

Mapeamento de áreas resilientes a mudanças climáticas nos biomas brasileiros

2023-06-12

Índice

| | |
|--|-----------|
| Síntese do projeto | 4 |
| Contexto geral do estudo | 4 |
| O que queremos fazer? | 4 |
| Quais as premissas básicas desse estudo? | 4 |
| Qual metodologia estamos utilizando? | 5 |
| Por que a escolha por essa metodologia de análise? | 5 |
| Onde e com quem estamos trabalhando? | 5 |
| Quais são os produtos previstos desse projeto? | 6 |
| Como temos conduzido as atividades? | 6 |
| Palavras chave | 6 |
| Instituições parceiras do projeto | 6 |
| 1 Introdução geral | 7 |
| 2 Membros da equipe | 8 |
| 2.1 Equipe TNC Brasil | 8 |
| 2.2 Equipe central por bioma | 8 |
| 2.3 Especialistas convidados | 9 |
| 3 Objetivo | 11 |
| 3.1 Objetivos específicos | 11 |
| 3.2 Produtos previstos | 11 |
| 4 Atividades e oficinas previstas | 12 |
| 4.1 Atividades previstas | 12 |
| 4.2 Planejamento das oficinas | 12 |
| 5 Glossário | 14 |
| 6 Modelo conceitual e premissas | 15 |
| 7 Metodologia resumida | 16 |
| 7.1 Regiões eco-geológicas | 17 |
| 7.2 Resiliência | 17 |
| 7.2.1 Diversidade da paisagem | 17 |
| 7.2.2 Conectividade local | 19 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 7.2.3 | Dados padronizados (<i>Z-scores</i>) | 19 |
| 7.2.4 | Resiliência: combinando diversidade da paisagem e conectividade local . | 20 |
| 8 | Códigos e bases de dados | 21 |
| 8.1 | Códigos | 21 |
| 8.1.1 | Diversidade da paisagem | 21 |
| 8.1.2 | Conectividade local | 21 |
| 8.1.3 | Resiliência da paisagem | 21 |
| 8.2 | Bases de dados | 21 |
| 8.2.1 | Diversidade da paisagem | 21 |
| 8.2.2 | Conectividade local | 22 |
| 9 | Diversidade da paisagem | 23 |
| 10 | Conectividade local | 24 |
| 11 | Resiliência da paisagem | 25 |
| 12 | Resultados preliminares | 26 |
| 12.1 | Diversidade da paisagem | 26 |
| 12.2 | Conectividade da paisagem | 26 |
| 12.3 | Resiliência da paisagem | 26 |
| | References | 27 |

Síntese do projeto

Contexto geral do estudo

As mudanças no clima modificam ambientes naturais e pressionam espécies a se adaptarem às novas condições ambientais ou alterarem suas distribuições espaciais para locais mais adequados climaticamente. A identificação de locais com adequabilidade climática para sustentar a biodiversidade no futuro de mudanças climáticas é imprescindível para o planejamento sistemático de ações de conservação e restauração.

O que queremos fazer?

O objetivo principal do projeto é **mapear sítios resilientes às mudanças climáticas**, que permitam a movimentação da biodiversidade na busca de áreas mais adequadas climaticamente.

O termo *áreas resilientes* indica locais que apresentam condições necessárias para que espécies e processos ecológicos persistam às mudanças climáticas regionais, definidos por sua alta diversidade microclimática e conectividade.

Quais as premissas básicas desse estudo?

A metodologia desenvolvida segue três premissas básicas:

1. A diversidade da paisagem é determinada pela heterogeneidade de habitats, variáveis condicionadas por características do meio físico, como feições topográficas, altitude, disponibilidade hídrica e tipo de solo, e que promovem variabilidade microclimática, influenciando diversidade genética e fenotípica de espécies.
2. A conectividade da paisagem é determinada pela resistência que os tipos de uso e cobertura do solo oferecem para a movimentação das espécies na paisagem, considerando as relações de vizinhança estabelecidas em uma escala local.

