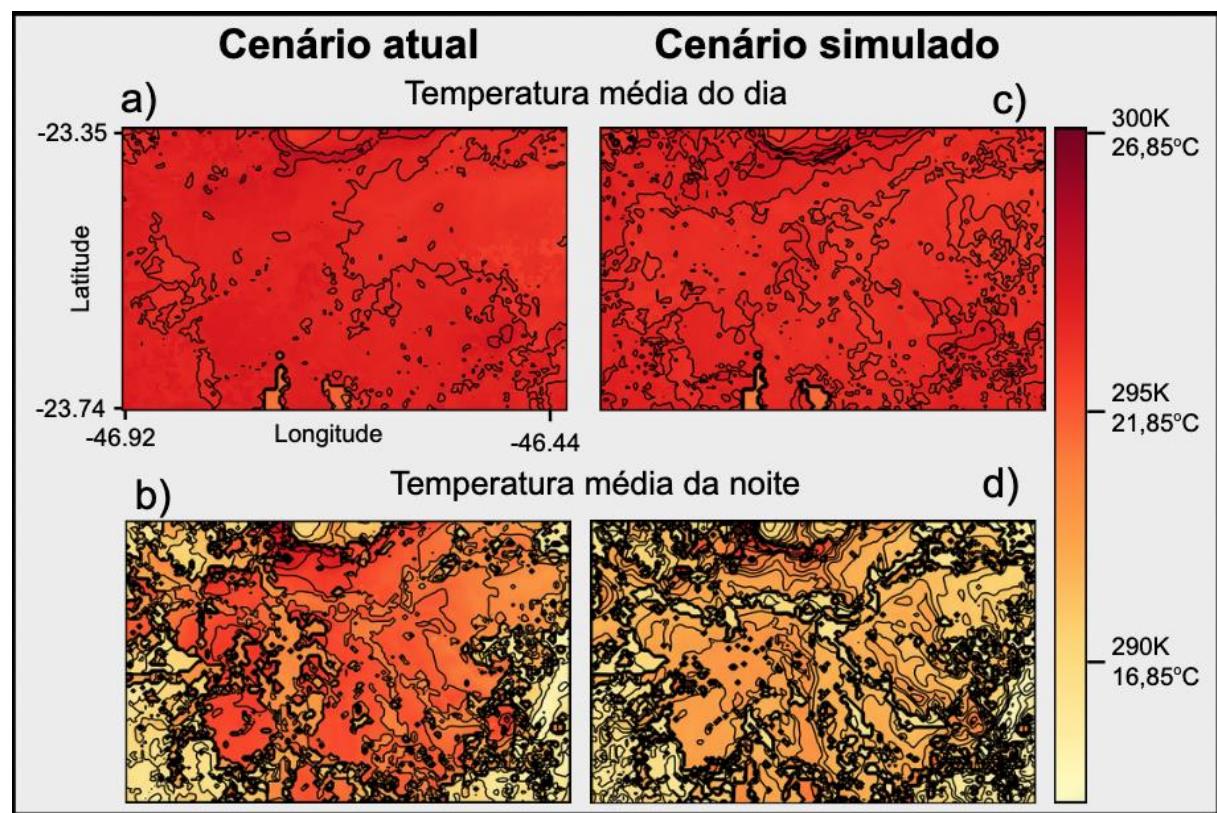
Figura 2: Ocupação de solo atual e simulada usando os parâmetros LCZ e FLDAS "MODIFIED_MODIS_NOAH".



Ao melhorar a infraestrutura verde da Região Metropolitana de São Paulo, consequentemente aumentando a área foliar total, a quantidade de sombra, a quantidade de água

disponível direcionando mais radiação solar e calor sensível para calor latente, que não influencia a temperatura do ar (UMEZAKI, 2020; UMEZAKI, 2014), e diminuindo a quantidade de materiais de construção civil, como concreto, que possuem grandes capacidades de retenção e condução de energia (OKE, 2009), percebeu-se uma queda substancial da temperatura do ar urbano.

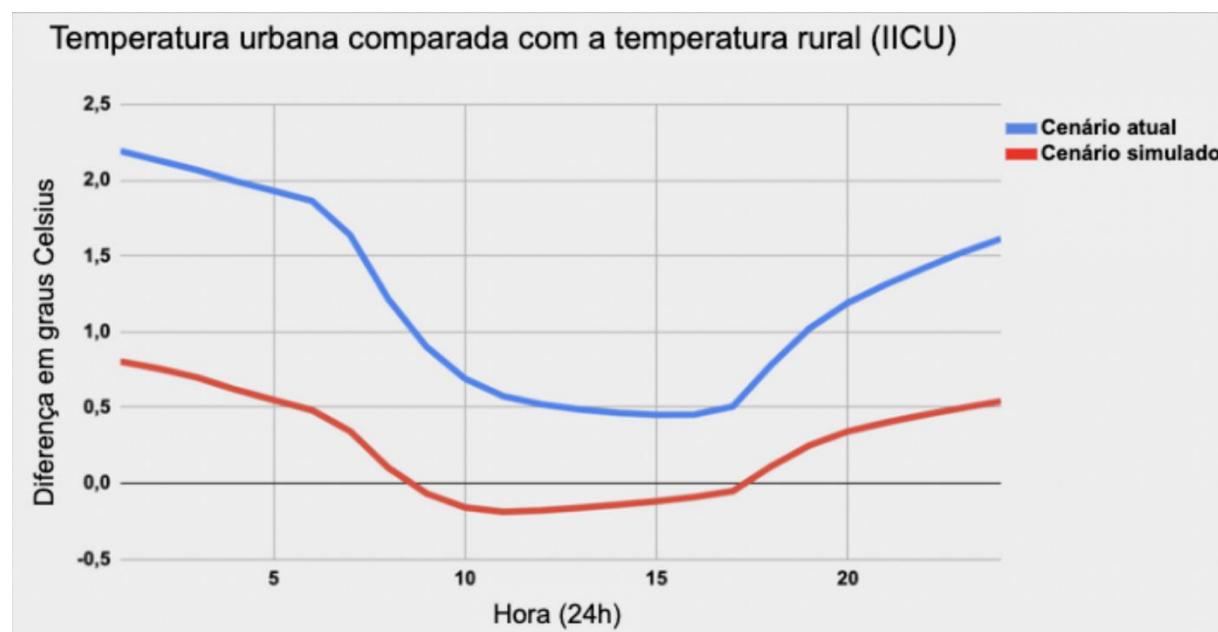
Figura 3: Imagens mostrando a temperatura média na RMSP. Imagem "a)" mostra a temperatura média durante o dia (06h-17h) no cenário atual; imagem "b)" mostra a temperatura média durante a noite (18h-5h) no cenário atual; imagem "c)" mostra a temperatura média durante o dia no cenário simulado; imagem "d)" mostra a temperatura média durante a noite no cenário simulado.



Na figura 3 observa-se que melhorar a infraestrutura verde urbana pode causar grandes diferenças térmicas durante a noite. O mapa da RMSP na figura 4d adquiriu tonalidades menos intensas do que da figura 4b, evidenciando maior aproximação desses espaços para a metade inferior da legenda de temperatura da imagem. Por mais que os mapas diurnos (4a e 4c) não apresentem diferenças notáveis em suas colorações, pode-se observar que a figura 4c possui mais linhas pretas. As linhas pretas delimitam a fronteira entre duas áreas com temperaturas diferentes. Portanto, pela figura 4c possuir mais linhas pretas do que a figura 4a, relata que o cenário simulado é mais rico em pluralidade térmica.

Uma vez coletado os dados de temperatura de cada célula de grade do domínio filho, estabelecemos o cálculo para a intensidade da ilha de calor urbana sendo a diferença entre a temperatura média de todas as classes urbanas e a temperatura média de todas as classes não urbanas.

Figura 4: Gráfico mostrando a diferença horária entre a temperatura média urbana e a temperatura média rural em ambos cenários.



A figura mostra que os valores do cenário simulado estão abaixo dos valores do cenário atual, expondo que as mudanças de ocupação de solo feitas, como a troca de edificações por árvores e arbustos, pode influenciar positivamente a intensidade da ilha de calor urbana. Além disso, o cenário simulado apresenta menores amplitudes térmicas do que o cenário atual (0.98°C contra 1.74°C), apontando que a RMSP simulada experimentaria variações menos abruptas durante o dia como é mostrado próximo às 7h e próximo às 17h.

Além disso, a Região Metropolitana de São Paulo vivenciaria um fenômeno novo. Durante o dia as áreas urbanas se encontrariam mais frias do que as áreas rurais. Pode-se observar na figura 4 que os valores da IICU para o cenário simulado, representado pela linha vermelha, cruza a barreira do 0°C no decurso da presença de radiação solar.

Conclusão: Concluímos que numa grande área metropolitana, como a RMSP, melhorar a infraestrutura verde pode diminuir a temperatura do ar urbano e ajudar a mitigar a IICU. Portanto, a densidade de edificações parece ser um dos diversos fatores que causam aumento da temperatura do ar urbano.

Agradecimento: Processo nº 2021/11483-9, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Referências:

- Amy McNally NASA/GSFC/HSL (2018), FLDAS Noah Land Surface Model L4 Global Monthly Anomaly 0.1 x 0.1 degree (MERRA-2 and CHIRPS), Greenbelt, Maryland, USA, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC), Accessed: [Data Access Date], 10.5067/GNKZZBAYDF4W
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENTIDADES DE CRÉDITO IMOBILIÁRIO E POUPANÇA. Abecip prevê recordes de financiamentos em 2021. Recuperado em 18 setembro, 2022, de <https://www.abecip.org.br/imprensa/noticias/abecip-preve-recordes-de-financiamentos-em-2021>
- EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES URBANOS DE SÃO PAULO. Região Metropolitana de São Paulo. Recuperado em 18 setembro, 2022, de <https://www.emtu.sp.gov.br/emtu/institucional/quem-somos/sao-paulo.fss>
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Reduce Urban Heat Island Effect. Recuperado em 18 setembro, 2022, de <https://www.epa.gov/green-infrastructure/reduce-urban-heat-island-effect>
- OKE, T. R. (2009). Boundary layer climates (2a ed.). Nova Iorque: Routledge.
- UMEZAKI, Arissa Sary. Estudo numérico das características da ilha de calor urbana da Região Metropolitana de São Paulo : o caso de 2014 [doi:10.11606/D.100.2020.tde-29042020-192635]. São Paulo : Escola de Artes, Ciências e Humanidades, University of São Paulo, 2020. Master's Dissertation in Sustentabilidade. [cited 2022-08-22].
- UMEZAKI, A. S., RIBEIRO, F. N. D., de OLIVEIRA, A. P., SOARES, J., & de MIRANDA, R. M. (2020). Numerical characterization of spatial and temporal evolution of summer urban heat island intensity in São Paulo, Brazil. *Urban Climate*, 32.
- SKAMAROCK, W. C., J. B. KLEMP, J. DUDHIA, D. O. GILL, Z. LIU, J. BERNER, W. WANG, J. G. POWERS, M. G. DUDA, D. M. BARKER, and X.-Y. HUANG, 2019: A Description of the Advanced Research WRF Version 4. NCAR Tech. Note NCAR/TN-556+STR, 145 pp.
- doi:10.5065/1dfh-6p97

STEWART, I. D., & OKE, T. R. (2012). Local Climate Zones for Urban Temperature Studies, Bulletin of the American Meteorological Society, 93(12), 1879-1900. Retrieved Aug 22, 2022, from <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/93/12/bams-d-11-00019.1.xml>

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM DATA CENTER

José Luiz Romero de Brito¹; Mario Roberto dos Santos²; Patricia Helena Lara dos Santos Matai³

1 – José Luiz Romero de Brito, Instituto de Energia e Ambiente (IEE) da Universidade de São Paulo (USP): romero.brito@usp.br

2 – Mario Roberto dos Santos. Universidade Nove de Julho - UNINOVE: mario.rsantos@terra.com.br

3 – Patricia Helena Lara dos Santos Matai. Instituto de Energia e Ambiente (IEE) da Universidade de São Paulo (USP): pmatai@usp.br

RESUMO: O objetivo da pesquisa foi verificar na literatura como os pesquisadores estão avaliando a eficiência energética em data centers e quais as soluções para a melhoria dessa eficiência. Para tanto foi realizada uma pesquisa da base de dados *ScienceDirect* utilizando as palavras “*energy efficiency and data center*” sendo encontrados 83 artigos. Os principais resultados dos artigos foram: redução do uso do ventilador do servidor; uso dos sistemas de refrigeração e ventilação; barramentos CC supercondutores de alta temperatura; algoritmo para minimizar o alto consumo de energia; algoritmo dinâmico de agendamento de tarefas *online*; modelo de consumo de energia dinâmico acoplado incluindo dispositivos de TI e de refrigeração; melhorar a distribuição do fluxo de ar; sistema combinado de resfriamento, aquecimento e energia; sistema de resfriamento de tubo de calor integrado; uso de energias renováveis; desligando e ligando portas da rede.

Palavras-Chave: Eficiência energética; Data center; Consumo de energia; Tecnologia da informação.

ABSTRACT: The aim of the research was to verify in the literature how researchers are evaluating energy efficiency in data centers and what are the solutions to improve this efficiency. For that, a search of the ScienceDirect database was carried out using the words “*energy efficiency and data center*” and 83 articles were found. The main results of the articles: reduced server fan usage; use of refrigeration and ventilation systems; high temperature superconducting DC buses; algorithm to minimize high power consumption; dynamic algorithm online task scheduling; dynamic coupled power consumption model including IT and cooling devices; improve airflow distribution; combined cooling, heating and power system; integrated heat pipe cooling system; use of renewable energies; turning off and on network ports.

Keywords: Energy efficiency; Data center; Energy consumption; Information technology.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21961208

INTRODUÇÃO: O rápido desenvolvimento da *internet* exige que as infraestruturas de data centers sejam estendidas em grande escala com maior capacidade de energia e também redução no consumo de energia e nas emissões de carbono (SHAO et al., 2022), pois os data centers emitem dióxido de carbono (CO₂) aproximadamente equivalente ao setor aéreo (REDDY et al., 2022).

Segundo o Synergy Research Group (2021) o número de grandes data centers alcançou 700 no final do terceiro trimestre de 2021 e as previsões mostram um crescimento rápido e contínuo. São previstos 314 novos data centers e a base instalada ultrapassará a marca de 1.000 em três anos e continuará crescendo rapidamente (SINERGY, 2022). Portanto é de grande importância reduzir o consumo de energia, o custo de capital e as emissões de carbono, garantindo a operação segura e confiável do data center (SHAO et al., 2022).

Não há um consenso sobre o consumo de energia em data centers, por exemplo Masanet et al. (2020) citaram que, dado que os data centers são empresas de uso intensivo de energia, estimadas em cerca de 1% do uso mundial de eletricidade, causando implicações claras para a demanda global de energia. Mencionaram também que várias análises frequentemente citadas, afirmaram que a energia usada pelos data centers do mundo dobrou na última década e que triplicará ou até quadruplicará na próxima década. Conforme Li et al. (2022), durante a última década, o consumo de energia dos data centers foi responsável por 2,4% do consumo total de eletricidade em todo o mundo e estimaram que o consumo esteja aumentando entre 15% e 20% ao ano. Já, na visão de Liu et al. (2020) os data centers se tornarão os maiores usuários mundiais de consumo de energia, com a proporção subindo de 3% em 2017 para 4,5% em 2025.

Apesar de não haver concordância, todas as previsões apresentadas mostraram crescimento do consumo de energia nesse segmento. Com o consumo de energia dos data centers em expansão em conjunto com a rápida ascensão da economia digital, esse problema têm atraído grande atenção da sociedade no sentido de realizar conservação de energia e redução de emissões (LONG et al., 2022). Além dessas crescentes preocupações com impactos ambientais, as preocupações com os custos de eletricidade também estão aumentando (TIAN et al., 2021). Melhorar a eficiência energética dos data centers tornou-se um importante tópico de pesquisa (LONG et al., 2022).

Portanto, nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi verificar na literatura como os pesquisadores estão avaliando a eficiência energética em data centers e quais as soluções para a melhoria dessa eficiência.

REVISÃO DA LITERATURA: Um data center é o local onde as informações são processadas, armazenadas, transmitidas, trocadas e gerenciadas. É uma combinação de *sites*, ferramentas e processos que centralizam, integram, compartilham e analisam sistemas de negócios e recursos de dados e é o centro da infraestrutura de Tecnologia da Informação (TI) (SHAO et al., 2022).

Com o rápido progresso das tecnologias baseadas na *internet*, como *cloud computing*, *big data*, *internet* das coisas (IOT), inteligência artificial entre outras, as indústrias globais, governos, organizações e instituições estão cada vez mais confiando na operação ininterrupta de data centers para realizar com sucesso seus objetivos do dia-a-dia (CHEN et al., 2022). Com o avanço dessas tecnologias, o tráfego em data centers está crescendo rapidamente e previu-se que o tráfego global aumentaria de 6 zettabytes (ZB) em 2016 e atingiria 19,5 ZB no ano de 2021 (MATERWALA; ISMAIL, 2022).

Os data centers contêm grandes quantidades de equipamentos de TI, como computadores, *storages*, *racks*, elementos de rede, além de dispositivos suplementares, como monitores e estações de trabalho (CHEN et al., 2022). O consumo de energia do data center pode ser decomposto em sistema de equipamentos de TI (50%, incluindo servidores, equipamentos de armazenamento e equipamentos de rede), sistemas de ar condicionado e refrigeração (37%, sendo sistema de refrigeração a ar cerca de 25% e sistema de alimentação e retorno de ar cerca de 12%), sistema de distribuição (10%) e sistema de iluminação auxiliar (3%) (LIU et al., 2020). Por exemplo *cloud computing* consome mais energia do que a maioria dos países e seria considerado o quinto maior país em termos de consumo de energia (ARSHAD et al., 2022).

Outra aplicação que demanda grande quantidade de energia da operação em data center é o metaverso, que Dwivedi et al. (2022) conceituaram como o recurso tecnológico, que possibilita estender o mundo físico usando tecnologias de realidade aumentada e virtual, permitindo que os usuários interajam em ambientes reais e simulados usando avatares e hologramas.

Existem diferentes pensamentos sobre a contribuição do metaverso para a sustentabilidade, levando-se em consideração de que a sustentabilidade é uma prioridade que está na agenda global, nos âmbitos pessoais, corporativos e governamentais. Por um lado, afirma-se que a aversão ao encontro físico, minimizará a pegada de carbono, reduzindo as viagens de avião, trem e automóveis para reuniões e passeios turísticos. Também aumentaria a produtividade do trabalho, eliminando viagens e outros consumos de recursos relacionados. Outra perspectiva é que o metaverso, juntamente com o aumento do uso de *token* não fungível

(NFTs) e o crescimento da base de usuários, envolverá alto poder computacional e alta velocidade de banda larga. Isso aumentará o consumo de energia, principalmente de fontes não renováveis (DWIVEDI et al., 2022).

A eficiência energética deve ser seriamente considerada para esses dispositivos que suportam inúmeras demandas de fluxo de rede em tempo real (WANG et al., 2022). Assim as métricas de avaliação de eficiência energética são consideradas um método eficaz para avaliar a eficiência energética de data centers e têm sido amplamente utilizadas por muitos anos (SHAO et al., 2022).

Essa avaliação pode ser realizada por meio do índice de eficiência no uso de energia (*Power Usage Effectiveness* - PUE), que é a relação entre o consumo geral de energia do data center e o consumo dos equipamentos de TI, conforme mostrado na Equação 1. Quanto mais próximo o PUE estiver de 1, maior será a eficiência do data center (CHOI et al., 2022):

$$\text{PUE} = (\text{Energia total consumida pelo data center}) / (\text{Consumo de energia dos equipamentos de TI}) \quad (\text{Equação 1})$$

Para atingir um PUE baixo, a economia de energia no sistema de refrigeração é essencial. Para reduzir a energia do sistema de resfriamento, várias tecnologias de última geração estão sendo aplicadas a data centers recém-construídos. No entanto, aumentar a eficiência energética dos data centers existentes é difícil porque as características do data center são difíceis de remodelar (CHOI et al., 2022).

MÉTODO: Foram realizadas pesquisas na base de dados *ScienceDirect* utilizando-se as palavras “*energy efficiency and data center*” referentes ao período 2012-2022. A pesquisa foi realizada em agosto de 2022.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Foram encontrados na pesquisa da base *ScienceDirect* 83 artigos referentes às palavras “*energy efficiency and data center*”. O ano de 2022, apesar de estar em curso, apresentou a quantidade de 32 artigos, isto é, 38,6% dos artigos publicados, o que mostra o aumento dos interesses acadêmicos sobre o tema dentro da base pesquisada.

