

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

MATHEUS PIRES SERGIO

**ATIVIDADE PESQUEIRA DE GRANDE PORTE NO BRASIL: o
potencial da análise espacial utilizando dados da plataforma Global
Fishing Watch**

Rio de Janeiro

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

MATHEUS PIRES SERGIO

**ATIVIDADE PESQUEIRA DE GRANDE PORTE NO BRASIL: o
potencial da análise espacial utilizando dados da plataforma Global
Fishing Watch**

Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do grau de mestre em Geografia na área de concentração de Planejamento e Gestão Ambiental.

Orientadora: Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de Souza

Rio de Janeiro

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

CIP - Catalogação na Publicação

S484a Sergio, Matheus Pires
Atividade pesqueira de grande porte no Brasil: o potencial da análise espacial utilizando dados da plataforma Global Fishing Watch / Matheus Pires Sergio. -- Rio de Janeiro, 2020.
83 f.

Orientadora: Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de Souza.
Coorientadora: Rafael Silva de Barros.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2020.

1. Pesca. 2. Análise espacial. 3. Global Fishing Watch. I. de Souza, Elizabeth Maria Feitosa da Rocha, orient. II. de Barros, Rafael Silva, coorient. III. Título.

Matheus Pires Sergio

Atividade Pesqueira De Grande Porte No Brasil: O Potencial Da
Análise Espacial Utilizando Dados Da Plataforma Global Fishing
Watch

Dissertação de mestrado submetida ao programa de pós-graduação em Geografia, instituto de geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro– UFRJ, como requisito parcial à obtenção do grau de mestre em Geografia na área de concentração de Planejamento e Gestão Ambiental.

Banca examinadora

Prof^a. Dr^a. Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de Souza (orientadora) - UFRJ

Prof. Dr. Rafael Silva de Barros (coorientador) - UFRJ

Prof^a. Dr^a. Carla Bernadete Madureira Cruz - UFRJ

Prof. Dr. Rafael de Almeida Tubino - UFRRJ

Prof^a. Dr^a. Magda Fernandes de Andrade-Tubino (suplente) - UFRRJ

Prof. Dr. Manoel Couto Fernandes (suplente) – UFRJ



580ª ATA DE EXAME DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Às 10 horas e 30 minutos do dia 20 de fevereiro de dois mil e vinte no Auditório, sala i- 17 do Programa da Pós-Graduação em Geografia-UFRJ, reuniu-se a banca examinadora aprovada pelo Diretor Adjunto de Pós-Graduação do Instituto de Geociências, constituída pelos seguintes membros: Professor(a) presidente da banca Dr.(a) Orientador(a) Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de Souza, Professor(a) Dr.(a) Coorientador(a) Rafael Silva de Barros, Professor(a) Dr.(a) Carla Bernadete Madureira Cruz e Professor(a) Dr.(a) Rafael de Almeida Tubino para proceder ao exame de defesa de dissertação de mestrado em Geografia do(a) candidato(a) **MATHEUS PIRES SÉRGIO** versando sobre “ANÁLISE DA PESCA COM EMBARCAÇÕES DE GRANDE PORTE NO BRASIL, USANDO DADOS DA GLOBAL FISHING WATCH: POTENCIALIDADES E APLICAÇÕES”. A sessão foi aberta pelo(a) Orientador(a), Presidente da banca examinadora, que inicialmente passou a palavra ao(a) candidato(a). Ao término da explanação, o(a) Presidente da banca examinadora deu início aos trabalhos de avaliação. Concluído o exame, o (a) Presidente da banca examinadora solicitou a saída do(a) candidato(a) e do público presente para que os examinadores pudessem discutir e avaliar o trabalho em julgamento. Em seguida, o (a) Presidente da banca examinadora convocou a presença do(a) candidato(a) e demais interessados para a divulgação do resultado final, que é o seguinte: **MATHEUS PIRES SÉRGIO** foi considerado(a): Aprovado (Aprovado ou Reprovado) pela banca examinadora. Encerrados os trabalhos, o (a) Presidente

da banca examinadora mandou lavrar a presente Ata que eu, Bruno de Jesus Ferreira, Assistente em Administração do Programa de Pós-Graduação em Geografia, assino com os membros da banca examinadora e o(a) candidato(a).

Parecer final da banca:

(Indicação de moções; recomendações; modificações, com prazo máximo de 60 dias e verificação posterior do orientador)

A banca sugere ajuste de título conforme adequação apontada na defesa (inversa): "Maliaças do potencial da Aviação Especial de radar da Plataforma do Global Fishing watch aplicadas à atividade pesqueira de Grande Porte no Brasil"


Bruno de Jesus Ferreira


Dr.(a) Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de Souza


Dr.(a) Rafael Silva de Barros


Dr.(a) Carla Bernadete Madureira Cruz


Dr.(a) Rafael de Almeida Tubino


Matheus Pires Sergio

Rio de Janeiro, 20 de fevereiro de 2020.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Beth, pelo acolhimento e disponibilidade desde o primeiro momento que eu entrei em contato, bem como pelos incentivos a fazer m projeto voltado para minha área de interesse.

Ao meu coorientador, Rafael Barros, por sempre tentar discutir e analisar o projeto, sobretudo quando foi realizado o campo.

Aos membros da banca, Magda e Rafael, pelas proveitosas contribuições feitas durante o exame de qualificação e pela boa vontade em continuar com as discussões mesmo após a realização do mesmo. Além disso, por terem aceitado novamente o convite para compor a banca.

À professora Carla Madureira, pela recepção no laboratório e discussões iniciais sobre o plano de mestrado, bem como pelo aceite em participar da banca da dissertação.

À Global Fishing Watch, que não só gera e compartilha gratuitamente os dados que foram a base dessa dissertação, como também sempre respondeu prontamente às minhas dúvidas. Além disso cabe destacar que me deram acesso a uma versão do conjunto de dados que ainda não havia sido disponibilizada oficialmente.

À minha mãe e irmã: Denise e Mariah, respectivamente; e meu pai, Juraci, que foram nominalmente citados após pedidos da primeira. Enfim, agradeço à minha família pelo apoio e suporte durante esses últimos 2 anos. E pelos os outros 25 também.

Já se passaram dois anos desde o último TCC e eu ainda não encontrei palavras que expressem bem os motivos para agradecer à Paula...

RESUMO

Compreender os padrões espaço-temporais das pescarias é fundamental para garantir a preservação de espécies e o equilíbrio dos ecossistemas. Assim, o presente trabalho analisou o material sobre atividade pesqueira disponível no site da organização Global Fishing Watch (GFW), de forma a averiguar se ele poderia ser utilizado para o Brasil. Estes dados indicam quando e onde uma embarcação estava pescando, bem como fornece estimativas do seu comprimento e arqueação bruta (AB). Inicialmente, verificou-se que o algoritmo classificou o tipo de embarcação corretamente em 67% dos casos. Por outro lado, foi observada uma correlação forte e significativa para o comprimento estimado e o real ($\rho = 0,57$; $p < 0,01$), enquanto para AB, a correlação encontrada foi mais fraca e não significativa ($\rho = 0,27$; $p = 0,18$). Em termos de representatividade, a GFW possui 10% das embarcações de grande porte registradas. Entretanto, somente o espinhel de superfície e cerco apresentaram percentuais próximo ou superior a 10, de forma que apenas esses tipos de embarcação foram submetidos aos próximos testes. Análises da distribuição dos valores de comprimento e AB sugerem que não é possível afirmar que há diferenças significativas entre a frota oficial e a da GFW para os tipos de embarcação mencionados previamente. Ao espacializar os dados de atividade pesqueira, foram formados mapas de calor com padrões condizentes com o encontrado na literatura. Para o cerco, além da drástica redução da pesca durante os períodos de defeso da sardinha, as principais áreas pesqueiras foram as regiões costeiras do sul e sudeste brasileiro. Já para o espinhel de superfície, foi constatado um aumento da atividade pesqueira durante os meses mais quentes e ela ocorreu sobretudo além da plataforma continental, incluindo águas internacionais. Através dos resultados obtidos, destaca-se que apesar de a partir dos dados da GFW não ser viável o monitoramento de embarcações individualmente, nem de pequenas áreas, eles ainda possuem grande valia. De fato, foi possível utilizá-los para entender e acompanhar o comportamento das frotas nacionais de cerco e espinhel de superfície. Para tanto, é importante que haja uma correta identificação das embarcações, o que deve ser feito com informações o apoio de outras fontes, com órgãos federais.

Palavras-chave: AIS, cerco, espinhel de superfície, sobrepesca, pesca industrial

ABSTRACT

Understanding the spatial-temporal patterns of fisheries is essential to assure that species are preserved and ecosystems are balanced. Therefore, this work aims to assess whether the material regarding fishing activity available at Global Fishing Watch's (GFW) website can be applied for the Brazilian fisheries. These data indicate when and where a given vessel was fishing as well provide estimates of the vessel's length and gross tonnage (GT). Initially, it was found that the GFW's algorithms correctly classified the vessel type 67% of the time. On the other hand, it was observed a strong and significant correlation between the estimated length and the real one ($\rho = 0,57$; $p < 0,01$), while for the GT, the correlation was weaker and non-significant ($\rho = 0,27$; $p = 0,18$). With respect to representativity, GFW has 10% of large-sized vessels officially registered. However, only drifting longlines and purse seines had percentual near or above 10, so that just these vessels types were carried forward to the next tests. Analysis of the distribution of length and GT suggests that it is not possible to state that there are significant differences between the official fleet and the one in GFW as far as the two previous vessel types are concerned. Spatializing data from fishing activity, heat maps were made that were made indeed reflected what have been described on the literature. For the purse seines, besides the drastic reduction of fishing during closed fishing season, the main fishing grounds were coastal zones in the south and southeast of Brazil. As for drifting longlines, it was observed an increase in fishing activity during the hottest months and that this activity occurred beyond the continental shelf, including the high seas. Despite the fact that from GFW's data it is not viable monitoring vessels individually neither small areas, they still have great worth. In fact, it possible to use them to understand and track the behavior for both purse seines and drifting longlines fleets. In order to achieve that, it is essential an accurate identification of the vessels, that has to be done based on external sources, such as the federal government.

Key-words: AIS, purse seines, drifting longlines, overfishing, industrial fisheries

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1: Principais tipos de embarcações com os petrechos usualmente usados. Do canto superior esquerdo ao inferior direito: Arrasto; Cerco; Emalhe; Espinhel; Vara e isca-viva; Petrechos fixos (extraído de FAO, 2016).

Figura 2: Modelo da MSY (adaptado de Tsikliras e Froese, 2019).

Figura 3: Linha do tempo com os principais acontecimentos referentes à pesca no Brasil.

Figura 4: Captura de tela da interface do mapa online interativo da GFW.

Figura 5: Mapa do Brasil com destaque para: a ZEE; a isóbata de 500 metros de profundidade (indicando a quebra da plataforma); e os arquipélagos de Trindade e São Pedro e São Paulo.

Figura 6: Esquema com as etapas de análise dos dados.

Figura 7: (A) Recorte da área de interesse do mapa de densidade de kernel. (B) Área anteriormente recortada (agora representada como uma matriz) sendo achatada. (C) Comparação entre os valores da frota real e estimada, localizado e excluindo os zeros simultâneos (marcados em vermelho).

Figura 8: Correlação entre a estimativa de comprimento (esquerda) e AB (direita) do GFW e as respectivas medidas reais registradas no RGP. Área colorida representa o intervalo de confiança de 95%.

Figura 9: comparação da distribuição do tamanho (arqueação bruta e comprimento) das embarcações da GFW e do RGP. As caixas representam os limites superiores do 1º e 3º quartis, enquanto a linha é a mediana. As barras indicam os valores considerados não extremos (média mais 1,5 vezes o desvio padrão) e os círculos são os outliers. Nota-se que estes últimos não foram removidos por se tratarem de valores reais.

Figura10: Mapa com o agregado da atividade pesqueira.

Figura 11: Variação mensal da atividade pesqueira no Brasil ao longo do ano de 2018. Em cima, os dados estão agrupados por semana e embaixo, por mês.

Figura 12: Cartograma indicando a intensidade de atividade pesqueira do espinhel horizontal por mês no ano de 2018. Na figura, a intensidade da pesca varia de acordo com um gradiente que vai do verde (menor) ao vermelho (maior).

Figura 13: Variação mensal da atividade pesqueira de espinhel horizontal ao longo do ano de 2018. Em cima, os dados estão agrupados por semana e embaixo, por mês.

Figura 14: Cartograma indicando a intensidade da atividade pesqueira de cerco ao longo do ano de 2018. Na figura, a intensidade da pesca varia de acordo com um gradiente que vai do verde (menor) ao vermelho (maior).

Figura 15: Gráficos ilustrando como a atividade pesqueira de cerco se deu ao longo do ano de 2018. Em cima, os dados estão agrupados por semana e embaixo, por mês.

Figura 16: Comparação entre a frota de grande porte de espinhel horizontal real e a estimada pela GFW.

Figura 17: Comparação entre a frota de grande porte de cerco e a estimada pela GFW.

Figura 18: Comparação entre os mapas de atividade pesqueira (da frota real, apenas) de espinhel horizontal e vara e isca-viva.

Figura 19: Dispersão GFW versus RGP, porém sem as embarcações arrendadas.

Figura 20: Embarcações brasileiras da lista do RGP presentes na GFW por ano.

Figura 21: Área da RESEX Arraial sobreposta pelos pontos de atividade pesqueira da GFW.

Figura 22: Exemplo de um cruzeiro de pesca reconstruído a partir de dados da GFW.

Figura 23: Fotografia aérea de parte da RESEX ARRAIAL obtida a partir de um drone.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparação entre frota real e estimada.

Tabela2: Matriz de confusão referente a comparação entre os petrechos reais versus o estimado pelo algoritmo da GFW.

Tabela 3: Quadro comparativo entre RGP e GFW, separado por cada embarcação.

Tabela 4: comparação entre os valores reais e os estimados para as métricas de tamanho, dividido por petrecho

Tabela 5: total de embarcações registradas na frota brasileira comparado com o presente na GFW.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Arqueação Bruta (AB)

Captura por Unidade de Esforço (CPUE)

Convenção das Nações Unidas para direito do Mar (CNUDM)

Global Fishing Watch (GFW)

International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT)

Mobile Maritime Identity Service (MMSI)

Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA)

Produção Máxima Sustentável (MSY)

Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite (PREPS)

Redes Neurais Convolucionais (CNN)

Registro Geral de Embarcações Pesqueiras (RGP)

Rendimento Econômico Máximo (MEY)

Reserva Extrativista Marinha de Arraial do Cabo (RESEX Arraial)

Secretaria de Especial de Aquacultura e Pesca (SEAP)

Sistema Automático de Informações (AIS)

Sistema de Posicionamento Global (GPS)

Sistemas de Monitoramento de Embarcações (VMS)

Zona Econômica Exclusiva (ZEE)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivo	15
1.1.1 Objetivos específicos	15
1.2 Relevância e justificativa	16
2 REVISÃO TEÓRICA	17
2.1 A atividade pesqueira: características e impactos socioambientais.....	17
2.2 Desenvolvimento da atividade pesqueira no Brasil.....	25
2.3 Sistemas de monitoramento e controle da atividade pesqueira	29
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1 Área de estudo	32
3.2 Dados	33
3.3 Avaliação da acurácia das redes neurais.....	36
3.4 Representatividade da frota	36
3.5 Atividade pesqueira.....	37
4 RESULTADOS.....	41
4.1 Acurácia das CNNs	41
4.2 Representatividade da frota	44
4.2 Atividade pesqueira.....	46
5 DISCUSSÃO	58
5.1 Considerações sobre os identificadores de embarcações	58
5.2 Desempenho dos algoritmos	60
5.3 Resultados da GFW e o que está descrito na literatura.....	63
5.4 Escalas de análise	64
5.5 Potencialidades e limitações	67
5.6 Outros usos	69
5.7 A pesca de menor porte	71
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

1 INTRODUÇÃO

A conservação dos recursos marinhos, sobretudo peixes (ictiofauna), é tida como algo de grande importância. Além de exercer diversas funções, denominadas de maneira genérica de serviços ecossistêmicos, que incluem a regulação do tamanho das populações de algas ou a manutenção da diversidade de espécies, a preservação da ictiofauna é diretamente estratégica para a humanidade. Além dos benefícios supracitados, 16% da proteína de origem animal consumida pelas pessoas advém de peixes.

Havendo uma grande demanda por esses organismos (que além de peixes incluem, por exemplo, crustáceos como camarões e moluscos como polvos), há milênios as pessoas se lançam em empreitadas para captura-los. Dada essa variedade de animais, diversas técnicas surgiram para capturar alvos específicos, cada com um tipo de aparato. Em termos de embarcações, destacam-se as redes de arrasto, para pescar animais que ficam próximos ao assoalho oceânico, as redes de cerco que como o nome sugere eram usadas para encurralar cardumes que ficam mais próximos à superfície e os espinheis horizontais de superfície, que consistem de linhas paralelas chão das quais sem linhas perpendiculares secundárias e que contém anzóis. Esse tipo de petrecho é amplamente utilizado na pesca de grandes peixes como os atuns.

Contudo, principalmente após os avanços surgidos nas revoluções industriais, o volume de indivíduos capturados aumentou demasiadamente, de forma que os estoques tivessem sua continuidade comprometida (PAES e MONTEIRO-NETO, 2009). Isso inclusive se manifestou nos registros de capturas ao redor do mundo, que alcançou valores recordes durante a década de 1980, e desde então os números têm se mantido relativamente estáveis, apesar do aumento do esforço de pesca. Tal constatação reforça a ideia de que a pesca é uma atividade já saturada e que não há mais como ela seguir com tão pouco controle.

Isso impulsionou a criação de leis e aparatos tecnológicos que visassem maximizar a sustentabilidade da pesca, que em sua essência é uma atividade extrativista. Nesse contexto, as geotecnologias ganham destaque, em especial o Sistema de Posicionamento Global (GPS). Este permitiu que houvesse um controle mais efetivo sobre as embarcações no oceano, ao tornar mais evidente o quanto e onde há maior atividade, o que é fundamental para um planejamento estratégico de políticas públicas mais efetivas. Além disso, sensores orbitais permitiram um

entendimento maior sobre fatores condicionantes da pesca, tais como a temperatura de superfície do mar.

Com o advento de algoritmos baseados em inteligência artificial, a detecção de padrões, sejam eles de qualquer tipo (e.g. imagens e textos), atingiu patamares sem precedentes. Isso também gerou na pesca, com destaque para a organização Global Fishing Watch (GFW). Ela criou algoritmos que a partir de sinais de GPS enviado por embarcações consegue inferir não só que tipo de embarcação se trata, mas também se naquele momento o barco estava pescando ou não. Com o objetivo de dar mais transparência à pesca no mundo, a GFW disponibilizou seus dados de forma gratuita em uma plataforma online.

Todavia, a qualidade e potencialidades desses dados ainda não são completamente conhecidas. Esse quadro se agrava em países como o Brasil, em que a adoção do sistema de segurança que envia os sinais de GPS a partir dos quais a GFW utiliza seus algoritmos, não é ampla. Somado a isso, o país enfrenta um momento em que o acesso a dados sobre meio ambiente está cada vez mais difícil.

1.1 Objetivo

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de uso dos dados disponibilizados pelo sistema *Global Fishing Watch* (GFW) como suporte à análise espacial da atividade pesqueira de grande porte do Brasil.

1.1.1 Objetivos específicos

Por objetivos específicos têm-se:

- Verificar a acurácia dos algoritmos de classificação do GFW para a frota brasileira de grande porte;
- Avaliar a representação da frota pesqueira (vara e isca-viva, arrasto, espinhel, cerco e petrechos fixos) no GFW e de sua respectiva atividade em relação ao que está oficialmente registrado no Brasil;

1.2 Relevância e justificativa

Considerando a importância dos pontos de vista biológico social e econômico, a preservação e gestão correta dos recursos pesqueiros é crucial. Diante do recrudescimento das políticas de dados públicos governamentais brasileiros além de uma participação maior da comunidade científica, são fundamentais iniciativas como a do Global Fishing Watch. Uma vez que esse caso específico é recente e os dados só foram aplicados em larga escala (global) ou em países de maior adoção do Sistema Automático de Informação (AIS)- sendo esse sistema imprescindível para a aquisição de dados pela GFW-, a aplicabilidade deles para o Brasil ainda é desconhecida.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 A atividade pesqueira: características e impactos socioambientais

A pesca é uma atividade milenar que consiste na retirada de animais aquáticos (incluindo, sobretudo, peixes e moluscos) de seu ambiente. Nota-se, desde já, que a pesca é uma atividade análoga à caça, enquanto a aquicultura serviria de paralelo para a atividade de pecuária. Desde seu surgimento até os dias atuais, diversas técnicas foram criadas, sendo as embarcações possivelmente umas das mais importantes inovações (NYBAKKEN, 2004). Por conta da importância das embarcações para atividade pesqueira mundial, esse trabalho aborda as pescarias que as utilizam.

As embarcações pesqueiras podem ser divididas pelos diferentes tipos de artes de pesca que elas empregam. Isso influenciará não somente as espécies alvo, como se dará os cruzeiros e em que locais se ocorrerão as pescarias. Para fins de esclarecimento, apesar de haver diferenças conceituais entre tipo de embarcação e petrecho que ela emprega, esses termos serão usados de forma intercambiável. Como o escopo da presente dissertação, cujo foco é nas embarcações de grande porte os principais tipos são, de acordo com o diagnóstico da cadeia produtiva da pesca no estado do Rio de Janeiro (FAERJ e SEBRAE-RJ, 2009):

Emalhe: Técnica na qual os peixes ficam presos ao colidirem contra a rede;

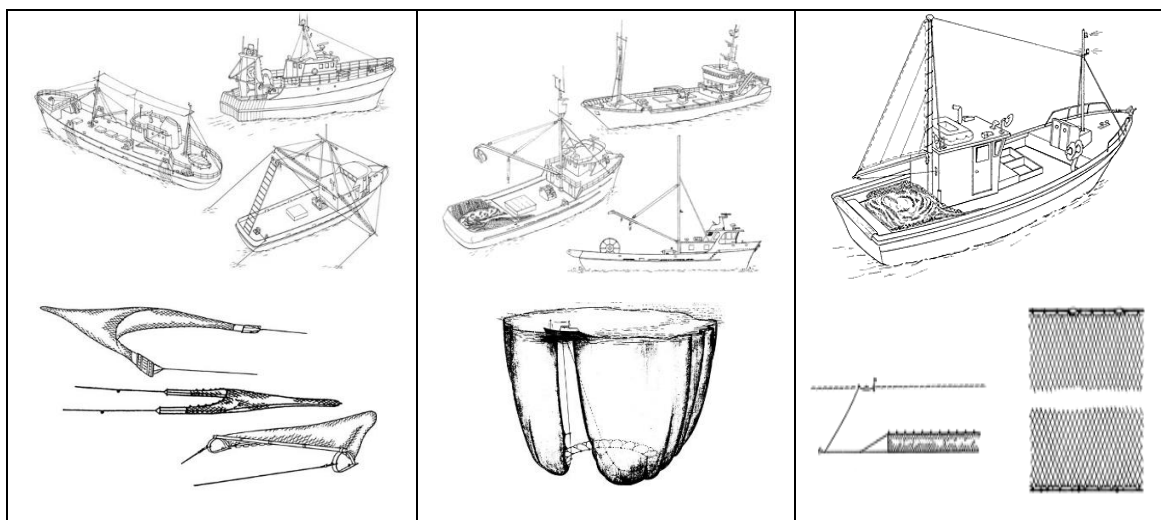
Cerco: Técnica na qual redes cercam os cardumes pelos lados e por baixo. Amplamente utilizada para a pesca de pequenos pelágicos (pelágicos são os organismos que habitam o “meio” da coluna d’água) como anchoveta, tainha e a sardinha-verdadeira, um dos principais recursos pesqueiros do país. Contudo, ela também pode ser utilizada na pesca de grandes pelágicos como os atuns. Usualmente, atuam em conjunto com um barco menor (caíco) que é lançado da embarcação principal ao mar para auxiliar no cerco. Não obstante, esses últimos alvos são poucos no Brasil.