3. A resiliência da paisagem a mudanças do clima é determinada pela heterogeneidade de habitat disponíveis para as espécies, que geram condições diversificadas de microclimas aos organismos, e pela conectividade desses habitats na paisagem, que permitem a movimentação desses organismos para áreas mais adequadas.

Qual metodologia estamos utilizando?

A metodologia proposta para isso combina a diversidade da paisagem, um *proxy* da variabilidade microclimática, com a conectividade local, identificando locais que forneçam condições microclimáticas para o enfrentamento às mudanças climáticas, cujas matrizes da paisagem sejam permeáveis à movimentação das espécies.

A diversidade da paisagem é baseada na geodiversidade (geomorfologia, geologia, pedologia e hidrologia) do terreno, composta pela variedade de formas de relevo, amplitude altitudinal, densidade de áreas úmidas e riqueza de solos.

A conectividade local é baseada na resistência das matrizes da paisagem ao movimento da biodiversidade, combinando uso do solo e infraestruturas de transporte e de energia existentes (com maior ou menor grau de antropização).

Por que a escolha por essa metodologia de análise?

Essa análise foi proposta e validada para a América do Norte pela *The Nature Conservancy* (TNC), complementando outras metodologias disponíveis na literatura, uma vez que ela foca nas propriedades do terreno para identificar áreas resilientes.

A aplicação da metodologia da TNC para os biomas brasileiros é um passo importante na identificação de sítios resilientes em ambientes tropicais megadiversos. Atuando em conjunto com especialistas dos diferentes biomas e baseado na literatura disponível, o projeto busca adequar a metodologia original ao contexto dos biomas brasileiros, refinando e adaptando quando necessário.

Onde e com quem estamos trabalhando?

O mapeamento está sendo conduzido para cada um dos seis biomas do Brasil. Para isso, em cada um dos biomas temos coordenadores(as) responsáveis em instituições de pesquisa, além de um(a) pesquisador(a) de pós-doutorado diretamente envolvido(a) no projeto. Há ainda uma equipe de especialistas, de diversas áreas de atuação relacionadas à Temática do projeto, que participam como colaboradores do desenvolvimento do estudo.

Quais são os produtos previstos desse projeto?

O produto resultante desse projeto é um mapa de áreas resilientes e conectadas para os biomas do Brasil que permite identificar áreas com potencial de sustentar animais e plantas em um clima sob mudanças. Está em construção também um relatório técnico descrevendo o projeto e a metodologia utilizada, além de uma documentação reproduzível das análises. Além desses produtos, está prevista a elaboração de, no mínimo, um artigo científico a ser submetido a uma revista científica internacional.

Como temos conduzido as atividades?

Os(as) bolsistas de pós-doutorado têm sido responsáveis por liderar as análises e conduzir o projeto regionalmente. A equipe da TNC Brasil coordena as atividades em cada bioma e entre os biomas e também a integração entre as diversas equipes, participando diretamente das discussões nos grupos. Estão sendo realizadas oficinas e reuniões virtuais com as equipes de cada bioma e com os(as) especialistas para discutir as particularidades regionais, refinar as análises e os resultados obtidos.

Palavras chave

Resiliência climática, mudanças climáticas, conectividade, paisagem, geodiversidade, conservação, biodiversidade.

Instituições parceiras do projeto

[INSERIR LOGO DAS INSTITUIÇÕES: TNC, MPEG, UFABC, UFJ, UFMS, UFRN; SOS Pantanal, Associação Caatinga]

1 Introdução geral

O projeto *Mapeamento de áreas resilientes a mudanças climáticas nos biomas brasileiros* é coordenado por *The Nature Conservancy Brasil* e executado por diversas instituições de pesquisa localizadas em cada um dos biomas do Brasil.

O objetivo principal do projeto é mapear sítios resilientes a mudanças climáticas e conectados entre si, identificando locais que seriam mais adequados a sustentar a biodiversidade em um futuro de mudanças no clima. O produto principal do projeto é um mapa indicando as áreas resilientes e conectadas no Brasil.

