



**Universidade Federal de Goiás
Instituto de Ciências Biológicas
Curso de Ciências Biológicas Bacharelado**



Ana Carolina Camurça da Silva

Modelagem em multiescala de *Eira barbara* (Linnaeus, 1758) como subsídio para
criação de um corredor ecológico

GOIÂNIA-GO

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA
DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO NO REPOSITÓRIO
INSTITUCIONAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio do Repositório Institucional (RI/UFG), regulamentado pela Resolução CEPEC no 1240/2014, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei no 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo dos Trabalhos de Conclusão dos Cursos de Graduação disponibilizado no RI/UFG é de responsabilidade exclusiva dos autores. Ao encaminhar(em) o produto final, o(s) autor(a)(es)(as) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (TCCG)

Nome(s) completo(s) do(a)(s) autor(a)(es)(as): Ana Carolina Camurça da Silva

Título do trabalho: "Modelagem em multiescala de Eira Barbara (Linnaeus, 1758) como subsídio para criação de um corredor ecológico"

2. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador) Concorda com a liberação total do documento [x] SIM [] NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: a) consulta ao(à)(s) autor(a)(es)(as) e ao(à) orientador(a); b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo do TCCG. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro.

Obs.: Este termo deve ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Paulo De Marco Junior, Professor do Magistério Superior**, em 13/12/2024, às 10:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Carolina Camurça Da Silva, Discente**, em 16/12/2024, às 08:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site:



https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5026645** e o código CRC **B7BBA0C1**.

Referência: Processo nº 23070.061427/2024-31 SEI nº 5026645

Ana Carolina Camurça da Silva

Ana Carolina Camurça da Silva

Modelagem em multiescala de *Eira barbara* (Linnaeus, 1758) como subsídio para criação de um corredor ecológico

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas Bacharelado do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás, como requisito para obtenção do título de Bacharel(a) em Ciências Biológicas.

Orientador (a): Paulo De Marcos Junior
Coorientador (a): Morgana Oliveira Andrade

GOIÂNIA
2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Silva, Ana Carolina Camurça da
Modelagem em multiescala de Eira barbara (Linnaeus, 1758)
como subsídio para criação de um corredor ecológico [manuscrito] / Ana
Carolina Camurça da Silva. - 2023.
XXXI, 31 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Paulo De Marco Junior; co-orientadora
Morgana Oliveira Andrade.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas (ICB), Ciências
Biológicas, Goiânia, 2023.

Bibliografia.

Inclui siglas, mapas, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de
tabelas.

1. Conservação. 2. Modelo de Distribuição de Espécies. 3. Irara. 4.
Tayra. I. De Marco Junior, Paulo , orient. II. Título.

CDU 574



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos nove dias do mês de dezembro de dois mil e vinte e quatro iniciou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado "Modelagem em multiescala de Eira Barbara (Linnaeus, 1758) como subsídio para criação de um corredor ecológico", de autoria de Ana Carolina Camurça da Silva, do curso de Ciências Biológicas Bacharelado, do Instituto de Ciências Biológicas da UFG. Os trabalhos foram instalados pelo(a) Dr. Paulo De Marco Junior - Instituto de Ciências Biológicas/ UFG com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Dra. Alessandra Bertassoni da Silva - Instituto de Ciências Biológicas/ UFG e Dr. André Luis Regolin - Instituto de Ciências Biológicas/ UFG. Após a apresentação, a banca examinadora realizou a arguição do(a) estudante. Posteriormente, de forma reservada, a Banca Examinadora atribuiu a nota final de 9,25 (nove e vinte cinco), tendo sido o TCC considerado aprovada.

Proclamados os resultados, os trabalhos foram encerrados e, para constar, lavrou-se a presente ata que segue assinada pelos Membros da Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Paulo De Marco Junior, Professor do Magistério Superior**, em 09/12/2024, às 09:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Andre Luis Regolin, Professor do Magistério Superior Substituto**, em 09/12/2024, às 09:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alessandra Bertassoni da Silva, Usuário Externo**, em 09/12/2024, às 13:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5018630** e o código CRC **6295309B**.

Referência: Processo nº 23070.061427/2024-31 SEI nº 5018630

DEDICATÓRIA

Àqueles que me ensinaram sobre o amor solene e, mesmo sem saber, me ampararam nas minhas tormentas, das quais jamais teria saído sozinha.

AGRADECIMENTOS

Não há desenvolvimento solitário. Não há multiplicação do conhecimento da existência, de si, do mundo e compreensão crítica, justamente por estar relacionado a algo que nos torna, dentre outras características, discrepante dos outros organismos existentes: a cultura! A cultura, arte, civilização e sociedade são formada por pessoas. É de percepção unitária da nossa espécie, mas é algo que não conseguimos nos separar. A nossa percepção está apenas relacionada com nossas vivências, como Sapiens.

Parte da minha existência é uma mescla de tudo que presenciei de forma física, sentimental, conhecimentos que adquiri e observei, mas apenas ocorreu devido a presença de pessoas a minha volta. A criação de uma criança é complexa, mas principalmente pelo fator da visão! Não a visão literal, mas a percepção e expectativas criadas para a existência de outros ser. Sendo assim, não passa de uma mera projeção de si, ou melhor, do que gostaria de ser. O amor, assim como Lispector em Rio de Janeiro e seus Personagens, demonstra a percepção do amor, não como algo somatório, mas sim a compreensão e aceitação das desavenças. O amor solene! Agradeço por ser amada solenemente por cada pessoa importante em minha vida.

A complexidade do Eu é um tema discutido desde os primórdios da nossa história, ou ao menos daquelas que conseguiram deixar seus registros ao longo do tempo, mas não vou entrar neste assunto. Acredito que o Eu, eu, Ana, Carol, Carolzinha, Xuxu... (sim, com “x” mesmo) e inúmeros outras formas de expressão, de mim, foram criadas e recriadas. Nasci e morri diversas vezes e espero morrer e nascer das mais diversas, profundas e distintas vezes. Viver a democracia e o direito de existir, se expressar e conviver com a disparidade de pensamentos, vivências e, principalmente, a troca delas.

Espero poder compartilhar e criar experiências positivas. Estar presente em grupos que hoje fazem sentido para mim e que farão parte da minha história. Os Neurodivergentes Monogâmicos, um nome que veio de uma brincadeira de amigos e hoje os vejo como família.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS.....	10
RESUMO.....	11
<i>ABSTRACT</i>	12
INTRODUÇÃO.....	13
MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
ÁREA DE ESTUDO	17
ESPÉCIE ALVO	19
MODELO DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES	19
MODELO DE HABITAT	20
ANÁLISE DE PAISAGEM	21
RESULTADO E DISCUSSÃO.....	22
CONCLUSÃO.....	25
REFERÊNCIAS	27

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Explicação sobre nichos. R representa um local determinado; A as variáveis bióticas; B as variáveis abióticas; D representa a disponibilidade de movimentação e dispersão de uma espécie; Rp mostra a região em que a espécie possui recurso para existir, mas não consegue alcançar; Ro, que é a intersecção de A, B e D representa a região ocupada. Imagem adaptada de Soberón, 2009. 13
- Figura 2 Fragmentação como um processo. Áreas que passam pelo processo de fragmentação tendem a aumentar de acordo com o tempo. a) Demonstra uma área contínua de cobertura vegetal nativa; b) Demonstra uma área com dois fragmentos e uma área de matriz e c) Demonstra a formação de mais um fragmento, ocasionando em três fragmentos e duas áreas de matriz. Imagem adaptada de Fahrig 2003. 15
- Figura 3 Mapa de localização do Parque Estadual da Mata Atlântica (vermelho), localização do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas(laranja) e os limites dos biomas Cerrado e Mata Atlântica no país e na região..... 18
- Figura 4 Relação do posicionamento do buffer de 10km na região entre as unidades de conservação PEMA e PESCAN. 21
- Figura 5 Distribuição geográfica de *Eira barbara* seguindo seu modelo de distribuição de espécies. 23
- Figura 6 a) Análise de adequabilidade de habitat com variável clima; b) Análise de adequabilidade com variável habitat e reclassificação dos ambientes utilizados..... 24
- Figura 7: Relação entre fragmento e conectividade. 25