Arrasto: Na pesca de arrasto, as redes são rebocadas e possuem um saco em seu fundo. Normalmente são utilizadas para a pesca de fundo. Essa pesca é pouco seletiva em termos de espécies-alvo, sendo muito comum a ocorrência do bycatch (FAO, 2014), que será detalhado mais adiante. Além disso, apesar de não possuir um grande volume de pesca, é responsável por captura de organismos de alto valor como linguados e camarões, o que a torna economicamente importante.

Espinhel: o espinhel é uma linha onde são fixados vários anzóis. Podem ser na vertical ou na horizontal, sendo que para esse último caso ele pode ficar no fundo ou na superfície. Com o tempo, os espinhéis foram ficando cada vez maiores, podendo atualmente suplantar 130 quilômetros de extensão e conter milhares de anzóis (PAES e MONTEIRO-NETO, 2009). Os atuns, que também são chamados de tunídeos (grupo que inclui espécies como *Thunnus atlanticus*, bonito, e albacora) são os principais peixes pescados com espinhel e possuem grande valor comercial.

Vara e isca viva: Muito comum no Brasil para a pesca de espécies pertencentes à família dos atuns (scombridae). 1 ou mais anzóis podem ser lançados por pescador. Por vezes a pesca com vara utiliza iscas vivas, fazendo com que ela necessita de uma pescaria prévia para a captura dessas iscas, que costumam ser pequenos pelágicos.

Petrechos fixos: Podem ser utilizadas para pescar animais de diversos grupos, sendo muito empregada para a pesca de polvos. Nas armadilhas, o animal entra, porém não consegue sair. São lançadas no fundo do mar e podem ser feitas de diversos materiais.¹



¹ Para uma discussão mais detalhada, ver Fisheries and Aquaculture Topics, 2020. (fao.org/fishery/)

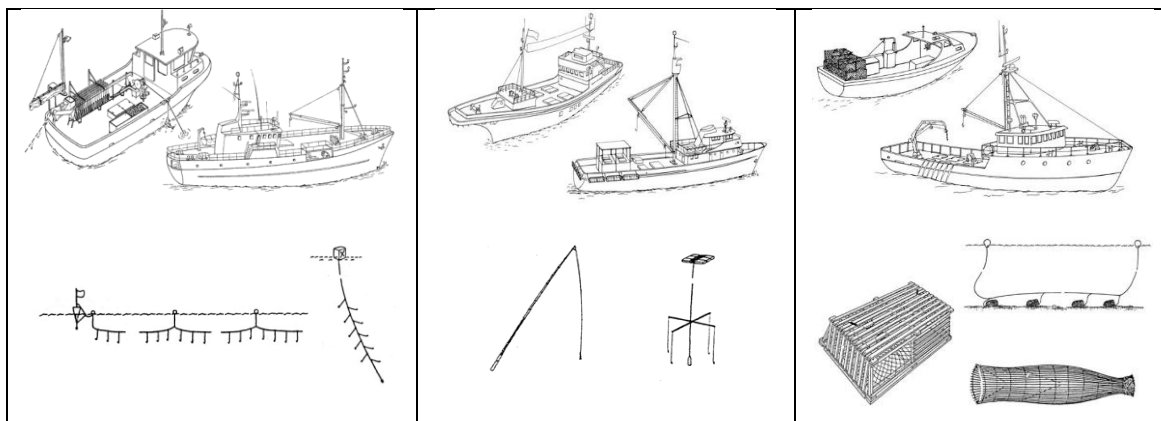


Figura 1: Principais tipos de embarcações com os petrechos usualmente usados. Do canto superior esquerdo ao inferior direito: Arrasto; Cerco; Emalhe; Espinhel; Vara e isca-viva; Petrechos fixos (extraído de FAO, 2016).

Cada tipo de pescaria possui características próprias em termos de velocidade, tempo de operação etc., o que permite que sejam diferenciados um dos outros com por meio de diversas técnicas tais como mineração de dados e *machine learning* (SOUZA et al., 2016). Entretanto, cabe destacar que uma embarcação não necessariamente se limita a utilizar um único tipo de petrecho. Um exemplo disso, é que a pesca de atuns pode ser feita utilizando varas, sendo que ela pode ser precedida por uma pescaria de cerco que visa capturar pequenos pelágicos que serão utilizadas como iscas vivas (OCCHIALINI, 2013). Ainda no que diz respeito à caracterização das embarcações e sua operação, é importante destacar que duas importantes métricas do tamanho das embarcações é o comprimento e a Arqueação Bruta (AB), medida adimensional indicativa de volume. O presente trabalho utilizará a lei 11.959/09, que regulamenta a pesca no Brasil, para estabelecer os critérios em relação ao tamanho das embarcações. dessa forma, serão consideradas embarcações de grande porte aquelas cuja AB for igual ou superior a 100 (BRASIL, 2009).

Mais do que isso, um segundo recorte é feito no sentido de analisar somente as embarcações que atuam no mar (ignorando, portanto, pescas em água doce), ambiente de onde saem 95,9% do total que é pescado no mundo (FAO, 2018), ainda que no Brasil esse valor possa ser um pouco menor em decorrência da suas vastas bacias hidrográficas.

Antes de discutir as consequências da prática da pesca propriamente dita, é necessário apresentar o conceito de Produção Máxima Sustentável (MSY, na sigla em inglês). Seu surgimento formal surgiu com Milner Schaefer, em 1954, e se baseia no modelo de crescimento logístico de populações (TSIKLIRAS e FROESE, 2019). Apesar de haver outros modelos mais

complexos e acurados, eles não serão considerados aqui, pois necessitam de uma quantidade maior de dados que nem sempre estão disponíveis, de forma que eles são menos utilizados.

Segundo o modelo de Schaefer, o crescimento populacional das espécies marinhas se dá através de uma curva sigmoide: inicialmente, a quantidade de indivíduos é pequena, a prole também não será muito grande. Contudo, com o passar das gerações, conforme a população aumenta, a taxa de crescimento fica maior também. Isto ocorre até que a população está próxima a capacidade de suporte k do ambiente. Essa capacidade de suporte é justamente o tamanho máximo que uma população pode atingir em um ambiente (sendo limitada, por exemplo, pela quantidade de alimento disponível ou então por espaço). Conforme a população se aproxima de k , o crescimento é reduzido até que ele passe a flutuar em torno desse valor máximo. Quando uma população está aproximadamente metade da capacidade de suporte, a taxa de crescimento atinge o seu ápice, sendo esse o valor da MSY . Em outras palavras, esse é o limite ao qual os estoques podem ser reduzidos sem comprometer a continuidade do mesmo, visto que nesse ponto a reposição de indivíduos ocorre na maior velocidade possível. O cálculo da derivada dessa taxa de crescimento da população ajuda a perceber como de fato a produção de biomassa é maior no ponto definido para ser a de MSY (Figura 2). É importante salientar que a MSY tende a ser demasiadamente permissiva no que tange as capturas. Com isso, ela se transformou em um valor a ser evitado em vez de um a ser alcançado (TSIKLIRAS e FROESE, 2019).

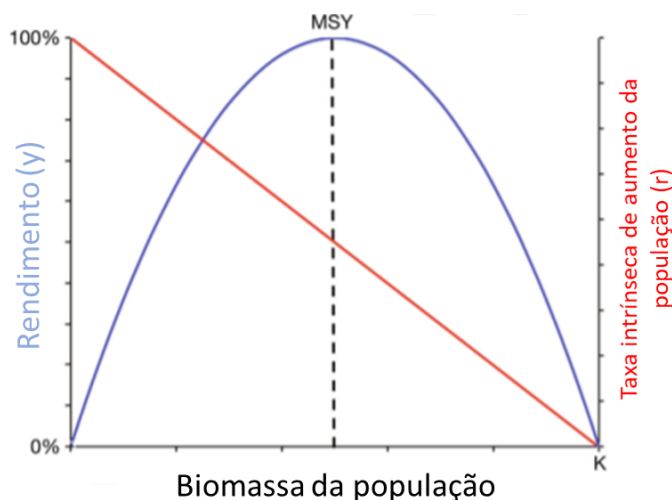


Figura 2: Modelo da MSY (adaptado de Tsikliras e Froese, 2019).

Outro conceito importante é o de Rendimento Econômico Máximo (MEY, na sigla em inglês). Ele considera o custo das operações de pesca diante da quantidade de esforço empregado e o retorno financeiro obtido (TSIKLIRAS e FROESE, 2019). Um dos aspectos relevantes para a discussão proposta aqui é que o MEY é influenciado por subsídios e que ele é obtido com um esforço menor do que aquele necessário para alcançar a MSY. Além disso, é importante notar que o esforço é apresentado como o resultado de todos os esforços empregados pela frota somados, o que permite uma visão mais ampla e racional do que está acontecendo, em oposição a uma análise feita sobre os rendimentos de cada embarcação.

Munidos do entendimento acerca da MSY, pode-se enfim apresentar as principais consequências da pesca feita com pouco ou nenhum controle. De fato, os problemas relacionados à captura de espécie marinhas são muitos e se manifestam de diversas formas. Um dos principais é a sobrepesca. Ela é caracterizada pela retirada de indivíduos além do que for estabelecido como MSY para um determinado estoque e pode ser classificada em dois tipos: a de recrutamento e a de crescimento. Na sobrepesca de recrutamento, há uma retirada grande de indivíduos adultos, de forma a comprometer os recrutamentos seguintes, podendo facilmente levar uma dada espécie a extinção. Peixes pelágicos como a sardinha, o arenque e anchoveta são muito vulneráveis à essa modalidade de sobrepesca. A sobrepesca de crescimento ocorre quando os indivíduos mais jovens são pescados, porém sem afetar tão severamente o recrutamento (PAES e MONTEIRO-NETO, 2009).

Uma das principais consequências da falta de regulamentação pode ser verificada na constatação de que atualmente, 60% dos estoques estão no limite biológico de exploração e 33% já está sobrepescado (FAO, 2018). Espécies como o Atum-rabilho (*Thunnus thynnus*) já apresentam redução da extensão geográfica de sua ocorrência (WORM e TITTENSOR, 2011), enquanto as Baleias-cinzentas (*Eschrichtius robustus*), se tornaram comercialmente inviáveis (McCAULEY et al., 2015). Para o Brasil, pode-se citar a extinção do tubarão branco no Rio de Janeiro e que no mesmo estado o peixe- serra está próximo de desaparecer (LOPES et al., 2016). Outro aspecto interessante foi a observação de que há uma tendência de estarmos pescando cada vez mais em níveis tróficos inferiores, isto é, há uma tendência de pescarmos mais esses organismos em detrimento de predadores de topo (PAULY, 1998). Pode-se citar ainda uma tendência de redução de tamanho corpóreo de peixes por conta da sobrepeca (AUDZIJONYTE et al., 2013). No caso da corvina (*Micropogonias furnieri*), por exemplo, os espécimes atuais encontrados no Rio de Janeiro possuem um tamanho médio 28% menor se comparado com esqueletos daqueles que viveram há pelo menos 600 anos (LOPES et al., 2016).

As políticas públicas adotadas pelos países contribuem para a piora da situação. A pesca é uma atividade extremamente custosa e subsídios estatais são amplamente utilizados no mundo. Para o ano de 2009, trabalhos apontam que foram gastos cerca de 35 bilhões de dólares em subsídios (SAKAI et al. 2019). Mais do que isso, esses subsídios são destinados sobretudo para a pesca industrial, que possui grande volume de captura com relativamente pouca gente trabalhando, em vez de valorizar a pesca artesanal. Não o suficiente esse dinheiro é alocado de forma a contribuir com a sobrepesca (SAKAI et al. 2019). Não obstante os grandes esforços, a quantidade capturada permanece relativamente estável desde a década de 1980, em torno de 90 milhões de toneladas (FAO, 2018). Isso sugere que os subsídios estão incentivando pessoas a entrarem em um mercado que já está saturado, gerando um processo de supercapitalização da pesca. Então, apesar de individualmente cada pescador obter determinado lucro, no somatório total o esforço já ultrapassou o MEY. Uma forma de identificar que esses incentivos e o próprio esforço massivo em si não está gerando os resultados esperados é através da evolução da captura por unidade de esforço (CPUE). Para o período de 1950 a 2010, foi observado um aumento de 54% na CPUE global, sendo a maior parte desse crescimento ocorrendo após a década de 1980 (ANTICAMARA et al., 2010).

Contudo, é importante destacar que nem sempre uma redução de estoque pode ser atribuída à sobrepesca, pelo menos de forma exclusiva. A queda nas capturas de anchovetas peruanas (*Engraulis ringens*) no Peru ilustra isso. Essa espécie ocorre com grande abundância no Peru devido ao sistema de ressurgência costeira presente lá e permite que haja uma maior produtividade primária que consegue sustentar uma grande biomassa de peixes. Esse padrão é quebrado durante a ocorrência do El Niño, fenômeno em que as águas superficiais ficam quentes, impedindo o aporte da água rica em nutrientes vinda do fundo do mar. A pesca de anchovetas que estava crescendo consistentemente desde 1950 teve uma queda em 1965 por conta desse fenômeno. Quando o El Niño ocorreu na década seguinte, já com uma situação de sobrepesca, a redução das capturas foi ainda mais impactante, com a magnitude de uma ordem de grandeza (de 13,1 milhões de toneladas métricas, para 1,7 milhões de toneladas métricas). No caso da sardinha californiana (*Sardinops sagax*), é hipotetizado que a população pode passar por ciclos naturais que ocorrem entre um período de 500 a 1700 anos (NYBAKKEN, 2004)

Há ainda outro fenômeno a se considerar na presente discussão muitas vezes associado que é o bycatch (ou pesca incidental), no qual diversas espécies diferentes das que são alvo de uma determinada pescaria também são capturadas por acidente. Isso se torna particularmente grave quando essas pescarias envolvem espécies em risco de extinção (MEYER et al., 2017).

Esse tipo de captura não se restringe somente a animais marinhos, podendo atingir, por exemplo, aves (NORMAN, 2000). Apesar da dificuldade em se obter estimativas específicas sobre a pesca incidental, as estatísticas mundiais sobre o descarte de peixes antes do desembarque (o que além de incluir bycatch, considera também perdas devido à má conservação dos peixes ou espécimes de baixo valor comercial, por exemplo) indica, para o período de 1994 a 2004, perdas da ordem de 7,3 milhões de toneladas de peixe por ano (FAO, 2004). Para efeitos de comparação, isso representa aproximadamente 10% da captura total de peixes no mundo (ZELLER et al., 2017). Cabe frisar ainda que o descarte, seja por quais motivos for, aumenta a quantidade pescada, seja pela maior biomassa extraída do mar, seja para compensar as perdas pelo esforço sem retorno comercial.

A pesca fantasma é outra questão relevante no que tange impactos causados pela pesca. Ela é caracterizada por animais que são capturados por petrechos de pesca abandonados no mar, tais como redes e linhas. Assim como o bycatch, a pesca fantasma é problemática no sentido de ser pouco seletiva, podendo atingir diversas espécies, sobretudo aquelas que são mais vulneráveis à extinção. Somente no ano de 2017, foram confirmadas que 76 baleias de grande porte ficaram presas em redes abandonadas (NOAA, 2018) apenas nos Estados Unidos. Em termos de quantidade de material descartado no mar, é estimado que 46% dos rejeitos encontrados na grande mancha de lixo do oceano pacífico sejam compostos por redes de pescas abandonadas (LEBRETON et al., 2018). Outro efeito colateral da pesca fantasma é que os equipamentos abandonados podem servir de vetor para que ocorra a bioinvasão (SOUZA et al., 2009).

A pesca gera impactos não relacionados apenas à captura/morte de peixes. Nesse sentido, um aspecto relevante a se considerar diz respeito à destruição de recifes de corais. Apesar de frequentemente relacionado às mudanças climáticas, a degradação desse ecossistema pode estar associada com a atividade pesqueira, sobretudo em decorrência do impacto mecânico das ancoragens (RIEGL, 2001) e arrastos (REED et al., 2007) em áreas cujo o fundo é coberto por esses animais. Considerando que o crescimento dos corais é pequeno, frequentemente sendo inferior a 1 centímetro por ano, sua destruição é preocupante, pois a recuperação desses ambientes pode levar centenas de anos (RIEGL, 2001).

A pesca também gera impactos na sociedade em si. Há evidências de que embarcações pesqueiras são utilizadas para atividade como tráfico de armas e drogas (BOERDER et al., 2018). Nem sempre, contudo, os tripulantes das embarcações pesqueiras estão voluntariamente

participando dessas ações (LIMA e GALDO, 2018). O acesso aos recursos pesqueiros podem ser causa de conflitos também (JABLONSKI et al., 2006).

O quadro apresentado gera grande preocupação, pois a preservação da biodiversidade marinha é importante sob diversas perspectivas. É notório que 16% da proteína animal consumida pelo homem advém do mar (PAES e MONTEIRO-NETO, 2009). Há ainda uma fração significativa dessa proteína que é utilizada na fabricação de ração para a pecuária (FAO, 2018). Os recursos marinhos são, portanto, importantes sob o ponto de vista da segurança alimentar. Isso se torna cada vez mais importante no contexto das mudanças climáticas e de destruição de ecossistemas terrestres, uma vez que a pecuária consome recursos e gera impactos com grande intensidade. Para cada grama de proteína existe no gado, é necessário gastar 112 litros de água, e cada boi/vaca emite de 0,24 a 0,28 quilos de metano por quilo de massa corporal por dia (VARELIS et al., 2019). As pescarias podem ser expressivamente menos impactantes, dependendo da forma que elas sejam realizadas. As emissões de gases estufas na pesca são largamente associadas ao consumo de combustível das embarcações (NIJDAM et al., 2012).

A geração de empregos é outro aspecto importante trazido pela pesca que impacta de maneira direta e imediata a vida da humanidade. Atualmente, cerca de 700 mil pessoas estão empregadas no ramo da pesca no Brasil (PAES e MONTEIRO-NETO, 2009). Para o ano de 2030, são estimadas que 10 milhões de pessoas no mundo todo estejam empregadas somente no ramo da pesca industrial (OCDE, 2016). Em termos monetários, a pesca movimentou no mundo em 2016 cerca de 130 bilhões de dólares (FAO, 2018).

Olhando por um lado menos imediatista, a pesca pode desestabilizar o funcionamento de ecossistemas marinhos e isso pode ocorrer de diversas maneiras. Espécies cuja população foi drasticamente reduzida pode abrir um nicho para que uma outra ocupe, diminuindo ainda mais a população original de um lugar. Tal coisa que ocorreu com a pesca excessiva de bacalhau e eglefim no norte do Atlântico que permitiu um crescimento populacional de tubarões. Uma outra forma de ocorrer desequilíbrio é por conta do controle bottom-up, como uma redução nos estoques de *Gadus chalcogrammus* resultou na redução subsequente de leões marinhos (*Eumetopias jubatus*), um de seus principais predadores (NYBAKKEN, 2004). Inversamente, o controle top-down também pode ser impactado pela pesca. Na Califórnia, durante os séculos 18 e 19, a remoção da lontra do mar causou uma grande perda de biodiversidade. Isso porque a lontra conseguiu preda outras espécies de forma que nenhuma conseguisse se sobressair drasticamente em relação às outras (BEGON, 2006). Tais perdas podem, em última análise,

prejudicar serviços ecossistêmicos importantes, que podem variar desde ciclagem de nutrientes até a produção de oxigênio.

Por fim, mas não menos importante, a biodiversidade guarda um enorme potencial a ser explorado. O setor de biotecnologias é um grande beneficiário desse potencial, sobretudo no que tange a prospecção de novas substâncias para serem usadas nas mais diversas áreas. Na área médica, por exemplo a esponja *Cryptotethya crypta*, vêm sendo amplamente pesquisada para o tratamento de doenças como câncer de pulmão (ANJUM et al., 2016). Considerando que conhecemos somente cerca de 9% das espécies marinhas (MORA et al., 2011), é necessário preservar ao máximo as espécies para que possamos ao menos saber que tipo de informação biológica pode desaparecer.

2.2 Desenvolvimento da atividade pesqueira no Brasil

A biodiversidade marinha possui, historicamente, relevância para a sobrevivência dos primeiros indivíduos a ocuparem a terra que hoje compreende o Brasil (LOPES et al., 2016). De fato, há registros de comunidades pré-históricas que formavam sambaquis, montes formados por aglomerados de conchas. Neles, é possível constatar, dentre outras coisas, ossadas de peixes, indicando que a ictiofauna fazia parte da dieta desses povos, em conjunto com moluscos e outros frutos do mar. Ademais, os restos desses animais podiam ser usados com adereços entre outros.

Quando se analisa as espécies que habitaram a terra milênios atrás, há claras evidências de como desde cedo os humanos contribuíram para o declínio de diversas populações (ARAÚJO et al., 2017). No mar, entretanto, elas são mais sutis. Mesmo não havendo indicativo de espécies que foram extintas, o fato de haver registro de pesca de espécies vulneráveis à extinção (cujas características incluem um crescimento lento e número reduzido de filhotes) e evidência de atividade pesqueira em áreas especiais como berçários sugerem haver uma super exploração de espécies marinhas (LOPES et al., 2016).

Assim, os próprios registros em sambaquis já podem partir de algum grau de degradação. Tal fenômeno foi denominado de Síndrome das Mudanças dos Níveis de Base e afirma, sucintamente, que não é possível garantir que mesmos os registros mais antigos já não tenham embutido algum nível de degradação, potencialmente inviabilizando a definição de como seria um ambiente pristino (JACKSON, 2001). Como conclusão, mesmo as estimativas

de redução dos estoques e tamanho corpóreo menos conservadoras podem estar subestimadas. (PAULY, 1995).

De qualquer maneira, a chegada dos europeus começou lentamente a mudar a forma como a atividade pesqueira se desenvolveu no país. A partir desse ponto pode-se dividir a história em 2 grandes períodos: de 1500 a 1962 (também chamado de pré industrial ou artesanal) e de 1963 em diante (GIULLETI e ASSUMPÇÃO, 1995). Durante esse primeiro período, a pesca no Brasil se restringia basicamente às atividades artesanais e à pesca de baleia. Para esses mamíferos, desde o século XIX percebeu-se um declínio de suas populações em diversos lugares tais como a Baía de Guanabara (VILLAC e TENENBAUM, 2010).

Essa situação mudou radicalmente durante a década de 1960, com o impulso de fortes incentivos governamentais, que aconteceram sobretudo por meio da Superintendência de Desenvolvimento da Pesca, fundada em 1962 (GIULLETI e ASSUMPÇÃO, 1995). A frota, que era basicamente artesanal, se industrializou e durante os próximos 20 anos a pesca no Brasil atinge seu auge, com a produção alcançando o recorde de 760 mil toneladas pescadas em um ano. Todavia, esse crescimento não foi feito com o devido respaldo científico, e já com o final da década de 1980 os principais estoques estavam sobrepescados e houve uma significativa redução na captura (PAES e MONTEIRO-NETO, 2009).

Concomitantemente, os impactos descritos anteriormente chamaram a atenção de diversas entidades, como Estados e Organizações Não Governamentais que passaram a discutir diversas medidas para tentar solucionar o problema. Em âmbito internacional, um marco fundamental foi a Convenção das Nações Unidas para direito do Mar (CNUDM), ocorrida em 1982, ao qual o Brasil foi signatário. Nela, estabeleceu-se uma série de normativas para o gerenciamento da exploração dos recursos marinhos. Nessa convenção foi criada a Zona Econômica Exclusiva (ZEE), faixa de mar de 360 quilômetros adjacente à costa de um Estado, em que ele possui direito soberano de explorar, gerenciar e conservar os recursos vivos e não vivos (ONU, 1982).

Mais recentemente, a conservação dos estoques pesqueiros foi incluída nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015). Sobre tal documento, salienta-se o objetivo 14.4:

*“Até 2020, regular a coleta e acabar com a sobrepesca, pescas ilegais, não reportadas e reguladas e práticas de pesca destrutivas e **implementar planos de gestão cientificamente embasados**, para restaurar os estoques pesqueiros no menor tempo possível,*

aos níveis que possam alcançar a produção máxima sustentável determinada pelas características biológicas” (Tradução do texto original e grifo feitos pelo proponente).