Serão apresentados a seguir alguns dos principais resultados dos artigos mais recentes referentes aos modelos e formas propostas para a redução do consumo de energia em data centers.

Várias estratégias foram propostas para reduzir o consumo de energia dos sistemas de refrigeração de data centers e geralmente podem ser divididas em abordagens de *hardware* ou *software*. Essas estratégias sugerem arranjo eficiente de equipamentos de TI e sistemas de

refrigeração, uso de sistemas de contenção, introdução de equipamentos de TI e sistemas de refrigeração de alta eficiência, melhoria da sistemas de distribuição de fluxo de ar e utilização do ar externo usando o modo econômico (CHOI et al., 2022).

Para fins de conservação de energia e redução de emissões de gases de efeito estufa, os data centers podem usar energia renovável para substituir a energia baseada em combustível fóssil. Como a maioria das fontes de energia renovável, por exemplo solar e eólica, são intermitentes, instáveis e imprevisíveis, usar a energia renovável para alimentar data centers é particularmente desafiador. Para corrigir esses problemas, diferentes tipos de tecnologias de armazenamento de energia serão necessários para manter a estabilidade do fornecimento de energia (CHEN et al., 2022).

Por outro lado Mahbod et al. (2022) citaram que o principal contribuinte para a economia de energia em um data center é a redução do uso do ventilador do servidor e não a redução do consumo de energia de resfriamento. Para reduzir o consumo de energia de resfriamento, recomenda-se que os data centers aumentem os pontos de ajuste de temperatura de entrada do servidor. No entanto, em climas tropicais, os operadores de data centers ainda operam em temperaturas mais baixas (MAHBOD et al., 2022).

Para Wang et al. (2022) a conservação de energia da rede pode ser alcançada otimizando o roteamento e o agendamento de fluxo com reconhecimento de energia, visando desligar o maior número possível de dispositivos de rede ociosos e com pouca carga.

Os data centers existentes precisam ser adaptados para reduzir o custo do consumo de energia por sistemas de refrigeração e ventilação para poder atingir zero emissões líquidas. A distribuição térmica em data centers demonstraram que a eficiência do resfriamento é principalmente associado com a distribuição do fluxo de ar e a estrutura térmica resultante (KUZAY et al., 2022). Essa afirmação é corroborada por Jin, Bai e Yang (2019) que citaram que o fluxo do ar é crucial para data centers refrigerados a ar, pois o caminho do fluxo e a distribuição influencia o ambiente térmico e a eficiência energética de data centers de piso elevado.

An e Ma (2022) sugeriram que a modelagem do consumo de energia do data center é a base para realizar o gerenciamento eficiente de energia e participar da integração de sistemas de energia. No entanto, os métodos de modelagem estática existentes são difíceis de analisar o problema do consumo de energia em tempo real e as características de transferência de calor do data center. Para resolver esses problemas, recomendaram utilizar um modelo de consumo de energia acoplado dinâmico incluindo os dispositivos de TI e os dispositivos de refrigeração.

Para superar os desafios dos impactos ambientais, custos e necessidade crescente de energia, o data center precisa integrar tecnologias de alta eficiência e ecologicamente corretas para solucionar esses problemas. O sistema combinado de resfriamento, aquecimento e energia refere-se à geração síncrona de eletricidade e energia para aquecimento e resfriamento por meio da conversão de várias energias, que pode resolver muitos dos desafios do data center (TIAN et al., 2021).

Outra abordagem foi proposta por Chkirkene et al. (2018), considerando-se que os dispositivos de rede de TI são projetados para o caso de utilização total da rede mas raramente é atingida. Consequentemente, muitos dispositivos são colocados em estado ocioso e causando um enorme desperdício de energia. Os autores propuseram controlar dinamicamente o número de *links* de comunicação ativos, desligando e ligando portas da rede (portas de *switch* e portas de nós) reduzindo o consumo de energia.

CONCLUSÃO: A demanda para reduzir o consumo de energia do data center tem aumentado. Novos data centers que incorporam tecnologias mais recentes podem atingir uma melhor eficiência do uso de energia, mas para melhorar a eficiência energética de um data center existente, é necessário um método de economia de energia que seja simples de aplicar e utilize os recursos fornecidos da maneira mais eficiente possível (CHOI et al., 2022).

As pesquisas apresentaram diversas sugestões para redução do consumo de energia e dos impactos ambientais em data centers, como, por exemplo: redução do uso do ventilador do servidor; uso dos sistemas de refrigeração e ventilação; barramentos CC supercondutores de alta temperatura; algoritmo para minimizar o alto consumo de energia; algoritmo dinâmico de agendamento de tarefas *online*; modelo de consumo de energia dinâmico acoplado incluindo dispositivos de TI e de refrigeração; melhorar a distribuição do fluxo de ar; sistema combinado de resfriamento, aquecimento e energia; sistema de resfriamento de tubo de calor integrado; uso de energias renováveis; desligando e ligando portas da rede, entre outras.

A indústria de data centers é responsável pelo desenvolvimento de padrões de avaliação de eficiência energética. A eficiência energética foi aprimorada até certo ponto graças aos esforços combinados de várias partes interessadas. No entanto, operadores de data centers, tomadores de decisão e acadêmicos devem manter seus esforços diante do aumento do uso de energia. No futuro deve-se esforçar mais em modelagem de eficiência energética, tecnologias de economia de energia, promoção de critérios de avaliação de eficiência energética e utilização de recursos renováveis para criar data centers verdes mais sustentáveis (LONG et al., 2022).

Referências:

- An, H.; Ma, X. Dynamic coupling real-time energy consumption modeling for data centers. Energy Reports, v. 8, sup. 10, p. 1184-1192, 2022.
- Arshad, U. et al. Utilizing power consumption and SLA violations using dynamic VM consolidation in cloud data centers. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 167, 112782, p. 1-14, 2022.
- Chen, X. et al. A 10 MW class data center with ultra-dense high-efficiency energy distribution: Design and economic evaluation of superconducting DC busbar networks. Energy, v. 250, 123820, p. 1-17, 2022.
- Chkirkene, Z. et al. Efficient techniques for energy saving in data center networks. Computer Communications, v. 129, p. 111-124, 2018.
- Choi, Y. J. et al. Development of an adaptive artificial neural network model and optimal control algorithm for a data center cyber–physical system. Building and Environment, v. 210, 108704, p. 1-17, 2022.
- DWIVEDI, Y. K. et al. Metaverse beyond the hype: multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. International Journal of Information Management, v. 66, 102542, p. 1-55, 2022.
- Jin, C.; Bai, X.; Yang, C. Effects of airflow on the thermal environment and energy efficiency in raised-floor data centers: A review. Science of The Total Environment, v. 695, 133801, p. 1-17, 2019.
- Kuzay, M. et al. Retrofitting of an air-cooled data center for energy efficiency. Case Studies in Thermal Engineering, v. 36, 102228, p. 1-14, 2022.
- Li, X. et al. Energy-aware cloud workflow applications scheduling with geo-distributed data. IEEE Transactions on Services Computing, v. 15, n. 2, p. 891-903, 2022.
- Liu, Y. et al. Energy consumption and emission mitigation prediction based on data center traffic and PUE for global data center. Global Energy Interconnection, v. 3, n. 3, p. 272-282, 2020.
- Long, S. et al. A review of energy efficiency evaluation technologies in cloud data centers. Energy and Buildings, v. 260, 111848, p. 1-14, 2022.
- Mahbod, M. H. B. et al. Energy saving evaluation of an energy efficient data center using a model-free reinforcement learning approach. Applied Energy, v. 322, 119392, p. 1-14, 2022.
- Masanet, E. et al. Recalibrating global data center energy-use estimates. Science, v. 367, n. 6481, p. 984-986, 2020.

Materwala, H.; Ismail, L. Performance and energy-aware bi-objective tasks scheduling for cloud data centers. *Procedia Computer Science*, v. 197, p. 238-246, 2022.

Reddy, K. H. K. et al. Towards energy efficient Smart city services: A software defined resource management scheme for data centers. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, v. 35, 100776, p. 1-9, 2022.

Shao, X. et al. A review of energy efficiency evaluation metrics for data centers. *Energy and Buildings*, v. 271, 112308, p. 1-19, 2022.

Synergy Research Group. Pipeline of over 300 new hyperscale Data Centers drives healthy growth forecasts. Reno, NV, March 23: 2022. Disponível em:< Pipeline of Over 300 New Hyperscale Data Centers Drives Healthy Growth Forecasts | Synergy Research Group (srgresearch.com)>. Acesso em: 16 Ago. 2022.

Synergy Research Group. Hyperscale Data Center capacity doubles in under four years; the US still accounts for half. Reno, NV, November 17: 2021 Disponível em: <<https://www.srgresearch.com/articles/as-hyperscale-data-center-capacity-doubles-in-under-four-years-the-us-still-accounts-for-half-of-the-total>>. Acesso em: 16 Ago. 2022.

Tian, Q. et al. Robust optimal energy management of data center equipped with multi-energy conversion technologies. *Journal of Cleaner Production*, v. 329, 129616, p. 1-13, 2021.

Wang, Y. et al. Towards an energy-efficient Data Center Network based on deep reinforcement learning. *Computer Networks*, v. 210, 108939, p. 1-10, 2022.

JUSTIÇA CLIMÁTICA E OS RECENTES EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS NO BRASIL

Marcos Tavares de Arruda Filho¹; Pedro Roberto Jacobi²; Pedro Henrique Campello Torres³

1 – Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM) do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE-USP). Email: marcostavares@usp.br

2 - Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM) do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE-USP).Email: prjacobi@gmail.com

3- Pós-Doutorando em Ciências Ambientais no Instituto de Energia e Ambiente (IEE) da Universidade de São Paulo (IEE-USP). Email: pedrotorres@usp.br

RESUMO: Este trabalho tem por objetivo levantar, à luz dos preceitos da justiça climática, os eventos climáticos extremos ocorridos no Brasil nos anos de 2021 e 2022. No Brasil, aproximadamente 85% dos desastres naturais estão relacionados às chuvas ou à falta delas. Nos últimos anos os eventos climáticos extremos se intensificaram no país. As populações mais vulneráveis são aquelas que recebem os maiores impactos. A justiça climática surge como uma ideia para priorizar a justiça social no que tange às consequências da emergência climática global em curso. Foi feito um levantamento bibliográfico em portais de pesquisa e sites de notícias sobre a temática analisada. Utilizou-se a técnica de documentação indireta para a organização do material levantado. Para a leitura crítica, utilizou-se a abordagem dedutiva. A principal questão que transpassa esses e os demais eventos relacionados ao clima no Brasil é a pauta da desigualdade social presente no ordenamento territorial das cidades. O debate sobre justiça e desigualdades sociais relacionadas às mudanças climáticas se intensificou ao longo da última década. Há a necessidade de inserção da justiça climática dentro do processo de tomada de decisão no Brasil. A abordagem da justiça climática em território brasileiro ainda apresenta um grande potencial para ser pesquisado. A população pobre, que já sofre com as intempéries climáticas, é a que mais é atingida pelas chuvas e a que ainda apresenta pouca representação nas políticas públicas que tratem da abordagem da justiça social presente no discurso da justiça climática.

PALAVRAS-CHAVE: justiça climática; eventos climáticos; emergência climática; Brasil.

ABSTRACT: This work aims to raise, in the light of the precepts of climate justice, the extreme weather events that occurred in Brazil in the years 2021 and 2022. In Brazil, approximately 85% of natural disasters are related to rains or the lack of them. In recent years, extreme weather events have intensified in the country. The most vulnerable populations are those that receive the greatest impacts. Climate justice emerges as an idea to prioritize social justice regarding the consequences of the ongoing global climate emergency. A bibliographic

survey was carried out on research portals and news sites on the analyzed theme. The technique of indirect documentation was used to organize the material collected. For critical reading, the deductive approach was used. The main issue that crosses these and other climate-related events in Brazil is the agenda of social inequality present in the territorial planning of cities. The debate about justice and social inequalities related to climate change has intensified over the last decade. There is a need to insert climate justice into the decision-making process in Brazil. The approach to climate justice in Brazilian territory still has great potential to be researched. The poor population, which already suffers from the weather, is the one that is most affected by the rains and the one that still has little representation in public policies that deal with the approach of social justice present in the climate justice discourse.

KEYWORDS: climate justice; weather events; climate emergency; Brazil.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21961289

INTRODUÇÃO: No Brasil, aproximadamente 85% dos desastres naturais estão relacionados às chuvas ou à falta delas, com inundações repentinas, deslizamentos de terra (geralmente causados pela saturação do solo) e secas prolongadas produzindo eventos que resultaram em mais de 10.000 mortes nas últimas cinco décadas (PIVETTA 2016). Nos últimos anos os eventos climáticos extremos se intensificaram no país. Chuvas torrenciais atingiram os estados da Bahia, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Pernambuco, devastando cidades, destruindo casas e levando à morte centenas de pessoas.

As alterações no dinâmico sistema climático global determinam impactos a todos, indiscriminadamente. Contudo, como já vem sendo observado, a capacidade de resposta das populações não é igualitária. São justamente as populações mais vulneráveis aquelas que recebem os maiores impactos, determinando situações de Injustiça Ambiental e Injustiça Climática (ARMADA; VIEIRA, 2016). Isso pode ser sentido diante das catástrofes no país. Em sua maioria, a população pobre e marginalizada foi a mais impactada com a destruição, enchentes, mortes e disseminação de doenças.

Diante de tal situação, a justiça climática surge como uma ideia para priorizar a justiça social no que tange às consequências da emergência climática global em curso. A justiça climática muda o foco de preocupações puramente econômicas e de mercado para uma visão ética e política da importância da igualdade, direitos humanos e saúde ambiental e sustentabilidade (HARGROVE; QANDEEL; SOMMER, 2019).

No entanto, este ainda é um conceito pouco difundido nos países do sul global, inclusive no Brasil, tendo pouca ou nenhuma expressividade em planos de ação e políticas públicas de adaptação climática no país, embora seja possível observar um movimento influenciado pela agenda de mobilizações internacionais ou por grandes organizações não governamentais (TORRES et al., 2021). Em virtude dessa problemática, tenta-se responder à seguinte questão: as cidades brasileiras estão preparadas para trabalhar a questão social dentro do âmbito da emergência climática na qual o Brasil se encontra? Este trabalho tem por objetivo levantar, à luz dos preceitos da justiça climática, os eventos climáticos extremos ocorridos no Brasil nos anos de 2021 e 2022.

MATERIAL E MÉTODOS: Este trabalho utilizou referências bibliográficas levantadas em portais de pesquisa acadêmica, como Web of Science, Scopus, SCIELO Brazil (*Scientific Electronic Library Online*), Google Scholar e Portal Periódicos (CAPES). Foram utilizadas palavras-chave “justiça climática” e “Brasil” e o material coletado foi lido e organizado à luz da técnica de documentação indireta e com uma abordagem de leitura dedutiva.

A coleta de dados baseada na documentação indireta consiste na leitura e análise de materiais produzidos por terceiros, que podem apresentar-se sob forma de textos, jornais, gravuras, fotografias e filmes, entre outras (LAKATOS; MARCONI, 1991). Também foram levantadas reportagens e textos publicados na mídia sobre os eventos analisados, que serviram como base para o levantamento histórico dos fatos ocorridos. Os dados sobre número de mortos, desabrigados e demais informações foram retirados de tal material.

A análise do material levantado se deu de forma exploratória, reflexiva e crítica. A escolha da abordagem dedutiva deu-se em virtude desta ter como objetivo principal a verificação de uma dada teoria, independentemente da maneira com esta foi elaborada ou formulada (LESSARD-HÉBERT; GOYETTE; BOUTIN, 2005). Os textos foram analisados com o intuito de extração das informações robustas e consistentes sobre a temática pesquisada.

DISCUSSÃO: Os desastres climáticos brasileiros se potencializaram ao longo dos últimos meses com os picos extremos de precipitação ocorridos em alguns estados do país. Tal situação fez com que consequências como enchentes, deslizamentos de barreiras e problemas de infraestrutura urbana fossem potencializados. Essas situações de desastre envolvem simultaneamente processos sociais e naturais que impactam a sociedade, sendo as ações antrópicas um dos fatores determinísticos, combinados com as condições climáticas, exigindo, portanto, atenção da defesa civil e de outras autoridades governamentais (RIBEIRO, et al., 2021).

Em dezembro de 2021, fortes chuvas atingiram o sul da Bahia e o norte do estado de Minas Gerais, gerando alagamentos e deslizamentos de terra. Estima-se que 160 cidades foram afetadas e mais de 30 mortes foram confirmadas. Em janeiro de 2022 o estado de São Paulo sofreu uma alta de precipitações que ocasionou 27 mortes e mais de 660 famílias desalojadas, atingindo onze cidades. Em fevereiro do mesmo ano a cidade de Petrópolis, interior do Rio de Janeiro, sofreu com chuvas torrenciais que deixaram mais de 170 mortos, sendo a maior tragédia da história do município. Considerada a maior tragédia climática dos últimos 50 anos da história de Pernambuco, as chuvas que afetaram a região metropolitana do Recife em maio de 2022 levaram mais de 120 pessoas a óbito. Os principais afetados foram os moradores de morros e encostas, regiões pobres da cidade. Apenas no bairro de Jardim Monte Verde, 25 pessoas morreram em um único desabamento de terra, sendo 11 vítimas de uma mesma família.

A principal questão que transpassa esses e os demais eventos relacionados ao clima no Brasil é a pauta da desigualdade social presente no ordenamento territorial das cidades. Sem um planejamento urbano adequado e com políticas públicas fracas e ineficazes no tocante à

habitação, a população pobre tende a adensar-se em locais insalubres, próximos a rios e em região de morros, sujeitas a desabamentos. Por mais que, como destacado por Travassos et al (2020), o debate sobre justiça e desigualdades sociais relacionadas às mudanças climáticas tenha se intensificado ao longo da última década, principalmente devido à crescente incidência de eventos climáticos extremos, a inserção da justiça social dentro do debate climático ainda se mostra incipiente.

A mudança climática é fundamentalmente um problema de justiça: a injustiça está na raiz de suas causas, no centro de seus impactos e é vital para se e como políticas eficazes serão concebidas e implementadas para mitigar as dificuldades associadas. Não seria rebuscado dizer que a mudança climática está rapidamente se tornando a maior injustiça já testemunhada, experimentada e, de fato, perpetrada em toda a história da humanidade (HARRIS, 2019). De acordo com Huntjens e Zhang (2016),

a justiça climática significa coisas diferentes para diferentes grupos e indivíduos e as implicações potenciais das mudanças climáticas para a justiça são variadas e complexas. A justiça climática não é simplesmente uma referência rápida para agir eticamente, mas sim uma fonte de raciocínio para o que é considerado legítimo, e, portanto, relaciona-se a questões mais normativas de equidade e justiça.

No caso do Brasil a expressão “justiça climática” ainda está distante da agenda política e de pesquisa, embora seja possível observar um movimento influenciado pela agenda de mobilizações internacionais ou por grandes organizações não governamentais (TORRES et al., 2021). De todos os planos de ação e adaptação climática municipais do país, apenas o PLAC-Recife (Plano Local de Ação Climática da Cidade do Recife, 2020) cita o termo dentro de seu texto, tomando-a como um de seus princípios, juntamente com soluções baseadas na natureza e economia verde. Ainda assim, o Monitoramento das Ações e Estratégias Climáticas do Recife (MOCLIMA), instrumento da Secretaria de Meio Ambiente e Mobilidade da Prefeitura do Recife para avaliação das ações do PLAC, não inclui o eixo estratégico “Resiliência” em seus resultados. Tal eixo é o designado para tratar de questões sociais e de habitação em áreas de risco, dentre outros tópicos.

As abordagens territoriais para a justiça ambiental, especialmente para a justiça climática, devem incorporar aspectos territoriais e antecipatórios de planejamento e governança (TRAVASSOS ET. AL., 2020). Uma associação do processo de tomada de decisão com a

inserção do conceito de justiça climática como pauta de redução da desigualdade social nos processos de adaptação e mitigação climática no Brasil se faz necessária.