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Métricas utilizadas no software R para a análise de paisagem.....22

RESUMO

As espécies não ocorrem de forma aleatória no ambiente, dessa forma teorias de nicho como Eltoniano, representada pela complexidade biótica; o Grinnelliano, compreendendo a relação dos recursos utilizados e Hutchinson, mesclando informações bióticas e abióticas, assim, possuem o objetivo de explicar a relação do habitat para a permanência das espécies no meio. Para além disso, o Modelo de Distribuição de Espécies é uma importante ferramenta para estratégias de conservação de espécie, justamente por contribuir para a análise de locais adequados na compatibilidade entre espécies-alvo e parâmetros ambientais. O desenvolvimento científico envolve processos como coleta de dados e análises de informações, lacunas de conhecimento, por conseguinte, possibilita compreender quais os dados faltantes para a ampliação do conhecimento da espécie-alvo. Dessa forma, o objetivo do trabalho é caracterizar e medir a adequabilidade do habitat entre o Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCAN) e Parque Estadual da Mata Atlântica (PEMA), no âmbito de conservação ambiental, assim, analisar os melhores ambientes em que a espécie utiliza e sua conectividade. Os resultados demonstraram que a distribuição geográfica apresentou semelhante ao descrito por Presley. Além disso o modelo de adequabilidade ambiental mostrou que áreas adjacentes ao PESCAN obtiveram melhores índices de adequabilidade. Outro ponto foi a análise de paisagem na qual a conectividade entre os fragmentos demonstrou menor a porcentagem da área da paisagem, maior a distância entre as manchas, assim, implicando em um deslocamento maior da espécie para transitar entre elas. A espécie possui movimentação de 6,8 km por dia e *home range* de 24km, o que contribui para o deslocamento entre as áreas, porém quando há prole o seu *home range* diminui para 2km, modificando a seu comportamento, o que influencia na análise para a realização de um corredor ecológico. Espera-se que futuros estudos, como um maior conhecimento da ecologia e biologia da espécie contribua para modelos mais robustos.

Palavras-chave: Conservação; Modelo de Distribuição de Espécies; Irara.

ABSTRACT

Species do not occur naturally on nature, so niche theories such as the Eltonian, represented by biotic complexity; Grinnelian, encompassing the relation of used resources; and Hutchinson, merging biotic and abiotic information, therefore, have the objective of explaining the relationship between the habitat and the species' permanence in the environment. Besides, the Species Distribution Model is an important tool for species conservation strategies, precisely by contributing for the analysis of adequate locations on the compatibility between target species and environmental parameters. The scientific development involves processes such as data collection and information analysis, knowledge gaps, and consequently, allows for the comprehension of which data is missing for the expansion of knowledge about the target species. Thus, the objective of this research is to characterize and measure the suitability of habitat between Parque Estadual Serra de Caldas Novas (PESCAN) and the Parque Estadual da Mata Atlântica (PEMA), on the context of environmental conservation, and thus analyzing the best environments utilized by the species and its connectivity. The results have shown that the geographic distribution presents similarly to what is described by Presley. Furthermore, the environmental suitability model has shown that adjacent areas to PESCAN have achieved better suitability indexes. Another point was the landscape analysis on which the connectivity between fragments have shown that, the lesser landscape percentage, the bigger the distance between areas patches, and thus implying on a greater displacement of the species between them. The species has a displacement of 6.8 km a day and a home range of 24 km, which contributes to the movement between areas. However, when there is offspring, its home range is reduced to 2 km, changing its behavior, which influences the analysis for the creation of an ecological corridor. It is expected that future studies, such as a greater knowledge on ecology and the species' biology, will contribute to sturdier models.

Keywords: Tayra; Species Distribution Model; Conservation.

INTRODUÇÃO

A distribuição geográfica de espécies não ocorre de forma aleatória, fatores de várias naturezas influenciam na presença e ausência das espécies, assim, esse conjunto de fatores que chamamos de nicho ecológico, demonstram essa relação não acidental (Soberón e Nakamura, 2009). O nicho ecológico das espécies pode ser classificado com base na sua relação com os fatores, por exemplo: Nicho Grinnelliano refere as “variáveis não-interativas” ou cenopoéticas, por exemplo, o clima como requisito e recebendo foco em escalas grandes; Nicho Eltoniano refere a complexidade biótica, por exemplo, a competição e a forma como os recursos serão utilizados, como o nível trófico, também conhecida como variáveis bionômicas, recebendo foco em escalas locais (Soberón, 2007). Além disso, Hutchinson (1957) relaciona o nicho a camadas representadas por intervalos de condições ambientais, fatores bióticos e interações bióticas, separando-as em nicho realizado e nicho fundamental, respectivamente, e foi utilizado como base para este trabalho. Compreender esses conceitos é crucial para o processo de distribuição geográfica das espécies (Figura 1).

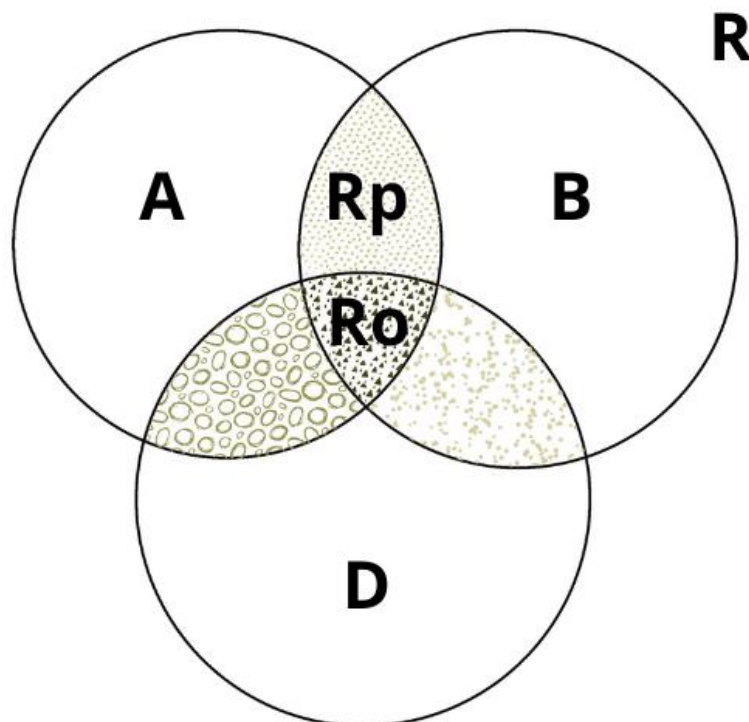


Figura 1 Explicação sobre nichos. R representa um local determinado; A as variáveis abióticas; B as variáveis bióticas; D representa a disponibilidade de movimentação e dispersão de uma espécie; Rp mostra a região em que a espécie possui recurso para existir, mas não consegue alcançar; Ro, que é a intersecção de A, B e D representa a região ocupada. Imagem adaptada de Soberón, 2009.

A Modelagem de Distribuição de Espécies (MDS) é utilizada para determinar a relação entre as combinações bióticas e abióticas para a ocorrência de uma espécie por

meios computacionais, sendo uma importante ferramenta para a biogeografia, conservação e manejo de espécies exóticas (Anderson, Lew e Peterson, 2003). É importante ressaltar que a área de extensão e localização da distribuição de uma espécie interfere nos riscos expostos, nesse sentido estes processos são utilizados na avaliação de riscos de extinção e construção de listas vermelhas de espécies ameaçadas. Assim, espécies com pequena distribuição detêm maior probabilidade de extinção (Carvalho, De Marco e Ferreira, 2009). Nesse sentido, o MDE é uma ferramenta importante no apoio do desenvolvimento de estratégias e políticas de conservação. Além disso, permite a análise da relação entre as espécies-alvo e os parâmetros ambientais para a determinação do local mais apropriado para a sua permanência (Candela *et al.*, 2016).