No Brasil, uma série de medidas também foram tomadas, algumas de caráter mais geral e outras mais específicas. Para o primeiro caso, a conservação dos recursos naturais teve como marco fundamental a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), instituída pela lei 6.938/81. A partir dela, estabeleceu-se os objetivos que o Estado deveria ter, bem como foi dado o rumo que as políticas ambientais deveriam tomar. Pode-se citar, respectivamente, os incisos I e IV do seu artigo 4º que diz que a PNMA visa:

“à compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico;”

E

“à preservação e restauração dos recursos ambientais com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente, concorrendo para a manutenção do equilíbrio ecológico propício à vida;” (BRASIL, 1981)

Em termos de políticas nacionais com um foco maior para a área marítima, uma das medidas pioneiras foi a Política Nacional Marítima, criada inicialmente em 1984, porém substituída por uma nova dez anos mais tarde pelo decreto federal 1.265/94 (BRASIL, 1994). Nela, cabe destacar a importância dada para a observância à acordos internacionais aos quais o Brasil é signatário. Além disso, percebe-se nessa lei que apesar de já haver uma preocupação com a sustentabilidade da exploração dos recursos vivos, o objetivo principal das ações propostas para a pesca ainda era o crescimento desta atividade, com ênfase na participação nacional.

Outro importante marco foi a Política Nacional para Recursos do Mar cujas diretrizes gerais foram estabelecidas em 1980, porém sua aprovação se deu somente em 2005 por meio do decreto 5.377/05. Seus principais objetivos são a formação de recursos humanos; o estímulo à pesquisa, ciência e tecnologia marinha e; exploração e aproveitamento sustentável dos recursos do mar. Sobre esta última, destaca-se que a estratégia para alcançar este objetivo inclui a gestão integrada dos ambientes costeiro e marítimo, além de que junto com uma ênfase no uso dos recursos marinhos de forma sustentável, a proteção dos ecossistemas também ganha destaque (BRASIL, 2005).

Outras medidas mais específicas foram tomadas, como a criação de períodos de defeso, em que a captura de determinadas espécies é temporariamente proibida em certos períodos do ano (normalmente durante a fase reprodutiva da espécie alvo), de forma a evitar a sobrepesca de recrutamento. Um exemplo disso é o defeso da anchova (BRASIL, 2009 (b)), importante recurso pesqueiro do país. Para outras espécies mais ameaçadas de extinção, como o mero, a proibição da pesca é total (BRASIL, 2015). Há ainda a proibição da pesca em um raio de 500 metros no entorno de plataformas de petróleo (BRASIL, 2005 (b)), apesar da finalidade dessa medida não ser a conservação de espécies marinhas. A Figura 3 ilustra os principais marcos para a gestão pesqueira, incluindo o Programa de Rastreamento de Embarcações pesqueiras, a ser descrito na seção 2.3 desse texto.

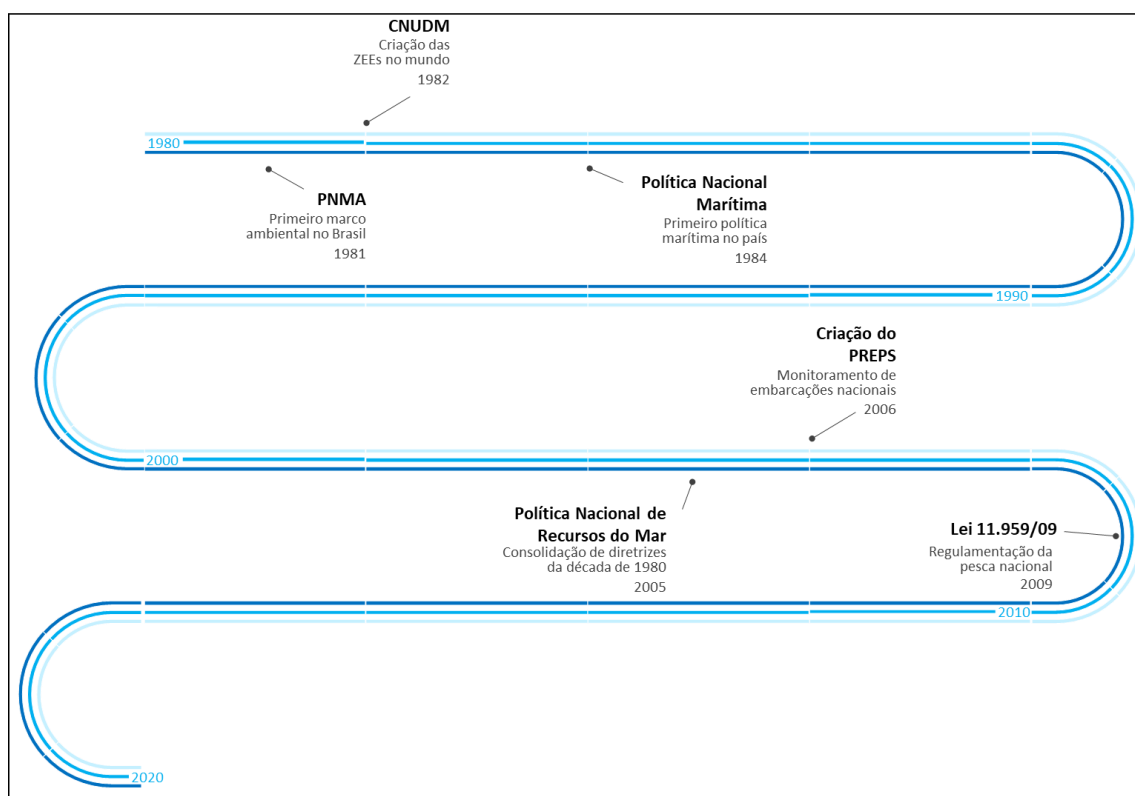


Figura 3: Linha do tempo com os principais acontecimentos referentes à pesca no Brasil

Todavia, para que esses esforços de fato encontrem resultados satisfatórios é necessário implementar medidas de fiscalização e controle das atividades pesqueiras realizadas no mar. Esse ambiente muitas vezes apresenta uma gestão desafiadora, por requerer uma complexa e cara infraestrutura, muitas vezes baseada em rondas com embarcações (KACHELRIESS et al., 2014). Em especial, a pesca de atuns ocorre em grande parte longe das águas costeiras (SALA et al., 2018). Por conta disso, a partir dos anos 1990 houve um crescimento dos Sistemas de Monitoramento de Embarcações (VMS, na sigla em inglês) (GONZÁLEZ et al., 2004). Tais

sistemas se baseiam na transmissão/ recebimento de dados por satélite e permitem o monitoramento dos cruzeiros de pesca e, com um tratamento mais apurado dos dados, inferir a ocorrência de atividade pesqueira ou não.

2.3 Sistemas de monitoramento e controle da atividade pesqueira

No Brasil, o uso de um VMS se deu por meio do Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite (PREPS), que foi instituído e criado em 2006 a partir da Instrução Normativa de Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca número 2/06. Nesse programa, o rastreamento é feito de forma remota por meio da instalação de um equipamento emissor nas embarcações. Tal equipamento é dotado de um Sistema de Posicionamento Global (SOUZA, 2010). Sinais são emitidos a cada hora e são captados por empresas prestadoras de serviço para serem subsequentemente enviados para a Central de Rastreamento, localizada no Comando de Operações Navais da Marinha do Brasil, no Rio de Janeiro (SOUZA, 2010). Dentre os principais objetivos do PREPS, está a fiscalização e minimização de conflitos entre pesca industrial e artesanal, além da possibilidade de salvamento imediato da tripulação em caso de acidente e a verificação do uso de subsídios para a compra de combustível para embarcações e das permissões de pesca (BRASIL, 2006). Toda a embarcação com comprimento e arqueação bruta superiores a 15 metros e 50, respectivamente, são obrigadas a participar do PREPS. Os dados do PREPS podiam ser acessados por pesquisadores, com base na Lei de Acesso à Informação (BRASIL, 2011). A partir destes, diversos trabalhos foram publicados.

Apesar desses esforços, tanto do setor acadêmico quanto dos órgãos técnicos, o cenário político por diversas vezes se mostrou desfavorável para uma gestão adequada dos recursos, sobretudo no que tange às pessoas que ficaram à frente da pasta da pesca. Durante o final da década de 1990, Gabriel Calzavara foi diretor da secretaria de Pesca e Agricultura (BRASIL, 1999). Calzavara, que também era armador de pesca, foi responsável pela flexibilização das regras para o arrendamento de embarcações estrangeiras e em pouco tempo, se tornou o maior beneficiário da lei do Brasil (TEIXEIRA, 2017), sendo o responsável por 15 dos 17 arrendamentos para a pesca de tunídeos ocorridos em 2011. (BRASIL, 2010).

Já durante no início da década de 2010, foi notório que a pesca, que adquirira status de ministério, foi chefiada pelo então pastor Marcello Crivella, e, segundo nota divulgada pela Secretaria da Presidência da República: “*A mudança permite a incorporação ao Ministério de um importante partido aliado da base do governo.*” (AGÊNCIA SENADO, 2012). O então ministro apontou objetivos de captura irreais ao não se levar em conta as características

oceanográficas do país, afirmando que pretendia duplicar a produção sustentável da pesca (AGÊNCIA SENADO, 2012 (b)). Tal impossibilidade já havia sido apontada por estudos de estoque que foram largamente fruto do programa Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva – REVIZEE, que visava o conhecimento da biodiversidade nacional o que por consequência garantiria a exclusividade de acesso a ela pelo Brasil, conforme fora estabelecido pela CNUDM e realizados durante a década de 1990 (MMA, 2006).

A acentuação dos problemas relacionados à gestão da pesca, contudo, está ocorrendo desde o final de 2018. Não apenas a chefia da pesca (que tornou novamente a ser uma secretaria) estar mais uma vez nas mãos de um empresário, Jorge Seif Júnior, como há também outras medidas cujos efeitos são extremamente prejudiciais. Uma das principais foi o corte de verba de várias instituições de ensino e pesquisas, o que já afeta o desenvolvimento de diversos projetos (TOLLEFSON, 2019; ANGELO, 2019). Além disso, o atual governo restringiu o acesso aos dados do PREPS.

Por outro lado, diversas iniciativas ao redor do mundo vão no sentido contrário, de tornar dados relativos à ciência públicos. Com isso, mais pessoas podem validar a qualidade deles, bem como conduzir pesquisas cujos provedores não teriam pessoal suficiente para fazê-las. Um exemplo notório disso é a disponibilização da coleção de imagens Landsat para o mundo inteiro (STRAUB et al., 2019). No Brasil pode-se citar o Mapbiomas e os dados do Instituto Nacional de Pesquisas espaciais.

Também na mesma direção da publicização de dados, surge em 2016 a Global Fishing Watch (GFW), uma organização não governamental criada pela Oceana em parceria com o Google e a Skytruth que tem por finalidade dar mais transparência à pesca mundial. Para tanto, eles se valem de dados do Sistema Automático de Informações (AIS na sigla em inglês), dispositivo de segurança obrigatório em embarcações que carregam carga superior a 300 toneladas. A partir do AIS, foram criados algoritmos baseados em Redes Neurais Convolucionais (CNN, na sigla em inglês). Um é capaz de identificar se uma embarcação está pescando ou não; e o outro estimar suas características gerais, em especial que tipo de petrecho é utilizado e métricas como comprimento, AB e potência do motor (KROODSMA et al., 2018).

Em 2018, a GFW lançou sua plataforma online (Figura 4), onde é possível consultar um mapa com os dados de 2012 até o presente momento referentes à atividade pesqueira mundial produzidos pelos algoritmos (GFW, 2020). Não somente isso, como arquivos .csvs com os

mesmos dados utilizados para confeccionar o mapa e scripts estão disponíveis para download. Seja pela necessidade atual de alguma fonte de dados pública, seja pelos benefícios já discutidos de dados abertos, a GFW surge com grande potencial para auxiliar pesquisas futuras sobre a pesca no Brasil.

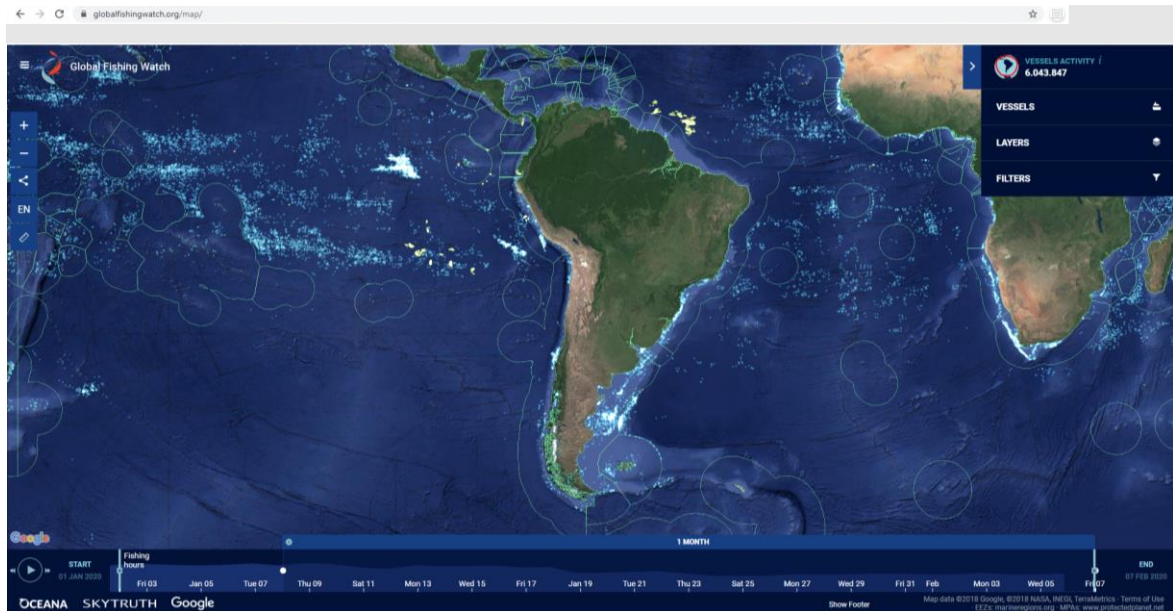


Figura 4: Captura de tela da interface do mapa online interativo da GFW

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O Brasil é um país de dimensões continentais que possui uma ZEE com 3,6 milhões de quilômetros quadrados de extensão. Além disso, algumas localidades como os arquipélagos de Trindade e Martin Vaz e São Pedro e São Paulo, estão a 1010 e 970 quilômetros da costa do continente, respectivamente (Figura 5). Apesar de importantes para o incremento da ZEE brasileira, o isolamento deles torna a fiscalização uma tarefa difícil. Em termos gerais, a região Sul-Sudeste é a mais relevante em termos de captura, apesar de o país como um todo não ter grande potencial para pesca (MMA, 2006)



Figura 5: Mapa do Brasil com destaque para: a ZEE; a isóbata de 500 metros de profundidade (indicando a quebra da plataforma); e os arquipélagos de Trindade e São Pedro e São Paulo.

3.2 Dados

Os dados da Global Fishing Watch estão publicamente disponíveis no site globalfishingwatch.org, por meio de um mapa online interativo ou para download por meio da criação de um login. Contudo, ressalta-se que até o presente momento só há uma versão do conjunto de dados que compreendia o período de 2012 a 2016. Para esse trabalho, foi feita uma solicitação por email, de forma que fosse possível ter acesso a uma versão atualizada do conjunto de dados. Além de ter um período abrangido maior, até 2018, é importante destacar que esses dados foram gerados a partir de uma nova execução dos algoritmos. Estes, por envolverem modelos probabilísticos e pelo fato da disponibilização dos resultados gerados se dar por meio de uma tabela de atributos nova (agora com as classificações parciais geradas pelas redes neurais), esses resultados podem diferir dos dados que atualmente se encontram por meio do site. O material liberado pelo GFW consiste de arquivos .csv diários, contendo, porém não limitado, às seguintes informações:

Mobile Maritime Identity Service (MMSI): É o identificador de cada embarcação, formado por uma sequência de 9 dígitos.

Date: Data em que foi registrada a atividade pesqueira em questão

Lat_bin: Latitude do registro da atividade de pesca. Possui 0,1 graus de resolução espacial

Lon_bin: Longitude do registro da atividade de pesca. Possui 0,1 graus de resolução espacial

Fishing_hours: Número de horas que uma determinada embarcação pescou durante o dia nas coordenadas especificadas nas duas colunas anteriores.

Vessel_type: Tipo de embarcação (pesca, cargueiro, etc.)

Vessel_class: Petrecho utilizado. Para esse trabalho, as embarcações foram divididas em espinhel horizontal de superfície (que nesse texto também poderá ser chamado apenas de espinhel horizontal), arrasto, vara e isca-viva, petrechos fixos (formado por espinhel vertical, emalhe, espinhel horizontal de fundo, potes e covos) e cerco. Apesar de nos csvs as classes serem mais específicas (e.g., especificando o tipo de armadilha fixas), visando uma maior compatibilidade com uma base de dados oficial utilizada como referência (que por sua vez possui embarcações com licenças para empregar mais de um tipo de armadilha fixa), optou-se por utilizar as classes descritas acima. Esse atributo é obtido a partir do melhor resultado obtido do uso em conjunto da disponibilidade de fontes oficiais com o algoritmo de classificação de

embarcações pesqueiros. No caso de o algoritmo não fornecer uma estimativa confiável, ele classifica a embarcação como pesca somente.

Inferred vessel class: A melhor classificação gerada pela rede neural, independentemente de grau de confiança

Length_m: Comprimento estimado por uma das redes neurais de uma embarcação

Tonnage_gt: AB estimado por uma das redes neurais de uma embarcação

Para que fosse feita uma comparação entre os dados da GFW com a realidade da frota brasileira, dados oficiais da mesma foram requisitados através da Secretaria de Especial de Aquicultura e Pesca (SEAP). Esta tem acesso ao Sistema de Registro Geral de Embarcações Pesqueiras (RGP) que por sua vez contém uma lista das embarcações registradas no país. Inicialmente, foram solicitados somente dados sobre embarcações que possuem um comprimento igual ou maior a 24 metro ou AB igual ou maior a 100. O arquivo recebido, contudo, incluía também embarcações menores do que as especificações. Posteriormente, foram feitas novas solicitações do conjunto de dados de todas as embarcações registradas, porém dessa vez não foi possível obter qualquer tipo de resposta por parte da SEAP. Dessa forma, assume-se que os dados utilizados aqui correspondem à totalidade das embarcações de grande porte (AB igual ou maior a 100) e mais um percentual desconhecido de embarcações de porte menor. A lista do RGP contém, porém não está limitada às seguintes informações:

Nome da Embarcação

Unidade Federativa de origem

Comprimento

Arqueação Bruta

Observação: Inclui os petrechos, espécies e localidades autorizados para cada embarcação.

Como a GFW utiliza o MMSI como identificador de embarcações e o RGP usa o nome delas, as bases eram incompatíveis entre si no sentido de permitir comparar as informações de cada embarcação uma a uma. Para contornar esse problema, foi feita uma correspondência entre o nome da embarcação e seu respectivo MMSI de forma manual, utilizando os sites Marine

Traffic, Fleet Motion e Vessel Finder. A partir da busca do número de MMSI neles, foi possível encontrar o respectivo nome de cada embarcação.

Utilizou-se como forma de dados complementares os *shapefiles* relativos às áreas do Brasil, da sua ZEE e batimetria. O primeiro foi obtido no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o segundo no site mairneregions.org, e o último no site do Serviço Geológico do Brasil. Então, as análises foram conduzidas segundo o disposto no esquema (Figura 6). Resumidamente, os algoritmos do GFW foram testados quanto a classificação do petrecho utilizado (*geartype*, na descrição dos dados) e as estimativas para comprimento e AB (acurácia das CNNs, na Figura 6) eram corretas. Além disso, foi verificado o percentual da frota brasileira presente na GFW e se as características dessa amostra representam bem o todo (representatividade da frota, na Figura 6). Com os dados das embarcações corretamente apontados por meio do RGP, foram gerados mapas de atividade pesqueiras, validados pela literatura existente. Subsequentemente, esses produtos cartográficos foram utilizados para validar os mapas elaborados somente com os dados da GFW, ou seja, sem a classificação de petrecho e tamanho da embarcação obtidos a partir do RGP. Por fim, a atividade da real de espinhel horizontal de superfície foi comparada com a da vara e isca-viva.

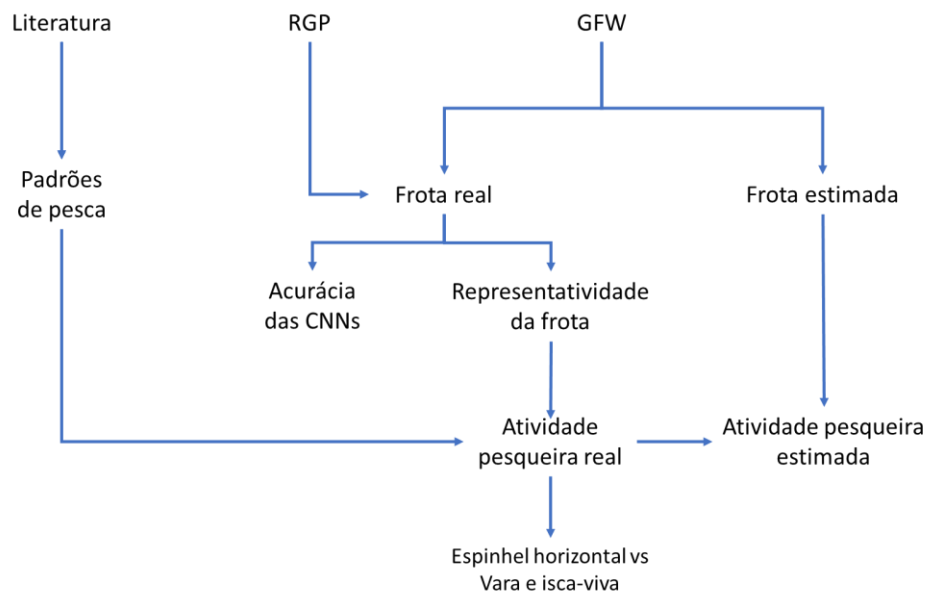


Figura 6: Esquema com as etapas de análise dos dados.

3.3 Avaliação da acurácia das redes neurais

A lista de embarcações do RGP foi utilizada como referência para avaliar o quão acurados foram os resultados obtidos a partir da GFW. O primeiro item a ser testado foi a classificação do petrecho. Para tanto, confrontou-se o petrecho apontado pela GFW que é utilizado por cada embarcação com o que está de fato registrado na SEAP.

Em segundo lugar, foi realizada uma avaliação quantitativa das estimativas de comprimento e AB das embarcações. O procedimento adotado foi separar as embarcações por tipo de petrecho e em seguida cada uma das classes foi submetida à testes de normalidade (tanto para comprimento quanto AB) para definir se seriam utilizados testes paramétricos (que assume algum tipo de distribuição matemática dos dados) ou não (em que não se assume distribuição alguma). Optou-se pela utilização do teste de Shapiro-Wilk por este apresentar melhor desempenho com amostras de número amostral pequeno (RAZALI e WAH, 2011). Definindo a distribuição assumida (normal ou não normal), o devido teste de correlação entre as bases de dados foi aplicado e as diferenças médias entre as medidas estimadas pelo GFW e os valores reais do RGP, calculadas.

Apesar de a importância de avaliar o algoritmo de identificação de atividade pesqueira, essa etapa não foi realizada. Ao contrário dos testes propostos, a atividade pesqueira em si não teria como ser testada. Por isso, assumiu-se que ela tem uma acurácia superior a 90%, conforme reportado por KROODSMA et al. (2018).

3.4 Representatividade da frota

Ao contrário do item anterior, em que os dados de todas as embarcações cuja identidade era conhecida foram utilizados, tanto para as análises de representatividade quanto os mapas de atividade pesqueira (visto que na Figura 6 uma sucede a outra) optou-se somente por aproveitar as embarcações de grande porte (AB igual ou maior a 100). Isso se justifica pelo fato de as embarcações de grande porte estarem todas no conjunto de referência (o RGP), e por conta do grande impacto que essas embarcações geram. Para o período de 2000 a 2003, as embarcações de médio e grande porte, apesar de constituírem apenas 10% da frota, foram responsáveis por 47% das capturas (MMA, 2006). Além disso, há uma tendência de aumento do uso do AIS (que permite que os dados de navegação sejam integrados à GFW) com o crescimento do tamanho das embarcações (KROODSMA et al., 2018). Com isso, esse segmento possui uma probabilidade maior do GFW abranger uma porcentagem significativa da frota nacional. Um

último recorte dos dados para as análises de representatividade e os mapas foi feito com base temporal. Uma vez que a lista do RGP é de abril de 2019, foram selecionadas na GFW somente as embarcações que estavam com o AIS ativo ao longo de 2018, visando garantir que ambas as listas teoricamente pudessem ter as mesmas embarcações.