CONSIDERAÇÕES FINAIS: Este resumo objetivou lançar luz sobre o debate acerca da justiça climática diante dos recentes eventos climáticos extremos ocorridos no Brasil, ao longo dos anos de 2021 e 2022. Ao término deste trabalho tem-se que a abordagem da justiça climática em território brasileiro ainda apresenta um grande potencial para ser pesquisado e debatido. Pelo fato dessa ideia ser recente no contexto da emergência climática global e ter sido advinda dos países do norte global, poucas são as políticas públicas que internalizam essa noção em seus textos. Ainda há lacunas e potencial no país, uma vez que a desigualdade social estrutural, que é exacerbada diante dos eventos climáticos extremos, ainda se faz presente. A população pobre, que já sofre com as intempéries climáticas, é a que mais é atingida pelas chuvas e a que ainda apresenta pouca representação nas políticas públicas que tratem da abordagem da justiça social presente no discurso da justiça climática. Novas publicações sobre esta temática relacionadas ao território brasileiro se fazem necessárias.

Referências:

- ARMADA, Charles Alexandre Souza; VIEIRA, Ricardo Stanziola. Governança Ambiental Global e Justiça Climática: perspectivas de uma efetiva governança global para a justiça ambiental e climática pós-acordo de paris. In: CONGRESSO DO CONPEDI, 25., 2016, Curitiba. Anais [...]. Curitiba: Conpedi, 2016. p. 120-140.18 Disponível em: <http://conpedi.danilolr.info/publicacoes/02q8agmu/80s6f8i8/Lb4D40N7xLI390i3.pdf>. Acesso em: 12 maio. 2021.
- HARGROVE, Andrew; QANDEEL, Mais; SOMMER, Jamie M.. Global governance for climate justice: a cross-national analysis of co2 emissions. Global Transitions, [S.L.], v. 1, p. 190-199, 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.glt.2019.11.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589791819300209>. Acesso em: 12 ago. 2020.
- HARRIS, Paul. G. (ed.). A Research Agenda for Climate Justice. Londres: Edward Elgar Publishing, 2019. 192 p.
- HUNTJENS, Patrick; ZHANG, Ting. Climate Justice: equitable and inclusive governance of climate action. The Hague Institute For Global Justice, Haia, v. 1, n. 1, p. 1-29, abr. 2016. Disponível em: <https://www.thehagueinstituteforglobaljustice.org/information-for-policy->

[makers/working-paper/climate-justice-equitable-and-inclusive-governance-of-climate-action/](https://munksgaard.com/makers/working-paper/climate-justice-equitable-and-inclusive-governance-of-climate-action/).

Acesso em: 12 ago. 2020.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de Metodologia Científica. São Paulo: Atlas, 1991.

LESSARD-HÉBERT, Michelle; GOYETTE, Gabriel; BOUTIN, Gerald. Investigação qualitativa: Fundamentos e práticas. 2. ed. Lisboa: Instituto Piaget, 2005.

PIVETTA, Marcos. Um Brasil mais vulnerável no século XXI. Fapesp, São Paulo, v. 1, n. 249, p. 16-23, nov. 2016. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/um-brasil-mais-vulneravel-no-seculo-xxi/>. Acesso em: 20 set. 2020.

RIBEIRO, Marcos Samuel Matias et al. Intense Precipitation and Area of Risk: A Case Study of Mass Movement in the City of Natal, Brazil. Water, [s. l.], p. 1-20, 2021. DOI <https://doi.org/10.3390/w13233346>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/23/3346>. Acesso em: 28 jan. 2022.

TORRES, Pedro Henrique Campello; URBINATTI, Alberto Matenhauer; GOMES, Carla; SCHMIDT, Luísa; LEONEL, Ana Lia; MOMM, Sandra; JACOBI, Pedro Roberto. Justiça climática e as estratégias de adaptação às mudanças climáticas no Brasil e em Portugal. Estudos Avançados, [S.L.], v. 35, n. 102, p. 159-176, ago. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35102.010>.

TRAVASSOS, Luciana; TORRES, Pedro Henrique Campello; GIULIO, Gabriela di; JACOBI, Pedro Roberto; FREITAS, Edmilson Dias de; SIQUEIRA, Isabela Christina; AMBRIZZI, Tércio. Why do extreme events still kill in the São Paulo Macro Metropolis Region? Chronicle of a death foretold in the global south. International Journal Of Urban Sustainable Development. Londres, p. 1-16. 27 maio 2020. Disponível em: Why do extreme events still kill in the São Paulo Macro Metropolis Region? Chronicle of a death foretold in the global south. Acesso em: 15 set. 2020.

RELAÇÃO ENTRE EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO EXTREMA E ESTIAGEM E A CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Rafaela Ramos¹; Flávia Ribeiro²

1 – Rafaela Silva Ramos. Universidade de São Paulo (EACH-USP) rafaela.s.ramos@usp.br

2 – Prof. Dra. Flávia Noronha Dutra Ribeiro. Universidade de São Paulo (EACH-USP) flaviaribeiro@usp.br

Resumo: Este trabalho tem como objetivo quantificar a relação entre os padrões de chuva e a concentração de material particulado (MP) na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), considerando eventos extremos de chuva e estiagem. Utilizamos dados registrados de 2011 a 2020 por estações meteorológicas, uma no Norte e outra no Sul da RMSP. A precipitação extrema foi definida como precipitação acumulada diária acima do percentil 95 para o mês correspondente. Estiagem foi definida como um período de 5 dias consecutivos sem chuva durante o período chuvoso e 10 dias durante o período seco. Foram encontrados 57 eventos de chuvas extremas, 48 eventos de estiagem em uma estação e 59 chuvas extremas e 89 eventos de estiagem na outra. Foi possível observar chuvas substancialmente superiores ao percentil 95, principalmente no período seco. Ambas as estações apresentaram maiores concentrações de PM10 e PM2,5 durante os eventos de estiagem no período seco (30,1-78%), seguidas de concentrações durante a estiagem no período chuvoso (2,1-19,9%). Ademais, a concentração média durante os eventos extremos de chuva foi menor (5,6-15,8%) do que a média de todo o período. Concluímos que quando o clima fica mais seco por 5 ou mais dias consecutivos há acúmulo de MP e, quando há maiores volumes de chuva, o ar fica menos poluído. Entretanto, anos com eventos de chuva mais extremos não necessariamente apresentam as menores concentrações anuais e anos com mais eventos de estiagem não apresentam as maiores concentrações, indicando a influência de outros fatores.

Palavras-Chave: precipitação extrema; poluição atmosférica; estiagem; mudanças climáticas.

Abstract: This work aims to quantify the relationship between extreme precipitation and the concentration of particulate matter (PM) in the Metropolitan Region of São Paulo

(RMSP), considering extreme precipitation and drought events. Using data from 2011 to 2020 by two meteorological stations, one in the North and one in the South of the RMSP. Extreme precipitation was defined as daily accumulated precipitation above the 95th percentile for the corresponding month. Droughts were defined as a period of five consecutive days without rain during the rainy season and 10 days during the dry season. 57 extreme rainfall events, 48 drought events in one station and 59 extreme rainfall events and 89 drought events in the other were found. It was possible to observe rain substantially higher than the 95th percentile, mainly in the dry season. Both seasons had higher concentrations of PM10 and PM2.5 during dry season droughts (30.1-78%), followed by concentrations during wet season droughts (2.1-19.9%) than the entire period average. In addition, the average concentration during extreme rainfall events was lower (5.6-15.8%) than the average for the entire period. In conclusion, when the climate is drier for 5 or more consecutive days, PM accumulates and, when there are greater volumes of rain, the air is less polluted. However, years with more extreme rainfall events do not necessarily have the lowest annual concentrations and years with more drought events do not have the highest concentrations, indicating the influence of other factors.

Keywords: extreme precipitation; atmospheric pollution; drought; climate changes.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21961304

Introdução: Este trabalho vai considerar apenas o material particulado (MP) que tem como definição, de acordo com CETESB (2021), partículas de poluentes no estado sólido ou líquido em suspensão na atmosfera devido ao seu pequeno diâmetro, sendo também separado em Partículas Inaláveis (MP10), cujo diâmetro aerodinâmico é menor ou igual a 10 μm , e Partículas Inaláveis Finas (MP2,5) cujo diâmetro aerodinâmico é menor ou igual a 2,5 μm .

Como aponta Brito et al. (2018), o aumento na concentração de MP na atmosfera, que acontece principalmente devido às fontes antrópicas como a queima de combustíveis fósseis, pode causar problemas de saúde, principalmente as partículas menores que penetram mais profundamente no sistema respiratório, podendo trazer adversidades para esse sistema e, em situações piores, até o sistema circulatório.

No ano de 2019, se fossem considerados os limites da Organização Mundial da Saúde (OMS), todas as estações com monitoramento da CETESB na região metropolitana de São Paulo (RMSP) teriam pelo menos duas ultrapassagens do padrão, tanto para o MP10 quanto para o MP2,5 (CETESB, 2020).

Entretanto, sabe-se que existe uma relação entre a precipitação e a concentração de material particulado, como mostra KIM et al. (2014). A ocorrência de chuvas acarreta a dispersão e diluição do MP e redução da concentração do mesmo. Por outro lado, as partículas na atmosfera também têm potencial de formação de chuva (Correia et al., 2021). Porém o que pode ser observado, principalmente a partir do ano 2000, é que os dias de chuvas diminuíram e houve um aumento no volume de chuvas em um menor número de dias como mostra Zilli et al. (2017).

Por isso, outro fator que precisa ser levado em consideração para analisar a concentração de MP na atmosfera da RMSP é o conjunto de condições meteorológicas. O clima da região traz períodos definidos em sua sazonalidade, havendo mais chuvas durante a primavera e o verão, quando comparado com as estações outono e inverno (Oliveira et al, 2021). Segundo Sena (2016), isso ocorre devido à atuação do sistema de monções, que ocasiona a reversão na direção dos ventos, e ativação das zonas de convergências na região, que são zonas de nebulosidade na região sudeste.

Porém essas tendências pluviométricas vem sofrendo alterações por todo o globo e na RMSP não é diferente. É o que mostra o Plano de Ação Climática do Município de São Paulo 2020-2050 (2021) que compilou dados de diversos autores e órgãos sobre os impactos das mudanças climáticas na região e traz planos para a mitigação desses impactos. Nesse documento é evidenciado um maior número de eventos de precipitação extrema assim como suas implicações no aumento de alagamentos e deslizamentos durante os últimos anos e que

afetam de forma mais acentuada as populações mais vulneráveis, o que é corroborado por Travassos et al. (2020) com a análise de 61 eventos de precipitação extrema que resultaram em dezenas de mortes entre os anos de 2016 e 2019.

Ademais a poluição atmosférica tem impacto direto na mortalidade e na morbidade da população (de Miranda et al. 2012), o que traz ainda mais a necessidade de propostas de ações de mitigação e adaptação, que precisam ser discutidas e implantadas nos níveis municipal, estadual e federal, considerando a interação entre as condições meteorológicas e a qualidade do ar, principalmente no contexto de mudanças climáticas. Dessa forma, o presente trabalho pretende verificar qual a influência dos padrões de precipitação na qualidade do ar e quais tendências podemos esperar para o futuro.

Material e Métodos: Essa pesquisa é um estudo de caso dos eventos de precipitação na RMSP entre os anos de 2011 e 2020 para identificar o impacto da variação do volume e da frequência de chuvas na concentração de MP nesta região, sendo considerados como eventos extremos os volumes como acúmulo horário de chuvas que ultrapassem o percentil 95. Já os períodos de estiagem são definidos como períodos prolongados sem chuva. Como as características da estiagem variam de lugar para lugar, será necessário comparar os índices de precipitação com as normais meteorológicas para a região.

Os dados foram identificados a partir de medições diárias registrados nas estações meteorológicas Mirante de Santana e Instituto de Astronomia Geofísica e Ciência Atmosférica da USP (IAG). Após a identificação dos dias em que os eventos extremos ocorreram serão identificadas as concentrações de material particulado (MP10 e MP2,5) antes e depois do período de chuvas, através do Sistema da CETESB (Qualar). Também será identificada a concentração de MP10 e MP2,5 no início e no final desses períodos será comparada por meio de técnicas estatísticas, a fim de se identificar padrões da concentração desse poluente para períodos de estiagem.

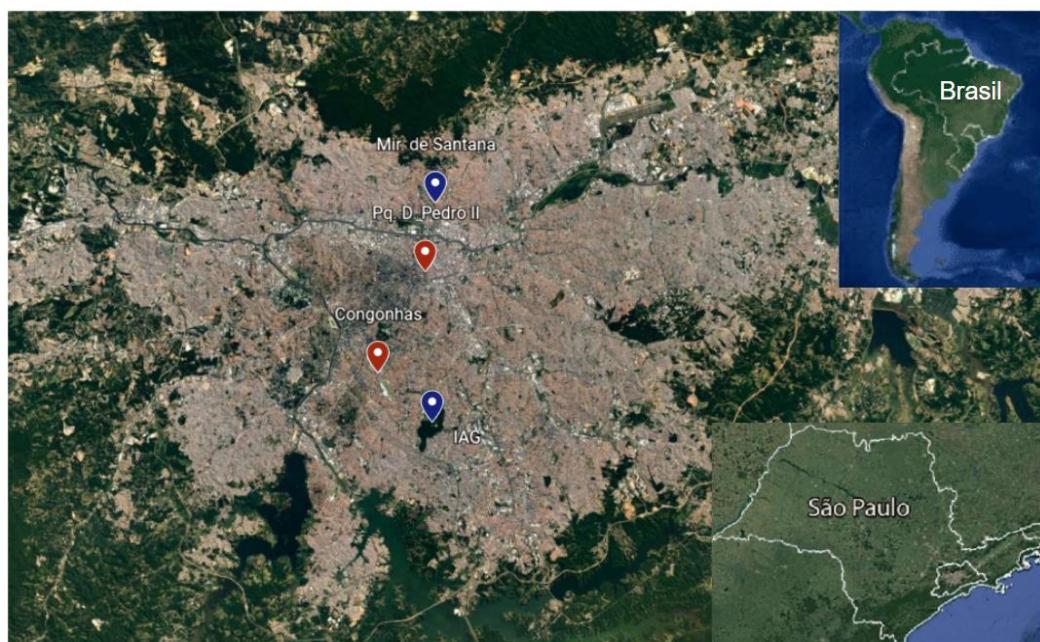
Comparando-se os dois padrões, pode-se então verificar qual tendência parece ser dominante para o futuro: se os eventos extremos vão ser suficientes para reduzir o material particulado da atmosfera ou se os períodos possivelmente mais longos de estiagem vão ser mais importantes na determinação da qualidade do ar na RMSP.

Resultados: Através da aplicação da metodologia foram encontrados 57 eventos de precipitação extrema para a estação do IAG e 59 eventos para a estação do INMET para o período considerado.

Foi contabilizado também o número de dias sem chuva, sendo 1723 dias entre 2011 e 2020 na estação IAG e 2202 para a estação INMET (num total de 3652 dias). Para identificar os eventos de estiagem foi considerado um período de 5 dias sem chuva para o período chuvoso (entre outubro a março) e 10 dias sem chuva para o período seco (entre abril e setembro).

Assim, após identificar essas sequências de dias foram contabilizados os eventos de estiagem entre 2011 e 2020: no IAG houveram 48 eventos, sendo 29 no período chuvoso e 19 no período seco; já no Mirante de Santana houveram 89 eventos, sendo 51 no período chuvoso e 39 no período seco. Através da análise das distâncias entre as estações meteorológicas e as estações da CETESB foram escolhidas para correlacionar com os eventos extremos da estação do Mirante de Santana foi escolhida a estação Pq. D. Pedro II (a distância entre os dois pontos é de 6,5 km), essa estação mediou o MP10 por todo o período, porém passou a medir MP 2,5 somente a partir de 2016, havendo então uma lacuna de dados entre 2011 e 2015. Já para correlacionar com os eventos extremos da estação IAG foi escolhida a estação Congonhas, que mediou o MP por todo o período, a distância entre os dois pontos é de 7 km (figura 1).

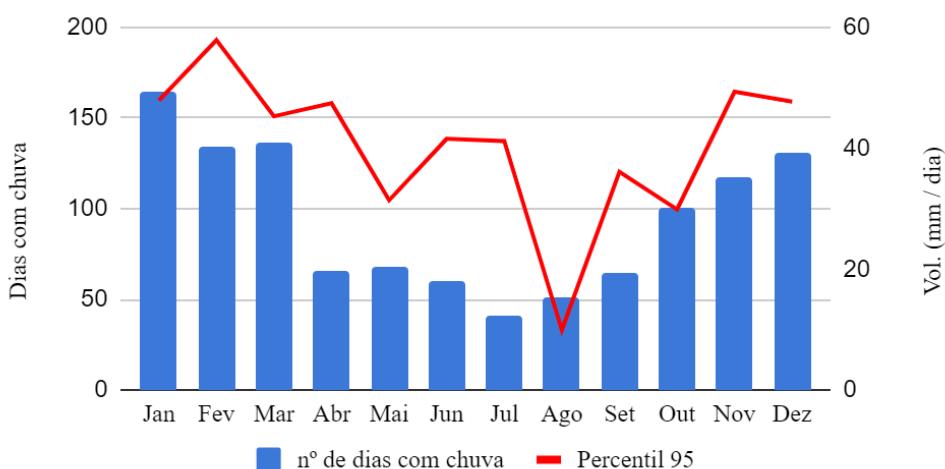
Figura 1. Localização geográfica das estações meteorológicas (azul) e das estações da CETESB (vermelho).



Para encontrar os volumes de chuvas extremas foi calculado o valor percentil 95 para cada mês do ano, encontrando doze valores para a série de 10 anos como é possível ver no gráfico 1.

Foi considerado dias com chuva acima de 1mm, por isso vemos os meses de inverno com menos dias de chuva, essa condição foi importante para identificar os valores de percentil que fossem significativos às análises, para o mês de julho, por exemplo, o percentil 95 foi 41,2 mm porém houveram apenas 41 dias com chuva, então pode perceber que houveram dias com chuvas bem acima do percentil encontrado.

Gráfico 1 - Relação de dias com chuva durante o ano e o volume do percentil 95, na estação meteorológica IAG

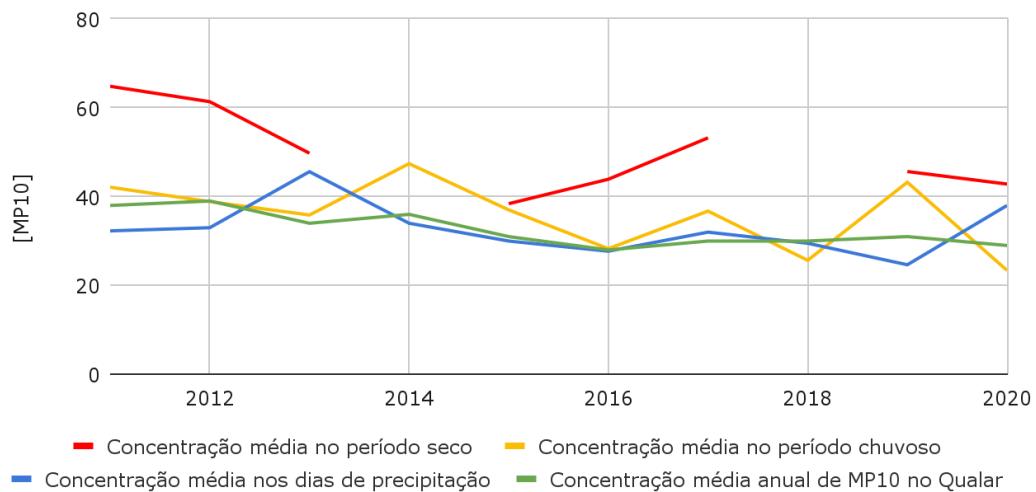


Em relação às concentrações de material particulado registradas na estação Congonhas da CETESB no período estudado, o gráfico 2, mostra as médias diárias de MP10 que foram observadas anualmente, e durante os eventos de estiagem e precipitação.

É possível observar que as médias das concentrações de MP10 36,68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para período chuvoso (linha amarela) e 48,90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para o período seco (linha vermelha) obtidas a partir dos dias de eventos de estiagem foi superior à média anual, para os anos de 2011 e 2020 (linha verde) identificada da CETESB, que foi 32,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para MP10. O que mostra um maior acúmulo de material particulado nos períodos sem chuva.