O MDE utiliza os conceitos de ecologia e história natural para o desenvolvimento dos dados, assim como aborda conceitos distintos de espaço geográfico, que comporta mapas, coordenadas geográficas, modelos de elevação e espaço ambiental, representado por conjuntos preditores (Elith e Leathwick, 2009). Compreendemos que a escolha de uma espécie-alvo precede às variáveis escolhidas para um modelo robusto, visto que a função biológica e ecológica da espécie irá regê-los. Desse modo, diferentes variáveis são utilizadas, por exemplo, as variáveis climáticas, com classificações em larga amplitude (Elith e Leathwick, 2009). No entanto, variáveis em escalas menores, como de habitat no qual se caracteriza por um conjunto de recursos e condições cruciais para a existência da espécie, além de seguir a biologia da espécie-alvo, são utilizadas agregadamente com o a variável climática para um resultado direcionado e robusto (Cord e Rödder, 2011; Hall *et. al.*, 1997).

Um fator que exerce significativa influência sobre a conservação e a permanência das espécies é a perda de vegetação nativa, que neste século tem crescido exponencialmente, acelerando ainda mais a degradação ambiental, mudança climática e na conservação da biodiversidade (Houghton *et al.*, 2015). Após a extinção de populações em fragmentos isolados, estas podem ser recolonizadas por populações de manchas próximas; contudo, o isolamento entre manchas dificulta esse processo, enquanto manchas menores podem reduzir a variabilidade genética e intensificar a deriva genética (Hall, Walker e Bawa, 1996). Assim, a existência de uma espécie em um habitat não consolida a sua permanência no meio, necessitando de planos de conservação ambiental e manejo para a manutenção das populações de espécies-alvo (Seoane *et al.*, 2010).

Em relação ao Brasil, o Relatório Anual de Desmatamento (RAD), em 2023, apontou que cerca de 99% do desmatamento que ocorreu no ano de 2020 possuía no

mínimo um item relacionado à prática ilegal, permanecendo essa realidade quase inalterada em 2021 (Disponível: <http://alerta.mapbiomas.org>). Além disso, a criação do Programa de Monitoramento do Desmatamento da Amazônia, iniciada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e outros programas promoveram o monitoramento do desmatamento em relação aos pontos de alerta, que são áreas com maior necessidade de atenção devido à maior probabilidade de ocorrência de desmatamento. Seguindo a análise por biomas, a Amazônia e o Cerrado são os que possuem maiores taxas de perda de vegetação nativa no país. Além disso, incêndios; agropecuária, sua maior contribuinte com 97 pontos percentuais; garimpo; mineração; expansão urbana e fenômenos naturais são os principais fatores que contribuem para o desmatamento (Disponível: <http://alerta.mapbiomas.org>).

A diminuição de habitats se relaciona a um dos principais fatores causais para a perda de biodiversidade (Forero-Medina e Vieira, 2007). Desse modo, como consequência, a fragmentação do habitat contrasta diretamente com a conservação da biodiversidade (Seoane *et al.*, 2010). De acordo com Fahrig (2003), a fragmentação de habitat -figura 2- é um processo que, uma vez iniciado, tende a acentuar ao longo do tempo, aumentando a quantidade de matriz, os efeitos de borda, a distância e isolamento entre dois pontos de mancha, além de diminuição no tamanho médio das manchas.

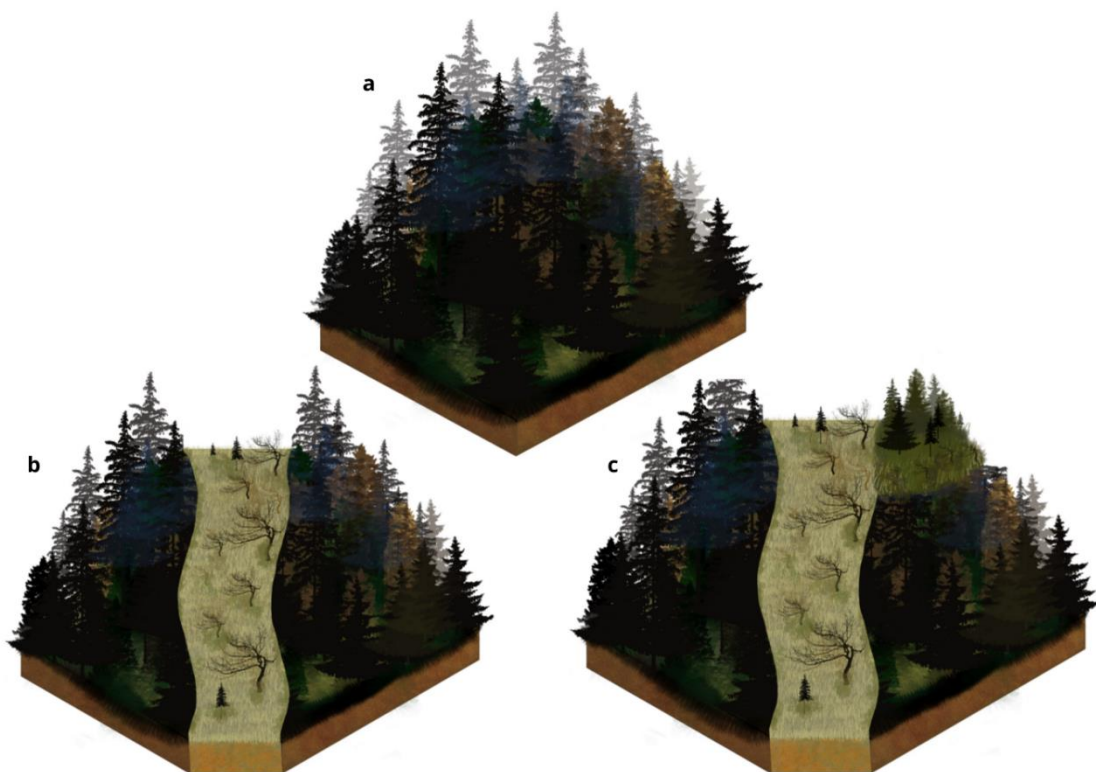


Figura 2 Fragmentação como um processo. Áreas que passam pelo processo de fragmentação tendem a aumentar de acordo com o tempo. a) Demonstra uma área contínua de cobertura vegetal nativa; b)

Demonstra uma área com dois fragmentos e uma área de matriz e c) Demonstra a formação de mais um fragmento, ocasionando em três fragmentos e duas áreas de matriz. Imagem adaptada de Fahrig 2003.

O aumento da perda de habitat, principalmente gerada pela mudança no uso do solo, torna-se importante reconectar esses fragmentos na tentativa de mitigar as consequências para a conservação das espécies de populações isoladas. Dessa forma, um meio de viabilizar este fluxo de organismos é pela conectividade entre manchas (Muchailh *et al.*, 2010). De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) os corredores ecológicos são medidas de ecossistemas, podendo ser naturais ou seminaturais, agregadas à Unidades de Conservação (UC), ligando-as, justamente para a promoção do fluxo de organismos e para a recolonização das populações. Sendo assim, espera-se que um corredor ecológico promova essa conectividade entre manchas. Categorizada em forma estrutural, refere-se à paisagem física, espaço geográfico em que as manchas estão conectadas; e forma funcional, que abarca, além da estrutura, o funcionamento e resposta dos organismos que estão em contato com a paisagem (Forero-Medina e Vieira, 2007).

O Cerrado é o segundo maior bioma do território brasileiro (figura 3), cobrindo 25% do território nacional, abrangendo diversos estados brasileiros, incluindo Goiás. Com variação de temperatura entre 22 a 27°C, clima tropical subúmido, (Klink & Machado, 2005; Semad, 2021). O crescente avanço da degradação ambiental, fragmentação de habitat, perda da biodiversidade e alto grau de endemismo o classifica como *hotspot*, apresentando 33% da biodiversidade total do país (Aguilar & Camargo, 2004; Myers *et al.*, 2000; Mapbiomas, 2023). Cada fitofisionomia apresenta claras diferenças na vegetação, por exemplo, no campo limpo apresenta estrato herbáceo, mas no cerradão apresenta vegetação lenhosa, também apresenta em seus arbustos o súber, em grande quantidade, sendo um indicativo de adaptação evolutiva devido as queimadas naturais no habitat, já que promove o isolamento térmico (Coutinho, 2016).