Para a avaliação da representatividade da frota, foram adotadas, para cada petrecho, estatísticas descritivas (representadas por boxplots) em que cada base de dados foi comparada por meio de testes inferenciais (teste t de Student ou Kolmogorov-Smirnov, dependendo do tipo de distribuição encontrada). Como esses testes foram feitos com dados diferentes da etapa de acurácia, novos testes de normalidade precederam as análises descritas anteriormente. Adicionalmente, calculou-se o percentual do RGP presente no GFW.

3.5 Atividade pesqueira

Os dados de atividade pesqueira da GFW, já separados por petrecho e somente com dados de 2018, foram espacializados no software ArcMap 10.3 e interpolados através da ferramenta de densidade de kernel. O parâmetro tamanho da célula manteve-se igual ao sugerido pelo programa, e o raio de busca definido como sendo 1,05. Para um maior detalhamento, os mapas de cada petrecho foram separados por mês. É importante ressaltar que em todas as comparações feitas, a coloração da atividade pesqueira foi baseada na amplitude máxima observada. Isso significa, por exemplo que, entre dois mapas, aquele que obtiver o valor máximo de atividade será usado como referência para fazer a rampa de cor do outro mapa. Dessa forma, é garantido que as cores de todos os mapas dentro de uma comparação possuam o mesmo significado. Conjuntamente, os somatórios das horas de pesca da frota como um todo e de cada petrecho foram calculados por mês e por semana, visando fornecer um caráter quantitativo mais claro. O resultado foi comparado com a literatura para validação.

Os mapas de atividade da frota real foram então comparados com os da frota estimada. Nesse caso, contudo, não se realizou uma estratificação mensal, sendo apenas avaliado o total da atividade pesqueira no ano de 2018. O objetivo da comparação entre ambas é simular uma situação em que não haja informações oficiais sobre as embarcações (frota estimada), de forma que seja necessário confiar inteiramente nos dados da GFW.

Além de implicar um processo dispendioso, a compatibilização entre as bases (que ocorre na frota real) pode, teoricamente, remover dados que poderiam contribuir para a robustez das análises. Isso se justifica porque as redes neurais da GFW avaliam o *comportamento* de

uma embarcação para estimar seu tamanho. Então, mesmo que uma dada embarcação não atenda aos critérios legais para ser considerada uma embarcação de grande porte por uma pequena margem, supõe-se que ela ainda possa gerar uma resposta semelhante.

Por conta disso, o conjunto de dados brutos da GFW (sem nenhuma interferência da lista do RGP para seleção de embarcações) foi utilizado diretamente para gerar mais mapas de atividade pesqueira, chamados de frota estimada. Isso se iniciou pela filtragem de embarcações de grande porte com base nas métricas tamanho apontadas pela GFW. A métrica em si (comprimento ou AB) escolhida foi aquela na qual a CNN produziu a melhor estimativa, conforme será demonstrado mais adiante. Concomitantemente, os barcos foram separados por petrecho. O restante dos procedimentos cartográficos de interpolação foi feito da mesma forma que a frota real. Um resumo das principais características da frota real e estimada é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Comparação entre frota real e estimada.

	Frota real	Frota estimada
Ano de atividade	Todos*/ 2018	2018
Critério grande porte	AB	Comprimento
Fonte do tamanho	RGP	GFW
Identificador das embarcações	MMSI e nome	-
Petrecho	RGP	GFW

*Para as análises de acurácia das CNNs

Paralelamente a análise da frota estimada, e considerando a sobreposição de alvos entre a pesca de espinhel horizontal de superfície e vara e isca-viva, o padrão espacial dessas duas pescarias foi avaliado (usando a frota real). Isso foi feito almejando testar se a semelhança entre as espécies capturadas se reflete no espaço de operação desses dois tipos de embarcação, a despeito de cada um possuir características diferentes. Dessa vez, além dos mapas (que seguiram o mesmo padrão descrito anteriormente), foi feita uma comparação estatística por meio do cálculo da correlação de Spearman entre os mapas, descrita a seguir.

Inicialmente, os mapas da densidade de kernel de pesca do espinhel horizontal de superfície e vara e isca-viva foram exportadas como uma imagem tif de 8 bits (256 níveis de cinza). Em seguida, elas foram analisadas em um script de python, utilizando a biblioteca *matplotlib* para carregar as imagens e a biblioteca *numpy* para as devidas manipulações de dados. A partir desse ponto, ambas imagens foram cortadas para que ficasse somente as regiões sul e sudeste, onde há todos os barcos de vara e isca-viva de grande porte (Figura 7.A). O objetivo disso é evitar que locais da porção norte que possuem atividade de espinhel sejam utilizados no cálculo da correlação de Spearman. Isso se justifica pois não haveria atividade de pesca equivalente feita pelas embarcações de vara e isca-viva, o que prejudicaria o cálculo. Depois, as duas imagens foram “achatadas”, transformando-se em *arrays* (tipo de estrutura de dado similar a uma matriz) unidimensionais (Figura 7.B) e comparadas simultaneamente, sendo que toda vez que havia pixels com valor de zero na mesma posição nas *arrays*, o mesmo era descartado das duas (Figura 7.C). Assim, retirou-se pontos que não eram de interesse, como algumas áreas de alto mar ou de continente que poderiam artificialmente aumentar a correlação. Depois disso, essas *arrays* foram utilizadas como entrada de dados para o cálculo da correlação de Spearman.

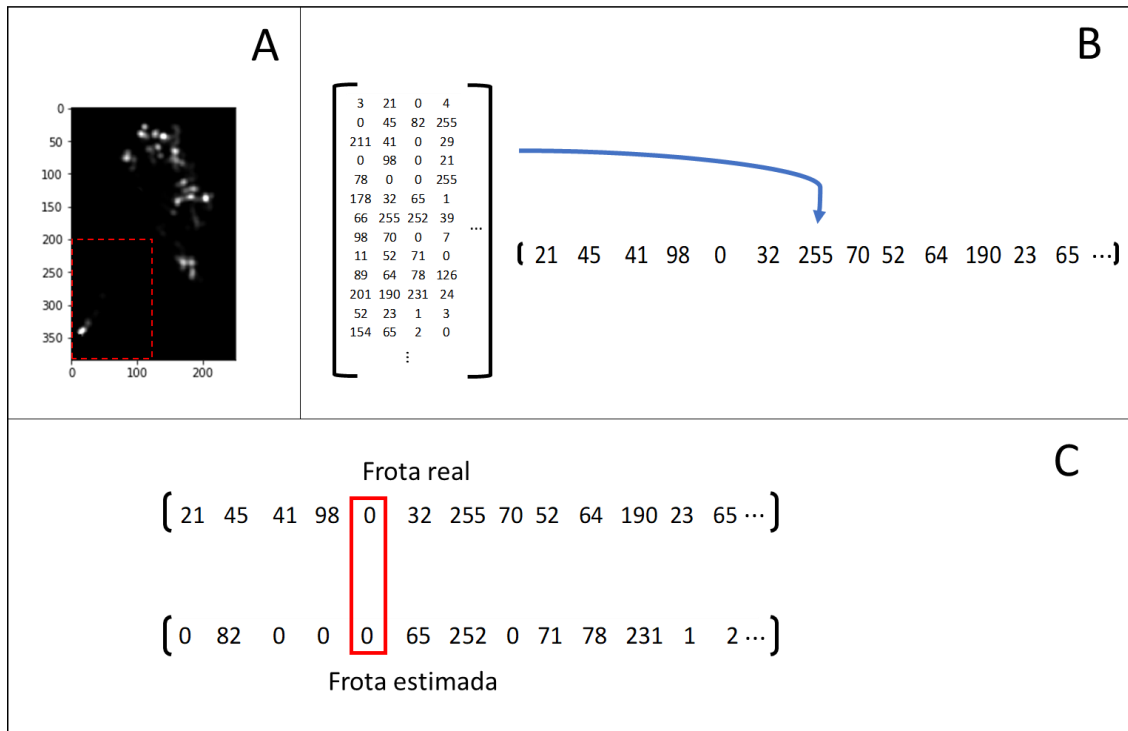


Figura 7: (A) Recorte da área de interesse do mapa de densidade de kernel. (B) Área anteriormente recortada (agora representada como uma matriz) sendo achatada. (C) Comparação entre os valores da frota real e estimada, localizado e excluindo os zeros simultâneos (marcados em vermelho).

4 RESULTADOS

4.1 Acurácia das CNNs

De um total de 27 embarcações do RGP presentes na GFW, 15 foram avaliadas corretamente por uma das redes neurais (CNN). Dos 12 erros, 5 se deram pelo fato de o algoritmo não ter gerado resultados com grande certeza, tendo utilizado como classificação final a opção mais conservadora “pesca”, em vez de definir algum petrecho específico. Desses 5, dois tiveram a classificação correta indicada pelo algoritmo, mesmo com o baixo grau de confiança apontado pelo mesmo. A Tabela 2 ilustra mais detalhadamente como esses erros e acertos se deram. É importante ressaltar que nos casos em que o algoritmo gerou a classificação “pesca”, a matriz de confusão mostrada utilizou a melhor estimativa fornecida, ainda que sua pontuação (isto é, a chance de ela estar correta) fosse baixa. Os espaços em branco significam que não houveram embarcação naquela combinação específica (petrecho real x petrecho estimado).

Tabela 2: Matriz de confusão referente a comparação entre os petrechos reais versus o estimado pelo algoritmo da GFW.

		petrecho estimado pelo algoritmo					Total	% acerto
		cerco	espinhel horizontal	vara	petrecho fixo	arrasto		
petrecho real	cerco	3			1		4	75
	espinhel horizontal		7	2	1		10	70
	vara		1	1			2	50
	petrecho fixo		2				2	0
	arrasto		3			6	9	66
Total		3	13	3	2	6	27	
% acerto		100	53	33	0	100		63

Testes de normalidade sugerem uma distribuição não normal tanto para comprimento quanto arqueação bruta ($p < 0,001$ para ambos os casos). Tendo determinado a abordagem em relação à distribuição dos dados, o teste de Spearman (não paramétrico) indicou uma correlação positiva forte e significativa entre os comprimentos das embarcações no RGP e no GFW ($\rho = 0,57$; $p < 0,01$). Por outro lado, para a AB, a correlação foi mais fraca e não significativa ($\rho = 0,27$; $p = 0,18$). A Figura 8 ilustra a dispersão RGP versus GFW das métricas de tamanho de cada embarcação.

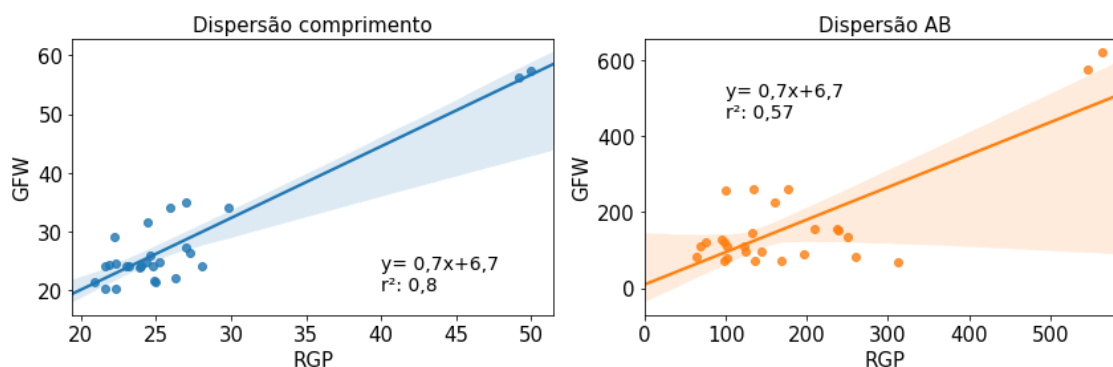


Figura 8: Correlação entre a estimativa de comprimento (esquerda) e AB (direita) do GFW e as respectivas medidas reais registradas no RGP. Área colorida representa o intervalo de confiança de 95%.

De maneira geral, a diferença média entre o comprimento médio real e o estimado foi de -1,5 metros com desvio padrão de 3,8. Para a AB, a diferença média foi de 17 com desvio padrão de 88,6. Já a Tabela 3, ilustra como a diferença entre GFW e RGP se deu para cada embarcação. Chama a atenção o fato de haver três embarcações duplicadas (DOM BERNARDO, COSTA NEVES CN e VO SILVESTRE I), por conta do uso de diferentes MMSIs. Como nesse ponto das análises o objetivo é avaliar a acurácia das CNNs, as duplicatas foram mantidas porque geraram estimativas diferentes. Ao estratificar os dados por tipo de petrecho (Tabela 4), é possível verificar uma tendência de subestimar o comprimento, e que não houve viés para AB (houve subestimação e superestimação para AB em proporções semelhantes).

Tabela 3: Quadro comparativo entre RGP e GFW, separado por cada embarcação.

Nome	mmsi	Petrecho real	Petrecho estimado	AB real	AB estimada	Dif. AB (estimado - real)	Comprimento real (m)	Comprimento estimado (m)	Dif. comprimento (estimado - real)
WAGNER M	713434542	petrecho fixo	petrecho fixo	70.00	311.96	241.96	22.10	26.25	4.15
COSTA NEVES CN	710632678	arrasto	arrasto	71.56	97.32	25.76	24.00	23.23	-0.77
COSTA NEVES CN	711322899	arrasto	arrasto	71.56	135.19	63.63	24.00	22.98	-1.02
VO ZEZECA	712222441	petrecho fixo	espinhel horizontal	72.00	169.12	97.12	21.70	24.87	3.17
ROTA DO MAR IV	710555014	arrasto	arrasto	78.00	101.28	23.28	24.30	21.87	-2.43
VO SILVESTRE I	710567460	arrasto	arrasto	83.00	259.76	176.76	21.44	24.93	3.49
VO SILVESTRE I	719253501	arrasto	arrasto	83.00	63.24	-19.76	21.44	20.89	-0.55
ECOMAR I	710021538	arrasto	arrasto	89.00	196.74	107.74	24.80	25.21	0.41
CUNHAMAR II	401019127	arrasto	pesca (arrasto)	97.00	124.42	27.42	24.00	21.59	-2.41
LEARDINI IX	710013180	arrasto	espinhel horizontal	97.00	144.50	47.50	24.00	28.05	4.05
JOEL SANTOS	710240366	espinhel horizontal	espinhel horizontal	110.00	121.83	11.83	26.37	27.24	0.87
DOM BERNARDO	710792275	espinhel horizontal	vara e isca-viva	111.00	69.39	-41.61	20.30	22.32	2.02
DOM BERNARDO	999792275	espinhel horizontal	pesca (petrecho fixo)	111.00	101.25	-9.75	20.30	21.61	1.31
LEARDINI VII	710500000	arrasto	arrasto	122.00	75.39	-46.61	24.62	22.36	-2.26
NATAL PESCA VII	710000799	espinhel horizontal	espinhel horizontal	122.00	98.00	-24.00	24.68	24.34	-0.34
OCEANO PESCA I	710001955	espinhel horizontal	espinhel horizontal	127.00	94.55	-32.45	23.91	23.91	0.00
DONA ILVA	770001221	espinhel horizontal	pesca (vara e isca-viva)	134.00	250.87	116.87	24.17	24.82	0.65
PALMAS II	710008290	vara e isca-viva	pesca (espinhel horizontal)	144.00	132.06	-11.94	26.00	24.60	-1.40
ARIMAR FRANÇA NETO	710000037	espinhel horizontal	espinhel horizontal	152.00	238.79	86.79	24.00	24.00	0.00
MARCOS ANTONIO F	710100200	cercos	petrecho fixo	155.00	209.74	54.74	29.15	22.21	-6.94
NUEVO RODRIGO DURAN	710000134	espinhel horizontal	espinhel horizontal	155.00	236.94	81.94	27.30	27.00	-0.30
FERREIRA XXVII	710004421	cercos	cercos	225.00	160.73	-64.27	31.50	24.48	-7.02
GAVIAO PESCADOR I	710232550	vara e isca-viva	vara e isca-viva	256.00	100.22	-155.78	35.00	26.98	-8.02
TRIMAR XVI	710289219	cercos	cercos	260.00	176.58	-83.42	34.00	29.82	-4.18
TRIMAR XVII	710131976	cercos	cercos	260.00	133.76	-126.24	34.00	25.90	-8.10
KINEI MARU N° 108	431723000	espinhel horizontal	espinhel horizontal	577.00	546.14	-30.86	56.17	49.20	-6.97
SHOEI MARU N° 7	431700260	espinhel horizontal	espinhel horizontal	620.00	563.55	-56.45	57.43	49.99	-7.44

Tabela 4: comparação entre os valores reais e os estimados para as métricas de tamanho, dividido por petrecho

petrecho	Número de barcos	Comprimento estimado (m)	AB estimado	Comprimento (m)	AB	Diferença comprimento	Diferença AB
espinhel horizontal	10	29,44	232,13	30,46	221,9	-1,02	10,23
vara e isca-viva	2	25,78	116,13	30,5	200	-4,71	-83,86
cercos	4	25,6	170,2	32,16	225	-6,56	-54,79
petrechos fixos	2	25,55	240,53	21,9	71	3,65	169,53
arrasto	9	23,45	133,09	23,62	88	-0,16	45,07

4.2 Representatividade da frota

As análises de representatividade, realizadas somente com as embarcações do Global Fishing Watch ativas em 2018 (e a partir de agora sem embarcações duplicadas), apresentou variação de acordo com o petrecho, sendo o espinhel de superfície o único que obteve uma cobertura superior a 10% do total. As embarcações de cerco chegaram a representar 9% do total, enquanto as de arrasto, apesar da porcentagem de 8, obteve esse resultado com apenas uma embarcação no GFW (Tabela 5). Retomando o cerco, ressalta-se que todas as quatro embarcações presentes no GFW pertencem ao estado de Santa Catarina. Apesar disso, a totalidade das embarcações de cerco listadas no RGP também possuem uma distribuição geográfica relativamente limitada, estando restrita à Santa Catarina (79,07% do total), Rio de Janeiro (18,6%) e São Paulo (2,33%).

Tabela 5: Total de embarcações registradas na frota brasileira comparado com o presente na GFW.

Petrecho	UF	Base de dados		%
		RGP	GFW	
Espinhel	PA	1	0	0
	RJ	1	0	0
	RN	10	3	30
	SC	11	3	27
	Total	23	6	26
Vara e isca-viva	RJ	8	1	12,5
	RS	6	0	0
	SC	24	1	4
	Total	38	2	5
Cerco	RJ	8	0	0
	SC	34	4	11
	SP	1	0	0
	Total	43	4	9
Arrasto	PA	3	0	0
	RJ	1	0	0
	SC	8	1	12,5
	Total	12	1	8
Petrechos fixos	RS	3	0	0
	PA	2	0	0
	SC	1	0	0
	SP	4	0	0
	RN	1	0	0
	Total	11	0	0
Total petrechos		127	13	10,2

No que tange a distribuição dos dados, por conta do número amostral pequeno, testes de comparação entre os conjuntos de dados foram realizados somente para o espinhel horizontal de superfície e as embarcações de cerco. Ademais, foram utilizadas as medidas de tamanho reais (extraídas do RGP) nas embarcações da GFW. A partir de tais testes, não foi possível rejeitar a hipótese nula de que as embarcações no RGP e GFW possuem a mesma distribuição de comprimento e AB nas embarcações que empregam o espinhel de superfície e cerco ($p > 0,05$ em todos os casos). Contudo, o p valor foi de apenas 0,059 para o comprimento das embarcações de cerco (Figura 9).

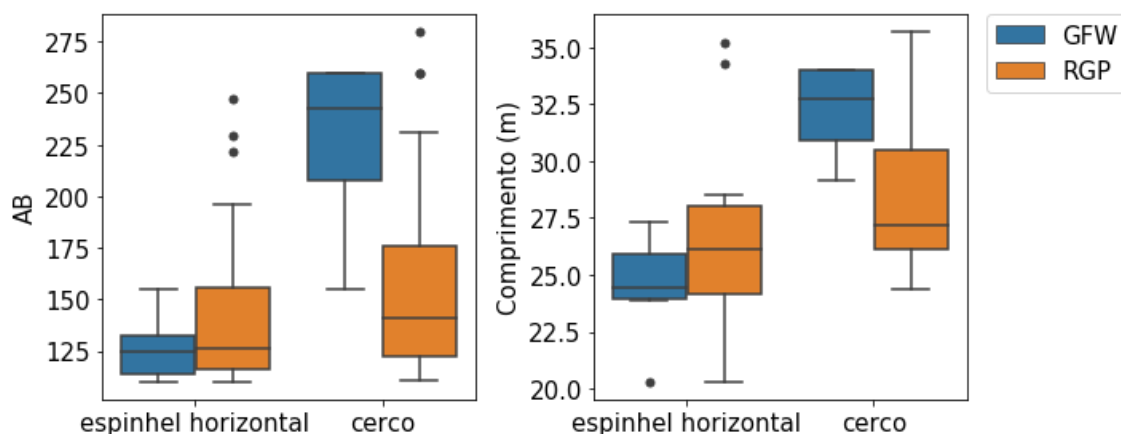


Figura 9: comparação da distribuição do tamanho (arqueação bruta e comprimento) das embarcações da GFW e do RGP. As caixas representam os limites superiores do 1º e 3º quartis, enquanto a linha é a mediana. As barras indicam os valores considerados não extremos (média mais 1,5 vezes o desvio padrão) e os círculos são os *outliers*. Nota-se que estes últimos não foram removidos por se tratarem de valores reais.

4.2 Atividade pesqueira

A partir dos dados disponíveis, foi elaborado o mapa de atividade pesqueira da Figura 10. Ele foi gerado somente utilizando os dados relativos a 2018, e com todas as 13 embarcações de grande porte identificadas no Registro Geral de Embarcações Pesqueiras (RGP). Nele, é possível observar uma concentração de atividade na costa sul e sudeste. Há ainda atividade considerável na zona econômica exclusiva envolta do arquipélago de Trindade, e fora da ZEE, à nordeste do Brasil, embora os picos estejam mais espaçados. Também é possível observar manchas de atividade pesqueira em águas internacionais mais ao sul do Brasil, mas dessa vez em intensidade e extensão consideravelmente menores.