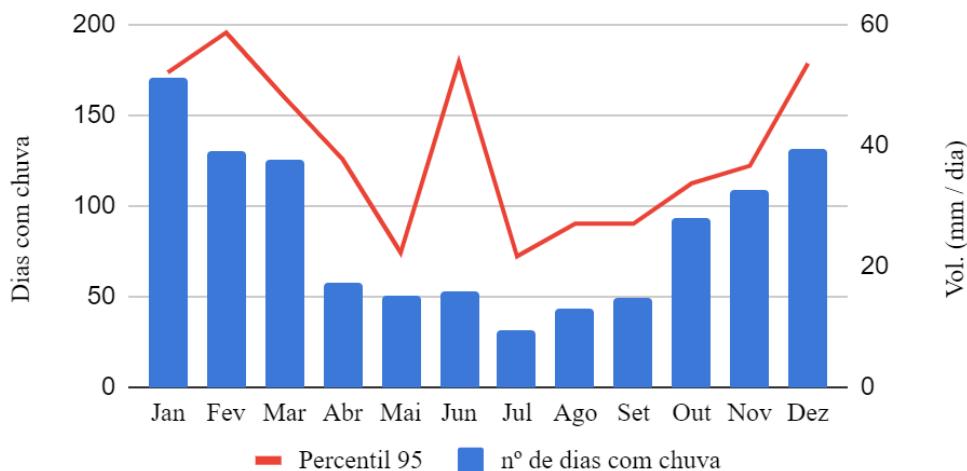
Já considerando a média de MP10 dos dias de eventos extremos de precipitação 30,79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (linha azul) indicando uma menor concentração de material particulado após os eventos extremos quando comparada com as médias anuais da CETESB.

Gráfico 2. Relação da concentração média de MP10 por período entre 2011 e 2020 na estação Congonhas.



Já para analisar os dados da estação Mirante de Santana foram utilizadas as informações disponíveis da estação automática, uma vez que devido a crise sanitária da COVID-19 não houveram medições para a estação manual a partir de março de 2020. Utilizando a mesma metodologia foi encontrado os seguintes valores para o percentil 95 e dias com chuva (gráfico 3).

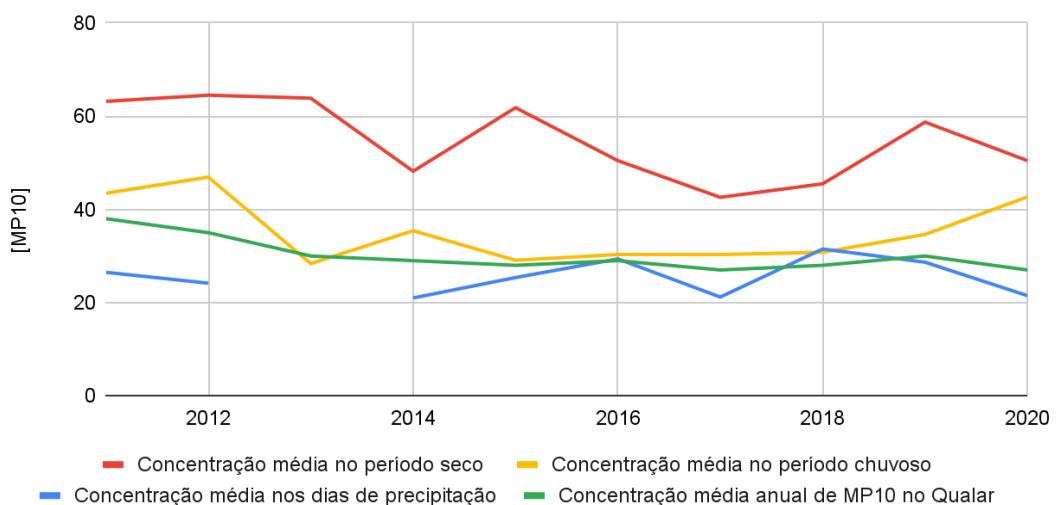
Gráfico 3. Relação de dias com chuva durante o ano e o volume do percentil 95, na estação meteorológica Mirante de Santana.



É possível perceber, por exemplo, que apesar do mês de junho não apresentar muitos dias com chuva (53 dias), o que já é esperado da estação o percentil 95 foi de (53,84 mm) o que significa que houveram alguns eventos de precipitação acima desse volume o que é incomum para o período seco.

Em relação às medições de material particulado, foi escolhida a Parque Dom Pedro II, devido à sua distância até a estação Mirante de Santana e a presença de dados tanto de MP10 (gráfico 4) quanto de MP2,5, sendo esse último representado apenas a partir de 2017 .

Gráfico 4. Relação da concentração média de MP por período entre 2011 e 2020 na estação Pq. Dom Pedro II.



Ao analisar as concentrações de material particulado registrados na CETESB foi possível perceber que as médias das concentrações de MP10 53,70 µg/m³ para o período seco (linha vermelha) e 36,10 µg/m³ para o período chuvoso(linha amarela) foram superiores à média anual de MP10 30,1 µg/m³ para o período (linha verde).

Já a média da concentração de MP10 durante os dias de eventos extremos $25,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (linha azul) foi inferior à média anual, sugerindo uma melhora na qualidade do ar depois de eventos de precipitação devido a capacidade das gotas de chuva de retirar o material particulado da atmosfera.

Em ambas as estações foi possível perceber um comportamento semelhante nas estações, um maior acúmulo de MP10 durante os eventos prolongados de estiagem, tanto no período seco quanto chuvoso, e concentrações menores nos dias de eventos extremos de precipitação que indica uma menor presença de material particulado no ar nos dias de chuva extrema.

Conclusão: É possível perceber que durante os eventos de estiagem a concentração de MP é maior, principalmente na estação seca, pois o número de dias sem chuva dobra, comparada com concentração de MP é menor durante eventos de chuvas extremas, uma vez que a chuva contribui para um ar mais limpo, lavando PM da atmosfera.

O prognóstico do IPCC (2018) para o clima futuro é uma maior frequência de secas, menos dias chuvosos e eventos pluviométricos mais extremos. Portanto, os presentes resultados sugerem uma pior qualidade do ar no futuro se as tendências obtidas na última década se perpetuar nas próximas décadas.

Agradecimentos: Agradecemos o financiamento: processo nº 2021/11348-4, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Referências:

- BRITO, G. F. S et al. O Impacto do Material Particulado na Qualidade do Ar. Rev. Virtual Quim., 2018, 10 (5). Disponível em: <<https://www.ufjf.br/baccan/files/2019/04/Brito-Gabriel-RVQ-NoPrelo.pdf>>. Acesso em: 20/05/2021.
- CETESB. Poluentes. São Paulo, 2021. <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>>. Acesso em: 14/04/2021.
- CETESB. Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo - 2019. São Paulo, 2020. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2020/07/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-do-Ar-2019.pdf>>. Acesso em: 20/05/2021.

- Correia, A. L., Sena, E. T., Silva Dias, M. A., & Koren, I. (2021). Preconditioning, aerosols, and radiation control the temperature of glaciation in Amazonian clouds. *Communications Earth & Environment*, 2(1), 1-7.
- de Miranda, R. M., de Fatima Andrade, M., Fornaro, A., Astolfo, R., de Andre, P. A., & Saldiva, P. 2012. Urban air pollution: a representative survey of PM 2.5 mass concentrations in six Brazilian cities. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 5(1), 63-77.
- IPCC. Changes in Climate Extremes and their Impacts on the Natural Physical Environment. 2018 Available in: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX-Chap3_FINAL-1.pdf>. Access in: 20/08/2022.
- KIM, Suhyang et al. Effect of Precipitation on Air Pollutant Concentration in Seoul, Korea. Seoul, 2014. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 8(4), 202-211. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5572/ajae.2014.8.4.202>>. Acesso em: 10/04/2021.
- OLIVEIRA, M. C. Q. D. et. al. Air pollution persistent exceedance events in the Brazilian metropolis of São Paulo and associated surface weather patterns. *International Journal of Environmental Science and Technology* 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13762-021-03778-1>>. Acesso em: 20/06/2021.
- MARENGO, Jose A. et al. Trends in extreme rainfall and hydrogeometeorological disasters in the Metropolitan Area of São Paulo: a review. 2020. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1472(1), 5-20. Disponível em: <<https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/nyas.14307>>. Acesso em 22/04/2021.
- MIRANDA, Gabriela. S. A Influência Da Chuva Na Concentração De Material Particulado Atmosférico (Mp10). Camboriú, 2017. Disponível em: <<http://www.camboriu.ifc.edu.br/wp-content/uploads/2018/03/avaliacaoar.pdf>>. Acesso em: 20/04/2021.
- PREFEITURA DE SÃO PAULO. Plano de Ação Climática do Município de São Paulo 2020-2050. São Paulo, 2021 Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/PlanClimaSP_BaixaResolucao.pdf>. Acesso em 16//09/2021.
- SENA, Ana Cláudia. T. Padrões de Larga Escala Associados a Eventos Extremos de Precipitação em São Paulo. São Paulo, 2016. Dissertação de mestrado. IAG-USP. Disponível em: <https://www.iag.usp.br/pos/sites/default/files/d_ana_c_t_sena_corrigida.pdf>. Acesso em: 03/05/2021.
- TRAVASSOS, Luciana et al. Why do extreme events still kill in the São Paulo Macro Metropolis Region? Chronicle of a death foretold in the global south. *International Journal of*

Urban Sustainable Development, 2020. Disponível em:
<https://doi.org/10.1080/19463138.2020.1762197>. Acesso em 26/09/2021.

ZILLI, Marcia T. et al. A comprehensive analysis of trends in extreme precipitation over southeastern coast of Brazil. 2017. Annals of the New York Academy of Sciences, 1472(1), 5-20. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/joc.4840>>. Acesso em 16/05/2021.

INDICADORES DE VULNERABILIDADES DE PEQUENAS CIDADES DA MACROMETRÓPOLE PAULISTA FACE À VARIABILIDADE CLIMÁTICA: UM OLHAR PARA PEQUENAS CIDADES DA REGIÃO METROPOLITANA DO VALE DO PARAÍBA E LITORAL NORTE – IGARATÁ, SANTA BRANCA E JAMBEIRO

Guilherme Dias Pereira¹

1 – Guilherme Dias Pereira. Universidade de São Paulo. gui.dias@usp.br

RESUMO: O quadro de variabilidade climática num contexto fortemente marcado por incertezas quanto a capacidade de enfrentamento dos eventos, relega as pequenas cidades da Macrometrópole Paulista inúmeros desafios e torna necessário o avanço em direção a uma governança ambiental capaz de diminuir os impactos esperados. Para tal, faz-se necessário conhecer mais profundamente as múltiplas vulnerabilidades desses lugares, bem como possibilidades adaptativas capazes de minimizar os impactos e evitar desastres. É nessa direção que esta pesquisa se insere, tendo como objetivo levantar dados dos municípios de Igaratá, Jambeiro e Santa Branca relativos a fatores físico/ambiental, bem como fatores social/institucional. A pesquisa foi elaborada de forma descritiva e exploratória, por meio de uma revisão bibliográfica para compreender o histórico e os principais conceitos como mudanças climáticas, vulnerabilidade e pequenas cidades. Além disso, foi possível elaborar indicadores preliminares com base nos dados levantados para as dimensões: uso e ocupação do solo, ambiental, político/institucional e social. Tais indicadores mostraram que as três pequenas cidades apresentam graus de vulnerabilidade, sendo que das três, Santa Branca e Jambeiro são as que se apresentam mais vulneráveis.

Palavras-Chave: Variabilidade Climática; Vulnerabilidade, Pequenas Cidades, Macrometrópole Paulista, Indicadores.

ABSTRACT: The climate variability framework in a context strongly marked by uncertainties regarding the capacity to face the events, relegates the small cities of the São Paulo Macrometropolis to numerous challenges and makes it necessary to advance towards an environmental governance capable of reducing the expected impacts. To this end, it is necessary to know more deeply the multiple vulnerabilities of these places, as well as adaptive possibilities capable of minimizing impacts and avoiding disasters. It is in this direction that this research is inserted, aiming to collect data from the municipalities of Igaratá, Jambeiro and Santa Branca related to physical/environmental factors, as well as social/institutional factors. The research was designed in a descriptive and exploratory way, through a bibliographic review

to understand the history and the main concepts such as climate change, vulnerability and small cities. In addition, it was possible to prepare preliminary indicators based on the data collected for the dimensions: land use and occupation, environmental, political/institutional and social. Such indicators showed that the three small cities have degrees of vulnerability, and of the three, Santa Branca and Jambeiro are the most vulnerable.

Keywords: Climate Variability; Vulnerability, Small Cities, São Paulo Macrometropolis, Indicators.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21961310

IINTRODUÇÃO: Este resumo expandido tem por objetivo apresentar os resultados encontrados dentro do âmbito da Iniciação Científica financiada pela FAPESP.

A Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN) localizada na Macrometrópole Paulista (MMP) é a maior região metropolitana a comportar pequenas cidades (EMPLASA, 2014), entretanto essas pequenas localidades são pouco consideradas no planejamento de desenvolvimento regional e na literatura científica (ZANIRATO et al., 2022). Com isso em vista, este trabalho tem como objetivo geral levantar dados dos municípios de Igaratá, Jambeiro e Santa Branca relativos a fatores físico/ambiental bem como fatores social/institucional.

MATERIAL E MÉTODOS: Esta pesquisa foi realizada de maneira descritiva e exploratória, o que acaba por dar maior dinamismo e liberdade para se trabalhar os dados e indicadores levantados (GIL, 2002).

Primeiramente, foi realizada uma revisão bibliográfica acerca do tema, sendo a literatura buscada nas bases de dados Scopus, SciELO e Google Scholar por meio de palavras-chave como: pequenas cidades, mudanças climáticas, Jambeiro, Santa Branca, Igaratá, Vale do Paraíba.

A partir do conhecimento teórico foi feita uma caracterização da área de estudo com base em dados referentes ao meio físico, ambiental, sociodemográfico e político-institucional, pois quando olhados em conjunto é possível se ter uma dimensão maior da área de estudo (ZANIRATO et al., 2022). Para isso foram utilizados dados secundários disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), pelo Mapbiomas, pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE), pelo Sistema Nacional Integrado de Saneamento (SNIS), pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica - IPT como os mapeamentos de risco e de suscetibilidade, e pelas prefeituras e câmaras dos municípios, como Planos Diretores Estratégicos, plano de contingência e leis orgânicas pertinentes.

Finalmente foi feita a seleção e análise desses documentos sob perspectiva de Bardin (2009), um método de análise documental que passa por algumas etapas. Primeiramente, selecionam-se os documentos que serão analisados e se faz uma leitura flutuante do corpo dos documentos; depois, organizam-se os temas que se relacionam ao escopo do projeto, para finalmente realizar a análise das partes relevantes para a pesquisa (BARDIN, 2009).

Os dados levantados permitiram a construção de indicadores ambientais, político/institucionais, sociais e de uso e ocupação do solo. Esses indicadores foram elaborados seguindo o método utilizado por Zanirato et al. (2022) no qual se parte do agrupamento dos

dados e classificação de cada município. Foram estipulados graus de vulnerabilidade considerando a escala de 1-5, onde: muito alta (5), alta (4), média (3), baixa (2) e muito baixa (1). Eles abrangem as dimensões: ambiental, pois as formas de uso e ocupação revelam o nível de antropização, podendo intensificar processos geomorfológicos em áreas habitadas; social, pois são esses dados que nos permitem identificar as iniquidades presentes; saneamento ambiental, pois irá interferir diretamente nas questões hidrológicas da cidade; e institucional, pois são nas normativas que as dimensões anteriores e os riscos derivados delas se respaldam (ZANIRATO et al., 2022).

Para a dimensão social foram utilizados indicadores socioeconômicos disponibilizados pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE), como ocupação (trabalho), renda média e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM). Para o indicador político/institucional foram utilizados a existência ou ausência de leis orgânicas ambientais, plano diretor, plano de saneamento, plano de resíduos e políticas de meio ambiente. Para o indicador de saneamento ambiental foram utilizados os valores percentuais da população sem água, sem esgoto e sem coleta de lixo disponíveis no SNIS (2019). Para a dimensão ambiental foram utilizados dados de uso e ocupação do solo realizado via satélite e disponibilizado pelo MapBiomas (2020).

RESULTADOS: No quadro 1 estão alocados os dados que corroboraram para a formulação do indicador de vulnerabilidade social, onde pode-se observar que Santa Branca é o município que apresenta maior vulnerabilidade social, e Igaratá é o menor, apesar de também apresentar algum grau de vulnerabilidade.

Quadro 1: Indicadores de vulnerabilidade social de Igaratá, Jambeiro e Santa Branca

Município	Pop. Ocupada (%)	Salário Mínimo Médio	Taxa de Escolarização (%)	IDHM	Classificação
Igaratá	19,2	2	99.10%	0.711	3
Jambeiro	39,79	3,3	97.70%	0.756	4
Santa Branca	18,9	2	98.80%	0.735	5

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do SEADE (2019) e IBGE (2021).

O quadro 2 mostra os dados utilizados para a formulação do indicador de vulnerabilidade político/institucional. Jambeiro e Santa Branca apresentam grau 4 de vulnerabilidade, o que indica uma grande necessidade em elaborar intervenções nessa dimensão. Igaratá apresenta grau 2, porém ainda necessita de melhorias, principalmente voltados para a elaboração de um plano de saneamento e de políticas de meio ambiente.

Quadro 2: Indicador de vulnerabilidade político/institucional, de Igaratá, Jambeiro e Santa Branca

Município	Lei Orgânica	Plano Diretor	Plano de Saneamento	Plano de Resíduos	Política de Meio Ambiente	Classificação
Igaratá	Sim	Sim	Não	Sim	Não	2
Jambeiro	Sim	Sim	Não	Não	Não	4
Santa Branca	Sim	Não	Sim	Não	Não	4

Fonte: Elaboração própria (2022).

O quadro 3 trata do indicador de vulnerabilidade ambiental voltado para as populações sem acesso à água, esgoto e sem coleta de resíduos. Dentre os três Jambeiro é o mais vulnerável, sendo seguido por Igaratá e Santa Branca. Isso ocorre devido ao fato de mais da metade da população não ter acesso à coleta de esgoto e não serem atendidos pelo sistema de coleta de resíduos sólidos.

Quadro 3: Indicador de vulnerabilidade ambiental Igaratá, Jambeiro e Santa Branca

Município	Pop. sem Água (%)	Pop. sem Esgoto (%)	Pop. sem Coleta de Lixo (%)	Classificação
Igaratá	44.10%	74.27%	20.68%	3
Jambeiro	27.66%	50.93%	69.16%	4
Santa Branca	35.86%	43.17%	8.27%	2

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do SNIS (2019).

O quadro 4 mostra os dados de uso e ocupação do solo (em % do território do município) e o indicador de vulnerabilidade criado a partir deles. Jambeiro e Santa Branca se mostram como sendo os municípios mais vulneráveis nessa dimensão devido a grande área de silvicultura e de pastagem em ambos os casos. As áreas de pastagens também são significativas apesar de ser considerado um município de vulnerabilidade baixa em relação ao uso e ocupação do solo.

Quadro 4: Indicador de vulnerabilidade de uso e ocupação do solo de Igaratá, Jambeiro e Santa Branca

Município	Silvicultura (%)	Pastagem (%)	Agricultura (%)	Área Urbana (%)	Classificação
Igaratá	8,53%	31,72%	0,60%	0,78%	2
Jambeiro	13,37%	40,40%	1,59%	1,12%	3
Santa Branca	26,72%	37,75%	1,91%	0,86%	3

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do MapBiomas (2021).

Por fim, o quadro 5 mostra uma síntese dos indicadores apresentados anteriormente. Dentre os três municípios, Santa Branca e Jambeiro apresentam graus maiores de vulnerabilidade, considerando as quatro dimensões. Igaratá apresenta graus de médio a baixo,

porém ainda assim existem vulnerabilidades que devem ser consideradas pelos tomadores de decisão. Frente a variabilidade climática tais vulnerabilidades apresentadas tendem a se intensificar caso medidas de adaptação que considerem os aspectos políticos, ambientais e sociais as quatro dimensões não sejam tomadas.

Quadro 5: Resumo dos indicadores de vulnerabilidade social, político/institucional, ambiental e uso e ocupação do solo de Igaratá, Jambeiro e Santa Branca

Município	Social	Político/ Institucional	Ambiental	Uso e Ocupação do solo
Igaratá	3	2	3	2
Jambeiro	4	4	4	3
Santa Branca	5	4	2	3

Fonte: Elaboração própria (2022).