A Mata Atlântica além de apresentar um dos maiores complexos contínuos de florestas, ocupa a região litorânea do território brasileiro, que por sua vez, foi o primeiro contato da ocupação por portugueses após a exploração das Américas no século XV (Franke *et al.*, 2005). Dessa forma, sua degradação iniciou com a exploração, extrativismo de recursos naturais dentre outras funcionalidades, diminuindo consideravelmente sua extensão original (Franke *et al.*, 2005). Além disso, presentava 15% do território brasileiro em sua formação original (Campanili e Schäffer, 2010). No entanto, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente resta apenas 29% do bioma (figura 3), sendo mais

de 50 espécies endêmicas com risco de extinção. Devido a sua alta degradação, o bioma é considerado um dos escolhidos para a priorização da biodiversidade (Franke *et al.*, 2005; Myers *et al.*, 2000b) Devido a sua grande diversidade, regulação do fluxo de mananciais, serviços ambientais para sobrevivência mais de 100 milhões de brasileiros, dentre outros, recebe importância em escala global, assim, necessitando de atenção por meio da conservação ambiental (Veiga, 2011).

Uma estratégia para mitigar a perda de habitat é a conservação da biodiversidade, porém o Brasil apresentou irrisória até a primeira metade do século XX, com a criação do primeiro parque, Itatiaia, em 1937. Além disso apenas 13 parques foram criados em um intervalo de 33 anos (Mittermeier *et al.*, 2005). Um passo importante para a conservação das espécies foi a criação da lista de espécies ameaçadas de extinção, em 1968, sendo sua última atualização em 2022. De acordo com a Quintela (2020) de 6,4 mil espécies de mamíferos no mundo, o Brasil possui 751 espécies, quase 25% da biodiversidade mundial, sendo quase 30% endêmicas do país. Não obstante, em termos globais, os mamíferos apresentam maior distinção sobre conservação em comparação aos outros grupos taxonômicos (Alves e Brito, 2013; Schipper *et al.*, 2008), como a espécie alvo, *Eira barbara*, que participa desse grupo.

Eira barbara (Linnaeus, 1758), família Mustelidae, mesmo sendo a única do gênero, há pouca informação sobre sua biologia e ecologia (Bianchi *et al.*, 2021). É um mesopredador, com comportamento solitário, poucas detecções de pequenos grupos e como predador, além de manifestar caça predatória oportunista (Presley, 2000; Tallei *et al.*, 2021). A espécie está classificada como pouco preocupante (LC) pela IUCN, porém com declínio populacional. Tendo isto em vista, trabalho tem como objetivo fazer uma análise de adequabilidade de habitat, a partir do seu uso, e se há conexão entre as áreas entre Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCAN) e o Parque Estadual da Mata Atlântica (PEMA). Como hipótese, as áreas florestais localizadas na região adjacente às UC's possuirão maiores resultados no índice de adequabilidade ambiental, seguindo a biologia da espécie-alvo (Ercoli e Youlatos, 2016; Presley, 2000). Segundo o RAD, o Cerrado é um dos biomas que possui maior taxa de desmatamento, assim, espera-se que as áreas de maior adequabilidade ambiental não possuirão altos índices de conectividade.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi realizado na região entre o PESCAN e o PEMA, ambos localizados no Estado de Goiás. PESCAN (figura 3), criado em 1970, é uma Unidade de Conservação (UC) localizada no Sul do Estado de Goiás, entre os municípios de Caldas Novas e Rio Quente, $17^{\circ}47'25''\text{S } 48^{\circ}41'50''\text{W}$, com 12.315,3580 hectares (SEMAD, 2021). De acordo com seu plano de manejo, possui objetivo de conservar a flora e fauna do bioma Cerrado, além de preservar a chapada da serra de Caldas e suas franjas; assim como os aquíferos, extremamente importantes para o abastecimento dos municípios residentes e adjacentes ao parque, além da sobrevivência da biodiversidade. PEMA (figura 3), criado em 2008, também é uma UC, localizada no município de Água Limpa, $18^{\circ}12'58''\text{S } 48^{\circ}46'42''\text{W}$, centro sul do Estado de Goiás, com extensão de 938,3528 hectares. O parque possui os objetivos de proteger as áreas remanescentes de Mata Atlântica, assim como sua biodiversidade; proteger o Córrego das Lontras; dentre outros. As UC's estão dispostas em regiões que transitam entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica, conhecida como ecótono (figura 3), ambos *hotspots*, o que assegura a necessidade de conservação da biodiversidade.

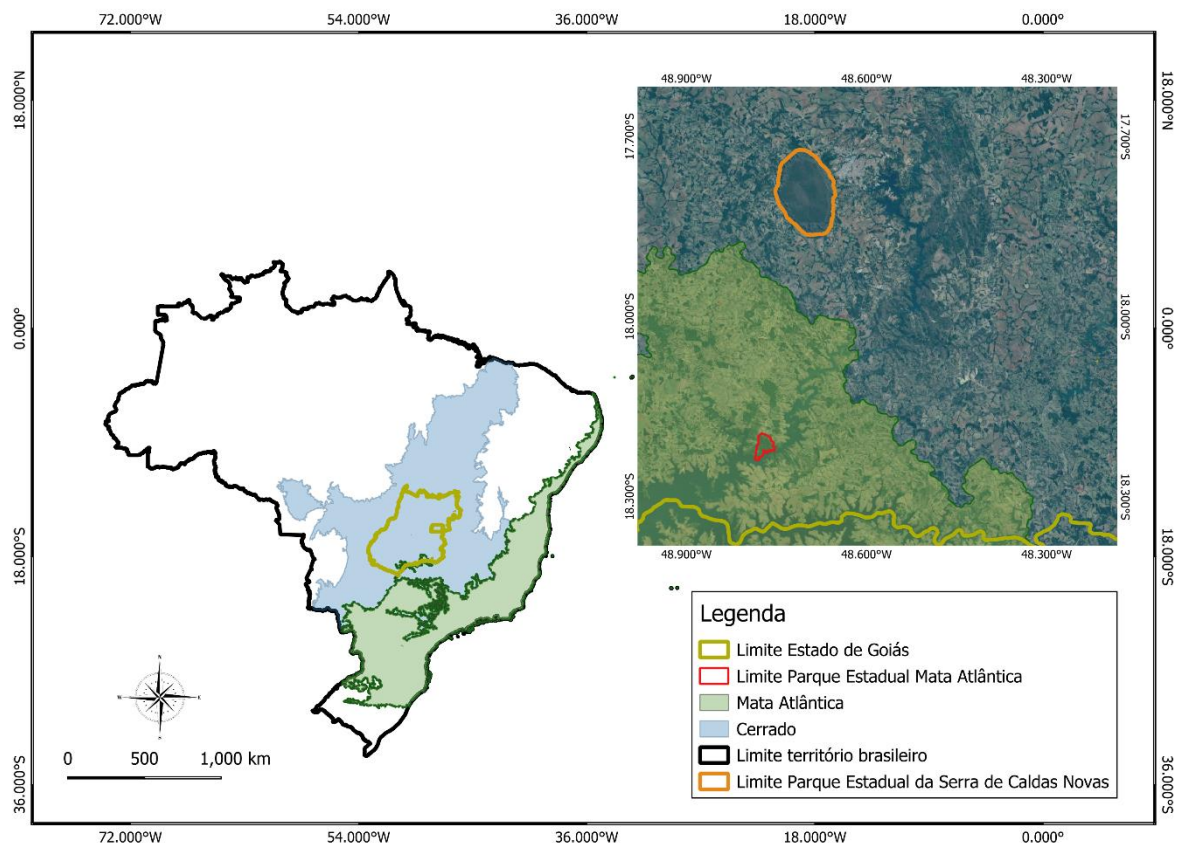


Figura 3 Mapa de localização do Parque Estadual da Mata Atlântica (vermelho), localização do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (laranja) e os limites dos biomas Cerrado e Mata Atlântica no país e na região.