2 Membros da equipe

O projeto *Mapeamento de áreas resilientes a mudanças climáticas nos biomas brasileiros* é coordenado pela *The Nature Conservancy Brasil* e executado por diversas instituições de pesquisa localizadas em cada um dos biomas do Brasil: Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), Universidade Federal do ABC (UFABC), Universidade Federal do Jataí (UFJ), Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS) e Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

2.1 Equipe TNC Brasil

| Nome | Atuação | Lattes |
|-------------------|-----------------------------|---|
| Edenise Garcia | Diretora de ciências | http://lattes.cnpq.br/6575206025031796 |
| Milena Rosenfield | Coordenadora técnica | http://lattes.cnpq.br/8181631357765054 |
| Mário Barroso | Especialista em SIG | http://lattes.cnpq.br/7182178358444899 |
| José Fronza | Especialista em SIG e dados | http://lattes.cnpq.br/1205403331686811 |
| Clícia Barata | Especialista em SIG | http://lattes.cnpq.br/2750496081930336 |

2.2 Equipe central por bioma

| Bioma | Supervisão | Equipe | Instituição |
|----------|--|---|------------------------------|
| Amazônia | Ana Albernaz http://lattes.cnpq.br/1220240487835422 | Luciano Querido http://lattes.cnpq.br/3123978281728788 | Museu Paraense Emílio Goeldi |

| Bioma | Supervisão | Equipe | Intituição |
|----------------|--|--|---|
| Caatinga | Eduardo Venticinque http://lattes.cnpq.br/3582966116563351 | Marina Antongiovanni http://lattes.cnpq.br/6734509642838870 | Universidade Federal do Rio Grande do Norte |
| Cerrado | Levi Carina Terribile http://lattes.cnpq.br/0833667862532867 | Lucas Jardim http://lattes.cnpq.br/6537020596919365 | Universidade Federal do Jataí |
| Mata Atlântica | Leandro Tambosi http://lattes.cnpq.br/5301210732686095 | Priscila Silveira http://lattes.cnpq.br/4707570912229034 | Universidade Federal do ABC |
| Pampa | Milena Rosenfield http://lattes.cnpq.br/8181631357765054 | Mário Barroso http://lattes.cnpq.br/7182178358444899 e José Fronza | The Nature Conservancy Brasil |
| Pantanal | Letícia Couto Garcia http://lattes.cnpq.br/9330007643430035 | Alisson Ribeiro http://lattes.cnpq.br/9104693095499880 | Universidade Federal do Mato Grosso do Sul |

2.3 Especialistas convidados

| Bioma | Pesquisador(a) | Instituição | Cidade |
|----------|----------------------------|--------------|---------------------|
| Amazônia | Ane A. C. Alencar | IPAM | Brasília |
| Amazônia | Cintia Cornelius Frische | UFAM | Manaus |
| Amazônia | Fernanda Werneck | INPA | Manaus |
| Amazônia | Flávia Costa | INPA | Manaus |
| Amazônia | Ima Vieira | Museu Goeldi | Belém |
| Amazônia | Liana O. Anderson | CEMADEN | São José dos Campos |
| Amazônia | Marcos Adami | INPE | São José dos Campos |
| Caatinga | Adrian Garda | UFRN | Natal |
| Caatinga | Camile Lugarini | ICMBio | Juazeiro |
| Caatinga | Carlos R. S. D. da Fonseca | UFRN | Natal |
| Caatinga | Cláudia B. Campos | ICMBio | Juazeiro |
| Caatinga | Eugenia Cordero Schmidt | IUCN | João Pessoa |
| Caatinga | Felipe P. L. de Melo | UFPE | Recife |
| Caatinga | Marcelo F. Moro | UFC | Fortaleza |