Atividade pesqueira de embarcações de grande porte no Brasil em 2018

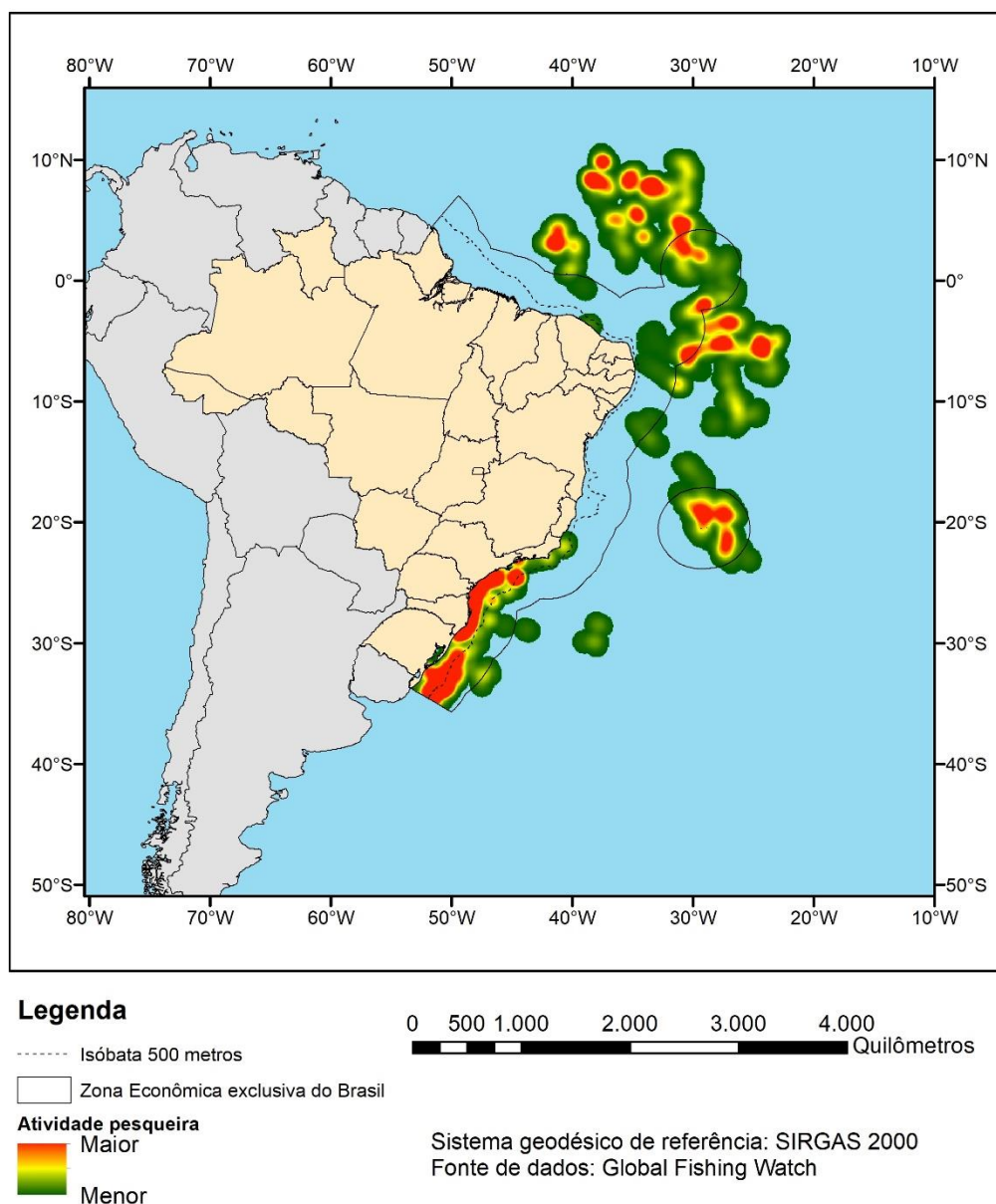


Figura 10: Mapa com o agregado da atividade pesqueira.

Apesar de ter havido treze embarcações ativas em 2018, apenas onze apresentaram atividade de pesca, contribuindo assim, para o mapa da Figura 10. Das duas faltantes, uma era de espinhel horizontal e a outra, cerco. Além disso, nem todas ficaram ativas o ano inteiro, e a causa disso não pôde ser determinada. Na falta de uma explicação para isso, assumiu-se que

não houve interrupção no sinal de AIS e que a ausência de sinal de atividade, significou que elas de fato não estavam pescando. Para uma visão mais detalhada do que ocorreu, os gráficos de cada embarcação estão em anexo.

O somatório da atividade dos barcos da GFW totalizou 699 dias de pesca. Essa quantidade não se distribuiu de maneira homogênea ao longo dos meses, sendo possível observar diversos picos e depressões (Figura 11). O máximo de atividade pesqueira ocorreu durante o mês de março, com um total de 1878 horas. Já o mês de menor atividade foi agosto, com 1104 horas de pesca. Outrossim, ocorre grande variações dentro dos meses, ao agrupar os dados por semana. Nesse caso, é possível observar uma queda de atividade ao menos uma vês ao mês.

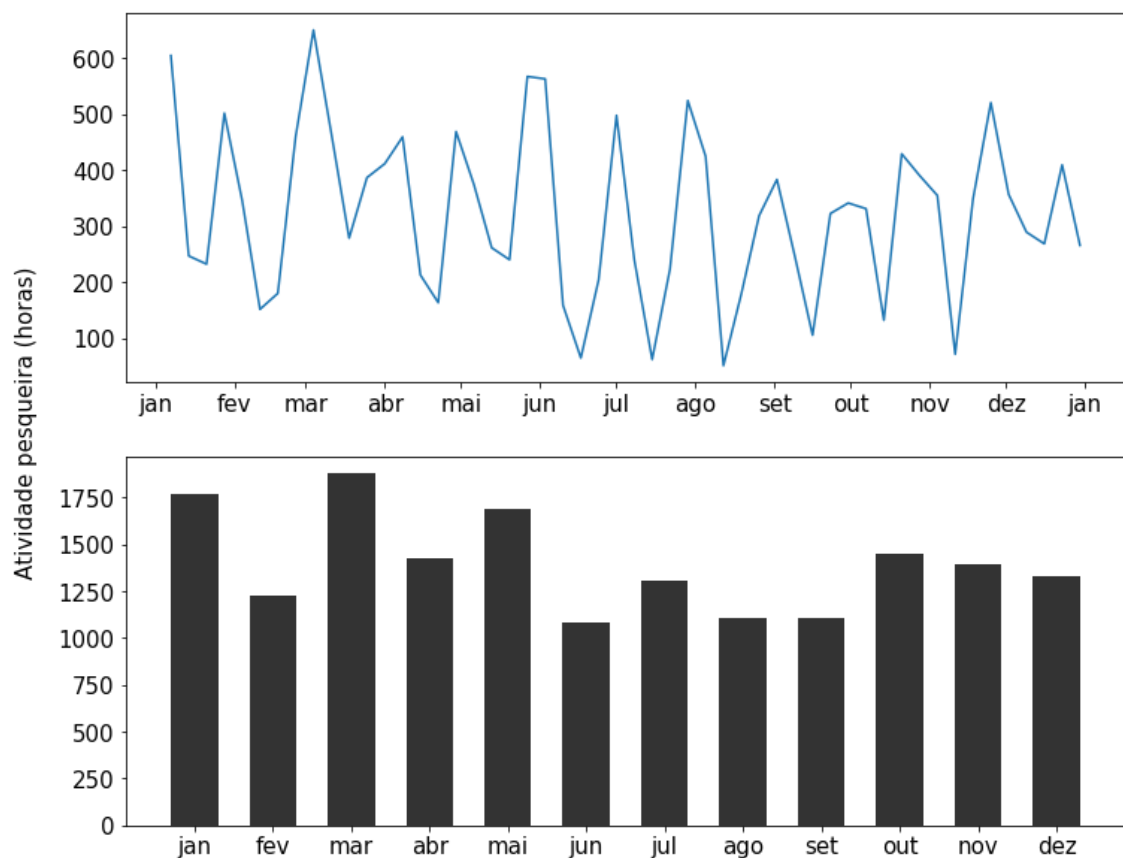


Figura 11: Variação mensal da atividade pesqueira no Brasil ao longo do ano de 2018. Em cima, os dados estão agrupados por semana e embaixo, por mês.

Para um maior entendimento dos dados, foram gerados cartogramas destacando a atividade pesqueira por mês. Além disso, em vez de mostrar todos os petrechos juntos, agora

foram escolhidos somente o espinhel horizontal e o cerco, devido às suas maiores representatividades em relação à frota presente no RGP. Para essa etapa, foram feitos cartogramas em vez de mapas por possibilitar a visualização de todos os meses juntos.

Como é possível observar na Figura 12, a atividade do espinhel horizontal frequentemente se dá nos limites, ou até mesmo fora da ZEE brasileira. Ainda sobre a ZEE, cabe um destaque da importância do arquipélago de Trindade, visto que ele é constantemente visitado pelas embarcações. Mesmo metade das embarcações sendo do Sul, durante os meses de fevereiro, setembro, novembro e dezembro não há atividade nessa região. Pode-se destacar ainda que raramente a pesca se deu em profundidades inferiores a 500 metros.

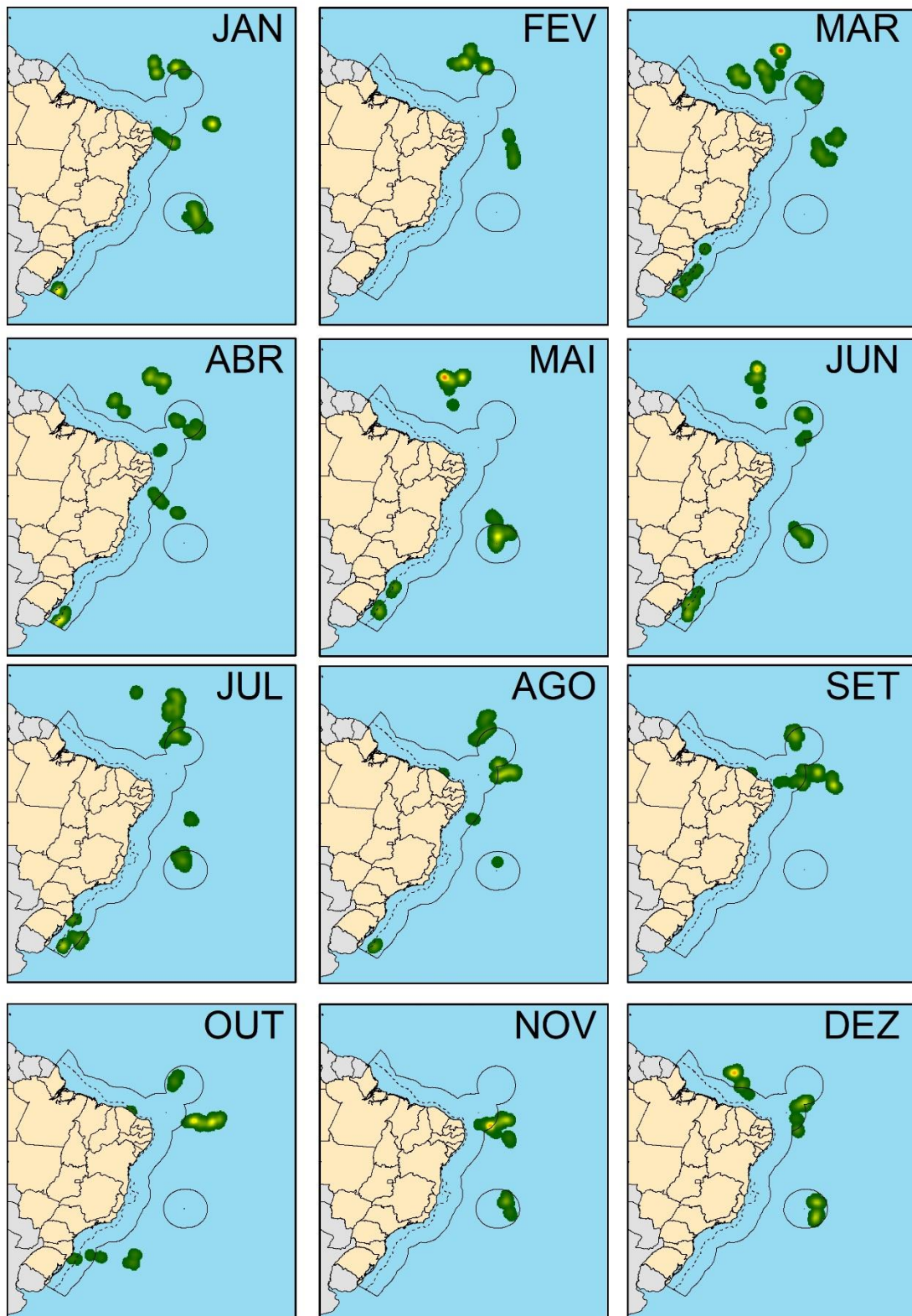


Figura 12: Cartograma indicando a intensidade de atividade pesqueira do espinhel horizontal por mês no ano de 2018. Na figura, a intensidade da pesca varia de acordo com um gradiente que vai do verde (menor) ao vermelho (maior).

Em uma perspectiva quantitativa, os gráficos da Figura 13 indicam que o mês de menor atividade foi fevereiro (587 horas) e o maior março (1305 horas). Além disso, observa-se que os valores mais altos encontrados foram encontrados na primeira metade do ano, havendo uma retomada a partir da segunda metade de outubro. De modo geral, a amplitude dos valores é relativamente baixa e em quase todos os meses ocorre uma queda pronunciada de atividade. As exceções ocorram durante o mês de setembro, em que a um princípio de um segundo decaimento. Todavia, com a chegada de outubro, os números sofrem um leve aumento para que somente próximo durante a metade do mês ocorrer a redução subseguida de um incremento. O final de dezembro também foge ao padrão, visto que também há uma queda.

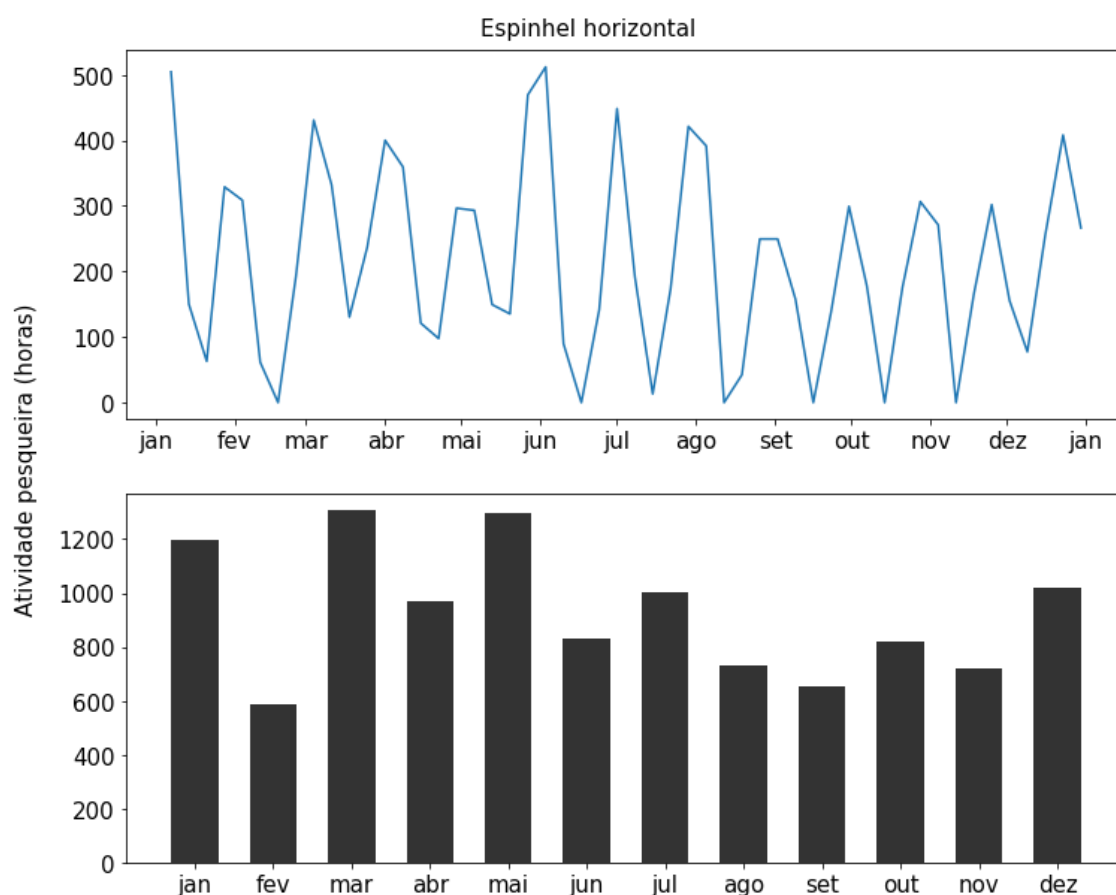


Figura 13: Variação mensal da atividade pesqueira de espinhel horizontal ao longo do ano de 2018. Em cima, os dados estão agrupados por semana e embaixo, por mês.

O cartograma da pesca de cerco (Figura 14) mostra que essa modalidade raramente ocorre após a plataforma continental, ficando restrita a áreas costeiras. Isso ocorre a despeito

do tamanho das embarcações, uma vez que esse trabalho considera somente aquelas que são de grande porte e que conseqüentemente possuem maior autonomia de navegação. Como a Tabela 2 sugere, toda a atividade concentra-se no sul e sudeste do país, visto que as embarcações de cerco em sua totalidade estão registradas em estados pertencentes à essas regiões. Ainda sobre o cartograma, pode-se destacar que a ocorrência em diversas ocasiões de um padrão formados por círculos concêntricos gerados a partir da interpolação, indicando que muitas vezes a atividade pesqueira fica concentrada em uma extensão geográfica restrita.

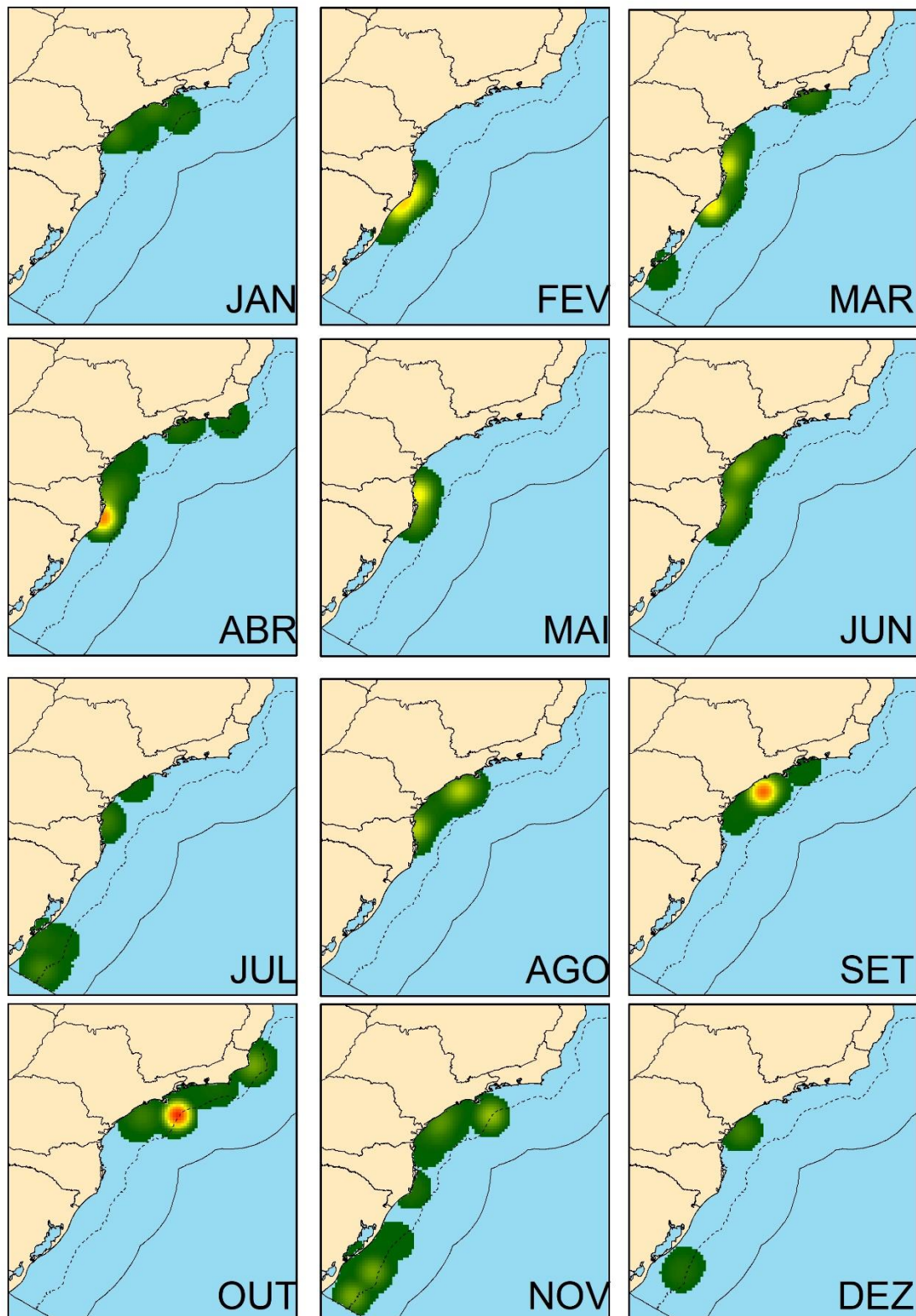


Figura 14: Cartograma indicando a intensidade de atividade pesqueira do cerco por mês no ano de 2018. Na figura, a intensidade da pesca varia de acordo com um gradiente que vai do verde (menor) ao vermelho (maior).

A partir dos gráficos de atividade pesqueira de cerco plotado contra o tempo (Figura 15), há 2 períodos de pesca mais intensa. O primeiro deles se inicia em fevereiro e dura até junho, enquanto o segundo vai de agosto a novembro. Durante os meses de janeiro, julho e dezembro, a atividade quase cessa (72, 74 e 41 horas, respectivamente). Com isso, a amplitude da variação torna-se expressivamente maior do que a de espinhel horizontal. Em termos de variação semanal, não foi observado um padrão tão claro.

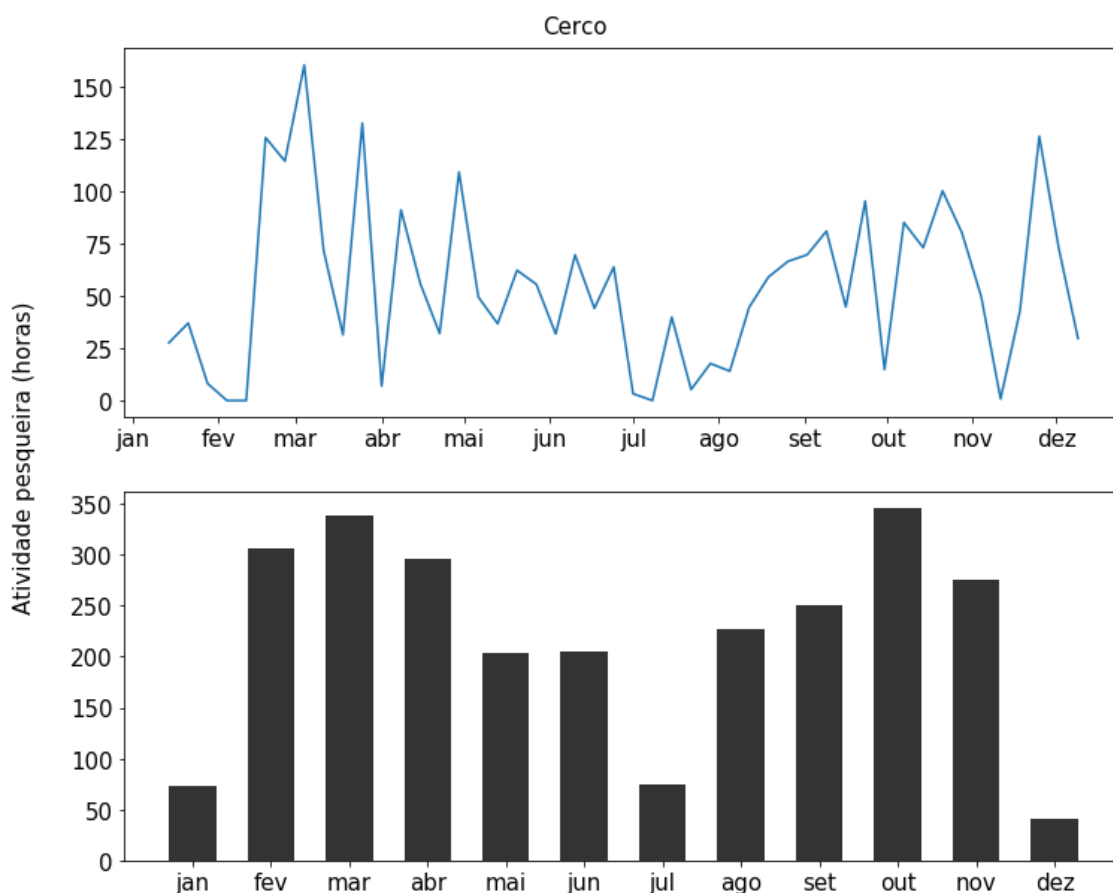


Figura 15: Variação mensal da atividade pesqueira de cerco ao longo do ano de 2018. Em cima, os dados estão agrupados por semana e embaixo, por mês.