DISCUSSÃO: As alterações no sistema climático já atingiram patamares de irreversibilidade. Medidas de mitigação e, principalmente, de adaptação devem estar presentes nas decisões políticas. Nesta proposição também está incluído o planejamento urbano (OJIMA; MARANDOLA JR, 2010), dado que atualmente mais de 80% da população brasileira vive em cidades (IBGE, 2015).

Porém, os efeitos das mudanças climáticas afetam diferentes classes de forma diferente. As populações mais pobres ficam com a maior parte do ônus ambiental, o que as coloca como sendo as mais vulneráveis às mudanças climáticas. Entre as populações empobrecidas, as mais vulneráveis a esses efeitos são aquelas que ocupam espaços nada ou pouco produzidos e que habitam áreas de riscos (WOLF, 2011). Estes espaços normalmente estão sujeitos a processos ambientais como inundações, alagamentos, movimento gravitacional de massa, que tendem a ser intensificados com as mudanças no clima (IPCC, 2014).

Nesse cenário, as mudanças climáticas colocam em evidência as injustiças socioambientais existentes em detrimenos de diferentes formas de ocupação do território. Eventos extremos causados pelas mudanças climáticas afetam diferentes sociedades de formas distintas (WOLF, 2011), já que a capacidade adaptativa e mitigatória depende diretamente de

ações e políticas locais (IPCC, 2014).

Há grandes esforços do meio acadêmico em se caracterizar tais impactos em megalópoles dada a proporção populacional que atingem (NOBRE; YOUNG, 2011). Porém, as pequenas cidades também apresentam vulnerabilidades diante das mudanças climáticas que não devem ser negligenciadas pelo meio acadêmico e político. Se olhadas de forma isolada pode-se pensar que os impactos são menores quando comparadas a grandes cidades - o que de qualquer maneira não pode ser usado como argumento para não se estudar tais vulnerabilidades, mas isso envolve a perda de vidas. Porém, quando agrupadas, os impactos sobre essas cidades aumentam de proporção, gerando problemas sistêmicos.

Os impactos ambientais também se fazem presentes e recorrentes em pequenas cidades, sendo pouco tratados tanto pela mídia como por pesquisas acadêmicas, diferentes das grandes e médias que envolvem maior número de pessoas atingidas, mas também maior capacidade adaptativa e de redução de vulnerabilidades (ZANIRATO, 2019; ZANIRATO et al., 2022). Isso leva a considerar que as pequenas cidades precisam ser compreendidas em suas especificidades.

Pequenas cidades podem ser identificadas de acordo com três aspectos descritivos: origem - processo histórico regional ao qual estão inseridas; tamanho - número de habitantes, que normalmente não ultrapassa 20.000; e função - a função que o local desempenha, podendo ser classificada entre cinco tipologias diferentes, como por exemplo fonte de mão de obra, cidades dormitório, centro administrativo (CORRÊA, 2011).

De acordo com essa definição Jambeiro, Santa Branca e Igaratá podem ser consideradas pequenas cidades já que elas possuem origem, tamanho e função. Nenhuma delas chega a ter 20.000 habitantes e suas origens são similares, estando relacionadas aos diferentes períodos econômicos do Brasil, surgindo com os caminhos para as Minas Gerais, em seguida se estabelecendo como o café e na sequência com o leite e pecuária, e nas décadas mais recentes com a silvicultura (DEVIDE et al., 2014). Outro ponto comum entre os três municípios é que eles se desmembraram de Taubaté e Jacareí no século XVIII (IBGE, 1957). No que diz respeito a sua função, Igaratá e Santa Branca podem ser caracterizadas como reservatório de mão-de-obra, pois possuem grande parte dos trabalhadores formais na área de serviços e administração pública. Já Jambeiro difere das duas por possuir 26,8% (SEADE, 2019) dos trabalhadores formais na indústria, podendo ser enquadrados, na tipologia ideal de Corrêa (2011), como sendo um centro especializado, neste caso, em produção de metais e equipamentos de uso industrial. Entretanto, é importante destacar que o trabalho informal ainda é maior do que o formal nas três cidades.

Outro fator importante que aproxima essas cidades é o seu apagamento das políticas de desenvolvimento do Vale. Com a Política de Desenvolvimento Urbano e Regional Paulistana dos anos 70, a fim de descentralizar as indústrias da capital do estado, o Vale do Paraíba virou alvo da industrialização, mas somente nas cidades cortadas pela Dutra. As cidades do entorno além de perderem mão de obra para esses novos centros econômicos, muitos desses municípios mantiveram seu caráter produtivo de subsistência (VIEIRA; SANTOS, 2012).

Nesse cenário, somando-se aos dados apresentados anteriormente, os riscos ambientais se tornam propícios para se manifestarem. De acordo com os mapeamentos de áreas de alto e muito alto risco de deslizamentos e inundações dos três municípios realizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT (IPT, 2014; 2021) e pelo Instituto Geológico – IG (IG, 2008), os três municípios apresentam diversos problemas de drenagens, como precariedade, entulhos barrando a passagem da água, ou mesmo inexistentes. Além disso, a expansão urbana se faz de forma desordenada, com casas sendo construídas em áreas suscetíveis à erosão, como as que se encontram coladas a taludes de corte, ou em morros sem que haja a infraestrutura adequada. Além disso, existem moradias muito próximas de córregos, em áreas suscetíveis a inundações. Tais fatores de vulnerabilidade aumentam a probabilidade da ocorrência de desastres no espaço urbano dos três municípios, sobretudo em um cenário de mudanças climáticas no qual se prevê para a região de Taubaté aumento de quase 10% das precipitações entre 2011-2040 e de 3,6°C na temperatura média anual (SILVA; FISH, 2019). Fator que pode aumentar o número de inundações, alagamentos e deslizamentos.

A utilização de indicadores com base em dados locais e que sobreponham dimensões diferentes, favorece a evidenciação de vulnerabilidades socioambientais. Desta forma, pode-se identificar quais áreas são prioritárias para intervenção que atue a favor da diminuição dessas vulnerabilidades (ZANIRATO et al., 2022).

CONCLUSÃO: O objetivo deste trabalho foi apresentar os resultados encontrados dentro do âmbito da Iniciação Científica financiada pela FAPESP. O propósito foi o de levantar dados das pequenas cidades de Igaratá, Jambeiro e Santa Branca relacionados a fatores socioambientais e político/institucional e produzir indicadores de vulnerabilidade das cidades estudadas.

O estudo concluiu que de fato existem pequenas cidades no Vale do Paraíba que precisam ser estudadas no âmbito do desenvolvimento de medidas para a redução das vulnerabilidades. Essas pequenas cidades estão sob ameaça da variabilidade do clima local,

proporcionado pelas mudanças climáticas globais, responsável por intensificar ainda mais as vulnerabilidades

AGRADECIMENTOS: Este trabalho corresponde aos resultados da Iniciação Científica processo nº 2021/02379-3, sendo parte das atividades do projeto temático, em andamento, “Governança ambiental na Macrometrópole Paulista, face à variabilidade climática”, processo nº 15/03804-9, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Referências:

- BARDIN, Laurence. Análise de conteúdo. Lisboa: Edições 70, 2009.
- CORRÊA, Roberto Lobato. As pequenas cidades na confluência do urbano e do rural. Geousp, n. 30, pp 05-12, 2011.
- DEVIDE, Antônio Carlos Pries; CASTRO, Cristina Maria de; RIBEIRO, Raul de Lucena Duarte; ABBOUD, Antônio Carlos de Souza; PEREIRA, Marcos Gervásio; RUMJANEK, Norma Gouvêa. História ambiental do Vale do Paraíba, Brasil. Revista Biociências, Taubaté, v. 20, n. 1, p. 12-29, 2014.
- EMPLASA - Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano. Plano de Ação da Macrometrópole Paulista 2013-2040 - Volume 4: Carteira de Projetos do PAM (1a ed.). São Paulo: Secretaria da Casa Civil, 2014.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Enciclopédia dos municípios brasileiros, 1957.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. População urbana e rural, 2015.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades@, 2021. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 21 fev. 2022.
- IG - INSTITUTO GEOLÓGICO. Mapeamento de áreas de risco associado a escorregamento – Município de Jambeiro-SP. SMA. 2008.
- IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC, 2014.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco de deslizamentos e inundações do município de Igaratá (SP) – Município de Igaratá-SP. CIMA/SIRGA/SPRSF. 2014.

- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco de deslizamentos e inundações do município de Santa Branca (SP) – Município de Santa Branca-SP. CIMA/SIRGA/SPRSF. 2021.
- MAPBIOMAS. Coleção 6 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: <mapbiomas.org>. Acesso em: 01 out. 2021
- NOBRE, Carlos A. Mudanças climáticas e o Brasil–Contextualização. Parcerias estratégicas, v. 13, n. 27, p. 07-18, 2010.
- NOBRE, C. A.; YOUNG, A. F. Vulnerabilidade das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: região metropolitana de São Paulo Relatório Final. Campinas: Nepo/Unicamp, 2011.
- OJIMA, Ricardo; MARANDOLA JR, Eduardo. Indicadores e políticas públicas de adaptação às mudanças climáticas: vulnerabilidade, população e urbanização. *Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)*, n. 18, p. 16-24, 2010.
- SEADE - FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. Perfil dos Municípios Paulistas. 2019. Disponível em: <<http://perfil.seade.gov.br/>>. Acesso em: 19 ago. 2021.
- SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos serviços de água e esgoto, 2019..
- VIEIRA, E. T.; SANTOS, M. J. Industrialização e desenvolvimento regional: política do CODIVAP no Vale do Paraíba na década de 1970. DRd - Desenvolvimento Regional em debate, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 161–181, 2012.
- WOLF, Johanna. Climate Change Adaptation as a Social Process. In: Ford J., Berrang-Ford L. (eds) Climate Change Adaptation in Developed Nations. Advances in Global Change Research, vol 42. Springer, Dordrecht. 2011.
- ZANIRATO, SÍLVIA H. Desafios para a adoção de medidas adaptativas em municípios de pequeno porte: experiências no Vale Histórico Paulista. In: Torres, Pedro; Jacobi, Pedro R.; Barbi, Fabiana; Gonçalves, Leandra R.. (Org.). Governança e planejamento ambiental: adaptação e políticas públicas na Macrometrópole Paulista. 1ed.Rio de Janeiro: Letra Capital, 2019, v. 1, p. 138-151.
- ZANIRATO, Sílvia H; PEREIRA, G. D; CAVACO, I; SOUZA, P. M. de; REZENDE, A; AMARAL, F. Vulnerabilidade socioambiental e capacidade adaptativa de pequenas cidades da MMP em face à emergência climática. FAPESP/Macroamb, 2022 .

VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NA METRÓPOLE DE SÃO PAULO NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UMA ANÁLISE POR MEIO DA INTEGRAÇÃO DE INDICADORES SOCIAIS E AMBIENTAIS

Humberto Alves¹

1 - Humberto Prates da Fonseca Alves, EFLCH-Unifesp, humberto.alves@unifesp.br

RESUMO: No presente trabalho, o conceito de vulnerabilidade socioambiental é operacionalizado empiricamente, por meio de um índice que integra indicadores sociodemográficos do Censo Demográfico 2010 com cartografias que representam áreas de suscetibilidade a inundações e deslizamentos, com objetivo de fazer uma análise de situações de vulnerabilidade socioambiental em escala intraurbana, no conjunto de 39 municípios que formam a Região Metropolitana de São Paulo. Os resultados mostram que determinadas áreas, espalhadas pelo território da metrópole e onde vivem 1,4 milhões de pessoas, possuem alta vulnerabilidade socioambiental e apresentam condições socioeconômicas significativamente piores do que aquelas áreas com baixa e mesmo moderada vulnerabilidade, com destaque para as diferenças na cobertura de esgoto, no entorno dos domicílios e na população residente em aglomerados subnormais (favelas).

Palavras-chave: Vulnerabilidade socioambiental; Indicadores sociais e ambientais; Mudanças climáticas; Região Metropolitana de São Paulo.

ABSTRACT: In this work, the concept of socio-environmental vulnerability is empirically operationalized, through an index that integrates sociodemographic indicators from the 2010 Demographic Census with cartographies that represent areas of susceptibility to floods and landslides, with the objective of analyzing situations of socio-environmental vulnerability on intra-urban scale, in the group of 39 municipalities that form the Metropolitan Region of São Paulo. The results show that certain areas, spread throughout the territory of the metropolis and where 1.4 million people live, have high socio-environmental vulnerability and have significantly worse socioeconomic conditions than those areas with low and even moderate vulnerability, especially regarding the differences in sewage coverage, in the surroundings of households and in the population living in subnormal clusters (slums).

Keywords: Socio-environmental vulnerability; Social and environmental indicators; Climate change; Metropolitan region of Sao Paulo.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21961313

Introdução: O presente trabalho desenvolve uma operacionalização empírica do conceito de *vulnerabilidade socioambiental*, por meio de um indicador sintético (ou *índice*), tendo o setor censitário do Censo Demográfico de 2010 do IBGE como unidade de análise, com objetivo de fazer a identificação e análise espacial de situações de vulnerabilidade socioambiental em escala intraurbana no conjunto de 39 municípios que formam a Região Metropolitana de São Paulo (**Figura 1**).

Na metodologia do trabalho, são operacionalizadas duas acepções do conceito de vulnerabilidade. De um lado, a vulnerabilidade social *da população*. De outro lado, a vulnerabilidade físico-ambiental, que se refere à fragilidade ou suscetibilidade *do território* a processos do meio físico que podem gerar desastres naturais, tais como deslizamentos e inundações. Nos locais onde ocorre a sobreposição espacial de situações de vulnerabilidade social e de situações/áreas de vulnerabilidade físico-ambiental, configura-se uma *situação de vulnerabilidade socioambiental*.

Deste modo, os resultados do trabalho possibilitam a construção de uma análise das situações de vulnerabilidade socioambiental na Metrópole de São Paulo em escala intraurbana, podendo oferecer subsídios para o planejamento de políticas públicas de enfrentamento de situações de vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas, nos próximos anos e décadas. Além disso, procura-se contribuir com o desenvolvimento de indicadores e metodologias de integração de dados sociodemográficos e ambientais, por meio do uso de métodos de geoprocessamento e análise espacial de cartografias digitais, para análise de situações de vulnerabilidade socioambiental, em áreas urbanas e metropolitanas do Brasil.

Figura 1. Municípios que compõem a Região Metropolitana de São Paulo



Fontes: IBGE, Malha digital de municípios do Estado de São Paulo, 2010.

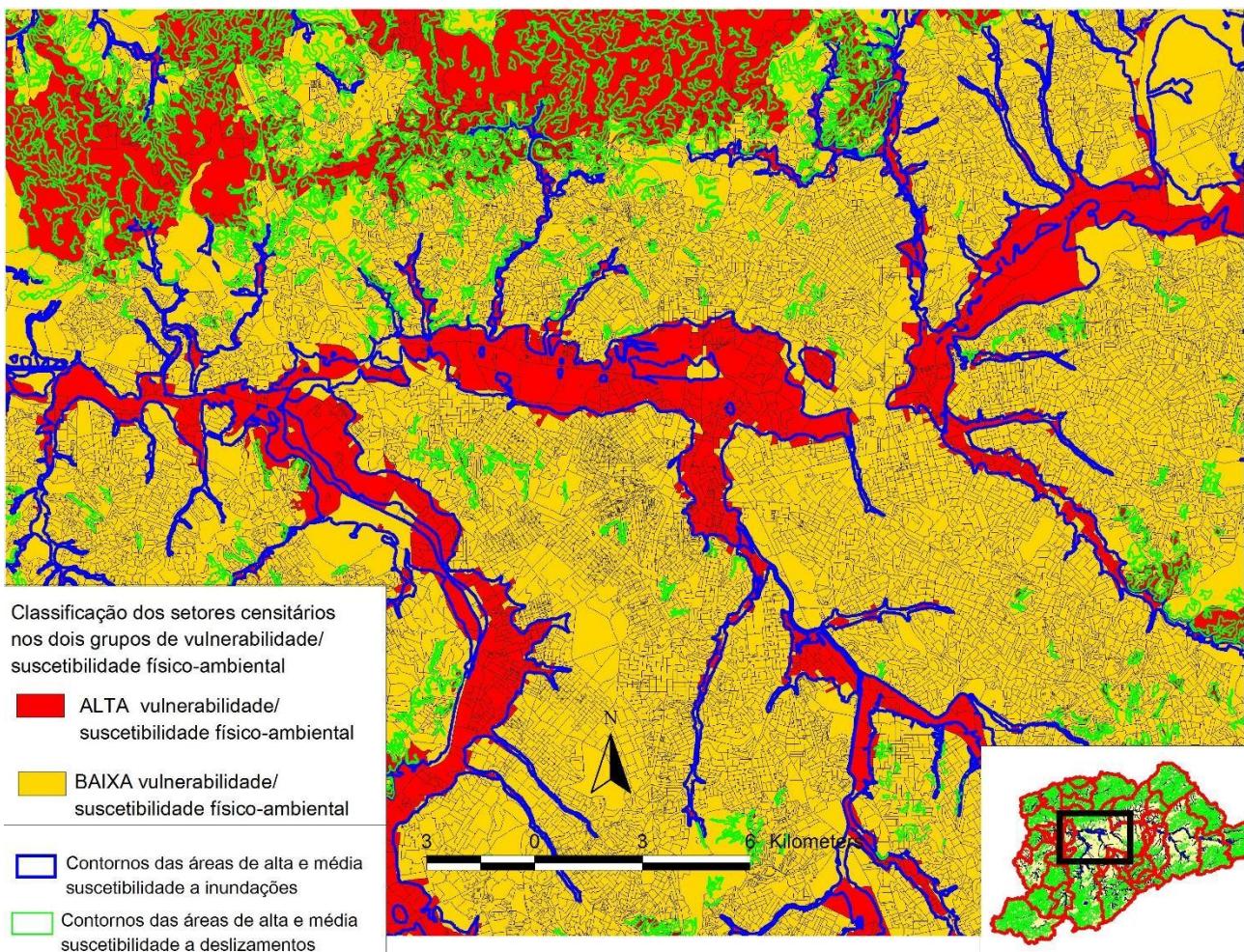
Metodologia: Duas acepções do conceito de vulnerabilidade são operacionalizadas na metodologia do presente trabalho. Por um lado, a vulnerabilidade social *da população*, grupos sociais, famílias, domicílios, ainda que esta seja mensurada por meio da agregação por áreas (setores censitários) dos dados do Censo Demográfico 2010 e do IPVS. Por outro lado, a vulnerabilidade físico-ambiental, que se refere à fragilidade ou suscetibilidade *do território* a processos do meio físico que podem gerar desastres naturais, tais como deslizamentos e inundações.

Nos locais onde ocorre a sobreposição espacial de situações (áreas, setores) de vulnerabilidade social e de situações/áreas de vulnerabilidade físico-ambiental (suscetibilidade a deslizamentos e inundações), configura-se uma *situação de vulnerabilidade socioambiental*. Esta sobreposição é identificada e mensurada por meio da superposição espacial de dois tipos de cartografia digital: 1) cartas geotécnicas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações do Serviço Geológico do Brasil, e 2) malhas digitais dos setores censitários do Censo 2010 do IBGE; sendo que ambas as cartografias abrangem os 39 municípios da Região Metropolitana de São Paulo.

São descritos, a seguir, os principais procedimentos metodológicos, utilizados para fazer a operacionalização do conceito de vulnerabilidade socioambiental. Primeiramente, foram baixadas as Cartas Geotécnicas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações, a partir do site do Serviço Geológico do Brasil, para os 39 municípios da Região Metropolitana de São Paulo. Foram então selecionadas apenas as áreas de alta e média suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa (deslizamentos) e a inundações para cada um desses 39 municípios. (CPRM; IPT, 2014).

Para construir o indicador de vulnerabilidade (suscetibilidade) físico-ambiental, fez-se a sobreposição espacial das cartografias digitais dessas áreas selecionadas de alta e média suscetibilidade à malha digital dos setores censitários do Censo 2010 do IBGE dos referidos 39 municípios, por meio de um Sistema de Informação Geográfica. Calculou-se então o tamanho e o percentual da área de cada setor censitário sobreposta a essas áreas de suscetibilidade ambiental, resultando numa variável quantitativa contínua que mede a porcentagem do território do setor censitário constituído por áreas de alta e média suscetibilidade a deslizamentos e/ou inundações. Por fim, esta variável contínua foi convertida em uma variável categórica ordinal formada por duas categorias (dois grupos), utilizando-se o seguinte critério: 1) setores com *mais* de 50% do seu território composto de áreas de alta e média suscetibilidade a deslizamentos e/ou inundações foram classificados como de *alta* vulnerabilidade físico-ambiental; e 2) setores com *menos* de 50% do seu território composto de áreas de alta e média suscetibilidade a deslizamentos e/ou inundações foram classificados como de *baixa* vulnerabilidade físico-ambiental (ver **Figura 2**).