| Bioma | Pesquisador(a) | Instituição | Cidade |
|----------------|-----------------------------|----------------|----------------|
| Cerrado | Alessandro R. de Moraes | IF Rio Verde | Rio Verde |
| Cerrado | Beatriz S. Marimon | UNEMAT | Nova Xavantina |
| Cerrado | Gustavo Vasquez | Embrapa Solos | Rio de Janeiro |
| Cerrado | Karla Maria Silva de Faria | UFG | Goiânia |
| Cerrado | Luisa Carvalheiro | UFG | Goiânia |
| Cerrado | Manuel E. Ferreira | UFG | Goiânia |
| Cerrado | Paulo de Marco | UFG | Goiânia |
| Cerrado | Priscila L. de A. Silva | UFMT | Cuiabá |
| Cerrado | Rafael Loyola | IIS | Rio de Janeiro |
| Cerrado | Vania R. Pivello | USP | São Paulo |
| Mata Atlântica | Andreza Neri | UFV | Viçosa |
| Mata Atlântica | Camila Rezende | FBDS | Rio de Janeiro |
| Mata Atlântica | Danilo Neves | UFMG | Belo Horizonte |
| Mata Atlântica | Gerd Sparovek | ESALQ | Piracicaba |
| Mata Atlântica | Kátia M. de B. Ferraz | USP | São Paulo |
| Mata Atlântica | Maíra Benchimol | UESC | Ilhéus |
| Mata Atlântica | Márcia Marques | UFPR | Curitiba |
| Mata Atlântica | Mariana M. Vale | UFRJ | Rio de Janeiro |
| Mata Atlântica | Ricardo Dobrovolski | UFBA | Salvador |
| Mata Atlântica | Rita Portela | UFRJ | Rio de Janeiro |
| Pampa | Alexandre J. D. Krob | Inst. Curicaca | Porto Alegre |
| Pampa | Eduardo Vélez Martin | UFRGS | Porto Alegre |
| Pampa | Fernando Becker | UFRGS | Porto Alegre |
| Pampa | Gerhard E. Overbeck | UFRGS | Porto Alegre |
| Pampa | Heinrich Hasenack | UFRGS | Porto Alegre |
| Pampa | Márcio Borges Martins | UFRGS | Porto Alegre |
| Pampa | Sandra C. Müller | UFRGS | Porto Alegre |
| Pantanal | Angélica Guerra | IHP | Corumbá |
| Pantanal | Antônio C. Paranhos Filho | UFMS | Campo Grande |
| Pantanal | Camila Leonardo Miotto | UFR | Rondonópolis |
| Pantanal | Cátia N. da Cunha | UFMT | Cuiabá |
| Pantanal | Fabio de O. Roque | UFMS | Campo Grande |
| Pantanal | Geraldo A. Damasceno Júnior | UFMS | Campo Grande |
| Pantanal | Mario Luis Assine | Unesp | Rio Claro |
| Pantanal | Renata Libonati | UFRJ | Rio de Janeiro |
| Pantanal | Thadeu Sobral de Souza | UFMT | Cuiabá |

3 Objetivo

O objetivo principal do projeto é mapear sítios resilientes a mudanças climáticas e conectados entre si, identificando locais que seriam mais adequados a sustentar a biodiversidade em um futuro de mudanças no clima.

3.1 Objetivos específicos

O objetivo geral do estudo pode ser detalhado em dois objetivos específicos:

- Aplicar a metodologia de mapeamento de sítios resilientes, proposta e validada para a região da América do Norte, para o Brasil, conduzindo as análises de diversidade da paisagem e de conectividade local;
- Refinar e adaptar a metodologia proposta, **com base em discussões com especialistas no tema que atuam na região de estudo**, produzindo um mapa de áreas resilientes para o Brasil.

3.2 Produtos previstos

O produto principal do projeto é um mapa de áreas resilientes e conectadas para os biomas do Brasil, que permite identificar áreas com potencial de sustentar animais e plantas em um clima sob mudanças.

Estão previstos ainda:

- Relatório técnico, em português, descrevendo o projeto e a metodologia utilizada;
- Documentação detalhada das análises, incluindo o compartilhamento dos códigos, para que seja possível reproduzir as análises;
- Elaboração de, no mínimo, um artigo científico a ser submetido a uma revista científica internacional.