ESPÉCIE ALVO

Eira barbara, também conhecida como Irara, Tayra ou Papa-mel, faz parte da família dos mustelídeos (IUCN, 2022), única do gênero, com distribuição geográfica do Sul do México ao Norte da Argentina podendo viver em florestas, áreas secas, florestas úmidas e florestas de galeria (Bianchi *et al.*, 2021; Grotta-Neto *et al.*, 2021; Presley, 2000). Pode atingir cerca de 3 a 7 kg, possui alimentação onívora oportunista, por exemplo: frutas, mel e predação de pequenos vertebrados (Soley e Alvarado-Díaz, 2011). Detêm atividade majoritariamente diurna (Villafañe-Trujillo *et al.*, 2021). A gestação ocorre por volta de 63 a 70 dias, sendo necessários entre 200 a 300 dias para a separação total dos cuidados parentais. O papa-mel apresenta hábitos solitários, com área de vida podendo percorrer 6,89km por dia (Presley, 2000). A espécie está classificada como pouco preocupante referente ao risco de extinção, porém com evidências de declínio populacional (IUCN, 2015). Ademais, devido ao baixo conhecimento sobre a espécie, possivelmente estes dados podem compactuar para uma análise errônea da real situação da espécie em relação à necessidade de conservação e medidas protetivas.

MODELO DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES

Para a construção dos modelos de distribuição de espécies, os dados de pontos de ocorrência foram coletados no site “Gbif” (<https://www.gbif.org>), com 8.073 pontos de ocorrência para a espécie-alvo. As variáveis climáticas disponibilizadas pelo site “Worldclim” (<http://www.worldclim.org>), o qual dispõe de 19 variáveis ambientais, contudo devido à multicolinearidade das variáveis, realizamos uma análise de componentes principais (PCA) para evita-la e maior robustez no modelo (Sousa e De Marco, 2018). No modelo, utilizamos seis diferentes algoritmos de modelagem: “Generalized Linear Model” (GLM) pois possui componentes de regressão linear e modelos de análise de variância (McCullagh et al., 1989), “Random Forest” (RDF), onde árvores de decisão aleatórias são criadas para preditores (Prasad et al., 2006), “Maximum Likelihood” (MLK) para a estimativa da probabilidade de distribuição (Royle et al., 2012), “Maxent” (MXS) para a adequação de habitat e predição de distribuição de espécie (Phillips et al., 2017, 2009), “Gaussian Process” (GAU) um modelo não paramétrico para aproximação de funções (Golding & Purse, 2016) e “Support Vector Machine” (SVM) para análise de padrões para classificação e regressão (Guo et al., 2005). Os modelos foram gerados utilizando criação de pontos de “pseudo-ausências” para avaliar os

modelos, através do método de restrição ambiental, que retira pontos de áreas com condições ambientais diferente dos pontos de ocorrência (Andrade, Velazco e De Marco Júnior, 2020). Os modelos foram avaliados a partir desses dados e utilizando o coeficiente de Sorensen, com o objetivo de comparar a similaridade das amostras (Andrade, Velazco e De Marco Júnior, 2020). Após isso, usamos o modelo consenso, “Ensemble Forecasting”, para a mescla de resultados e previsão de um modelo robusto (Araujo e New, 2007) para um modelo final. Para isso, utilizamos o software R, versão 4.2.3, e o pacote ENMTML desenvolvido nessa linguagem pelo Laboratório TheMetaLand-UFG (Andrade, Velazco e De Marco Júnior, 2020).

MODELO DE HABITAT

Para o modelo de habitat, foi criado no QGIS um *shapefile* sobre a relação da disposição das *cameras-trap* utilizadas no programa Bandeiras do Corredor, juntamente com um com um buffer de 10 km na região entre as unidades de conservação PESCAN e PEMA (figura 4). O Bandeira é um programa realizado em parceria pelo Governo de Goiás, Universidade Federal de Goiás (UFG), Aliança da Terra (AT) e Funbio, no intuito de utilizar *camera-traps* para o monitoramento da fauna entre as unidades de conservação. Além disso, foi utilizado o mapa de Uso e Cobertura do Solo disponibilizado pelo Mapbiomas (<https://code.earthengine.google.com/>) no ano de 2023, coleção 9, para a reclassificação dos diferentes tipos de células presentes no ambiente seguindo a biologia da espécie-alvo. Para isso, foi necessário um levantamento bibliográfico sobre a espécie nos sites “Scopus” e “Web of Science”, com as palavras-chave "Eira barbara", "E. barbara", "Papa mel", "Irara", "Tayra", com o intuito de compreender sobre história natural, biologia e ecologia da espécie. As divisões das células como: floresta; vegetação herbácea e arbustiva; agropecuária; área não vegetada; e corpos d'água, assim como suas subclassificações, foram reclassificadas: 0,0 para habitats com nenhuma expectativa de ocorrência da espécie, ou seja, não houve menção delas nos artigos encontrados; 0,25 para baixíssima expectativa de ocorrência, como a resiliência em algumas paisagens alteradas (Villafañe-Trujillo *et al.*, 2021); 0,50 para provável ocorrência, com registro do uso desses locais como matriz de cana e manguezais (Mendes Pontes *et al.* 2006); 0,75 muito provável ocorrência, como em Savanas, em que a espécie utiliza como meio para atravessar ambientes (Defler, 1980), corpos d'água, onde há indícios de que a espécie lida

bem (Presley, 2000) e, por fim, 1,0 para habitats ideais para ocorrência da espécie, como ambientes florestais (Presley, 2000).

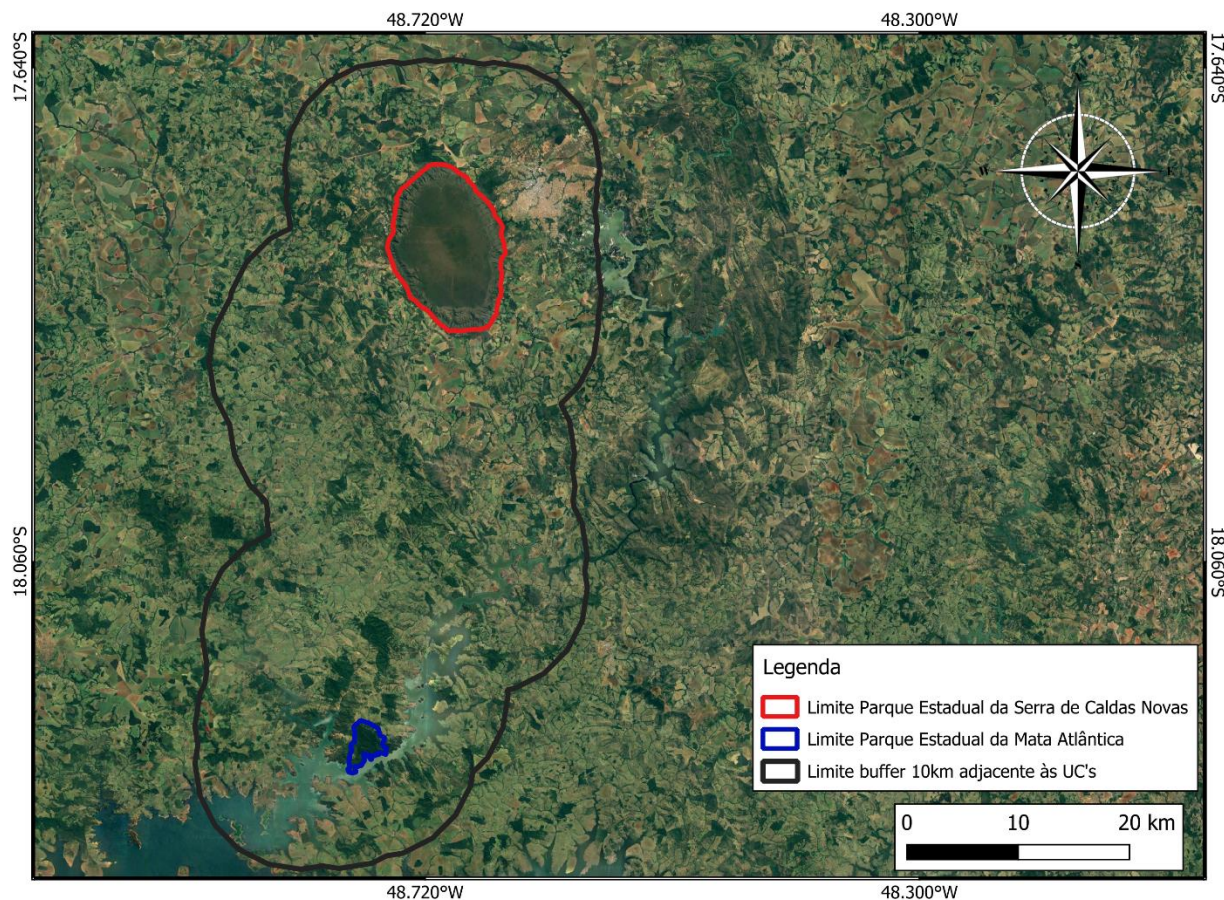


Figura 4 Relação do posicionamento do buffer de 10 km na região entre as unidades de conservação PEMA e PESCAN utilizado para a análise de habitat e paisagem.