Figura 2. Sobreposição espacial das cartografias das áreas de alta e média suscetibilidade a deslizamentos e a inundações à malha digital dos setores censitários do Censo 2010 do IBGE dos 39 municípios da Região Metropolitana de São Paulo (trechos dos municípios de São Paulo, Guarulhos e Osasco, 2010)



Fontes: Serviço Geológico do Brasil, Cartas Geotécnicas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações. IBGE, Malha digital dos setores censitários do Censo Demográfico 2010.

Já para operacionalizar a dimensão ‘*vulnerabilidade social*’, utilizou-se o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS), produzido pela Fundação SEADE a partir dos resultados do Universo do Censo Demográfico de 2010 do IBGE. Para a metodologia do presente trabalho, decidiu-se reorganizar e agregar os sete grupos do IPVS em *dois grandes grupos*, denominados de alta e baixa vulnerabilidade social, reunindo aqueles com patamar semelhante de vulnerabilidade na dimensão socioeconômica. Assim, foram reclassificados para **baixa vulnerabilidade social** os grupos 1, 2 e 3 do IPVS, que possuem dimensão socioeconômica muito alta ou média. E reclassificados para **alta vulnerabilidade social** os grupos 4, 5, 6 e 7 do IPVS, que possuem dimensão socioeconômica baixa (SEADE, 2013).

Finalmente, fazendo uma combinação entre as duas dimensões da vulnerabilidade socioambiental – vulnerabilidade social e vulnerabilidade/susceptibilidade ambiental –, foi gerado o ‘índice de vulnerabilidade socioambiental’ (IVSA), que consiste em uma variável categórica ordinal com quatro categorias/grupos, descritos no **Quadro 1**.

Quadro 1. Construção do índice de vulnerabilidade socioambiental, por meio da combinação das dimensões suscetibilidade ambiental e vulnerabilidade social

Dimensões		Índice de Vulnerabilidade Socioambiental
Vulnerabilidade/Suscetibilidade físico-ambiental	Vulnerabilidade social	
BAIXA vulnerabilidade / suscetibilidade físico-ambiental	BAIXA vulnerabilidade social	BAIXA (Grupo 1)
ALTA vulnerabilidade / suscetibilidade físico-ambiental	BAIXA vulnerabilidade social	MODERADA com alta suscetibilidade ambiental (Grupo 2)
BAIXA vulnerabilidade / suscetibilidade físico-ambiental	ALTA vulnerabilidade social	MODERADA com alta vulnerabilidade social (Grupo 3)
ALTA vulnerabilidade / suscetibilidade físico-ambiental	ALTA vulnerabilidade social	ALTA (Grupo 4)

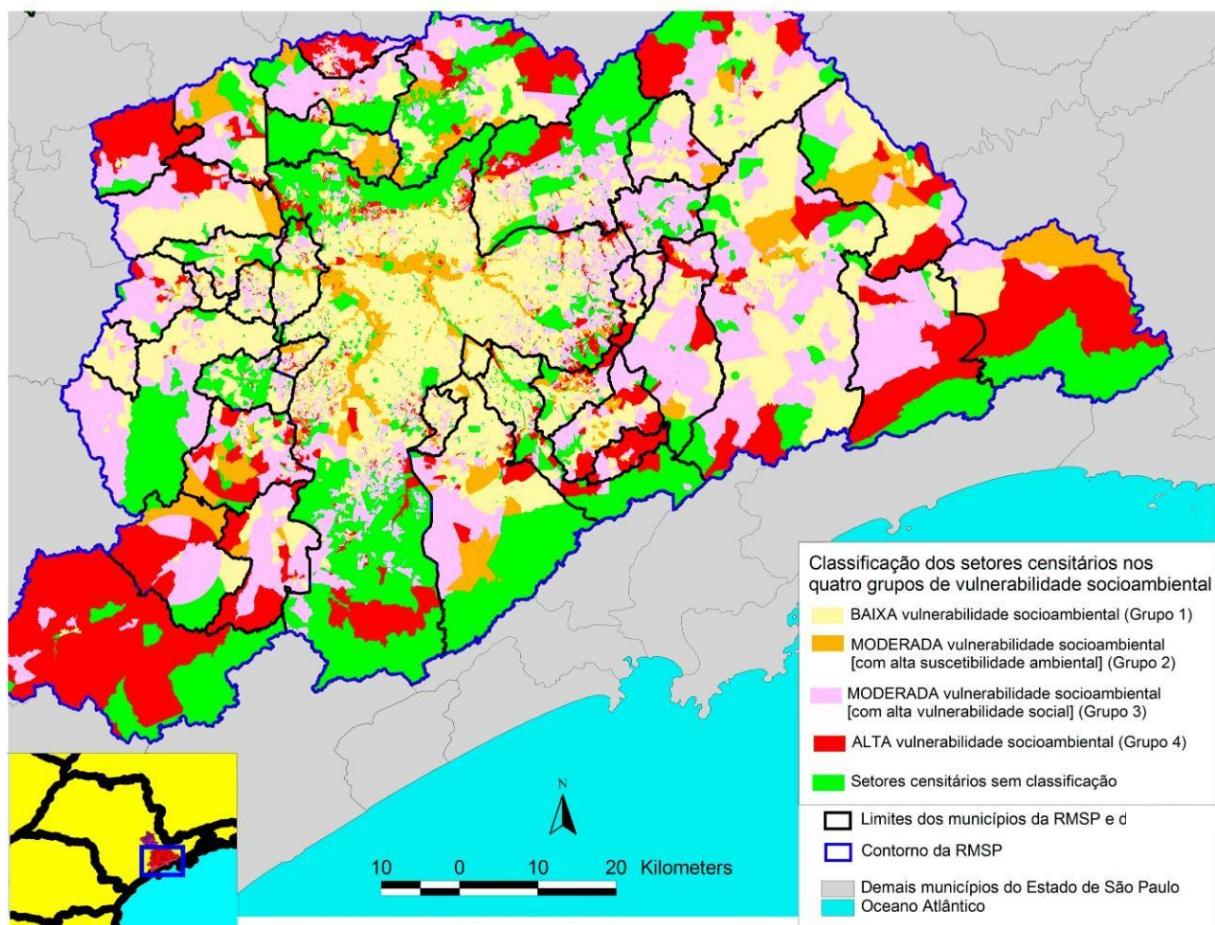
Fontes: SEADE, Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS 2010). Serviço Geológico do Brasil, Cartas Geotécnicas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações. IBGE, Malha digital dos setores censitários do Censo Demográfico 2010.

Resultados e discussão: A seguir, são apresentados os resultados da operacionalização empírica do conceito de vulnerabilidade socioambiental, por meio da análise do *índice de vulnerabilidade socioambiental*. Para isso, é feita a seguir uma análise comparativa entre os quatro grupos de vulnerabilidade socioambiental (representados na **Figura 3**), em relação a indicadores socioeconômicos e demográficos, selecionados dos resultados do Universo do Censo Demográfico 2010 do IBGE e apresentados na **Tabela 1**.

Como se pode ver na Tabela 1, a população de 19,7 milhões de habitantes do conjunto de 39 municípios da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) no ano de 2010, distribui-se da seguinte maneira entre os quatro grupos de vulnerabilidade socioambiental. Nas áreas (setores censitários) com **baixa** vulnerabilidade socioambiental (**Grupo 1**) residem 11,4 milhões de pessoas, que correspondem a 57,8% da população da RMSP no ano 2010. Já nas áreas de **moderada** vulnerabilidade socioambiental [com alta suscetibilidade ambiental] (**Grupo 2**) vivem 1,1 milhões de pessoas (5,7% da população da metrópole). Nas áreas de **moderada** vulnerabilidade socioambiental [com alta vulnerabilidade social] (**Grupo 3**) residem 5,7 milhões de pessoas (28,8% da população da metrópole). Por fim, nas áreas de **alta** vulnerabilidade socioambiental (**Grupo 4**) vivem 1,4 milhões de pessoas, que correspondem a

quase 7% da população do conjunto de 39 municípios da Região Metropolitana de São Paulo (**Tabela 1**).

Figura 3. Classificação dos setores censitários dos 39 municípios da Região Metropolitana de São Paulo nos quatro grupos de vulnerabilidade socioambiental (2010)



Fontes: SEADE, Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS 2010). Serviço Geológico do Brasil, Cartas Geotécnicas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações. IBGE, Malha digital dos setores censitários do Censo Demográfico 2010.

Ao se compararem os níveis de cobertura de saneamento básico dos quatro grupos de vulnerabilidade socioambiental, pode-se constatar que com relação à cobertura de esgoto, observam-se diferenças consideráveis entre os quatro grupos. Enquanto nas áreas de baixa vulnerabilidade socioambiental (Grupo 1), 94,3% dos domicílios estão ligados à rede geral de esgoto, nas áreas de alta vulnerabilidade socioambiental (Grupo 4) esta porcentagem é de apenas 68,7%, revelando uma expressiva carência de cobertura da rede de esgoto para quase um terço dos domicílios deste grupo (**Tabela 1**).

Tabela 1. Indicadores socioeconômicos e demográficos por grupo de vulnerabilidade socioambiental.
Conjunto de 39 municípios da Região Metropolitana de São Paulo, 2010

Indicadores socioeconômicos e demográficos	Vulnerabilidade Socioambiental			
	ALTA (Grupo 4)	MODERADA com alta vulnerabilidade social (Grupo 3)	MODERADA com alta suscetibilidade ambiental (Grupo 2)	BAIXA (Grupo 1)
População residente	1.367.801	5.668.167	1.112.875	11.367.454
Número de domicílios	384.480	1.609.971	357.790	3.738.068
Distribuição da população residente (%)	6,95	28,80	5,65	57,75
Distribuição do total de domicílios (%)	6,24	26,14	5,81	60,69
Domicílios com coleta de lixo (%)	98,31	99,20	99,77	99,90
Domicílios com rede geral de água (%)	93,74	95,91	98,32	99,12
Domicílios c/ rede geral de esgoto (%)	68,74	75,37	91,52	94,32
Domicílios sem identificação do logradouro (%)	29,15	21,24	8,31	7,26
Domicílios sem iluminação pública (%)	9,85	5,25	2,08	0,96
Domicílios em rua s/ pavimentação (%)	13,72	8,50	2,54	0,98
Domicílios em rua sem calçamento (%)	32,69	19,90	7,57	3,74
Domicílios em rua sem arborização (%)	45,92	36,69	22,50	18,98
Domicílios c/ esgoto a céu aberto (%)	11,27	7,08	3,07	2,04
Domicílios c/ lixo nos logradouros (%)	9,38	6,25	5,33	2,72
Pessoas de cor branca (%)	42,32	45,45	61,77	67,35
Pessoas de cor preta ou parda (%)	56,20	53,00	36,22	29,94
Pessoas até 4 anos de idade (%)	8,46	7,95	6,47	5,80
Pessoas até 10 anos de idade (%)	20,05	18,79	14,80	13,27
Pessoas até 17 anos de idade (%)	34,73	32,69	25,24	22,91
Domicílios com renda per capita de até ¼ salário mínimo (%)	8,05	6,99	2,07	1,52
Domicílios com renda per capita de até ½ salário mínimo (%)	30,09	27,13	11,20	8,55
Renda média domiciliar (reais)	1.353	1.479	3.556	3.867
Renda média domiciliar (sal. min.)	2,65	2,90	6,97	7,58
Renda média dom. per capita (reais)	380	419	1.138	1.267
Renda média dom. per capita (sal. min.)	0,74	0,82	2,23	2,48
População em aglomerados subnormais	533.790	1.341.195	73.713	183.000
População em aglomerados subnormais (%)	39,03	23,66	6,62	1,61

Fontes: IBGE, Resultados do Universo do Censo 2010 e Malha digital dos setores censitários do Censo Demográfico 2010. SEADE, Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS 2010). Serviço Geológico do Brasil, Cartas Geotécnicas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações.

Analizando-se as características de entorno dos domicílios, também se observam importantes diferenças entre os quatro grupos, particularmente do Grupo 4 em relação aos demais. Como mostra a Tabela 1, nas sete variáveis referentes ao entorno dos domicílios

(ausência de identificação do logradouro, falta de iluminação pública, ruas sem pavimentação, ruas sem calçamento, ruas sem arborização, esgoto a céu aberto e lixo nos logradouros), o Grupo 4 apresenta percentuais significativamente piores do que os outros grupos, com destaque para ruas sem arborização (45,9% dos domicílios), ausência de identificação do logradouro (29,2% dos domicílios), ruas sem calçamento (32,7% dos domicílios), ruas sem pavimentação (13,7% dos domicílios) e esgoto a céu aberto (11,3% dos domicílios) (**Tabela 1**).

O percentual de pessoas residentes em *aglomerados subnormais* (áreas com características de favela segundo classificação do IBGE) é uma variável que expressa a associação entre vulnerabilidade social e falta de infraestrutura urbana, e que também pode revelar situações de suscetibilidade ambiental (TASCHNER, 2000; ALVES, 2013). Nas áreas classificadas como de alta vulnerabilidade socioambiental (Grupo 4), nada menos do que 39% da população vive em aglomerados subnormais, ou seja, em áreas classificadas como favelas. Já nas áreas que também possuem alta vulnerabilidade social, mas que não são suscetíveis a deslizamentos e inundações (classificadas no Grupo 3), a porcentagem de população residente em aglomerados subnormais é bem mais baixa (23,7%). Nas áreas que possuem baixa vulnerabilidade social (grupos 1 e 2), observam-se baixíssimas proporções de população residente em aglomerados subnormais, com meros 1,6% no Grupo 1 e 6,6% no Grupo 2 (**Tabela 1**).

Fazendo uma síntese dos resultados, pode-se constatar que, além de apresentarem maiores concentrações de crianças e jovens, as áreas (setores censitários) com alta vulnerabilidade socioambiental possuem características socioeconômicas significativamente piores do que aquelas com baixa vulnerabilidade socioambiental, e mesmo em relação às situações intermediárias de moderada vulnerabilidade socioambiental (grupos 2 e 3). Entre as variáveis que mais diferenciam as áreas de alta vulnerabilidade socioambiental em relação aos outros três grupos, destacam-se a cobertura de esgoto, as características de entorno dos domicílios e principalmente a população residente em aglomerados subnormais.

Portanto, os resultados revelam que em alguns territórios espalhados pela Metrópole Paulistana a suscetibilidade ambiental possui uma forte associação e sobreposição espacial com a vulnerabilidade social, gerando situações de alta vulnerabilidade socioambiental. Um dos principais fatores que explicam isso é a grande concentração de aglomerados subnormais (favelas) nessas áreas de alta vulnerabilidade socioambiental, que muitas vezes correspondem a áreas não edificantes, consideradas inadequadas pelas legislações urbanística e ambiental para ocupação urbana, seja porque oferecem risco ambiental, seja porque são áreas de preservação

permanente. Assim, diversas vezes são áreas (públicas ou privadas) invadidas por assentamentos precários, que se configuram como áreas de favela. Além disso, essas áreas de alta vulnerabilidade socioambiental muitas vezes são as localidades mais acessíveis à população de mais baixa renda, pois são áreas muito desvalorizadas no mercado de terras por serem pouco propícias à ocupação, devido à falta de infraestrutura urbana e às características de suscetibilidade a deslizamentos e inundações (ALVES, 2013).

Considerações finais: No presente trabalho, o conceito de vulnerabilidade socioambiental foi operacionalizado empiricamente, por meio da construção de um índice que faz a integração de indicadores sociodemográficos do Censo 2010 do IBGE com cartografias que representam áreas de suscetibilidade a inundações e deslizamentos, com objetivo de fazer uma análise de situações de vulnerabilidade socioambiental em escala intraurbana no conjunto de 39 municípios que formam a Região Metropolitana de São Paulo.

Conforme mostraram os resultados do trabalho, as áreas de *alta* vulnerabilidade socioambiental possuem condições socioeconômicas significativamente piores do que aquelas com *baixa* vulnerabilidade socioambiental, e mesmo em relação às duas situações intermediárias de *moderada* vulnerabilidade, com destaque para as diferenças em relação à cobertura de esgoto, às características de entorno dos domicílios e à população residente em aglomerados subnormais (favelas).

Além disso, os resultados mostraram que 1,4 milhões de pessoas vivem nessas áreas classificadas como de alta vulnerabilidade socioambiental (com suscetibilidade a inundações e deslizamentos), o que são números expressivos e preocupantes, em vista dos cenários de aumento da intensidade e frequência de eventos climáticos extremos, nos próximos anos e décadas, no contexto das mudanças climáticas (NOBRE; YOUNG, 2011). Nesse sentido, o trabalho pretende contribuir com o desenvolvimento de indicadores e metodologias para identificação e caracterização das áreas de maior suscetibilidade a desastres naturais e dos grupos populacionais mais vulneráveis, trazendo subsídios para políticas de prevenção de desastres ambientais e de adaptação às mudanças climáticas, nos municípios da Região Metropolitana de São Paulo.

Referências:

ALVES, H. P. F. Análise da vulnerabilidade socioambiental em Cubatão – SP por meio da integração de dados sociodemográficos e ambientais em escala intraurbana. Revista Brasileira de Estudos de População, v. 30, n. 2, p. 349-366, jul./dez. 2013.

CPRM; IPT. Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: nota técnica explicativa (livro eletrônico). Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil; São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em <<http://censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 08 de julho de 2022.

NOBRE, C. A.; YOUNG, A. F.; (Eds.). Vulnerabilidades das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. Relatório Final. CCST/INPE, NEPO/UNICAMP, FM/USP, IPT, 2011.

SEADE. Metodologia do IPVS. São Paulo, 2013. Disponível em <<http://ipvs.seade.gov.br/view/pdf/ipvs/metodologia.pdf>>. Acesso em: 08 de julho de 2022.

TASCHNER, S. P. Degradação ambiental em favelas de São Paulo. In: TORRES, H.; COSTA, H. (Orgs.). População e meio ambiente: debates e desafios. São Paulo: Editora Senac, 2000, p. 271-297.

IMPACTO DO BLOQUEIO PARCIAL CAUSADO PELA COVID-19 NOS NÍVEIS DE POLUIÇÃO NO ESTADO DE SÃO PAULO

Eduardo José Menegotto¹; Bruna Cristine da Silva Fernandes²; Mariana Consiglio Kasemodel³; Dirceu Luis Herdies⁴; Débora Souza Alvim⁵

1 – Eduardo José Menegotto. Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo. eduardo.menegotto@usp.br

2 – Bruna Cristine da Silva Fernandes. Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo. bruna.cristine.fernandes@usp.br

3 – Mariana Consiglio Kasemodel. Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo. mariana.kasemodel@usp.br

4 – Dirceu Luis Herdies. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

dirceu.herdies@inpe.br

5 – Débora Souza Alvim. Escola de Engenharia de Lorena ,Universidade de São Paulo e Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais . debora.alvim@eel.usp.br

RESUMO: A poluição atmosférica é um dos fatores que mais afetam a qualidade de vida da população, causando prejuízos à saúde humana e ao meio ambiente. A qualidade do ar das Regiões Metropolitanas do Estado de São Paulo é comprometida pelas emissões de material particulado (MP), monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis (COVs) e óxidos de nitrogênio (NOx) em grandes quantidades na atmosfera, sendo os três últimos gases responsáveis pela formação de ozônio (O_3) na troposfera. O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade do ar nas Regiões Metropolitanas de São Paulo (RMSP), Campinas (RMC), Vale do Paraíba (RMVP) e Baixada Santista (RMBS) , durante o bloqueio parcial na pandemia da COVID-19, com vista ao monitoramento do NO_2 , CO, SO_2 e BC. Os dados da análise da qualidade do ar nos períodos de abril e maio de 2017 até 2020 foram coletados da seguinte forma: os de NO_2 do sensor Ozone Monitoring Instrument (OMI) e CO, SO_2 e BC do MERRA-2. Ocorreu diminuição de 35% até mais de 70% da concentração de NO_2 na RMSP, 22% na RMC e 6% na RMBS. Nas concentrações de CO e BC provenientes do MERRA-2 observa-se uma diminuição maior em torno de 10% durante o período do bloqueio parcial devido o COVID-19 sobre quase todo estado de São Paulo e concentração de SO_2 é de 5% a 10% menor nas regiões estudadas.