Os resultados de atividade pesqueira de espinhel horizontal e cerco obtidos a partir da frota estimada foram distintos em comparação com seus equivalentes na frota real. Começando pelo primeiro, houve grandes discrepâncias entre ambos os métodos (Figura 16). A principal delas foi a ausência de atividade no Nordeste. É importante ressaltar que, como o objetivo desta etapa é avaliar os dados da GFW sem qualquer assistência externa, foram utilizados os valores de tamanho do próprio algoritmo, em vez dos valores reais. Foi possível encontrar duas

manchas de atividade pesqueiras novas: uma ao sul da Bahia, próxima à costa; e outra já na região sul, porém no limite da ZEE e em águas internacionais (30°S, 45°W). Ao pesquisar as identidades das embarcações que geraram essas manchas no Marine Traffic, constatou-se que nenhuma delas era de pesca.

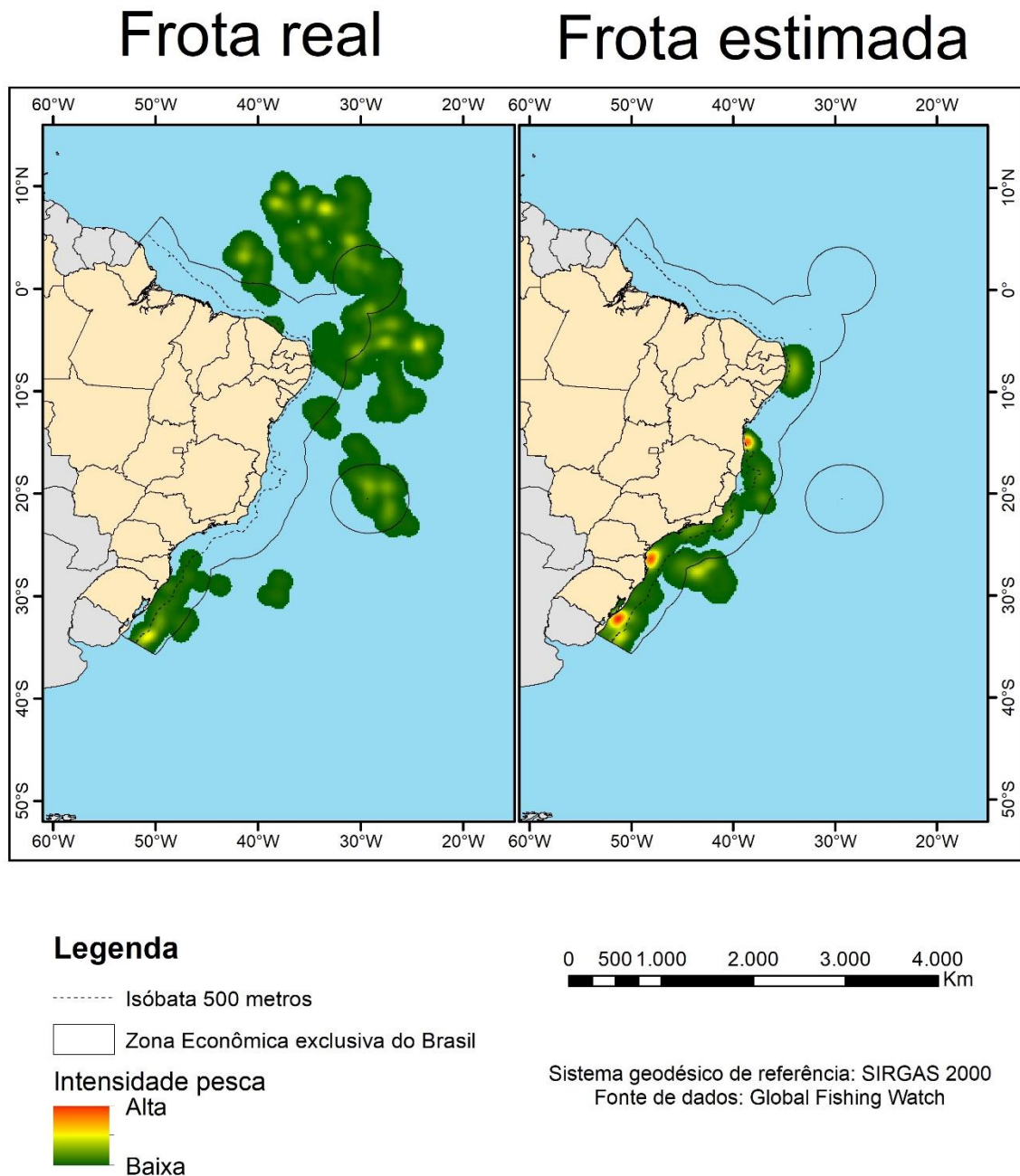


Figura 16: Comparação entre a frota de grande porte de espinhel horizontal real e a estimada pela GFW.

Já para o cerco, as frotas real e estimada produziram resultados semelhantes (Figura 17). Isso se refletiu não somente na extensão das manchas de atividade como também onde ela foi mais intensa. Novamente, toda atividade ficou restrita às regiões sul e sudeste, indicando que a frota estimada não possui erros visíveis, como pesca em alto mar ou em outras regiões do país. Isso não impede, contudo, de que tenha havido erros de classificação de embarcação/ estimativa de tamanho dentro da área de interesse. No caso da existência deles, a hipótese acerca do comportamento ser semelhante entre as embarcações de grande porte reais e as consideradas como tal pelo algoritmo se mostra válida para este caso.

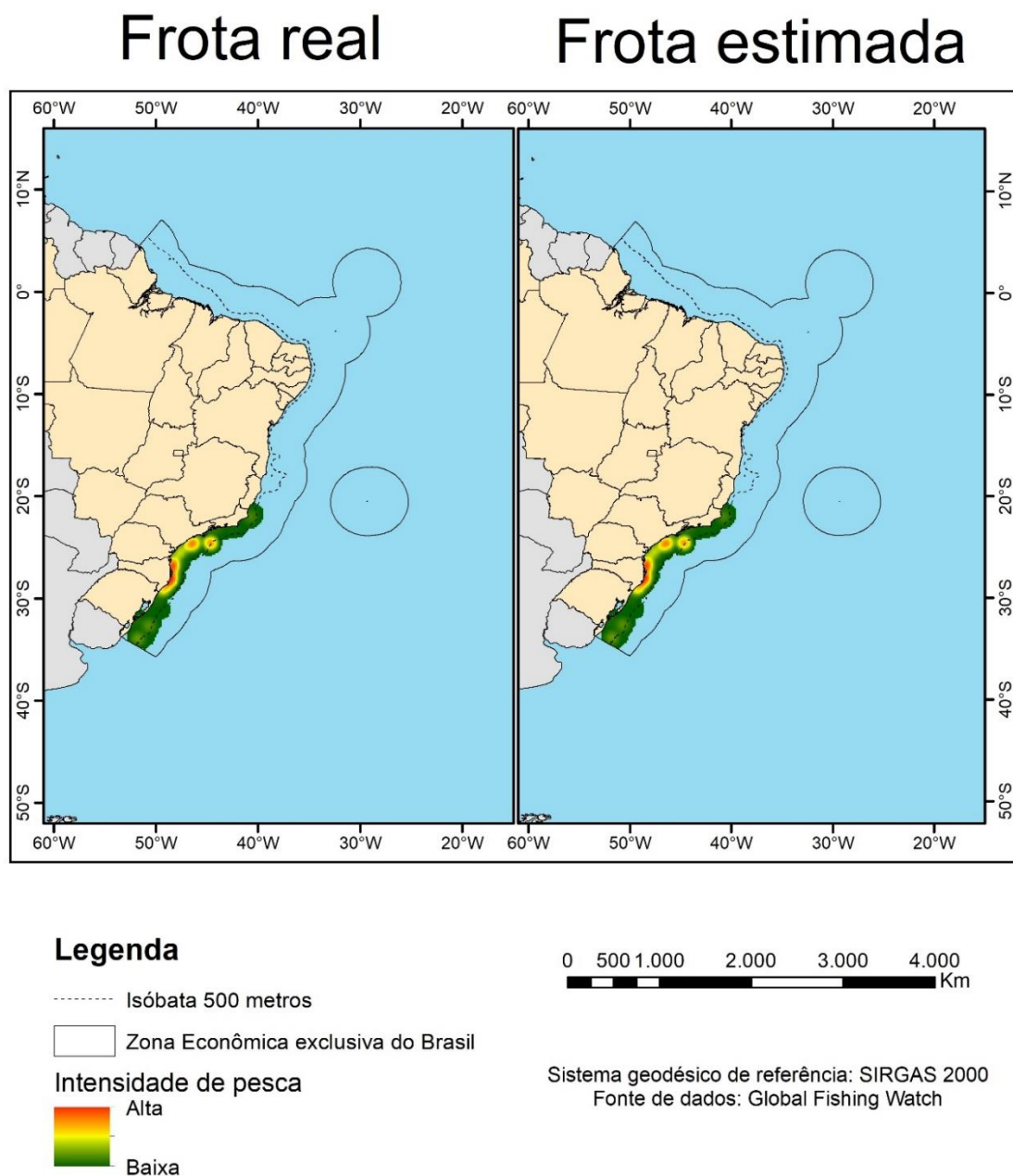


Figura 17: Comparação entre a frota de grande porte de cerco e a estimada pela GFW.

No que tange a relação entre espinhel horizontal e vara e isca-viva, mapas de atividade pesqueira por si só mostram grandes semelhanças entre os dois (Figura 18). Tal comparação ganha maior robustez ao verificar o resultado da correlação de Spearman de 0,97. Retomando aos mapas, é de bom tom ressaltar que as atividades ao longo do nordeste e da ilha de Trindade foram geradas por uma frota que não possui equivalência na vara e isca-viva de modo que elas não foram consideradas (conforme fora explicitado em material e métodos). Isto posto, a atenção é voltada para o sul e sudeste, onde duas regiões mais quentes foram observadas sobre a isóbata de 500 metros na altura do Rio Grande do Sul. Mais ao norte, perto da latitude 30°S, é possível observar outra mancha de atividade de espinhel horizontal sobre a mesma isóbata. Já na vara e isca-viva, essa mancha também está presente, porém se estende um pouco mais ao norte. Por fim, na vara e isca-viva há pontos de atividade no litoral do Rio de Janeiro e Santa Catarina que são ausentes no espinhel horizontal.

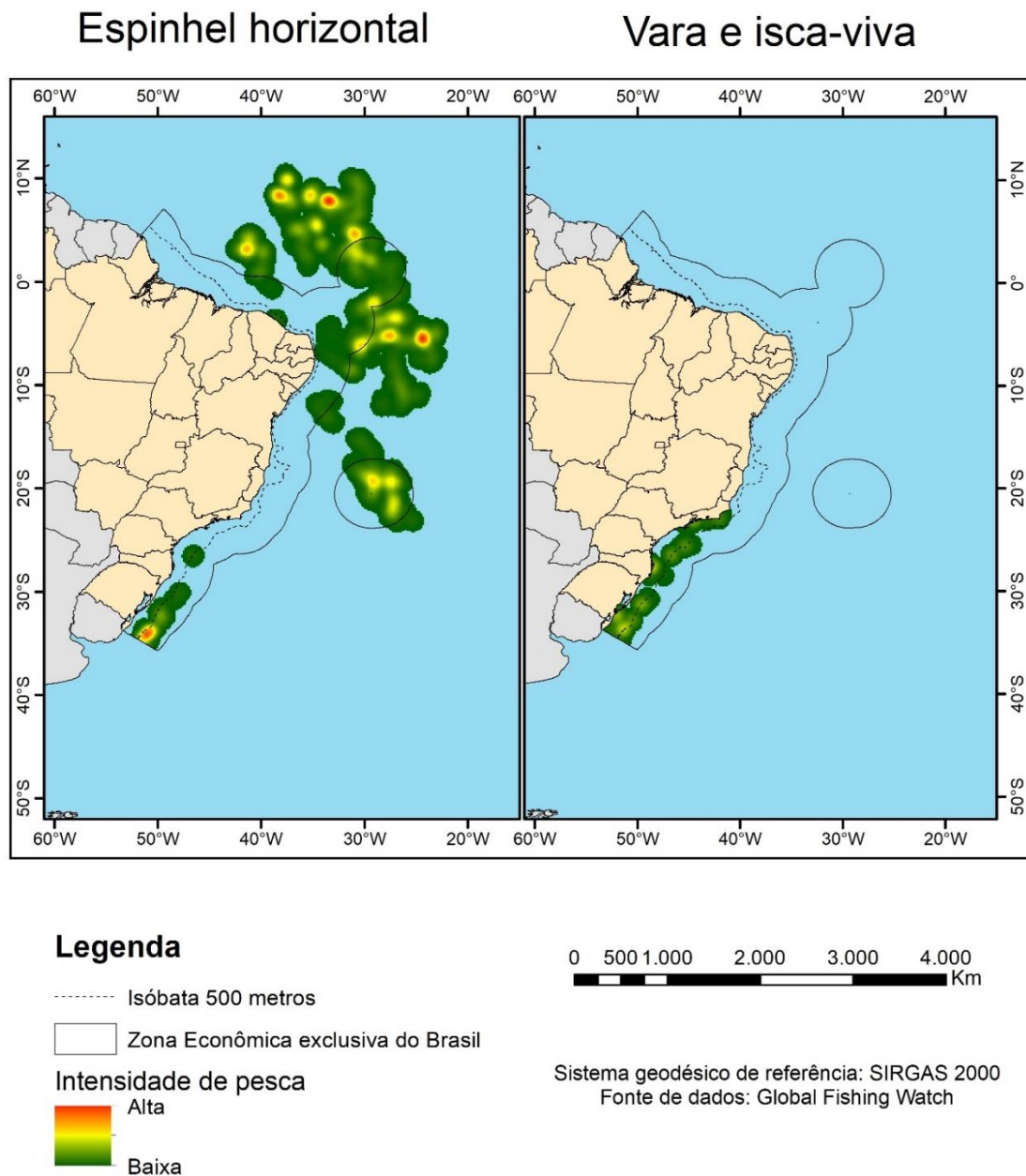


Figura 18: Comparação entre os mapas de atividade pesqueira (da frota real, apenas) de espinhel horizontal e vara e isca-viva.

5 DISCUSSÃO

5.1 Considerações sobre os identificadores de embarcações

Um dos aspectos iniciais do trabalho de análise de dados e que suscitou diversas questões foi o uso do MMSI como identificador de embarcações que, tecnicamente, não pode ser considerado um identificador verdadeiro (FAO, 2017). Apesar de diversas delas já terem

sido adereçadas e inclusive corrigidas no algoritmo da Global Fishing (GFW), a exemplo das ocasiões em que duas embarcações distintas utilizam o mesmo MMSI simultaneamente (Kroodsmas et al 2018), outras ainda precisam ser consideradas.

O fato de uma mesma embarcação poder utilizar 2 MMSIs em momentos distintos possibilitou, de início, que a frota do GFW ficasse superestimada. De fato, isso ocorreu com os barcos DOM BERNARDO (MMSIs: 710792275 e 999792275), COSTA NEVES CN (MMSIs: 710632678 e 711322899) e VO SILVESTRE I (MMSIs: 710567460 e 719253501). A “duplicação” de embarcações por conta do uso de múltiplos MMSIs também poderia gerar impactos em estudos dos cruzeiros, isso é, ao conectar os pontos de pesca de uma embarcação seguindo um ordenamento temporal. Nessa situação, o percurso de um barco poderia ser “quebrado” caso houvesse uma mudança de MMSI, pois esse número serve de chave para determinar se 2 pontos de atividade pesqueira podem ser ligados ou não (eles seriam ligados apenas em se tratando de pontos de uma mesma embarcação, o que é determinado pelo MMSI). Somente por conta da validação a partir dos dados do Registro Geral de Embarcações Pesqueiras (RGP) é que foi possível realizar as devidas correções.

Uma segunda inconsistência nos dados refere-se ao fato de a bandeira dos países não mudar em função de contratos de arrendamento. Isso foi observado inicialmente com as embarcações SHOEI MARU Nº 7 e KINEI MARU. Apesar de elas terem sido arrendadas pela empresa Atlântico Tuna em 2010 e terem permissão para pescar dentro da ZEE brasileira (BRASIL, 2010), em nenhum momento isso foi informado nos dados disponibilizados pela GFW. Com isso, caso fosse realizada uma filtragem dos dados utilizando país como critério, duas situações poderiam ocorrer: (1) uma embarcação nacional ser excluída; (2) em uma análise sobre pesca estrangeira dentro de uma dada ZEE essa mesma embarcação ser indevidamente incluída. Contudo, é possível identificar essas incoerências a partir de alguns sinais, sendo o principal deles o número de horas pescadas dentro da ZEE (caso seja elevado, dificilmente se trataria de uma operação não autorizada) e a posição geográfica da embarcação (por exemplo, caso ela frequentemente atue em águas costeiras, novamente seria improvável se tratar de algo ilegal).

Ainda sobre MMSI, é importante destacar que ele é utilizado para a determinação do país de origem do barco, uma vez que eles são emitidos pelas autoridades de comunicação nacionais e os três primeiros dígitos designam o Estado (FAO, 2017). No caso do Brasil, por exemplo, o MMSI dos barcos começa com 710. Alguns países, como o Japão, podem ter mais de um início que indica sua procedência. Tal fato se torna relevante à medida em que o

algoritmo da GFW pode identificar erroneamente um número como sendo o MMSI e por conseguinte equivocar-se na hora de indicar o país. De forma mais prática isso aconteceu com a embarcação MISTER DAVI (por não ser de grande porte, não apareceu nos quadros e tabelas desse texto) que por conta do MMSI 4430484180 foi identificada como sendo da Palestina. O estranhamento causado suscitou uma investigação mais aprofundada sobre ela, na qual constatou-se que o número inferido como MMSI na realidade tratava-se do número de registro na capitania dos portos (BRASIL, 2018). Em algumas ocasiões, o algoritmo sequer apresentava o país de origem, o que pode ser um complicador dependendo do tipo de análise pretendida.

Se por um lado o uso MMSI requerer cautela, por outro, os próprios dados oficiais do RGP também possuem problemas. Um deles diz respeito novamente às embarcações japonesas arrendadas. Mesmo que o contrato firmado tenha caráter temporário com término em 2014, elas ainda estão na lista do RGP. Os registros da International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT) e a localização disponível no Marine Traffic, no entanto, mostram que esses barcos já não estão mais no Brasil. Não o suficiente, alguns barcos que estavam listados no documento de abril de 2019 já não estão mais em uso: a embarcação KAIKO MARU 16 e a KAIKO MARU 16 naufragaram em 2018 após anos de abandono no porto de Santos (TOMAZELA, 2018; G1 SANTOS, 2018). Dessa forma, supõe-se que mesmo os órgãos oficiais do governo não possuem o devido controle sobre os registros, o que dificulta estudos sobre a frota nacional como um todo.

No que tange o uso do Sistema Automático de Informação (AIS) em si, existem problemas não encontrados em outros tipos de Sistemas de Monitoramento de Embarcações (VMS), tais como o PREPS. O principal deles é que não há qualquer tipo de alerta ou sanção para quem o desligue, interrompendo o envio de dados (KROODSMA et al., 2018). Com isso, embarcações podem deliberadamente desligar o AIS para tentar encobrir suas atividades, e consequentemente o registro do esforço de pesca fica dificultado. Contudo, uma interrupção na transmissão dos dados do AIS não necessariamente é ocasionada de forma proposital. No caso do Brasil, é especulado que os equipamentos utilizados aqui sejam, em média, de qualidade inferior (ARRIZABALAGA et al., 2019), o que poderia gerar uma maior interrupção na transmissão dos dados.

5.2 Desempenho dos algoritmos

O percentual de acertos da classificação das embarcações foi inferior ao encontrado por Kroodsma e colaboradores (2018). Uma possibilidade para explicar esse resultado é que no conjunto de dados utilizado para treinar as Redes Neurais Convolucionais (CNNs) não

houvesse muitas embarcações da América do Sul (ARRIZABALAGA et al., 2019). Enquanto os testes originais indicaram uma acurácia de 95%, a avaliação feita com barcos nacionais apresentou 62,5% de acerto. Ademais, dados inferidos a partir da matriz de confusão, presente apenas no material suplementar da publicação original do GFW, indicam que o índice de acerto não foi igual ao longo dos petrechos, o que deve ser levado em consideração por todos que pretendam utilizar esses dados. O fato de a pescaria do atum com vara e isca-viva ter uma fase inicial de pesca da isca-viva poderia teoricamente gerar algum erro na classificação por parte do algoritmo, mas isso não foi observado. Apesar disso, devido ao baixo número de embarcações analisadas, não se pode descartar a possibilidade da ocorrência desse tipo de erro.

Os resultados dos testes de regressão também foram inferiores aos obtidos por KROODSMA e colaboradores (2018). Todavia, salienta-se que as embarcações aqui utilizadas em apenas 2 ocasiões suplantaram 35 metros de comprimento. O algoritmo de predição de tamanho parece funcionar para indicar presença de embarcações de comprimento distintos. Ou seja, ele é capaz de apontar genericamente se uma embarcação é comprida ou não. Por “genericamente” entende-se que há uma margem de 3 metros conforme a Tabela 3 sugere. Já a Arqueação Bruta (AB), apesar de também possuir uma classificação satisfatória em termos mais genéricos, foi menos consistente ao avaliar variações de AB menores. O que foi dito tanto para AB quanto comprimento pode ser verificado refazendo as análises de correlação, porém dessa vez retirando as 2 embarcações de maior porte (Figura 19).

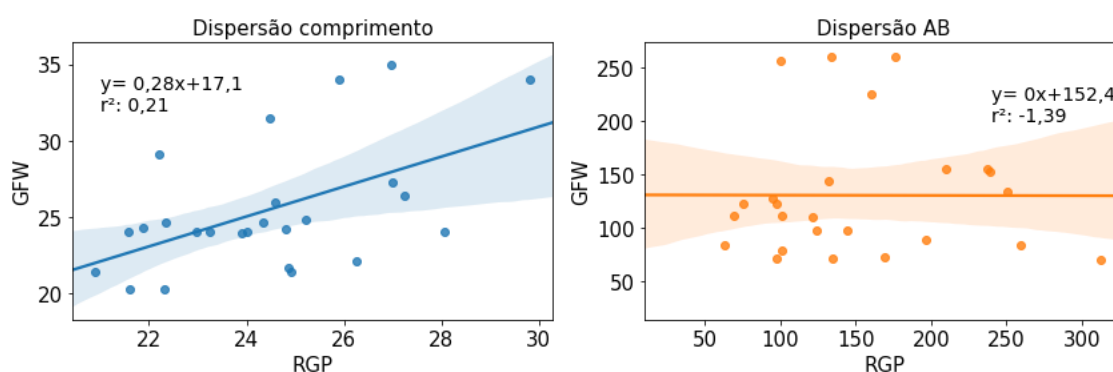


Figura 19: Dispersão GFW versus RGP, porém sem as embarcações arrendadas. Nota-se que o cálculo do coeficiente de determinação (r^2) utilizado permite valores negativos. Para maiores detalhes consultar a documentação do Scikit-learn: Machine Learning in Python (PEDREGOSA et al., 2011).

Para ambas as métricas de tamanho houve uma queda considerável de correlação. A estatística do teste foi de 0,57 para 0,45 ($p = 0,02$) no comprimento, e de 0,27 para 0,069 ($p = 0,74$) na AB. Ademais, a partir da regressão e o intervalo de confiança exibidos nos gráficos de dispersão, percebe-se que tentar aplicar um fator de correção pouco ajudaria a melhorar as estimativas de tamanho. Assim, sugere-se que ao utilizar os dados do GFW na ausência dos tamanhos reais das embarcações avaliadas, seja dada preferência a estimativa de comprimento em vez de arqueação bruta. Reconhecendo a importância da AB por conta dos critérios adotados pela lei de regulamentação da pesca no Brasil, uma conversão potencialmente útil é que a marca de 24 metros seja utilizada como indicativo de uma AB igual a 100 (FAO, 2016).

Ao se considerar o percentual da frota presente na GFW em relação ao que está registrado na SEAP, o resultado pode ser considerado fraco. Em alguns casos, como o de petrechos fixos (que incluem rede de emalhe, espinhel horizontal de fundo e espinhel vertical) sequer haviam embarcações. Por outro lado, há uma tendência de aumento do número de embarcações ao longo do tempo (Figura 20). De fato, em todos os anos houve um aumento no número de barcos nos dados no GFW, com a exceção de 2013 para 2014. Nesse caso, o decréscimo ocorreu por conta do fim do contrato de arrendamento das embarcações japonesas firmado em 2010 (BRASIL, 2010).