ANÁLISE DE PAISAGEM

Os modelos possuem resoluções espaciais diferentes, ou seja, a variável clima com tamanho 10 km, para a análise de paisagem com o tamanho de 1km e a variável habitat com tamanho em 120 m. O software R, versão 4.2.3, também foi utilizado para a análise da estrutura da paisagem. Para isso, o “Raster” com os dados da análise anterior, habitat, foi utilizado, além dos pacotes “LandscapeMetrics” (Hesse, 2019), “Terra” (Hijmans, 2023), “Rgeos” (Bivand, 2023) e “ggplot2” (Wickham, 2023). Após isso, a modificação do mapa para resolução em 1 km, foi criado um *grid* (20x10) em todo o ambiente. Em seguida, as coordenadas geográficas de latitude e longitude do centro de cada célula do *grid* foram selecionadas e as métricas de classificação de paisagem. Sendo assim, a Proporção de habitat, “Pland” (Mcgarigal, 2023), como a medida operacional de quantidade de habitat disponível na paisagem e conectividade entre elas. Além da

Distância euclidiana para fragmento de habitat mais próximo, (Enn) (Mcgarigal, 2023), como medida operacional do isolamento de fragmentos de habitat dentro de cada paisagem (tabela 1).

Tabela 1 Métricas utilizadas no software R para a análise de paisagem

Métricas	Descrição	Formula
Proporção de habitat (Pland)	Mostra a porcentagem da classe foco na paisagem, calculada com a média da composição. É possível comparar paisagens com diferentes áreas.	$PLAND = A_j = 1 \sum n_{aij} * 100$
Distância euclidiana para fragmento de habitat mais próximo (Enn)	A média de cada classe i.	$ENNMN = mean(ENN[patchi])$

RESULTADO E DISCUSSÃO

Utilizando as análises de conectividade baseada no modelo de habitat para a análise de paisagem, observado foi que as UC's possuem maior adequabilidade em regiões adjacentes em relação a região interna dos parques. Além disso, as características de habitat do PESCAN apontam para um habitat de transição para os habitats de maior adequabilidade. Sendo assim, a espécie utiliza e, por conseguinte, reside por maior parte do tempo essas regiões e não o parque, contribuindo para a exposição de maiores riscos e ameaças à espécie, como a perda de habitat.

O modelo de distribuição de espécie (figura 5) apresentou distribuição entre a América do Sul e Central, semelhante a distribuição geográfica apresentada por Presley (2000). Além disso, para o recorte entre as regiões das UC's, utilizando apenas os dados de clima, a escala não apresentou variação suficiente no recorte para originar resultados robustos, o que impossibilita discriminar o que é adequado para a espécie, como explica a figura 6a. Sendo assim, todas as regiões entre as duas UC's possuem adequabilidade de habitat suficiente para a permanência da espécie, com baixa precisão de qual local ideal para a realização de um corredor ecológico, além de apresentar alta conectividade entre as áreas adequadas, já que toda a área é altamente adequada para a *Eira barbara*. Por

outro lado, com a ampliação do modelo de habitat com o MDE para uma maior robustez, foi possível observar a relação de quais habitats são propícios para a espécie (figura 6b).

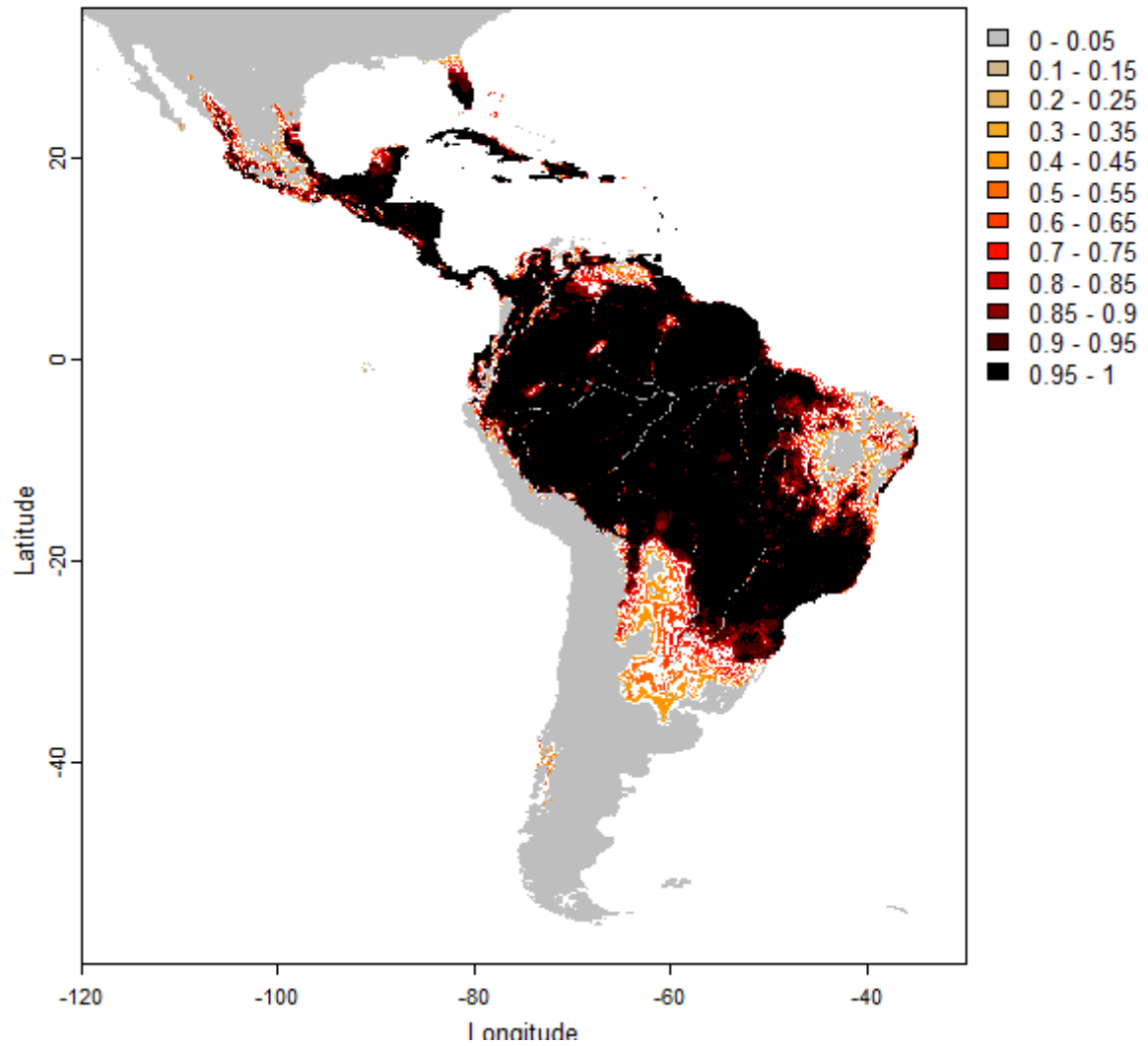


Figura 5 Distribuição geográfica de *Eira barbara* seguindo seu modelo de distribuição de espécies.