Palavras-Chave: Poluição Atmosférica; Sudeste; Brasil; São Paulo; Pandemia COVID-19

ABSTRACT: Air pollution is one of the factors that most affects the quality of life of the population, causing damage to human health and the environment. The quality of the air in the Metropolitan Regions of São Paulo State is compromised by emissions of particulate matter (PM), carbon monoxide (CO), volatile organic compounds (VOCs) and nitrogen oxides (NOx) in large quantities into the atmosphere, the last three gases being responsible for the formation of ozone (O_3) in the troposphere. The objective of this study was to evaluate the air quality in the Metropolitan Regions of São Paulo (RMSP), Campinas (RMC), Vale do Paraíba (RMVP) and Baixada Santista (RMBS) , during the partial blockade in the COVID-19 pandemic, with a

view to monitoring NO₂, CO, SO₂ and BC. The air quality analysis data for the periods April and May 2017 through 2020 were collected as follows: those of NO₂ from the Ozone Monitoring Instrument (OMI) sensor and CO, SO₂ and BC from MERRA-2. A decrease from 35% to over 70% of NO₂ concentration occurred in RMSP, 22% in RMC and 6% in RMBS. In the CO and BC concentrations from MERRA-2 a greater decrease is observed around 10% during the period of partial blocking due to COVID-19 over almost the entire state of São Paulo and SO₂ concentration is 5% to 10% lower in the regions studied.

Keywords: Air Pollution; Southeast; Brazil; São Paulo; COVID-19 Pandemic.

DOI: 10.6084/m9.figshare.21961319

Introdução: Em 11 de março de 2020, a COVID-19 – doença causada pelo Coronavírus SARS-CoV-2 – foi caracterizada como pandemia pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (WHO, 2020). O primeiro caso de COVID-19 foi relatado à OMS em dezembro de 2019, ocorrendo na cidade de Wuhan, na província de Hubei, China. No Brasil, o primeiro caso foi confirmado em 26 de fevereiro de 2020, em São Paulo - SP.

A COVID-19 foi declarada como uma emergência de saúde pública no Brasil em 3 de fevereiro de 2020 (CRODA et al., 2020) sendo São Paulo e Rio de Janeiro os primeiros estados a intensificarem as restrições de atividades para estimular o isolamento social e a restrição de circulação de pessoas. Em 24 de março de 2020, foi ordenado o bloqueio parcial pelo governo do estado de São Paulo, com o fechamento de atividades não essenciais como shoppings, restaurantes, academias, escolas de ensino fundamental, médio e universidades. Drogarias e supermercados começaram a funcionar com restrições quanto ao distanciamento entre pessoas, e o transporte público passou a funcionar com jornada reduzida, além da adoção de trabalho no formato home office, quando possível.

Com a adoção do bloqueio parcial, o número de automóveis circulando nas grandes cidades caiu consideravelmente, devido às restrições de circulação de pessoas adotadas para conter o avanço da COVID-19. Com as indústrias também operando em escala reduzida de produção e, consequentemente, menores emissões de NOx, CO, COV e CO₂ na atmosfera, ocorrendo grande potencial de diminuição da poluição do ar. (VENTER, ZANDER S. ET AL., 2020; HE, GUOJUN; PAN, YUHANG; TANAKA, TAKANAO, 2020)

Os processos industriais e de geração de energia, os veículos automotores e as queimadas são destaque entre as atividades antrópicas como os maiores causadores da introdução de poluentes na atmosfera. Gases residuais reativos químicos decorrentes dessas atividades modificaram substancialmente a composição da troposfera, causando aumento do ozônio troposférico (O₃) e de seus precursores como os óxidos de nitrogênio (NOx), monóxido de carbono (CO) e compostos orgânicos voláteis (COVs) (ALVIM ET AL., 2016; ALVIM ET AL., 2018).

A medição e o controle da qualidade do ar são de suma importância, pois a poluição atmosférica é nociva ao ecossistema podendo acarretar em desastres naturais e problemas respiratórios para o ser humano. De acordo com a OMS (Organização Mundial da Saúde), 92% da população mundial vive em locais onde os níveis de qualidade do ar ultrapassam os limites estabelecidos pela organização. Diversos estudos apontam uma correlação entre a poluição atmosférica e as taxas de mortalidade e morbidade. (MARCILIO, Izabel; GOUVEIA, Nelson., 2007; ZEGER, Scott L. Et al., 2008)

O setor de transportes é uma importante fonte de emissão de poluentes do ar e gases de efeito estufa. A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) tem uma frota com cerca de 8 milhões de veículos, a Região Metropolitana de Campinas (RMC) tem 1.200.000, a Baixada Santista (RMBS) possui cerca de 1 milhão de veículos e a Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVP) possui aproximadamente 1.400.000 veículos, sendo 400 mil pertencentes à sua cidade-sede, São José dos Campos, regiões que serão avaliadas neste estudo quanto a qualidade do ar na época do bloqueio parcial causada pela pandemia de COVID-19.

Este estudo tem como objetivo avaliar os impactos na qualidade do ar nas Regiões Metropolitanas do Estados de São Paulo (RMESP), durante o bloqueio parcial implementado para garantir o distanciamento social necessário devido à pandemia de COVID-19, com vista do monitoramento do NO₂ através sensor Ozone Monitoring Instrument (OMI) e CO, SO₂ e BC do MERRA-2.

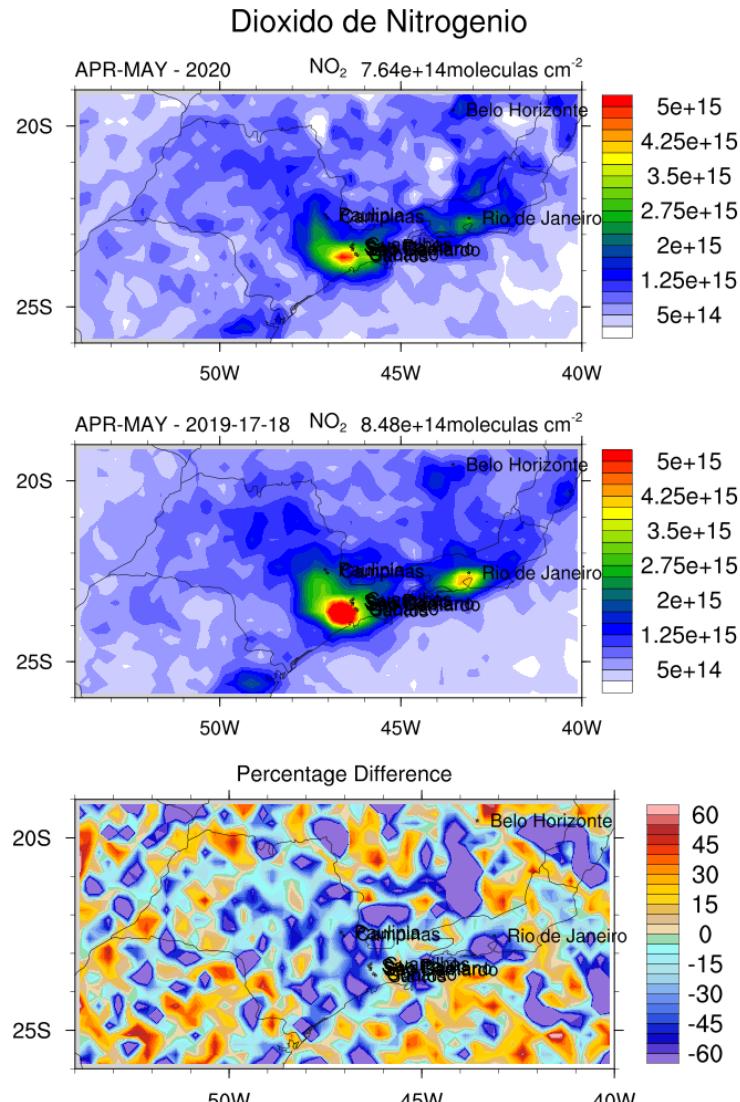
Material e Métodos: Para a realização desta pesquisa foram utilizados dados de concentração de NO₂ do sensor OMI a bordo do satélite AURA e dados de CO, SO₂ e BC proveniente do MERRA versão 2 (MERRA-2). As reanálises atmosféricas do MERRA-2 produzem registros de longo prazo de alta resolução espacial e temporal global de campos meteorológicos e composição da atmosfera da Terra, utilizando a metodologia de assimilação de dados, em que observações de satélite e terrestres são combinadas com o modelo de circulação geral (GCM).

Nesta pesquisa as concentrações de poluentes atmosféricos próximos da superfície de NO₂ provenientes do sensor OMI e os dados de CO, SO₂ e BC provenientes do MERRA-2 são referentes a médias mensais na área da região do estado de São Paulo, médias mensais para o período de abril e maio de 2020 período da pandemia do COVID-19 foram comparadas com o mesmo período referente aos anos de 2017 até 2019 (sem pandemia), os downloads dos dados tanto do OMI e também do MERRA-2 foram feitos no <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>, o software utilizado para produzir as figuras de concentração dos poluentes foi o NCL do NCAR.

Resultados e discussão: Na Figura 1 é mostrada a concentração próxima a superfície de NO₂ do sensor OMI do satélite AURA, é possível observar melhorias significativas na qualidade do ar da área urbana considerando reduções nos poluentes do ar monitorados em áreas altamente influenciadas pelo tráfego de veículos nas RMC, RMSP e RMVP. Na RMBS a melhoria foi menos significativa para as concentrações de NO₂ uma vez que suas estações de

monitoramento estão localizadas no maior polo industrial da América Latina na cidade de Cubatão.

Figura 1: Concentração próxima a superfície de NO₂ para os períodos de abril e maio de 2020 e de 2017-2019 provenientes do sensor OMI e a diferença em percentual entre o período com e sem pandemia.

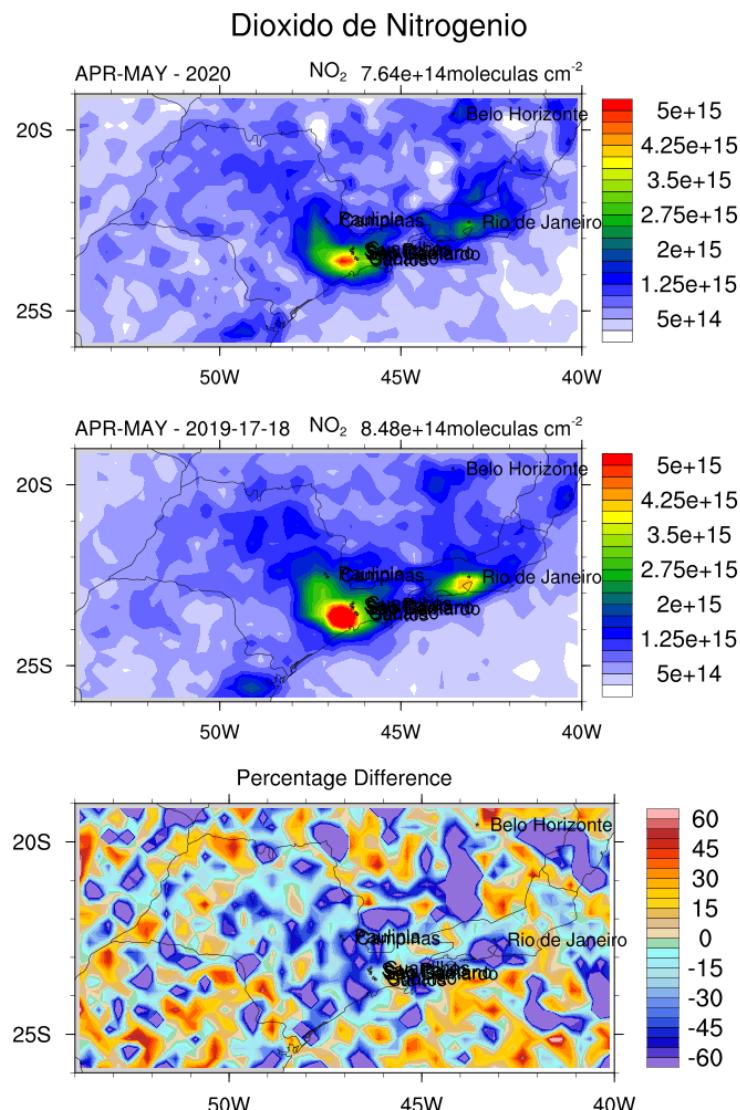


Fonte: os autores com dados do MERRA-2 (2022).

Conforme observado na Figura 1 ocorre diminuição de 10 a 60% da concentração de NO₂ sobre as regiões metropolitanas estudadas.

Na Figura 2 são apresentadas as concentrações próximas da superfície de CO provenientes das reanálises do MERRA-2. Observa-se uma diminuição em torno de 10% durante o período do bloqueio parcial devido a COVID-19 sobre quase todo estado de São Paulo, incluindo as estações de monitoramento presentes nesse estudo.

Figura 2: Concentração próxima da superfície de CO para o período de abril e maio de 2020 (pandemia) e mesmo período de 2017-2019 (sem pandemia) provenientes do MERRA-2 e a diferença em percentual entre o período com e sem pandemia



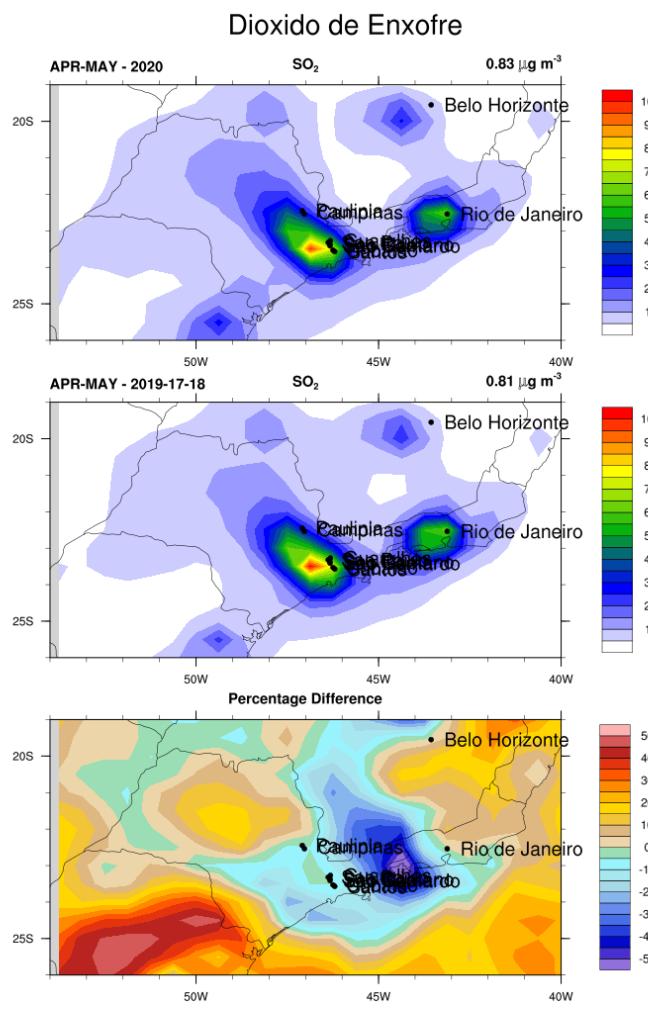
Fonte: os autores com dados do MERRA-2 (2022).

Na Figura 3 são apresentadas as concentrações próximas da superfície de SO₂ provenientes do MERRA-2. Na Figura 3 observa-se a concentração de SO₂ proveniente do MERRA-2 de 5 a 10 % menor sobre as estações de monitoramento estudadas.

Na Figura 4 são apresentadas as concentrações na superfície de BC provenientes do MERRA-2.

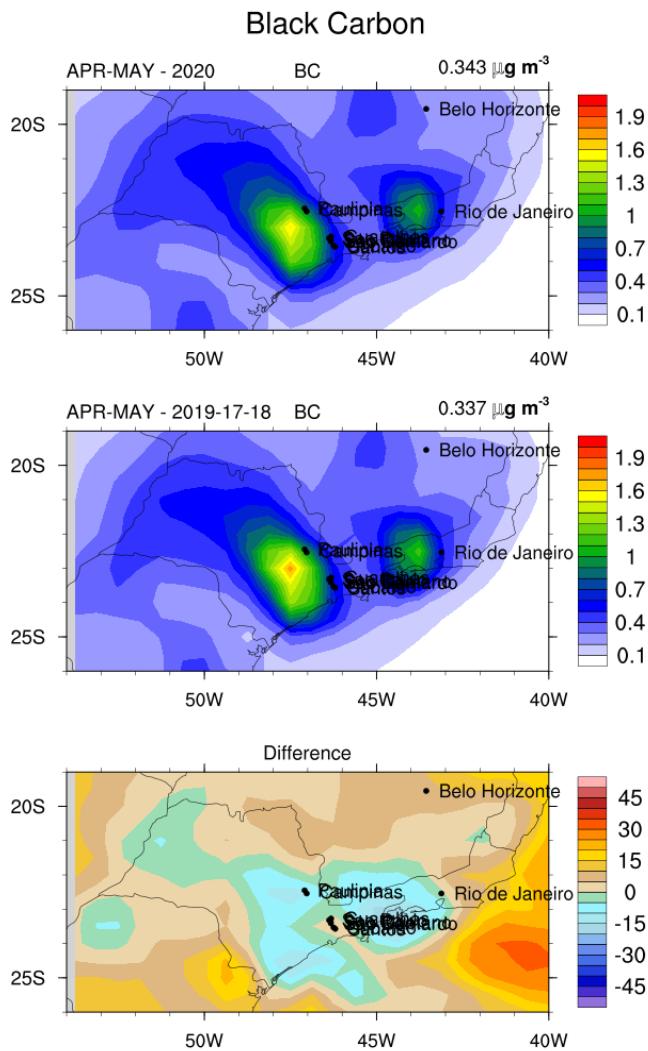
Figura 3: Concentração próxima da superfície de SO₂ para o período de abril e maio de 2020 (pandemia) e mesmo período de 2017-2019 (sem pandemia) provenientes do MERRA-2 e a diferença em percentual entre

o período com pandemia menos o período sem pandemia.



Fonte: os autores com dados do MERRA-2 (2022).

Figura 4: Concentração próxima da superfície de BC para o período de abril e maio de 2020 (pandemia) e mesmo período de 2017-2019 (sem pandemia) provenientes do MERRA-2 e a diferença em percentual entre o período com pandemia menos o período sem pandemia.



Fonte: os autores com dados do MERRA-2 (2022).

Conforme observado na Figura 4 ocorre diminuição de 0-5% da concentração de BC sobre a RMSP e RMBS, já na RMC e RMVP a diminuição é de 10-15%.

Discussão: Observando os dados do mapa de poluição para região do estado de São Paulo do poluente NO₂ proveniente do sensor OMI e CO, SO₂ e BC das reanálises do MERRA-2, a diminuição para o período da pandemia variou entre 10% até mais de 60% da concentração de NO₂ sobre as regiões metropolitanas do estado de São Paulo estudadas. As concentrações de CO provenientes do MERRA-2 diminuíram em torno de 10 % durante o período de bloqueio sobre quase todo o estado de SP, com exceção da RMBS que está sob grande influência das emissões industriais. As concentrações de SO₂ e de BC provenientes do MERRA-2 foram de 5 a 10% menores.

O confinamento parcial da população teve como consequência a redução do tráfego

rodoviário e da atividade econômica, levando à diminuição dos níveis de CO, NO e NO₂ e ao aumento das concentrações de O₃. Poluentes associados às emissões veiculares, como CO e NO, diminuíram em abril e maio de 2020 em quase todas as regiões metropolitanas estudadas. Durante o lockdown parcial, com exceção da RMBS que possui forte influência das atividades industriais.

Conclusão: Observando os dados do mapa de poluição para região do estado de São Paulo do poluente NO₂ proveniente do sensor OMI e CO, SO₂ e BC das reanálises do MERRA-2, a diminuição para o período da pandemia variou entre 10% até mais de 60% da concentração de NO₂ sobre as regiões metropolitanas do estado de São Paulo estudadas. As concentrações de CO proveniente do MERRA-2 diminuíram em torno de 10 % durante o período de bloqueio sobre quase todo o estado de SP, com exceção da RMBS que está sob grande influência das emissões industriais. As concentrações de SO₂ e de BC provenientes do MERRA-2 foram de 5 a 10% menores. Claramente, melhorias nas emissões veiculares diretamente dos escapamentos dos veículos, manutenção e qualidade de todos os tipos de combustíveis são necessárias para diminuir as emissões primárias, que traria resultados positivos diretos na saúde da população da RMESP.