4 Atividades e oficinas previstas

4.1 Atividades previstas

As atividades previstas para o projeto serão divididas em duas etapas: a primeira é a aplicação da metodologia de mapeamento de diversidade da paisagem, conectividade local e resiliência da paisagem; e a segunda etapa corresponde ao refinamento e adaptação desta metodologia para o contexto dos diversos biomas brasileiros, que será feita a partir de discussões com especialistas.

A partir da metodologia proposta, serão realizadas reuniões internas com a equipe e workshops com especialistas nas temáticas do projeto e com experiência em diversos biomas do Brasil para discussão da metodologia e sugestão de soluções de potenciais limitações do projeto. O processo consistirá, portanto, da aplicação da abordagem desenvolvida, análise dos métodos, avaliação, complementação e validação dos resultados, e geração de mapas de áreas resilientes e conectadas nos biomas brasileiros.

4.2 Planejamento das oficinas

As oficinas previstas para o projeto terão como objetivo discutir a metodologia proposta e sugerir adequações (metodológicas e de bases de dados) às características dos ecossistemas e particularidades dos biomas brasileiros. A exequibilidade das sugestões será posteriormente avaliadas internamente sob as condições limitantes de recurso e tempo de conclusão do projeto.

Está prevista a realização de três oficinas, nas quais participarão especialistas de todos os biomas do Brasil. Nessas oficinas serão discutidas questões importantes relativas ao projeto, incluindo pontos teóricos, procedimentos analíticos e resultados obtidos.

| Oficina | Data prevista | Modalidade | Pontos discutidos |
|------------|---------------------------|--------------------------|---|
| Oficina #1 | 13/06 e 15/06 | Virtual | Introdução geral do projeto; apresentação das análises e dos resultados preliminares; momento de perguntas e respostas |
| Oficina #2 | set/outubro (a confirmar) | Virtual | Devolutiva e refinamento das análises; discussão de valores de resistência e avaliação dos resultados das camadas conforme ajustes feitos após Oficina #1 |
| Oficina #3 | nov/dez (a confirmar) | presencial (a confirmar) | Apresentação dos resultados obtidos após Oficina #2 e avaliação dos resultados |

5 Glossário

6 Modelo conceitual e premissas

7 Metodologia resumida

A metodologia proposta para identificar os sítios resilientes às mudanças climáticas (Anderson et al. 2014, 2016a, Anderson et al. 2016b, e Anderson et al. 2023) envolve a divisão do espaço geográfico em regiões eco-geológicas, que são similares na sua geologia, geomorfologia, vulnerabilidade ao intemperismo, formação de solos e biodiversidade. Dentro de cada região são mapeadas a diversidade da paisagem e a conectividade local, que posteriormente, compõem a resiliência da paisagem. Os sítios com maior resiliência, possuem alto potencial de abrigar a biodiversidade num cenário de mudanças climáticas e estão conectados entre si (Anderson et al. 2014), permitindo a migração da biodiversidade para essas localidades.