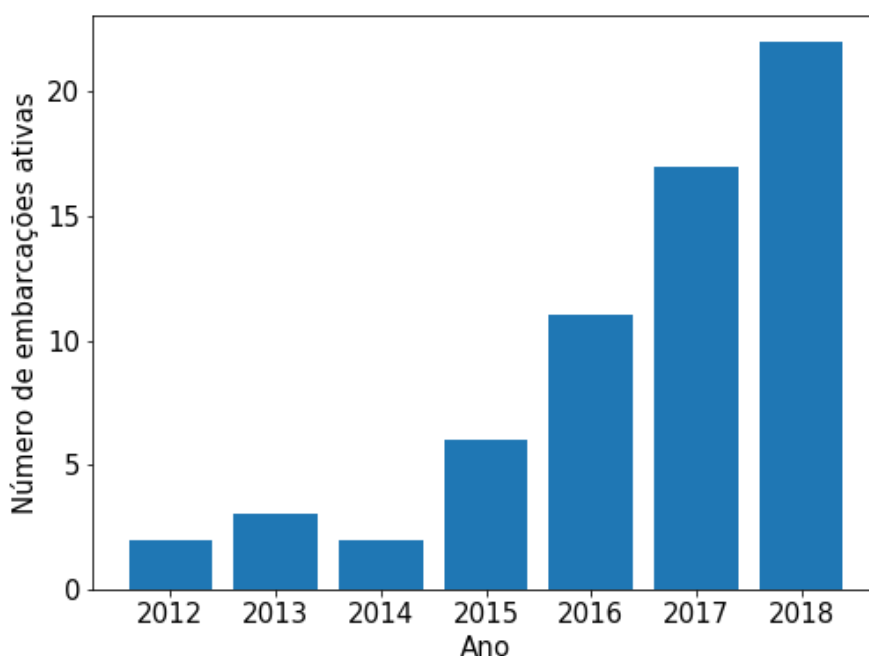


Figura 20: Embarcações brasileiras da lista do RGP presentes na GFW por ano.

5.3 Resultados da GFW e o que está descrito na literatura

Um aspecto positivo é que, tanto no cerco quanto no espinhel horizontal, petrechos de grande relevância para a pesca industrial brasileira, os percentuais da GFW em relação ao total são compatíveis com os números encontrados em outros trabalhos que utilizam amostras de uma frota pesqueira (BATISTA e FABRÉ, 2001; STELZENMÜLLER et al., 2008). Ainda sobre o cerco e o espinhel, uma característica interessante é que em ambos os casos as embarcações da GFW estão distribuídas de maneira equânime pelas regiões do Brasil em relação a distribuição do RGP (como visto na Tabela 5). Assim, em princípio, não há restrições para o uso desses dados em relação às regiões da costa eles podem ser aplicados.

Ao comparar os resultados gerados aqui com aqueles obtidos a partir do PREPS e de medições *in situ*, percebe-se que há semelhanças entre ambos. No trabalho de LIRA (2016), foi corroborado que a mesma área indicada aqui pela densidade de kernel é onde ocorre a maior parte da pesca de espinhel no nordeste do Brasil. Não apenas isso, mas o padrão do esforço de pesca de espinhel ser maior nos primeiros meses do ano se mostrou consistente ao longo dos anos. Contudo, é necessário destacar que esse trabalho utilizou dados de 2006 a 2014. Já em TEIXEIRA (2017), é ressaltado que atuns tendem a preferir águas mais quentes e por isso são encontrados em maior abundância no verão.

Para a porção sul e sudeste do país, os dados da GFW apontaram uma maior atividade no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, frequentemente no limite da plataforma continental ou depois dela. Tais resultados concordam com o demonstrado por ANDRADE (2008), apesar de neste trabalho não haver referências de batimetria. Outra diferença diz respeito aos petrechos utilizados. No trabalho de Andrade, os dados se referem sobretudo, à pesca com vara e isca-viva, em vez de espinhel horizontal de superfície. Contudo, para o caso do Brasil, essas pescarias majoritariamente almejam a captura de tunídeos. Novamente, faz-se necessária a ressalva de se tratar de trabalhos que abordam amplitudes temporais diferentes. Uma última observação sobre os resultados do espinhel obtidos a partir da GFW nessa parte do mar, é que o não foi observada atividade pesqueira durante os meses de fevereiro, setembro, novembro e dezembro. Isso pode ser causado pela interrupção dos dados do AIS, que pode ter uma origem deliberada ou não.

Importantes padrões que eram esperados para pesca de cerco, majoritariamente utilizada para a captura da sardinha-verdadeira, foram encontrados. Um dos principais foram as quedas de esforço de pesca ocorridas em julho e durante os meses dezembro e janeiro (Figura 15). Ambas podem explicadas pela vigência do período de defeso da sardinha-verdadeira, quando a

pesca dessa espécie fica proibida (IBAMA, 2009). O motivo de haver dois períodos de defeso é que entre junho e julho ocorre o defeso de recrutamento e no bimestre de dezembro e janeiro há o defeso de reprodução (PETROBRAS, 2018). Contudo, é possível observar que mesmo durante o período de defeso a pesca de cerco não cessa completamente (Figura 15). Uma possibilidade para explicar isso é que essa frota muda o alvo da pescaria para tunídeos (ANDRADE, 2007) ou então para a pesca de carangídeos como o Xerelete e a Tainha, a exemplo do que já foi reportado para o Rio de Janeiro (FIPERJ, 2013). De fato, os cartogramas do cerco (Figura 14) demonstram atividade pesqueira em uma área compatível com a pesca de tunídeos, sobre a plataforma continental e com a captura de Xerelete e Tainha, que ocorrem mais próximas à costa.

Em adição ao ciclo anual de esforço de pesca, a extensão geográfica do cerco no geral também é condizente com a literatura, indo do Rio de Janeiro até Santa Catarina (IBAMA, 2006). Talvez possa ser feita a ressalva que nos dados da GFW a extensão vai um pouco mais além, até o Rio Grande do Sul. Porém, no mapa da distribuição da sardinha proveniente do Boletim Estatístico da Pesca do Brasil, a distribuição do cerco inclui o Rio Grande do Sul (MONTEREY BAY AQUARIUM, 2018).

5.4 Escalas de análise

Por outro lado, enquanto no espinhel horizontal de superfície foi possível identificar os principais pontos de pesca compatíveis com a literatura, o mesmo não aconteceu com o cerco. Isso pode ter ocorrido por uma questão de escala, tanto da extensão geográfica da pesca como também pela escala dos dados em si. No espinhel horizontal, a pesca ocorre entre as latitudes de 10° Norte e 35° Sul, e entre as longitudes 40° Oeste e 20° Oeste (Figura 10). Apesar desse mapa ser feito com dados de todos os petrechos, pelo cartograma (Figura 12) é possível confirmar que o espinhel é utilizado na extremidade sul da ZEE brasileira. Então, de um polígono delimitado pelas coordenadas mencionadas, somente uma porção de sua área tem de fato pesca e ela é compatível com o encontrado na literatura. Já o cerco fica restrito à uma área menor, de forma que as mudanças de área tendem a ser menos perceptíveis e os pontos onde ocorreram a pesca de cerco acabam sendo iguais à extensão da distribuição da *Sardinella brasiliensis*. Todavia, é preciso destacar que em toda a busca bibliográfica feita não foram encontrados artigos que mostram o esforço de pesca da sardinha especializado ao longo de um ano e que os dados da GFW de fato mostram variações espaciais em termos de intensidade de pesca.

A questão supracitada da escala dos dados, na realidade, se aplica a todos os dados gerados pela GFW. Por conta da resolução de 0,1°, variações de posições menores podem ser mais difícil de perceber. Isso acontece não só como no caso da pesca de cerco e outras que ocorrem em menor extensão geográfica, como também em qualquer embarcação quando o objetivo em vez de ser analisar uma pescaria, for estudar uma área específica.

Um exemplo disso é a Reserva Extrativista Marinha de Arraial do Cabo (RESEX Arraial) ocupa uma área de 550 quilômetros quadrados (SAMPAIO, 2006) e só permite a prática de pesca de artesanal dentro de suas imediações (BRASIL, 1999). Todavia, por se tratar de uma área de grande produtividade primária por conta da ressurgência, ela é bastante rica em peixes, ela atrai o interesse de muitos pescadores (VALENTIN et al., 1987). Entre eles, os que operam a frota industrial e conseguem rapidamente acabar com os peixes passando pela RESEX Arraial, deixando os pescadores artesanais da reserva sem ter o que capturar, o que constitui um grande problema socio- econômico (SAMPAIO, 2006). Nesse contexto, os dados da GFW poderiam ser importantes para tentar registrar essa atividade irregular, além de ajudar em uma atuação preventiva. Todavia, a Figura 21 mostra que a área abrangida por cada registro de pesca (0,1 graus de resolução, conforme mostrado no Material e Métodos) é demasiadamente grande para fiscalizar a RESEX Arraial. Em outras palavras, há apenas quatro pontos que caem inteiramente dentro da reserva, de forma que transgressões dos limites dessa área protegida em grande parte não podem ser captadas.

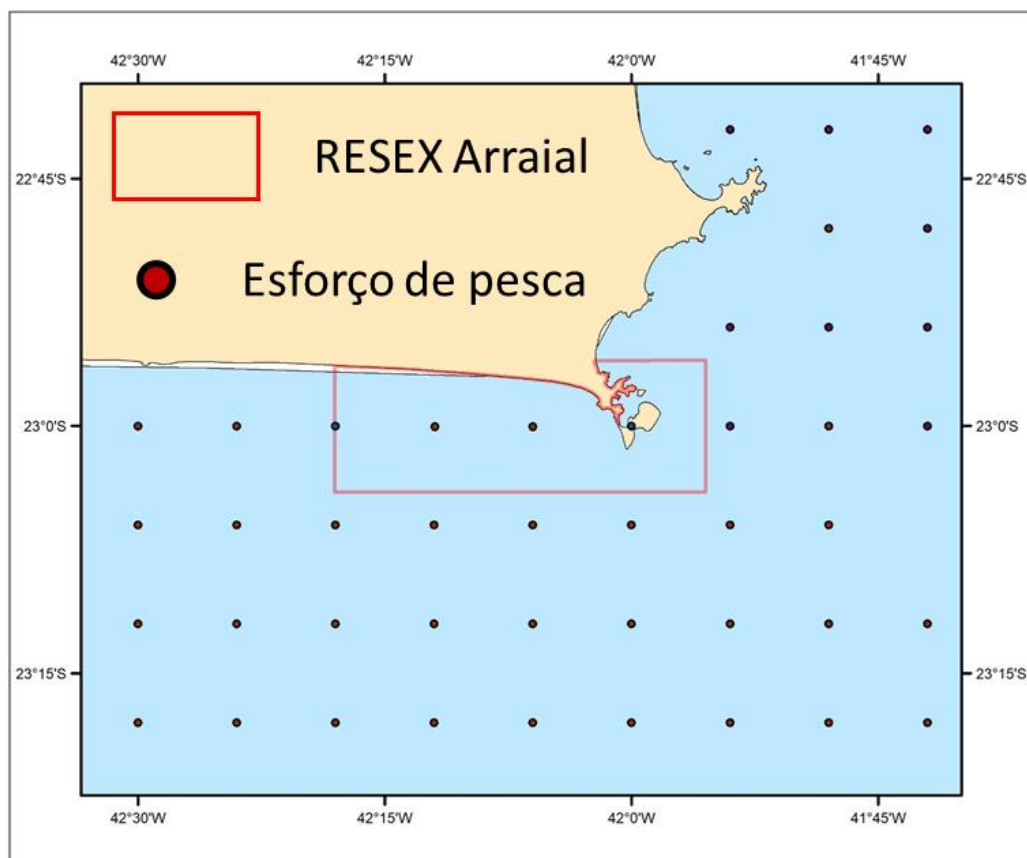


Figura 21: Área da RESEX Arraial sobreposta pela abrangência de cada registro de atividade pesqueira da GFW (esforço de pesca, na legenda).

A escala temporal também impõe limites aos dados da GFW para fins de fiscalização. Pelo fato de os dados serem gerados uma vez ao dia (com o somatório do que ocorreu no período), torna-se inviável o acompanhamento em tempo real dos barcos. Além disso, com essas resoluções torna-se ainda mais difícil o registro de um barco atuando ilegalmente se ele entrar e sair de uma área marinha protegida em um intervalo de tempo relativamente curto. Entretanto, é de grande importância ressaltar que essas escalas superam amplamente as que estão disponíveis em trabalhos de monitoramento feitos pela ICCAT e do desembarque da pesca do Rio de Janeiro. Além disso, apesar dos dados serem agregados por dia, eles são coletados independentemente do horário o que significa que há registro de atividade pesqueira mesmo de madrugada, o que talvez fosse impraticável dependendo do método de coleta dos dados.

5.5 Potencialidades e limitações

Os resultados demonstram que sob diversas perspectivas os dados da GFW produzem os resultados esperados. Todavia, enquanto no espinhel horizontal parece que os deslocamentos das embarcações de fato refletem o que acontece com a frota, no cerco os resultados não foram tão conclusivos. Por conta do que foi discutido, argumenta-se que para o Brasil os dados da GFW não devem ser utilizados para monitorar barcos individualmente ou fiscalizar áreas de proteção ambiental de porte similar ou menor que a RESEX Arraial.

Mesmo assim, ainda há um grande potencial a ser explorado nos dados da GFW. Inicialmente, o fato de a vara- isca ser responsável por aproximadamente 80% das capturas totais de tunídeos e o espinhel horizontal de superfície representar cerca de 15% (ICCAT, 2019) podem indicar que esses dados não sejam tão relevantes. Contudo, algumas ponderações precisam ser feitas. A primeira delas é sobre a incerteza dos dados da ICCAT, que não possui em sua base de dados todas embarcações brasileiras registradas: de um total de 71 embarcações registradas no RGP para pescar tunídeos, 42 não constavam na lista da ICCAT e desse total, 24 eram barcos que empregam o espinhel horizontal de superfície.

Todavia, um dos aspectos mais interessantes do espinhel horizontal é que ele compartilha majoritariamente os mesmos alvos com a vara- isca viva. Portanto, pode-se supor que o uso desses petrechos ocorre nas mesmas áreas. Isso foi largamente observado nos resultados apresentados (Figura 18), corroborando essa hipótese. A grande única diferença foi que a vara e isca-viva utiliza pequenos pelágicos como isca-viva para atrair os atuns o que necessita de uma pescaria prévia em águas mais rasas. Acredita-se que tal pescaria foi observada, e apesar de não haver correspondência no mapa do espinhel horizontal (conforme o esperado), ela possui padrões espaciais semelhantes ao do cerco, com exceção da área mais intensa na costa do Rio de Janeiro. Assim, supõe-se que os dados da GFW de espinhel horizontal de superfície podem ao menos parcialmente serem extrapolados para a vara e isca-viva (excluindo a fase de captura da isca), o que resultaria em um retrato quase completo da pesca de atuns no Brasil. Isso, é claro, desde que se fizesse algum tipo de regressão ou fator de correção para compensar algumas diferenças como a quantidade de barcos de cada frota e sua autonomia. A principal dúvida em relação a isso é se a pesca no Rio de Janeiro anteriormente mencionada é composta somente da parte de isca-viva ou se ela é composta também pela pescaria principal

Não somente isso, mas esses dados da GFW podem ser utilizados para estimar o esforço pesqueiro caso sejam desenvolvidas técnicas para refinar os resultados. Ainda que não

forneçam números precisos, é possível ter noção da intensidade da atividade pesqueira e onde ela está ocorrendo. Um exemplo interessante disso é quando foi possível observar, durante o defeso da sardinha, embarcações de cerco atuando em profundidades superiores a 400 metros, provavelmente visando a captura de atuns. Como são poucas as embarcações de cerco autorizadas a realizar essa operação (no caso das de grande porte, nenhuma é), esse tipo de informação pode ser útil para gestores e cientistas. Além disso, no caso do cerco foi possível registrar a pesca dentro da ZEE ao redor do arquipélago de Trindade e Martim Vaz, algo pouco descrito na literatura até o presente momento.

Como consequência da presença de atividade pesqueira em determinados lugares, pode-se fazer inferências sobre a localização e comportamento dos cardumes (WALKER et al., 2010). Isso abre um novo leque de possibilidade de estudos, como a influência de parâmetros físico-químicos, biológicos e atmosféricos (temperatura de superfície do mar, concentração de clorofila *a* na água, direção e intensidade das correntes marítimas) sobre a ocorrência de peixes. Os dados com uma resolução temporal de semanas ou dias podem ajudar em estudos sobre as dinâmicas dos cruzeiros de pesca. Em uma análise global, por exemplo, foi visto que durante o ano novo a atividade pesqueira cai (KROODSMA et al., 2018). Assim os dados da GFW também podem fornecer contribuições em estudos socio- econômicos sobre a pesca.

Todavia, é necessário fazer ressalvas sobre o processo de validação dos dados, que em última análise foi o que permitiu chegar nas potencialidades expostas acima. Assim como o uso do MMSI possui uma série de considerações, a validação feita a partir da literatura também possui duas grandes restrições. Uma delas é a falta de um método quantitativo mais preciso para comparar os dados, em oposição a análise qualitativa realizada de apenas observar se os padrões são similares ou não. Outra, conforme já havia sido destacado, foi a impossibilidade de obter dados da GFW e da literatura referentes a um mesmo intervalo de tempo. Com isso, questões como variações interanuais não receberam qualquer tipo de controle.

Como demonstrado desde o início da discussão até aqui, o processo de tratamento dos dados não foi trivial. Uma das principais questões percebidas foi a necessidade de algumas fontes oficiais, sobretudo a lista do RGP e algumas edições do Diário Oficial, para concluir se as frotas (no caso, cada frota sendo um petrecho) eram realmente um retrato da realidade. Ademais, mais dados externos foram utilizados para compatibilizar a fonte oficial com a GFW. Em seguida, mais trabalhos científicos de natureza pontual (isso é, não permitem um monitoramento contínuo) e cuja realização foi dispendiosa em termos financeiros e de tempo foram requeridos para avaliar se as frotas selecionadas na etapa anterior exibiam os padrões

esperados. Como resultado um pode concluir que tal tarefa foi onerosa e alguns sentidos derrotava o próprio propósito de utilizar informações públicas em vez de recorrer a dados do governo, visto que esses últimos foram necessários para ficar somente com dados confiáveis. Entretanto, destaca-se que enquanto o acesso ao PREPS foi negado, a lista nos foi oferecida. Essa última por si só, além de não requerer uma infraestrutura cara para ser mantida tal como um Sistema de Monitoramento de Embarcações, também não carrega informações sensíveis como o ponto de pesca das embarcações). De qualquer forma, a busca pela independência de dados governamentais e a possibilidade de uma análise mais robusta justifica a importância de avaliar a base de dados da GFW sem qualquer tipo de interferência.

Nesse sentido, como o objetivo era avaliar o comportamento da frota estimada como um todo, assumindo que haveria erros de classificação do tipo de embarcação e de estimativa de tamanho, não foram feitas análises de representatividade da frota (principalmente número de embarcações por frota e distribuição das métricas de tamanho). Para a espacialização dos dados, resultados da frota estimada foram diametralmente opostos entre cerco e espinhel horizontal. O primeiro de fato representou bem os barcos de grande porte que realizam o cerco. Já no espinhel, além da frota estimada não agregar nada novo, ela omitiu informações importantes sobre essa atividade. Dentre as principais causas observadas para tanto, destaca-se:

- Tamanho de embarcações subestimado, resultando na omissão de algumas delas. As estimativas que excluíram barcos de grande porte da sua categoria ocorreram tanto no comprimento quanto AB.
- Erro de classificação de embarcação pesqueira, como um espinhel ser considerado como arrasto. Ou ainda o algoritmo não gerar um resultado com grande confiança e a classe final ser “pesca”.
- Mais grave ainda é a classificação de embarcações de outros tipos como sendo de pesca.
- Não determinação da bandeira. Em alguns casos, a embarcação aparecia sem país, além do problema previamente discutido relativo ao arrendamento

5.6 Outros usos

Além do que foi apresentado até agora, um uso não explorado até aqui dos dados da GFW é importante para o estudo da pesca de uma forma mais abrangente. Como mencionado anteriormente, o desligamento do AIS pode ser utilizado para acobertar atividades ilegais. Paralelamente a isso, em determinadas situações pode ser interessante que o cruzeiro de pesca de uma determinada embarcação seja reconstruído, como no caso de se querer encontrar a

origem dela ou simplesmente observar como se dá o seu deslocamento. Para ambos os casos, os dados da GFW podem fornecer uma grande contribuição. Como visto na Figura 22, é possível refazer o caminho que uma embarcação percorreu ao ligar os pontos de atividade pesqueira da mesma organizados pela data. Assim, também é viável observar a trajetória de uma embarcação (e.g. indo em direção a uma área marinha protegida ou uma embarcação estrangeira rumando para a ZEE nacional) e suspeitar de algo caso o cruzeiro seja interrompido perto da área de interesse. Ou então, verificar quais são os portos mais visitados por ela. Esse último caso poderia ser importante para determinar a origem dos peixes desembarcados nos portos do país.

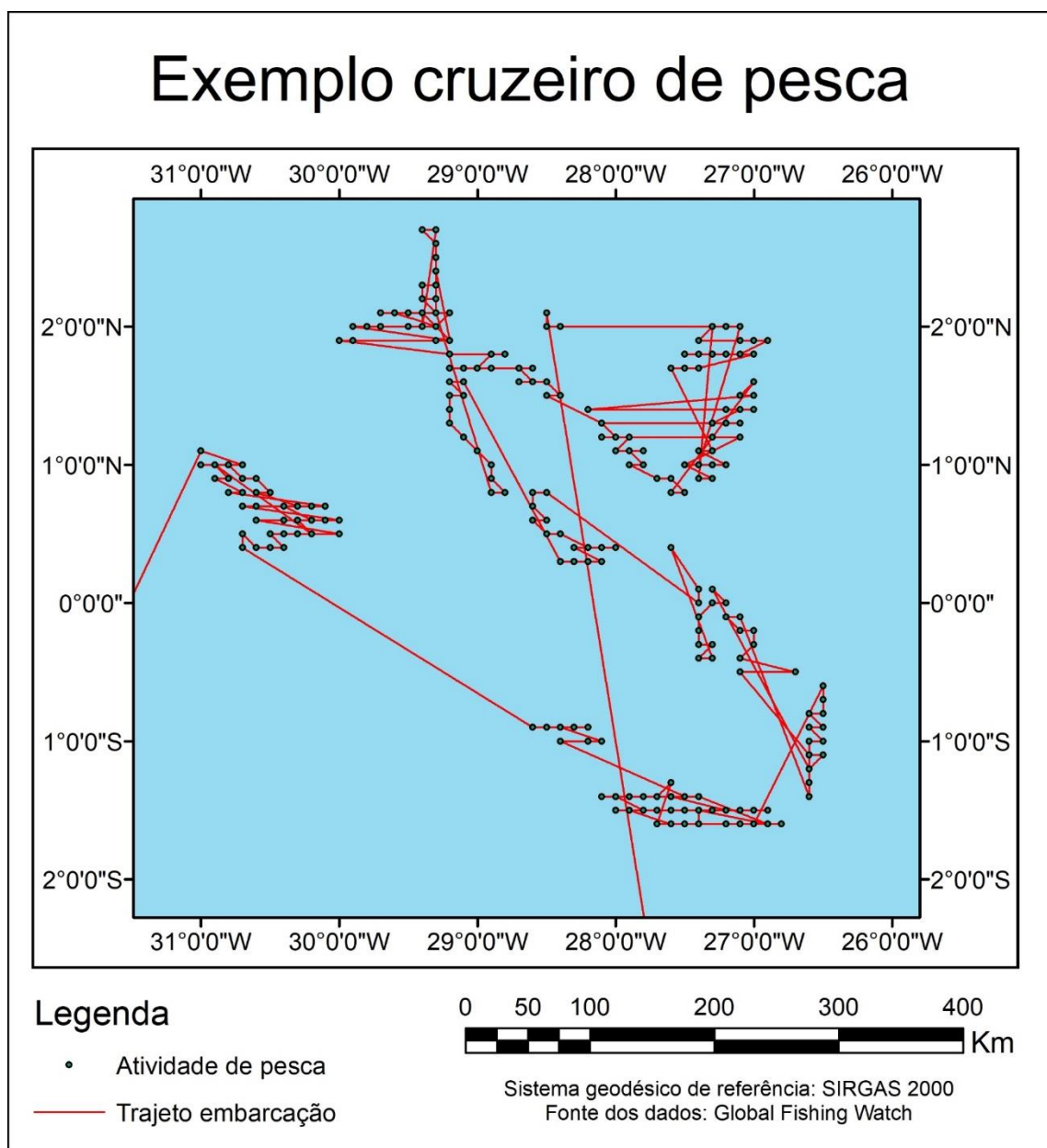


Figura 22: Exemplo de um cruzeiro de pesca de espinhel horizontal reconstruído a partir de dados da GFW.