Esses resultados mostram que a poluição na RMSP, RMC e RMVP está sob influência das emissões veiculares e que a RMBS sofre grande influência das atividades industriais.

Referências:

- ALVIM, D. S.; GATTI, L. V.; CORRÊA, S. M.; CHIQUETTO, J. B.; DE SOUZA ROSSATTI, C.; PRETTO, A.; SANTOS, M. H. dos; YAMAZAKI, A.; ORLANDO, J. P.; SANTOS, G. M. Main ozone-forming VOCs in the city of São Paulo: observations, modelling and impacts. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 22 ago. 2016. DOI 10.1007/s11869-016-0429-9. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11869-016-0429-9>.
- CRODA, J. et al. COVID-19 in Brazil: advantages of a socialized unified health system and preparation to contain cases. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 53, p. e20200167, 2020.
- MARCILIO, Izabel; GOUVEIA, Nelson. Quantifying the impact of air pollution on the urban population of Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 23, p. S529-S536, 2007.

VENTER, Zander S. et al. COVID-19 lockdowns cause global air pollution declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 117, n. 32, p. 18984-18990, 2020.

WHO (ED.). Air quality guidelines for Europe. 2. ed ed. Copenhagen: World Health Organization, Regional Office for Europe, 2000.

**INFRAESTRUTURAS VERDES EM FUNDOS DE VALE:
A SUSTENTABILIDADE EM POLÍTICAS PÚBLICAS E SUA DECORRÊNCIA EM
TERRITÓRIOS DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL**

Ludmilla Francisca Duarte¹; Silvia Helena Zanirato²

1 – Ludmilla Francisca Duarte. Pós-graduanda do Programa de Mudança Social e Participação Política. Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo. ludmilla@usp.br

2 – Silvia Helena Zanirato. Orientadora. Docente do Programa de pós-graduação em Mudança Social e Participação Política. Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo. shzanirato@usp.br

RESUMO: Este trabalho faz parte de uma pesquisa em andamento que tem como objetivo geral demonstrar as consequências de um modelo de produção e reprodução urbano, que gera territórios de vulnerabilidade socioambiental com a tendência de agravar processos que induzem a riscos, considerando um cenário próximo de variabilidade climática, concomitante à intenção de implementar medidas de sustentabilidade nas políticas públicas. Especificamente objetiva-se compreender as possíveis externalidades socioambientais a serem geradas com a implementação de infraestruturas verdes em fundos de vale, sob a tipologia de parques lineares, administrados por órgãos públicos como uma estratégia de conter eventos de inundação. Esta é uma pesquisa qualitativa, cujo percurso metodológico parte de um levantamento bibliográfico, considerando o modo como os parques lineares são definidos pelo instrumento de planejamento urbano da maior metrópole brasileira. Como resultado tem-se que, apesar de o planejamento ser parte do processo de implantação de parques lineares, esta se relaciona à produção de um espaço urbano mercantilizado e desigual, agravando as desigualdades e injustiças socioambientais.

Palavras-Chave: Infraestruturas verdes; Parques lineares; Áreas urbanas degradadas; Vulnerabilidades socioambientais

ABSTRACT: This work is part of an ongoing research whose general objective is to demonstrate the consequences of an urban production and reproduction model, which generates territories of socio-environmental vulnerability with a tendency to aggravate processes that induce risks, considering a scenario close to climate variability, concomitant with the intention to implement sustainability measures in public policies. Specifically, it aims to understand the possible socio-environmental externalities to be generated with the implementation of green infrastructure in valley bottoms, under the typology of linear parks, managed by public bodies as a strategy to contain flood events. This is a qualitative research, whose methodological approach starts from a bibliographic survey, considering the way linear parks are defined by

the urban planning instrument of the largest Brazilian metropolis. As a result, although planning is part of the process of implementing linear parks, it is related to the production of a commodified and unequal urban space, aggravating socio-environmental inequalities and injustices.

Keywords: Green infrastructures; Linear parks; Degraded urban areas; Socio-environmental vulnerabilities

DOI: 10.6084/m9.figshare.21961325

Introdução:

A maior parte da atual população mundial reside em cidades, o que pressiona demograficamente a expansão da infraestrutura urbana e a provisão de serviços públicos básicos, gerando incontáveis externalidades sobre o meio ambiente (LAVALLE, 2021). De acordo com estatísticas levantadas pela ONU, em 2019 havia uma proporção de 55% da população mundial vivendo em áreas urbanas, e a previsão é de que este percentual alcance 70% em 2050. Este contexto, evidencia a importância de que os governos locais contribuam com as iniciativas dos governos nacionais, a partir da implementação de medidas que visem alcançar as metas estabelecidas nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2019).

Um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) diz respeito à necessária preocupação em tornar as “Cidades e Comunidades Sustentáveis”, conforme é intitulado o 11º ODS, o qual enfatiza o dever de “tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis” (IPEA, 2018). Entretanto, segundo Haase (2017), está atrelado a este objetivo um grande desafio, que é o de conseguir um planejamento urbano capaz de acomodar um número cada vez maior de habitantes nas cidades, tornando-as, ao mesmo tempo, espaços sustentáveis e habitáveis.

A América Latina possui uma taxa de urbanização de aproximadamente 81%, com previsão de chegar aos 90% em 2050 (ONU-HABITAT, 2018), sendo considerada a região mais urbanizada, mas também a mais desigual do mundo. Essas acepções correlatas são geradoras de diversos riscos ambientais que recaem sobre a parcela da população vulnerabilizada em face de sua posição socioeconômica e seu acesso ao solo e a serviços públicos e equipamentos urbanos. O aumento populacional e o histórico de urbanização são fatores que acarretam em sérias problemáticas ambientais, que são ainda mais agravadas com as mudanças climáticas, e combinadas à exiguidade de políticas públicas eficientes para a sucessiva demanda populacional, produzem um aumento no número de moradias precárias e de territórios de vulnerabilidade socioambiental (LAVALLE, 2021).

O município de São Paulo, atualmente a maior metrópole da América Latina, com cerca de 12 milhões de habitantes e uma densidade demográfica em torno de 2.700 hab./km² (JACOBI et al., 2021), teve um processo de urbanização que ocorreu de forma desordenada, em decorrência de ter recebido uma grande população nas décadas de 1950/1970 por conta da industrialização e da expansão do mercado de trabalho. Neste período, devido à excessiva quantidade de pessoas adentrando e à falta de um planejamento adequado, considerando que este foi um processo voltado à acomodação da classe média e elite, grande parcela da população imigrante acabou se destinando às regiões periféricas da cidade, ocasionando um aumento da

ocupação irregular em áreas de fundo de vale, no entorno de recursos hídricos, mananciais e áreas de várzea (MARICATO, 2000; OLIVEIRA, 2015).

Esse tipo de planejamento, com uma desigual distribuição territorial da cidade de São Paulo, resultou em problemáticas de ordem social, econômica e ambiental, com discrepâncias no acesso aos serviços urbanos básicos. Esses fatores acabam por marginalizar a população afetada em diversas dimensões ambientais como o acesso à água e ao tratamento de resíduos sólidos, os expondo a situações de saneamento básico precário, falta de manejo de águas pluviais e ocupação de áreas sensíveis (MIRANDA e DECESARO, 2018; ROLNIK e KLINK, 2011). Somam-se a isso os problemas ambientais decorrentes da apropriação de áreas impróprias à ocupação, que não tardaram a se notar com cheias e escorregamentos, sobretudo nas “áreas urbanas desconectadas e, consequentemente, desprovidas de um desenvolvimento urbano sustentável e justo” (JACOBI et al., 2021).

Este padrão suscita uma reflexão sobre o modelo de produção e reprodução das cidades e de como o espaço vem sendo ocupado sem um planejamento adequado, bem como o melhor caminho a se seguir, na busca de soluções às intempéries já existentes, com modelos alternativos, justos e sustentáveis para essa produção do espaço (JACOBI et al., 2021).

O aumento da população urbana exerce uma contínua pressão para a expansão de áreas para habitação e mobilidade, fazendo com que as áreas verdes das cidades avancem, cada vez mais, em direção ao desaparecimento. No entanto, sua importância é reconhecida pela capacidade de melhoria da saúde e bem-estar humanos, ao fornecer benefícios ecossistêmicos como a regulação do clima e de inundações, além da filtragem de ar. Considera-se, então, que uma das formas de se alcançar a meta estabelecida pelo ODS 11 seja com a implementação de infraestruturas verdes urbanas. Este é um conceito que se baseia nas contribuições dos espaços verdes às cidades, funcionando como uma rede de áreas verdes interconectada ao tecido urbano, integrando aspectos naturais e sociais e gerando serviços ecossistêmicos (BENEDICT e McMAHON, 2002; HAASE, 2017).

Este trabalho tem por objetivo demonstrar as consequências de um modelo de produção e reprodução urbano que pressiona as áreas verdes em decorrência da expansão urbana, gerando territórios de vulnerabilidades socioambientais que tem seus riscos agravados com a mudança do clima, em contraste à intenção de implementar medidas de sustentabilidade nas políticas públicas. Especificamente objetiva-se compreender as possíveis externalidades socioambientais a serem geradas com a implementação de infraestruturas verdes, sob a tipologia de parques lineares, administradas por órgãos públicos em áreas social e ambientalmente degradadas. Desta maneira, esta pesquisa se adequa ao “GT 11 - Mudanças

Climáticas, Vulnerabilidade e Riscos Socioambientais”, considerando seu viés em pesquisas referentes a “desafios sociais, políticos, econômicos e ambientais das mudanças climáticas na perspectiva da vulnerabilidade e dos riscos socioambientais”.

Material e Métodos:

Metodologicamente, a pesquisa tem se pautado em um levantamento bibliográfico⁴², explorando textos que tratam da temática em questão, a fim de construir uma base teórico-conceitual sólida para se desenvolver o estudo, que se constitui em uma pesquisa qualitativa. Para a busca da literatura selecionada, tem-se utilizado bases de dados como Web of Science, SciELO, Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade de São Paulo (SIBi USP) e Google Scholar. As palavras-chave pesquisadas são: infraestruturas verdes, parques lineares, áreas urbanas degradadas, vulnerabilidades socioambientais.

Levando em conta que a pesquisa se refere aos parques lineares administrados pelo poder público, também tem se analisado como essa tipologia de infraestrutura verde é classificada pelos instrumentos de planejamento urbano, contidos no Plano Diretor do município de São Paulo, a maior metrópole brasileira.

Resultados:

Os parques lineares, uma tipologia de infraestrutura verde que se alinha às necessidades de mitigação dos impactos causados por fenômenos de alterações do clima, se aplicam, pelo serviço público, como medidas voltadas para a adaptação aos efeitos das mudanças climáticas em ambientes urbanos, reparando danos como erosão e sedimentação, efeitos de ilhas de calor, inundações e alagamentos, além de servirem como espaço de lazer e de promoção cultural (MIRANDA e DECESARO, 2018).

Todavia, nem sempre sua implementação é acompanhada de mecanismos que visem a uma justiça ambiental, em decorrência da possibilidade de valorização do solo às proximidades de áreas verdes (HAASE, 2017).

Isto porque a cidade expressa, em sua estrutura, as disputas e conflitos que se produzem a partir da valorização do espaço antes degradado e pela possibilidade de obtenção de lucro pelo mercado, por meio da valorização imobiliária. O resultado disso é a produção de áreas

⁴² O referencial teórico demonstrado neste trabalho será aplicado ao estudo de caso de dois parques lineares administrados pela subprefeitura do Itaim Paulista, na zona leste de São Paulo - SP, que está sendo desenvolvido na pesquisa de pós-graduação.

desigualmente valorizadas, na qual a população de poder aquisitivo mais alto tem potencial para arcar com um maior valor da terra, enquanto que a população mais vulnerável não consegue mais permanecer no espaço mais valorizado e acaba por se deslocar para áreas mais baratas, territórios carentes de infraestrutura urbana e também suscetíveis à ocorrência de impactos ambientais (FERREIRA, 2011).

Deste modo, a exclusão urbanística é um fator de interferência no grau de qualidade de vida social e ambiental da população local, considerando que a natureza e a localização dos investimentos público e privado regulam quem e quantos terão o direito à qualidade urbana, o que, por conseguinte, influí nas características de cada região (MARICATO, 2000).

Discussão:

Segundo previsões realizadas em 2011, até o final do século há a possibilidade de ocorrência de eventos meteorológicos extremos, cada vez mais frequentes e intensos, projetando cenários de riscos preocupantes. Essas previsões apontam a possibilidade de um significativo aumento no número de dias com chuvas intensas na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), estimativa esta que merece uma atenção, considerando que a RMSP já vem sofrendo com enchentes e inundações durante o verão. Caso se mantenha o padrão histórico de expansão territorial na RMSP, a estimativa é de que a mancha urbana dessa região, em 2030, seja o dobro da mancha de 2011, aumentando ainda mais os riscos de enchentes, inundações e deslizamentos, principalmente em áreas periféricas, em loteamentos e construções irregulares e em territórios de vulnerabilidade, como várzeas e terrenos instáveis, com grande pressão sobre os bens naturais (NOBRE et al., 2011).

Se os padrões históricos de ocupação também forem mantidos, uma significativa parcela da população estará ocupando essas áreas, uma vez que a falta de políticas inclusivas para a população menos favorecida faz com que essa acabe se instalando em assentamentos de padrão construtivo precário, terrenos de várzea, grotões de drenagem, e em encostas íngremes de morros às margens das cidades (NOBRE et al., 2011).

Somado a isso, tem-se que, visando proporcionar condições de desenvolvimento da vida humana em aglomerados urbanos, intervenções incidem sobre as áreas naturais e se externam, na maioria das vezes, em ambientes degradados, e entre as medidas está a impermeabilização dos solos, tão recorrente em cidades. Como consequência a essas intervenções, há um aumento nos eventos de enchentes, inundações de rios, alagamentos, deslizamentos de encostas, além de um aumento na temperatura e poluições variadas, entre as quais se incluem a perturbação da qualidade de corpos de água fluente. Estes eventos agravam a vulnerabilidade dos territórios

colocando em risco as populações que vivem no entorno de córregos (FERREIRA, 2011; MARICATO, 1996; ZANIRATO et al., 2022).

Diante disso, pode-se inferir que uma vida humana com qualidade, em espaços urbanos, não pode se abster da presença de áreas verdes. O setor público deve estar, então, encarregado de propiciar esses espaços geradores de melhor qualidade de vida, o que pode se realizar com a implementação de infraestruturas verdes nos espaços urbanos, as quais, além do propósito de conectar o urbano e o ambiental, devem também contribuir para o desenvolvimento e manutenção de valores sociais, ambientais e econômicos, bem como para a atenuação dos riscos relacionados à vulnerabilidade física urbana (MIRANDA e DECESARO, 2018).

Uma exemplificação de infraestrutura verde urbana que vem se destacando nas últimas décadas, em particular no município de São Paulo, são os parques lineares, os quais se situam, majoritariamente, em fundos de vale, ao longo dos cursos d'água. Essa tipologia visa à integração da infraestrutura com intervenções públicas em sistemas de esgoto e manejo das águas pluviais, ao controle de eventos de inundação e para a incorporação de áreas verdes às áreas públicas; além de servir para reurbanização assentamentos precários, onde reside grande parte da população de baixa renda (SÃO PAULO (Município), 2014).

Conclusão:

A qualidade ambiental é um dos elementos de medição da qualidade de vida urbana, se manifestando, inclusive, como um importante indicador da mesma. Contudo, para que a qualidade de vida seja alcançada no aglomerado urbano é necessário que se tenha um planejamento com uma visão ampla da cidade, uma vez que essa está interligada às condições habitacionais, à presença de áreas verdes, à qualidade do ar. Estes fatores podem servir para avaliar e dimensionar o grau de qualidade de vida, atuando como indicadores que possibilitam a compreensão do nível de qualidade/vulnerabilidade de uma região.

A recuperação e requalificação dos espaços urbanos socioambientalmente degradados deve ser um compromisso estatal, de ações imediatas, considerando um cenário próximo, de variabilidade climática, com a tendência de agravar ainda mais os processos que induzem a riscos. Essas intervenções tendem a tornar as cidades mais resilientes e sustentáveis, mas, para isso, é necessário que haja um planejamento cauteloso, considerando também a dimensão social, e não apenas os componentes ambientais da sustentabilidade.

Todavia, apesar de o planejamento ser parte do processo de implantação de parques lineares, conforme delimitado pelo Plano Diretor Estratégico (PDE), sua implementação está mais relacionada à produção de um espaço urbano mercantilizado e desigual. Quando a gestão

pública não atribui a devida importância ao contexto social, a instalação desse tipo de intervenção urbana pode resultar em uma direção oposta à pretendida, ou seja, no agravamento das desigualdades e injustiças socioambientais.

Conclui-se que as intenções que são postas sobre o planejamento de parques lineares, apesar de claras e eficazes, ocultam seu potencial de modificação do valor do espaço enquanto mercadoria, possibilitando a renovação da população local, em decorrência da dificuldade de permanência de antigos moradores socialmente mais vulneráveis. As infraestruturas verdes, além do propósito de conectar o urbano e o ambiental, deveriam contribuir para desenvolvimento e manutenção de valores sociais, ambientais e econômicos, bem como para a atenuação dos riscos relacionados à vulnerabilidade física urbana.

Referências:

- BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T. Green infrastructure. Linking landscapes and communities. Washington, D.C., USA: Island Press, 2002.
- FERREIRA, João S. Whitaker. São Paulo: cidade da intolerância ou o urbanismo “à Brasileira”. Estudos avançados, v. 25, n. 71, p. 73-88, 2011.
- HAASE, D. et al. Greening cities - To be socially inclusive? About the alleged paradox of society and ecology in cities. Habitat International, n. 64, p. 41-48, 18 abr. 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2017.04.005>.
- IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Agenda 2030: ODS – Metas Nacionais dos objetivos de desenvolvimento sustentável. Brasília: IPEA, 2018.
- Disponível em:
https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/180801_ods_metas_nac_dos_obj_de_desenv_susten_propos_de_adequa.pdf. Acesso em: 30 ago. 2022.
- JACOBI, P. R. et al. Introdução. In: JACOBI, P. R. et al. Dilemas ambientais-urbanos em duas metrópoles latino americanas: São Paulo e Cidade do México no século XXI. Jundiaí-SP: Paco Editorial, 2021.
- LAVALLE, A. G. Prefácio. In: JACOBI, P. R. et al. Dilemas ambientais-urbanos em duas metrópoles latino americanas: São Paulo e Cidade do México no século XXI. Jundiaí-SP: Paco Editorial, 2021.
- MARICATO, E. Metrópole na periferia do capitalismo: Illegalidade desigualdade e violência. São Paulo: Hucitec, 1996.

- MARICATO, E. As ideias fora do lugar e o lugar fora das ideias. In: ARANTES, O. B. F.; VAINER, C.; MARICATO, E. A cidade do pensamento único: desmanchando consensos. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes; 2000. 3^a ed. 192 p.
- MIRANDA, D. T.; DECESARO, G. D. Os impactos e as consequências gerados pela urbanização acelerada às águas urbanas. Revista Técnico-Científica do Crea-Pr. Paraná. set. 2018. Disponível em: <https://revistatecie.crea-pr.org.br/index.php/revista/article/view/404>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- NOBRE, C. A et al. Vulnerabilidades das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. INPE; UNICAMP; USP; IPT; UNESP- Rio Claro, 2011. Disponível em: <<http://megacidades.ccst.inpe.br>>. Acesso em: 04 set. 2022.
- OLIVEIRA, F. V. de. “Itaquera para quem?” Projetos urbanos e mudanças socioespaciais na periferia de São Paulo. 2015. Dissertação (Mestrado em Mudança Social e Participação Política) - Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- ONU-HABITAT. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. 2018. Disponível em: <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210043144>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. ONU prevê que cidades abriguem 70% da população mundial até 2050. ONU News, 2019. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2019/02/1660701>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- ROLNIK, R.; KLINK, J. Crescimento econômico e desenvolvimento urbano: por que nossas cidades continuam tão precárias? Novos estudos CEBRAP, n. 89, mar. 2011.
- SÃO PAULO [Município]. Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014. Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo. São Paulo, 2014.
- ZANIRATO, S. H.; PEREIRA, G. D.; DUARTE, L. F. Parques lineares em São Paulo: expressões de injustiça ambiental e de gentrificação ecológica. Revista Brasileira de Meio Ambiente, 2022.