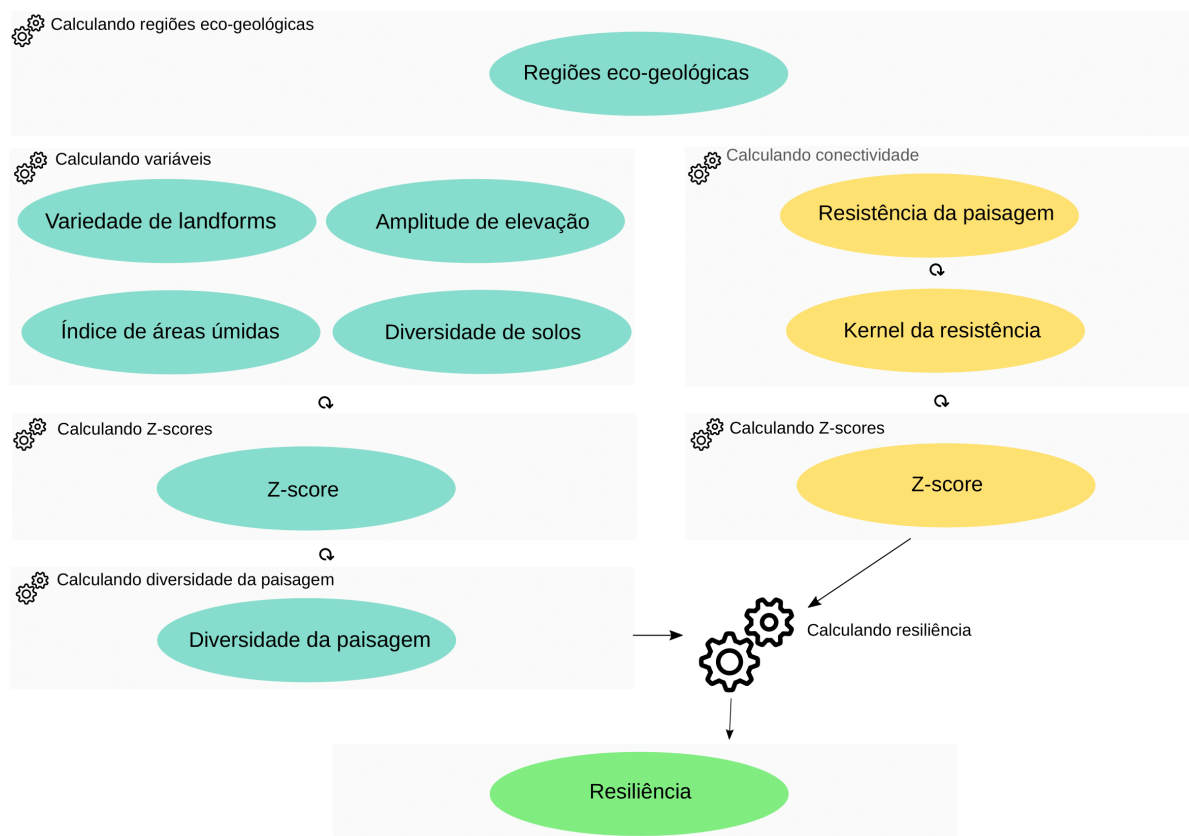


Figura 1. Fluxograma da análise de resiliência da paisagem.

7.1 Regiões eco-geológicas

As regiões eco-geológicas são agrupamentos dos domínios geológicos e ecoregiões, que descrevem as variações geológicas e geomorfológicas promotoras da formação das paisagens, das redes de drenagem, da pedologia e que atuam como base de sustentação da biodiversidade que evoluiu nessas regiões, representadas pelas ecoregiões. O mapeamento das áreas resilientes às mudanças climáticas dentro das regiões eco-geológicas permite a identificação de locais que suportarão a biodiversidade pelos parâmetros locais, sem o enviesamento para regiões com mais variação de elevação e formas de relevo.

Os domínios geológicos são grupos de litoestratigrafia semelhantes em relação ao posicionamento tectônico, nível crustal, classe de rocha, expressão geomorfológica, entre outros [...]. Os domínios geológicos agrupam unidades geológicas, que são agrupamentos de rochas. Portanto, os diferentes domínios geológicos descrevem variações no tipo de rocha, potencial de sofrer intemperismo e idade geológica. As ecoregiões são regionalizações biogeográficas abaixo hierarquicamente dos domínios biogeográficos e biomas, representando agrupamentos espaciais da biodiversidade, numa escala regional, sustentando seus processos ecológicos principais [Olson et al . 2001; Dinerstein et al 2017 (veja material suplementar)]. A integração dos domínios geológicos e ecoregiões foram realizadas pela transformação dos polígonos dos domínios geológicos e ecoregiões em *rasters*, que são posteriormente combinados como a seguinte equação:

$$Regies\ eco - geolgicas = (Ecoregies) + (100 \times Domnio\ Geolgico)$$

Desta forma, os valores do raster final estão no formato **GGEE**, onde as duas primeiras unidades (**GG**) representam os domínios geológicos e as duas últimas unidades (**EE**) as ecoregiões.