5.7 A pesca de menor porte

Mesmo com esse grande potencial, a GFW não é capaz de captar com eficiência pequenas embarcações, sobretudo as não motorizadas. Além, é claro, de pescadores que permanecem em terra. Daí surge a necessidade de empregar tecnologias completares para o acompanhamento da pesca, sendo o uso de drones uma das alternativas mais promissoras (HARRIS et al., 2019; TOONEN e BUSH., 2018). Em testes preliminares, o uso de drones mostrou ser capaz de caracterizar diversos tipos de embarcações sobrevoando a 122 metros de altura (Figura 23).

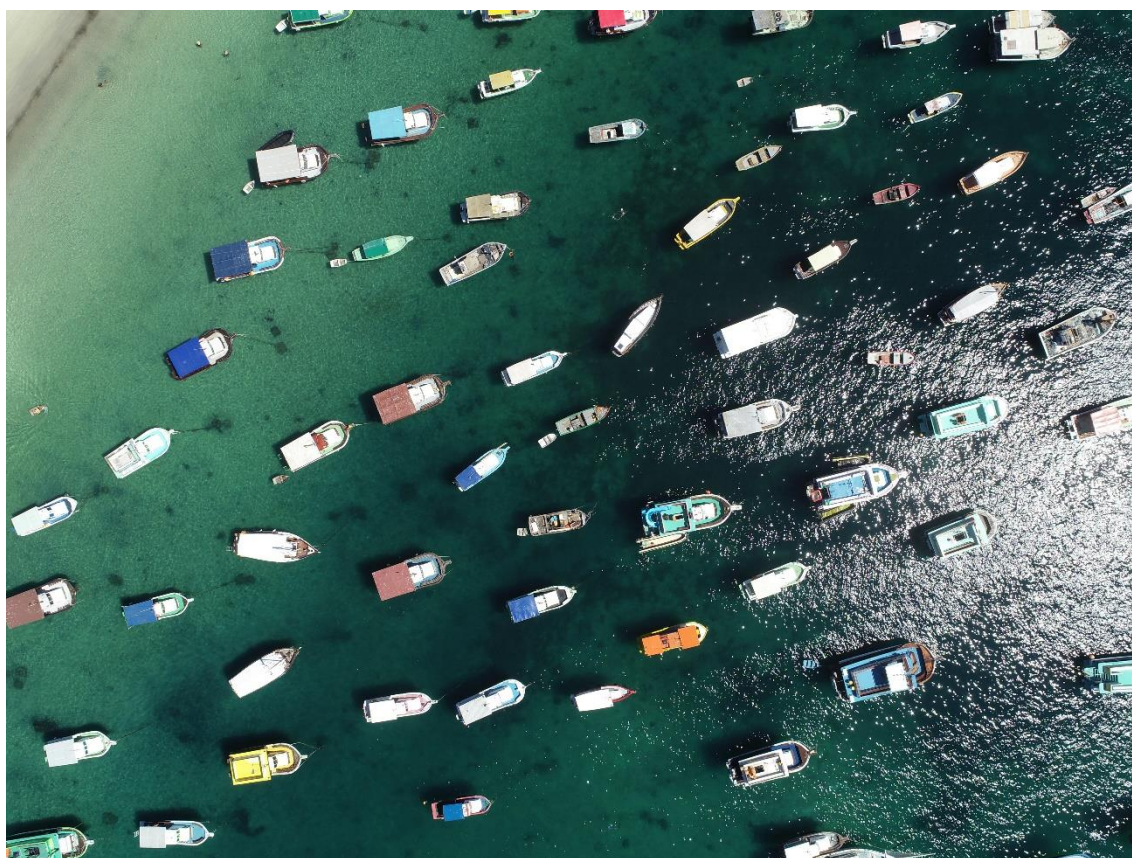


Figura 23: Fotografia aérea de parte da RESEX ARRAIAL obtida a partir de um drone.

Todavia, a operação desses aparelhos ainda é severamente restringida pela legislação. Alguns dos limites impostos, para pessoas que não são registradas como piloto são: necessidade de contato visual com o veículo durante a toda o voo; o drone não poder se afastar de um raio de até 500 metros; teto de voo de 120 metros de altura (ANAC, 2017). Além disso, os drones

de menor custo possuem autonomia inferior a uma hora e baixa tolerância a clima adverso, o que pode dificultar atividades de monitoramento. Por outro lado, há aparelhos capazes de superar essas limitações, mas seu custo ainda é relativamente alto e necessita de pilotos treinados (TOONEN e BUSH., 2018).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação mostrou que, a despeito da baixa adesão do uso de AIS no Brasil, os dados da GFW podem ainda ser largamente aproveitados para estudos sobre a pesca de grande porte. Mais do que a situação brasileira, esse trabalho mostra como esses dados podem ser aproveitados para com qualquer país com situação similar e o que é necessário para fazê-lo de forma confiável. Como principais achados, pode-se listar:

- É importante haver uma referência oficial sobre a frota a ser analisada, sem confiar nos dados sobre embarcações gerados pelos algoritmos da GFW.
- Os dados do GFW podem ser usados em estudos sobre a pesca no Brasil de cerco e espinhel horizontal.
- Com o devido refinamento, é possível usar os dados do espinhel horizontal para avaliar a pesca de vara e isca-viva.
- Não há embarcações o suficiente para utilizar os dados da GFW para seguir embarcações individualmente, as análises devem considerar a frota como um todo. Entretanto, no caso do espinhel, é possível dividir em setor sul/sudeste e norte/nordeste.
- Tais estudos devem possuir abrangência temporal superior a um dia, mas podem ser inferiores a um mês.
- Não é possível fazer o monitoramento da maioria das áreas de proteção marinha do Brasil, é necessária uma escala espacial maior.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANAC. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil** nº 94, de 2 de maio de 2017. Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil.

PLANALTO anuncia que senador Marcelo Crivella será ministro da pesca. **Agência Senado** (a), Brasília, 02 mar. 2012. Disponível em <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2012/02/29/planalto-anuncia-que-senador-marcelo-crivella-sera-ministro-da-pesca/>. Acesso em: 11/02/2020.

CRIVELLA toma posse como ministro da Pesca. **Agência Senado** (b), Brasília, 02 mar. 2012. Disponível em <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2012/03/02/crivella-toma-posse-como-ministro-da-pesca>. Acesso em: 02 fev. 2020.

ANDRADE, H.A. Taxa de Captura para o Bonito-Listrado (*Katsuwonus pelamis*) do Sudoeste do Oceano Atlântico Sul. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v.34, n. 3, p. 391-402, 2008.

ANGELO, C. Brazil's Government Freezes Nearly Half of its Science Spending. **Nature**, v. 568, no. 7751, p. 155-156, 2019. DOI: 10.1038/d41586-019-01079-9.

ANJUM, K. et al. Marine Sponges as a Drug Treasure. **Biomolecules & Therapeutics**, v.24 no.4, p. 347-62, 2016. DOI: 10.4062/biomolther.2016.067.

ANTICAMARA, J.A. et al. Global Fishing Effort (1950- 2010): Trends, gaps, and Implications. **Fisheires research**, v.107, no. 1-3, p. 131-136, 2011. DOI: 10.1016/j.fishres.2010.10.016.

ARAÚJO, B.B.A. et al. Bigger kill than chill: The Uneven Roles of Humans and Climate on Late Quaternary Megafaunal Extinctions. **Quaternary International**, v. 431, 216-222, 2017. DOI: 10.1016/j.quaint.2015.10.045.

ARRIZABALAGA, H. et al. FAO Area 41 - AIS-based Fishing Activity in the Southwest Atlantic. In: Taconet, M.; Kroodsma, D.; Fernandes, J.A. (Orgs.). **Global Atlas of AIS-based fishing activity - Challenges and opportunities**. Roma: FAO, 2019. p. 199-213.

AUDZIJONYTE, A. et al. Ecological Consequences of Body Size Decline in Harvested Fish Species: Positive Feedback Loops in Trophic Interactions Amplify Human Impact. **Biology Letters**, v. 9, no. 2, 15 p., 2013. DOI: 10.1098/rsbl.2012.1103.

BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.L. **Ecology: From Individuals to Ecosystem**. Malden: Blackwell Publishing, 2006. 746 p.

BOERDER, K. MILLER, N.A.; WORM, B. Global hot spots of transshipment of fish catch at the sea. **Science Advances**, v. 4, no.7, 11 p., 2018. DOI: 10.1126/sciadv.aat7159.

BRASIL. Lei nº 6.938 de agosto de 1981. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2 set. 1981. Institui a Política Nacional de Meio Ambiente.

BRASIL. Lei nº 1.265 de 11 de outubro de 1994. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 out. 1994. Aprova a Política Nacional Marítima.

BRASIL. Portaria nº 49 de 28 de setembro de 1999. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 1 out. 1999.

BRASIL. Decreto nº 5.377 de 23 de fevereiro de 2005. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 fev. 2005. Aprova a Política Nacional Para Recursos do Mar.

BRASIL. Portaria MD nº 30/DPC, de 30 de março de 2005. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 29 abr. 2005. Altera as Normas da Autoridade Marítima para Tráfego e Permanência de Embarcações em Águas Jurisdicionais Brasileiras.

BRASIL Instrução Normativa Interministerial nº 2, de 4 de setembro de 2006. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 set. 2006. Institui o Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite- PREPS.

BRASIL. Lei nº 11.959 de 29 de junho de 2009. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 jun. 2009. Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e Pesca.

BRASIL (b). Resolução Normativa Interministerial nº 2, de 27 de novembro de 2009. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 nov. 2009. Estabelece critérios para captura de Anchova.

BRASIL. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 6 out. 2010.

BRASIL. Lei nº 12.527 de 18 de novembro de 2011. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 nov. 2011. Regula o acesso a informações prevista na Constituição Federal

BRASIL. Portaria Interministerial nº 13 de 2 de outubro de 2015. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 6 out. 2015. Proíbe por 8 anos pesca direcionada, retenção a bordo e transbordo do mero (*Epinephelus itajara*).

BRASIL, 2018. Portaria da Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca nº 14 de 17 de maio de 2018. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 de maio de 2018.

BATISTA, V.; FABRÉ, V.S. Temporal and Spatial Patterns on Serra *Scomberomorus brasiliensis* (Teleostei, Scombridae), Catches from the Fisheries on the Maranhão Coast, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 61, no. 4, p. 541-546, 2001. DOI: 10.1590/S1519-69842001000400003.

FAERJ, SEBRAE-RJ. **Diagnóstico da Cadeia Produtiva da Pesca Marítima no Estado do Rio de Janeiro: Relatório de Pesquisa**. Populis: Rio de Janeiro, 2009. 200 p.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2004**. FAO: Roma, 2004. 161 p.

FAO. Fisheries and Aquaculture topics. Fisheries technology: Topics Fact Sheets. In: _____. **FAO Fisheries Division [online]**. FAO: Roma, 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/>. Acesso em 02 fev. 2020.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all**. FAO: Roma, 2016. 200 p.

FAO. **The marking and identification of fishing vessels**. FAO: Roma, 2017. 12 p.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 – Meeting the sustainable development goals**. FAO: Roma, 2018. 176 p.

FIPERJ, Fundação do Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro 2013. **Diagnóstico da Pesca no Estado do Rio de Janeiro**. FIPERJ: Niterói, 2013. 108p.

BARCO naufragado de mais de 200 toneladas é retirado de canal do Porto de Santos, SP. **G1**, Santos, 27 set. 2018. Disponível em <https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/porto-mar/noticia/2018/09/27/barco-naufragado-de-mais-200-toneladas-e-retirado-de-canal-do-porto-de-santos-sp.ghtml>. Acesso em: 02 fev. 2020.

GLOBAL FISHING WATCH. **Global Fishing Watch**, c2018. Disponível em: <https://globalfishingwatch.org>. Acesso em: 27 ago. 2018.

GONZÁLEZ, R. et al. Fishery and Oceanographic Monitoring System (FOMS): A New Technological Tool Based on Remote Sensing, With Application in Ecosystem Management of Coastal Fisheries in Patagonia. **Gayana**, v. 68, no.2, p. 234-238, 2004. DOI: 10.4067/S0717-65382004000200042.

GIULIETTI, N.; ASSUMPÇÃO, R. Indústria Pesqueira no Brasil. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 42, n. 2, p. 95-127, 1995.

HARRIS, J.M. et al. Use of Drones in Fishery Science. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 148, no. 4, p. 687-697, 2019. DOI: 10.1002/tafs.10168.

IBAMA. Portaria nº 17 de 18 de fevereiro de 1999. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 19 fev. 1999. Aprova o Plano de Utilização da Reserva Extrativista Marinha de Arraial do Cabo.

IBAMA. **Plano de Gestão Para o Uso Sustentável da Sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis* (Steidachner, 1879) no Brasil**. Brasília, 2006. 90 p.

IBAMA. Instrução Normativa nº 15 de 21 de maio de 2009. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 de maio de 2009.

ICCAT, International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. **Nominal Catch Information**. Disponível em: <https://www.iccat.int/en/accesingdb.html>. Acesso em 22 jan. 2020.

JABLONSKI, S.; AZEVEDO, A.F.; MOREIRA, L.H.A. Fisheries conflicts in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, no. 1, p. 79-91, 2006. DOI: 10.1590/S1516-89132006000100010.

JACKSON, J.B.C. et al. Historical Overfishing and the Recent Collapse of Coastal Ecosystems. **Science**, v. 293, no. 5530, p. 629-638, 2001. DOI: 10.1126/science.1059199.

KACHELRIESS, D. et al. The Application of Remote Sensing for Marine Protected Area Management. **Ecological indicators**, v. 36, p. 169-177, 2014. DOI: 10.1016/j.ecolind.2013.07.003.

KROODSMA, D.A. et al. Tracking the Global Footprint of Fisheries. **Science**, v. 359, no. 6378, p. 904-908, 2018. DOI: 10.1126/science.aao5646.

LEBRETON, L.; et al. Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is Rapidly Accumulating Plastic. **Scientific Reports**, v. 8, no. 4666, 2018. DOI: 10.1038/s41598-018-22939-w.

LIRA, Marcelo Gomes. **Pesca de Atuns e Afins no Oceano Atlântico: Interações Oceanográficas, implicações socioeconômicas e tecnológicas**. 2016. 80 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

LIMA, L.; GALDO, R. Ilhas da Baía de Guanabara são usadas como rotas do tráfico de armas e drogas. **O globo**, Rio de Janeiro, 28 out. 2018. Disponível em <https://oglobo.globo.com/rio/ilhas-da-baia-de-guanabara-sao-usadas-como-rotas-do-traffic-de-armas-drogas-23191898>. Acesso em: 31 jan. 2020

LOPES, M.S. et al. The Path Towards Endangered Species: Prehistoric Fisheries in Southeastern Brazil. **PLoS ONE**, v. 11, no. 6, e0154476, 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0154476.

McCAULEY, D.J. et al. Marine Defaunation: Animal Loss in the Global Ocean. **Science**, v. 347, no.6219, p. 247-347, 2015. DOI: 10.1126/science.125564.

MEYER, S. et al. Marine Mammal Population Decline Linked to Obscured By-catch. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 114, n. 44, p. 11781- 11786, 2017. DOI: 10.1073/pnas.1703165114.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na zona econômica exclusiva - Relatório Executivo**. Brasília, 2006. 303p.

MORA, C. et al. How Many Species Are There on Earth and in the Ocean? **PLoS Biology**, v. 9, no. 8, e1001127, 2011. DOI: 10.1371/journal.pbio.1001127.

MONTEREY BAY AQUARIUM. **Seafood Watch: Brazilian Sardinella Report**. Monterey, 2018. 46p.

NOAA, NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **National report on large whales' entanglements confirmed in the United States in 2018**. Silver Spring, 2018. 8p.

NIJDAM, D.; ROOD, T.; HENK W. The Price of Protein: Review of Land Use and Carbon Footprints from Life Cycle Assessments of Animal Food Products and Their Substitutes. **Food Policy**, v. 37, no. 6, p. 760-770, 2012. DOI: 10.1016/j.foodpol.2012.08.002.

NORMAN, F.I. Preliminary Investigation of the Bycatch of Marine Birds and Mammals in Inshore Commercial Fisheries, Victoria, Australia. **Biological conservation**, v. 92, no. 2, p. 217-216, 2000. DOI: 10.1016/S0006-3207(99)00055-5.

NYBAKKEN, J.W. **Marine Biology: An Ecological Approach**. Pearson Education: São Fransico, 2004. 579 p.

OCCHIALINI, Daniela Sarcinelli. **Diagnóstico da pesca de isca-viva empregada pela frota atuneira no Sudeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Aquicultura). 2013. 171 f. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

OECD. **The ocean economy in 2030**. OECD Publishing: Paris, 2016. 249 p.

- ONU. **Convenção das Nações Unidas para o Direito do Mar**. Montego Bay, 10 dez. 1982.
- ONU. **Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development**. Resolução aprovada na 70ª Assembleia Geral em 25 de setembro de 2015.
- PAES, E.T; MONTEIRO-NETO, C. Nécton marinho. In: Pereira, R.C.; Soares-Gomes, A. (Org.). **Biologia Marinha**. Editora Interciência: Rio de Janeiro, 2009. p241-279.
- PAULY, D. Anecdotes and the Shifting Baseline Syndrome of Fisheries. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 10, no. 10, p. 430, 1995. DOI: 10.1016/s0169-5347(00)89171-5
- PAULY, D. et al. Fishing Down Marine Food Webs. **Science**, v. 279, no.5352, p. 860-863, 1998. DOI: 10.1126/science.279.5352.860.
- PEDREGOSA, F. et al. Scikit-learn: Machine Learning in Python. **Journal of Machine Learning Research**, v. 12, p. 2825-2830, 2011.
- PETROBRÁS. **Projeto de monitoramento da atividade pesqueira no Estado do Rio de Janeiro -PMAP-RJ**. Relatório técnico semestral RTS-0, Rio de Janeiro 2018. 255 p.
- RAZALI, N.M.; WAH, Y.B. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. **Journal of Statistical Modeling and Analytics**, v. 2, no.1, p. 21-33, 2011.
- REED, J.K.; KOENIG, C.C.; SHEPARD, A.N. Impacts of Bottom Trawling on a Deep-Water Oculina Coral Ecosystem of Florida. **Bulletin of Marine Science**, v. 81, no. 3, p. 481-496, 2007.
- RIEGL, B. Degradation of Reef Structure, Coral and Fish Communities in the Red Sea by Ship Groundings and Dynamite Fisheries. **Bulletin of Marine Science**, v. 69, no. 2, p. 595-611, 2001.
- SAKAI, Y.; YAGI, N.; SUMAILA, U.R. Fishery Subsidies: the Interactions Between Science and Policy. **Fisheries science**, v. 85, p. 439-447, 2019. DOI: 10.1007/s12562-019-01306-2.
- SALA, E. et al. The Economics of Fishing in the High Seas. **Science Advances**, v. 4, no. 6, eaat2504, 2018. DOI: 10.1126/sciadv.aat2504.
- SAMPAIO, Priscila Barreto. **Mar de conflitos: As diferentes formas de organização política dos pescadores “artesanais”**. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade). 2006. 169 f. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- SOUZA, R.C.C.L.; FERREIRA, C.E.L.; PEREIRA, R.C. Bioinvasão marinha. In: Pereira, R.C.; Soares-Gomes, A. (Orgs.). **Biologia Marinha**. Editora Interciência: Rio de Janeiro, 2009. p. 555-577.
- SOUZA, Luís Vinícius Mundstock Porto. 2010. **Desenvolvimento de uma Ferramenta de Identificação de Cruzeiros de Pesca e Análise Geoespacial para o Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite (PREPS)**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental). 2010. 79 f. Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí.
- SOUZA, E.N. et al. Improving Fishing Pattern Detection from Satellite AIS Using Data Mining and Machine Learning. **PLoS ONE**, v. 11, no.7, e0158248, 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0158248

STELZENMÜLLER, V et al. Spatial Assessment of Fishing Effort Around European Marine Reserves: Implications for Successful Management. **Marine Pollution Bulletin**, v. 56, no. 12, p. 2018-2026, 2008. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2008.08.006.

STRAUB, C.L.; KOONTZ, S.R.; LOOMIS, J.B. **Economic Valuation of Landsat Imagery**. U.S. Geological Survey: Reston, 2019. 13 p. DOI: 10.3133/ofr20191112

TEIXEIRA, Antônio Felipe Gomes. **Adaptações ao projeto de embarcação de pesca do método de vara e isca-viva focando em redução de impacto ambiental e ganho de eficiência**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Naval). 2017. 93 f. Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville.

TOLLEFSON, J. ‘Tropical Trump’ Sparks Unprecedented Crisis for Brazilian Science. **Nature**, v. 572, no. 7768, p. 161-162, 2019. DOI: 10.1038/d41586-019-02353-6.

TOMAZELA, J.M., 2018. Navio é resgatado do fundo do mar 4 meses após naufrágio em Santos. **Terra**, São Paulo, 10 out. 2018. Disponível em <https://www.terra.com.br/noticias/brasil/cidades/navio-e-resgatado-do-fundo-do-mar-4-meses-apos-naufragio-em-santos,3d8b6e475c40f322ee8c8f5ca597b26645mhji1e.html>. Acesso em: 02/02/2020.

TOONEN, H.M.; BUSH, S.R. The Digital Frontiers of Fisheries Governance: Fish Attraction Devices, Drones and Satellites. **Journal of Environmental Policy and planning**, v. 22, no. 1, p. 125-137, 2018. DOI: 10.1080/1523908X.2018.1461084.

TSIKLIRAS, A. C.; FROESE, R. Maximum Sustainable Yield. In: Fath, B. (Org.) **Encyclopedia of Ecology**. Elsevier: Amsterdã, 2019. p. 108-115. DOI: 10.1016/B978-0-12-409548-9.10601-3

VALENTIN, J.L.; ANDRÉ, D.L.; JACOB, S. Hydrobiology in the Cabo Frio (Brazil) Upwelling: Two-dimensional Structure and Variability During a Wind Cycle. **Continental Shelf Research**, vol. 1, n. 7, p. 77-88, 1987. DOI: doi.org/10.1016/0278-4343(87)90065-3.

Walker, E.; et al. Fishing Activity of Tuna Purse Seiners Estimated from VMS and Validated by Observers’ Data. **Collective Volumes of Scientific Papers- ICCAT**, v. 65, no.6, p. 2376-2391, 2010.

WORM, B.; TITTENSOR, D.P. Range Contraction in Large Predators. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.108, no. 29, p. 11942-11947, 2011. DOI: 10.1073/pnas.1102353108.

VARELIS, P.; MELTON, L.; SHAHID, F. **Encyclopedia of food chemistry**. Elsevier: Amsterdã, 2019. 2194 p.

VILLAC, M.C.; TENENBAUM, D.R. The Phytoplankton of Guanabara Bay, Brazil: I. Historical Accounts of Its Biodiversity. **Biota Neotropica**, vol. 10, n. 2, p. 271-293, 2010. DOI: 10.1590/S1676-06032010000200030.

ZELLER, D. et al. Global Marine Fisheries Discards: a Synthesis of Reconstructed Data. **Fish and Fisheries**, v. 19, n. 1, p. 30-39, 2017. DOI: 10.1111/faf.12233.

APÊNDICE – atividade pesqueira de cada barco ao longo de 2018