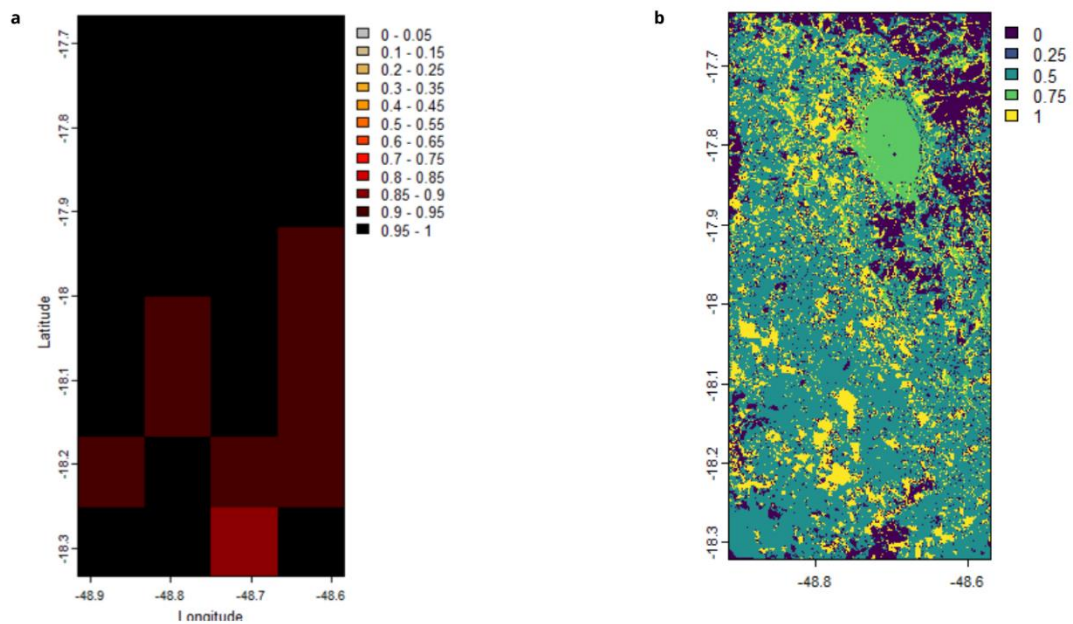


Figura 6 a) Análise de adequabilidade de habitat com variável clima; b) Análise de adequabilidade com variável habitat e reclassificação dos ambientes utilizados.

As métricas de quantidade de habitat e isolamento, “Pland” e “Enn”, demonstram a relação da porcentagem da paisagem com a média euclidiana de cada mancha, assim, as regiões adjacentes a UC receberam maior adequabilidade, principalmente no PESCAN. Além disso, como explica a figura 7, quanto menor a porcentagem da área de paisagem, maior foi a proporção da distância entre as manchas, ou seja, a espécie-alvo percorrerá maiores distâncias entre matriz para alcançar os fragmentos propícios, corroborando para a baixa conectividade.

A capacidade de movimentação da espécie alvo segundo a literatura é de 6,8km por dia e *home range* de 24 km, para um indivíduo adulto sozinho (Presley, 2000). Porém, ao estar acompanhado com a prole seu *home range* diminui para 2 km (Shostell, 2015). Tendo isso em vista, dependendo do nível de conectividade da paisagem, os indivíduos podem não conseguir se movimentar entre os fragmentos. Disto isso, é importante ressaltar que, devido a variação comportamental mediante prole, a conectividade entre os fragmentos são substancialmente maiores para seu *home range*, porém, seguindo o comportamento do indivíduo adulto, sem prole, a espécie consegue transitar entre os fragmentos. Sendo assim, é de suma importância a compreensão da biologia da espécie para a implantação do corredor ecológico.

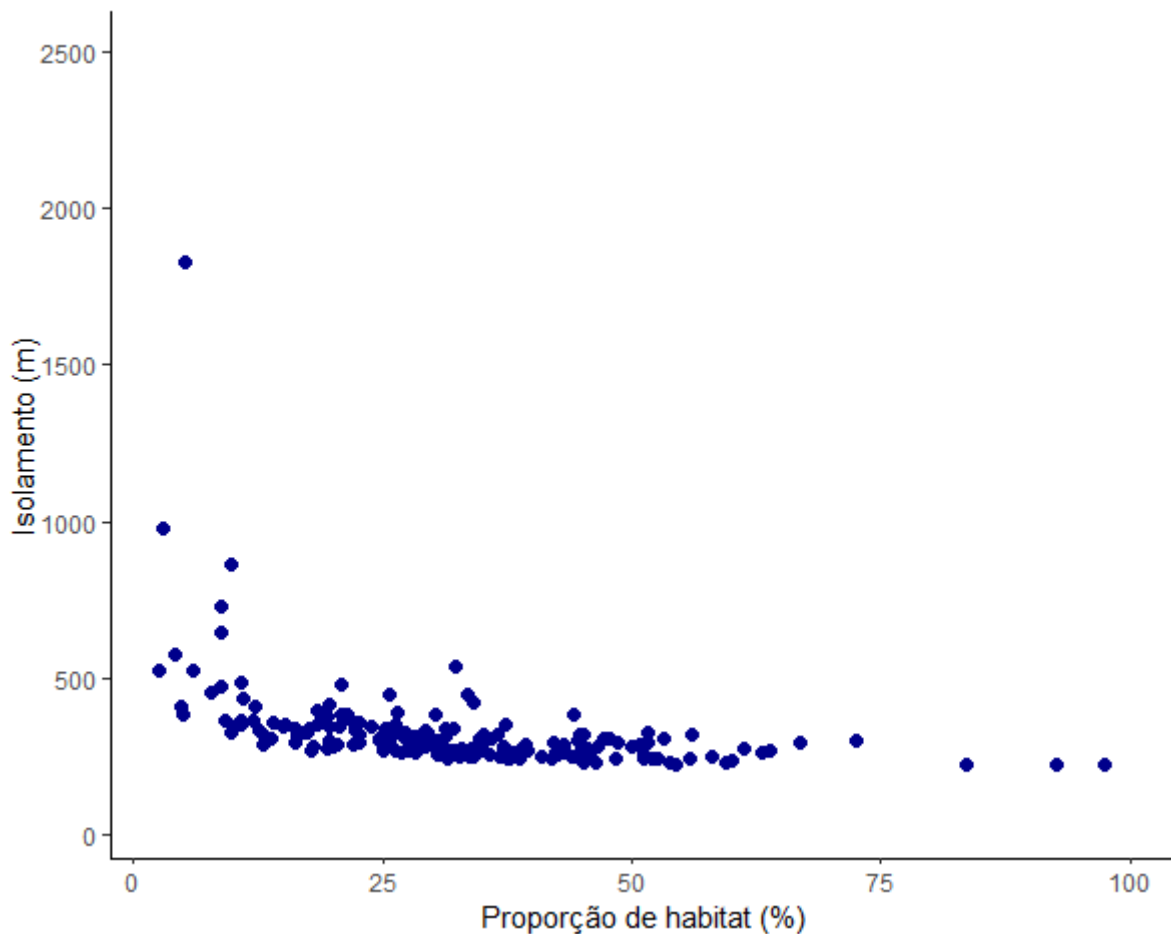


Figura 7: Relação entre fragmento e conectividade.

CONCLUSÃO

A espécie-alvo possui características suficientes para o deslocamento entre as manchas que ocorrem nos mais de 30km de distância entre as unidades de conservação PESCAN e PEMA, com algumas ressalvas. No entanto, pouco se sabe sobre a espécie na literatura (Bianchi *et al.*, 2021), sendo assim evidencia a importância de avançar no conhecimento sobre a ecologia da *Eira barbara*. Além disso, o MDE baseado em informações climáticas teve pouco poder de discriminação das áreas adequadas para a Irara na região analisada, enquanto a predição de habitats na paisagem se apresentou uma ferramenta com maior efetividade para os objetivos. Isso também sugere que modelos climáticos terão limitada eficiência em quaisquer processos de planejamento de planejamento espacial nessa escala, comparados com modelos que preveem a distribuição dos habitats na paisagem. Portanto, destaca-se a necessidade de estudos relacionados ao conhecimento ecológico e espacial da espécie para a criação de um corredor funcional e não estrutural. Acredita-se que futuras pesquisas fornecerão dados robustos para a criação