7.2 Resiliência

A segunda etapa consiste nas estimativas de resiliência dos sítios. Para estimar a resiliência de um sítio, é necessário estimar a **diversidade da paisagem** e a **conectividade local** para cada célula de 90 m. O resultado dessas análises é combinado para então estimar o valor de resiliência para cada local.

7.2.1 Diversidade da paisagem

A diversidade da paisagem está relacionada à variedade de microclimas em um determinado local. A análise de diversidade da paisagem resume informações relacionadas à (a) variedade de *landforms*, (b) amplitude altitudinal, (c) índice de áreas úmidas (*wetlands*) e (d) diversidade de solos.

7.2.1.1 Variedade de *landforms*

A variedade de *landforms* diz respeito à variedade das formas do relevo criados pela topografia. Sua avaliação é baseada em um modelo de *landforms*, derivado de um modelo digital de elevação (DEM) com resolução de 90 m, que classifica a superfície em diversas categorias, como por exemplo:

- precipícios e áreas íngremes (*cliff e steep slope*)
- topos de montanha e divisores de águas (*summit/ridge-top*)
- vertentes norte e sul, que determinam se uma vertente é quente ou fria, especialmente em latitudes maiores, (*warm/cool side slope*)
- colinas (*flat hill top e gentle slope hilltop*)
- áreas planas de terras baixas (*dry flat*), entre outros.

A classificação de *landforms* é baseada na em índices de **inclinação do relevo, orientação da vertente, posição topográfica e acúmulo de umidade** (*slope, aspect, land position e moisture accumulation*), que correspondem aos locais com diferenças em umidade, radiação e deposição. A variedade de *landforms* é calculada como a quantidade de *landforms* dentro de uma área circular, de 450 metros de raio, no entorno de cada célula de 90 m.

7.2.1.2 Amplitude altitudinal

A amplitude altitudinal é determinada a partir do DEM, calculando a amplitude em uma área circular, de 450 m de raio, no entorno de cada célula de 90 m. A amplitude altitudinal considerada no estudo corresponde ao componente não correlacionado com a diversidade de *landforms* (os resíduos de uma regressão linear simples (*Ordinary Linear Squares*)).

7.2.1.3 Índice de áreas úmidas

Para áreas planas, nas quais a variedade de *landforms* e a amplitude altitudinal não permitem discriminar a variação microclimática, a densidade e quantidade de áreas úmidas captura a variação microclimática. A densidade e quantidade de áreas úmidas é resumido no índice de áreas úmidas, que é obtido pela média das densidade de áreas úmidas dentro de áreas circulares de 450 metros de raio (escala local) e 1170 metros de raio (escala regional), em cada célula de 90 m. Essa densidade é combinada com a quantidade de áreas úmidas (*wetland patchiness*) em áreas circular de 1170 metros de raio, formando o índice de áreas úmidas.

7.2.1.4 Diversidade de solo

Por fim, em locais com baixa variação de *landforms*, amplitude de elevação e presença de áreas úmidas, a diversidade de solo é usada para identificar variações na paisagem que possam sustentar a variação da biodiversidade.

A combinação dos índices de variedade de *landforms*, amplitude altitudinal, índice de áreas úmidas e diversidade de solos gera a **diversidade da paisagem**. Esse índice pondera a variedade de *landforms* com peso maior, sendo ela o dobro do peso das demais variáveis:

7.2.2 Conectividade local

A conectividade local representa o grau de permeabilidade das matrizes da paisagem (ou reciprocamente o grau de resistência) em torno de cada célula avaliada. A partir de um mapa de uso e cobertura do solo, incluindo a presença de infraestruturas energéticas e de transporte, foi atribuído pesos de resistência de movimento para cada categoria de uso do solo, nos quais áreas naturais apresentam o valor mínimo, e áreas com intervenção antrópica intensa (áreas urbanas), o valor máximo.

As categorias principais de componentes da paisagem foram definidas como:

- áreas naturais (florestas, banhados, campos, etc.),
- áreas agrícolas ou modificadas (incluindo áreas improdutivas não-naturais)
- áreas urbanizadas (de baixa ou alta intensidade).

A conectividade local é a média ponderada das resistências dentro uma vizinhança quadrada de ~2070 m, sendo os pesos um decaimento linear pela distância da célula focal.

7.2.3 Dados padronizados (*Z-scores*)

Antes de calcularmos a resiliência da paisagem, as variáveis (variedade de *landforms*, amplitude de elevação, índice de áreas úmidas, diversidade de solos e conectividade local) são convertidas para valores de *Z* (*Z-scores*), assumindo as médias e desvios padrões das **Regiões eco-geológicas**. Isso garante a inclusão de condições físicas e ambientais distintas e permite capturar variações na composição da biota associada. Posteriormente, os valores de *Z* são combinados em diversidade da paisagem, exceto conectividade local.

7.2.4 Resiliência: combinando diversidade da paisagem e conectividade local

Finalmente, a resiliência da paisagem é determinada pela média diversidade da paisagem e valor de Z da conectividade local:

$$Resilincia = \frac{(Diversidade\ da\ paisagem + Conectividade)}{2}$$

8 Códigos e bases de dados

8.1 Códigos

Os códigos para as análises estão disponíveis no repositório do projeto:

A documentação para cada uma das diferentes camadas pode ser encontrada nos links abaixo.

8.1.1 Diversidade da paisagem

8.1.2 Conectividade local

- Resistência da paisagem:
- Conectividade (omniscapex):

8.1.3 Resiliência da paisagem

8.2 Bases de dados

As seguintes bases de dados foram utilizadas para gerar as análises:

8.2.1 Diversidade da paisagem

- Formas de relevo e altitude: [MERIT DEM: Multi-Error-Removed Improved-Terrain DEM](#)
- Acúmulo de fluxo: [MERIT Hydro: Global Hydrography Datasets](#)
- Áreas úmidas: [Global Wetlands](#)
- Solos: [IBGE](#)
- Corpos d'água: [Mapbiomas Coleção 7](#)

8.2.2 Conectividade local

- Uso e cobertura do solo: [Mapbiomas Coleção 7](#)
- Infraestrutura de transporte: [IBGE BCIM](#)
- Infraestrutura de energia: [ANEEL](#)

9 Diversidade da paisagem

10 Conectividade local

11 Resiliência da paisagem

12 Resultados preliminares

Os mapas das camadas principais e das variáveis intermediárias da análise podem ser visualizados no seguinte link: <https://projeto-resiliencia-tnc.hub.arcgis.com/?share=link>.

Atenção: o projeto ainda está em andamento, então os resultados apresentados são ainda versões preliminares do estudo.

Abaixo são descritos resultados principais por bioma e alguns padrões gerais obtidos para cada uma das camadas.

12.1 Diversidade da paisagem

12.2 Conectividade da paisagem

12.3 Resiliência da paisagem

References

- Anderson, M. G., M. Clark, A. P. Olivero, A. R. Barnett, K. R. Hall, M. W. Cornett, M. Ahlering, M. Schindel, B. Unnasch, C. Schloss, e D. R. Cameron. 2023. [A Resilient and Connected Network of Sites to Sustain Biodiversity under a Changing Climate](#). *Proceedings of the National Academy of Sciences* 120:e2204434119.
- Anderson, M. G., M. Clark, e A. O. Sheldon. 2014. [Estimating Climate Resilience for Conservation across Geophysical Settings](#). *Conservation Biology* 28:959–970.
- Anderson, M. G., M. Clark, e A. O. Sheldon. 2016a. [Resilient Sites for Terrestrial Conservation in Eastern North America](#). *Conservation Biology* 28:959–970.
- Anderson, M., A. Barnett, M. Clark, J. Prince, S. A. Olivero, e B. Vickery. 2016b. Resilient and Connected Landscapes for Terrestrial Conservation.