do corredor ecológico e para estratégias de conservação frente as mudanças de habitat e clima que ocorrerão.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L. M. DE S.; CAMARGO, A. J. A. DE (EDS.). **Cerrado: ecologia e caracterização**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- ALVES, D. M. C. C.; BRITO, D. Priority Mammals for Biodiversity Conservation in Brazil. **Tropical Conservation Science**, v. 6, n. 4, p. 558–583, set. 2013.
- ANDERSON, R. P.; LEW, D.; PETERSON, A. T. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. **Ecological Modelling**, v. 162, n. 3, p. 211–232, abr. 2003.
- ANDRADE, A. F. A. D.; VELAZCO, S. J. E.; DE MARCO JÚNIOR, P. ENMTML: An R package for a straightforward construction of complex ecological niche models. **Environmental Modelling & Software**, v. 125, p. 104615, mar. 2020.
- ARAUJO, M.; NEW, M. Ensemble forecasting of species distributions. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 22, n. 1, p. 42–47, jan. 2007.
- BIANCHI, R. *et al.* Tayra (*Eira barbara*) landscape use as a function of cover types, forest protection, and the presence of puma and free-ranging dogs. **Biotropica**, v. 53, n. 6, p. 1569–1581, nov. 2021.
- BIVAND, R.; RUNDLE, J. **rgeos: Interface to Geometry Engine - Open Source ('GEOS')**. R package version 0.6-1, 2023. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=rgeos>.
- CAMPANILI, M.; SCHÄFFER, W. B. **Mata Atlântica Manual de Adequação Ambiental**. [s.l.] 2010, 2010.
- CANDELA, L. *et al.* Species distribution modeling in the cloud. **Concurrency and Computation: Practice and Experience**, v. 28, n. 4, p. 1056–1079, 25 mar. 2016.
- CARVALHO, F. M. V.; DE MARCO, P.; FERREIRA, L. G. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**, v. 142, n. 7, p. 1392–1403, jul. 2009.
- CORD, A.; RÖDDER, D. <http://www.jstor.org> Inclusion of habitat availability in species distribution models through multi-temporal remote-sensing data? **Ecological Applications**, v. 21, n. 8, p. 3285–3298, 2011.
- COUTINHO, L. M. **Biomass brasileiros**. São Paulo, SP, Brasil: Oficina de Textos, 2016.
- DEFLER, Thomas R. Notes on interactions between the tayra (*Eira barbara*) and the white-fronted capuchin (*Cebus albifrons*). **Journal of Mammalogy**, v. 61, n. 1, p. 156–156, 1980.
- DE SOUZA, Rodrigo Antônio; JUNIOR, Paulo De Marco. Improved spatial model for Amazonian deforestation: An empirical assessment and spatial bias analysis. **Ecological modelling**, v. 387, p. 1–9, 2018.

ELITH, J.; LEATHWICK, J. R. Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 40, n. 1, p. 677–697, 1 dez. 2009.

ERCOLI, M. D.; YOULATOS, D. Integrating locomotion, postures and morphology: The case of the tayra, *Eira barbara* (Carnivora, Mustelidae). **Mammalian Biology**, v. 81, n. 5, p. 464–476, set. 2016.

FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M. V. Conectividade funcional e a importância da interação organismo-paisagem. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 04, p. 493–502, dez. 2007.

FRANKE, C. C. *et al.* **Mata Atlântica e Biodiversidade**. [s.l.] 2005, 2005.

GOLDING, Nick; PURSE, Bethan V. Fast and flexible Bayesian species distribution modelling using Gaussian processes. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 7, n. 5, p. 598–608, 2016.

GUO, Qinghua; KELLY, Maggi; GRAHAM, Catherine H. Support vector machines for predicting distribution of Sudden Oak Death in California. **Ecological modelling**, v. 182, n. 1, p. 75–90, 2005.

GROTTA-NETO, F. *et al.* The role of tayra (*Eira barbara*) as predator of medium and large-sized mammals. **Austral Ecology**, v. 46, n. 2, p. 329–333, abr. 2021.

HALL, P.; WALKER, S.; BAWA, K. Effect of Forest Fragmentation on Genetic Diversity and Mating System in a Tropical Tree, *Pithecellobium elegans*. **Conservation Biology**, v. 10, n. 3, p. 757–768, jun. 1996.

HESSE, D.; SCHMIDT, J.; FRANK, K. **Landscapemetrics: An open-source R tool to calculate landscape metrics**. *Ecography*, v. 42, n. 10, p. 1648–1657, 2019. DOI: 10.1111/ecog.04617. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=landscapemetrics>.

HIJMANS, R. J. **Terra: Spatial Data Analysis**. R package version 1.7-53. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=terra>.

HOUGHTON, C. *et al.* Qualitative case study data analysis: an example from practice. **Nurse Researcher**, v. 22, n. 5, p. 8–12, 15 maio 2015.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. **A conservação do Cerrado brasileiro**. v. 1, 2005.

MITTERMEIER, R. A. *et al.* **Uma Breve História da Conservação da Biodiversidade no Brasil**. v. 1, 2005.

MUCHAILH, M. C. *et al.* METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO DE PAISAGENS FRAGMENTADAS VISANDO A FORMAÇÃO DE CORREDORES ECOLÓGICOS. **FLORESTA**, v. 40, n. 1, 25 mar. 2010.

MCGARIGAL K., SA CUSHMAN, AND E ENE. 2023. FRAGSTATS v4: **Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps**. Computer software program produced by the authors; available at the following web site: <https://www.fragstats.org>.

McCullagh, P., Cheek, P.J., Nelder, J.A., 1989. Generalized Linear Models, 2nd Edn. Appl. Stat. <https://doi.org/10.2307/2347392>.

MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, fev. 2000a. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, fev. 2000b.

PRASAD, Anantha M.; IVERSON, Louis R.; LIAW, Andy. Newer classification and regression tree techniques: bagging and random forests for ecological prediction. **Ecosystems**, v. 9, p. 181-199, 2006.

PRESLEY, S. J. Eira barbara. **Mammalian Species**, v. 636, n. 1, p. 1, 2000.
SCHIPPER, J. *et al.* The Status of the World's Land and Marine Mammals: Diversity, Threat, and Knowledge. **Science**, v. 322, n. 5899, p. 225–230, 10 out. 2008.

ROYLE, J. Andrew *et al.* Likelihood analysis of species occurrence probability from presence-only data for modelling species distributions. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 3, n. 3, p. 545-554, 2012.

SEOANE, C. E. S. *et al.* Corredores ecológicos como ferramenta para a desfragmentação de florestas tropicais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 63, p. 207–216, 28 out. 2010.

SOBERÓN, J. Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. **Ecology Letters**, v. 10, n. 12, p. 1115–1123, dez. 2007.

SOBERÓN, J.; NAKAMURA, M. Niches and distributional areas: Concepts, methods, and assumptions. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. supplement_2, p. 19644–19650, 17 nov. 2009.

SOLEY, F. G.; ALVARADO-DÍAZ, I. Prospective thinking in a mustelid? Eira barbara (Carnivora) cache unripe fruits to consume them once ripened. **Naturwissenschaften**, v. 98, n. 8, p. 693–698, ago. 2011.

SHOSTELL, J. M., & RUIZ-GARCIA, M. (2013). **An introduction to neotropical carnivores. Molecular population genetics**, evolutionary biology and biological conservation of the Neotropical carnivores. p. 1-36.

SEMAD, 2021. Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas. Goiânia -GO: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento, Sustentável do Estado de Goiás (Semad), 96p

SEMAD, 2021. Plano de Uso Público do Parque Estadual Serra de Caldas Novas. Goiânia - GO: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento, Sustentável do Estado de Goiás - Semad, 105 p.

TALLEI, E. *et al.* Tayra behavior preying on a cavity nest in the subtropical forest of the Southern Yungas. **Food Webs**, v. 27, p. e00190, jun. 2021.

Veiga, F.; Galvão, M. Iniciativas de PSA de conservação dos recursos hídricos na Mata Atlântica. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Pagamento por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: Lições aprendidas e desafios**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2011. p. 123-146.

VILLAFANE-TRUJILLO, Á. J. *et al.* Activity patterns of tayra (*Eira barbara*) across their distribution. **Journal of Mammalogy**, v. 102, n. 3, p. 772–788, 24 jun. 2021.

WICKHAM, H.; CHANG, W.; HENRY, L. *et al.* **ggplot2: Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics**. R package version 3.4.4, 2023. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=ggplot2>.