

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

REGINA GABRIELA DA SILVA MOREIRA

**MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DAS ESPÉCIES *BOTHROPS*
MURICIENSIS E *PHYSALAEMUS CAETE* NAS ÁREAS PROTEGIDAS DE
ALAGOAS**

MACEIÓ

2023

REGINA GABRIELA DA SILVA MOREIRA

MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DAS ESPÉCIES *BOTHROPS MURICIENSIS* E *PHYSALAEMUS CAETE* NAS ÁREAS PROTEGIDAS DE ALAGOAS

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado ao Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Alagoas como requisito para a obtenção do grau de Bacharela em Ciências Biológicas.

Orientadora: Dra. Luisa Maria Diele Viegas Costa Silva.

MACEIÓ

2023

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária: Girlaine da Silva Santos – CRB-4 – 1127

M835m Moreira, Regina Gabriela da Silva.

Modelagem de distribuição potencial das espécies *Bothrops muriciensis* e *Physalaemus caete* nas áreas protegidas de Alagoas / Regina Gabriela da Silva Moreira. – 2024.

30 f. : il.

Orientadora: Luisa Maria Diele Viegas Costa Silva. .

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Biológicas : Bacharelado) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Maceió, 2024.

Bibliografia: f. 26-30.

1. Herpetofauna. 2. Proteção ambiental – Alagoas. 3. Meio ambiente - Unidades de conservação. 4. Mudanças climáticas. I. Título.

CDU: 597.6: 502.7 (813.5)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por minha vida, por toda força e coragem quando pensei em desistir e achei que não ia conseguir.

Aos meus amados pais, Alexandra Maria e José Carlos, por serem sinônimo de superação, por terem me dado todo o alicerce e nunca medirem esforços em me dar o melhor. A minha irmã Raphaella Moreira que sempre foi e sempre será um exemplo de dedicação e coragem, ao meu irmão Carlos Gabriel, por ser sempre o meu apoio. A minha sogra, Maria Aparecida, pelas incontáveis orações e intenções por minha vida e ao meu sogro Geraldo Chicuta, por todo cuidado.

Esse trabalho nunca teria acontecido sem o suporte, apoio e cuidado de três pessoas: Meu amor, Jonas Chicuta, por nunca desistir de mim, sempre me mostrar do que sou capaz, por ser o meu confidente e amigo, obrigada por tudo, meu amor, sou eternamente grata a você. Minha primeira amiga da UFAL e até hoje minha parceira, Mariana Anélia, por durante toda a graduação sempre me ajudar até o fim em todas as vezes que quis deixar tudo pela metade (e não poderia ter sido diferente no TCC). Minha querida orientadora, Luisa Viegas, que ao meio dos meus longos sumiços e inseguranças sempre me acolheu e ajudou como nenhum outro professor antes fez.

Agradeço também as minhas amigas Noemi de Castro, Beatriz Santana, Nathália Powell, Nirlanez Alves, Ashley Rodrigues e Yasmin Duarte, por terem sido minhas companheiras de aulas, trabalhos, vôlei, RU, ônibus entre tantos outros, enfrentamos muitas coisas juntas e sou muito grata por vocês terem tornado essa jornada na UFAL mais feliz.

Gratidão ao Laboratório de Conservação no Século XXI, por ter sido minha primeira casa científica, por todo acolhimento e oportunidades dadas. Agradecimento especial a professora Ana Cláudia Malhado, Thainá Lessa, Evelynne Letícia e Flávia Fernanda por todo carinho e suporte.

E por fim, aos meus tão amados gatos, Mel, Romeu, Lua, Sol, Ravi, Raj e Benzinho que tornam tudo mais fácil pelo simples fato de existirem.

RESUMO

As mudanças climáticas globais estão transformando o cenário das condições ambientais, exercendo um impacto profundo na distribuição das espécies. A complexidade das mudanças climáticas e a variedade de escalas em que ocorrem torna desafiadora a compreensão desses impactos. À medida que as temperaturas médias aumentam e as mudanças climáticas ocorrem, torna-se mais frequente a adaptação das espécies para garantir sua sobrevivência. A Modelagem de Nicho Ecológico (SDM) representa uma ferramenta valiosa na previsão da sobrevivência das espécies, baseada em suas características ambientais. Esta abordagem desempenha um papel fundamental na conservação, fornecendo um alicerce para identificar áreas suscetíveis às mudanças climáticas e orientar a administração de regiões de conservação. Além disso, a MNE desempenha um papel crítico na avaliação do potencial invasivo de espécies não nativas. É importante reconhecer que países em desenvolvimento, como o Brasil, enfrentam desafios adicionais ao abordar as questões das mudanças climáticas e da conservação da biodiversidade, frequentemente devido à escassez de recursos financeiros. Nesse contexto, a MNE pode ser uma aliada eficaz, permitindo a alocação eficiente de recursos e a implementação de estratégias de conservação bem direcionadas. Assim, as Áreas Protegidas (APs) desempenham um papel fundamental na conservação da biodiversidade em várias escalas. As APs oferecem proteção a espécies migratórias, auxiliam na recuperação de populações em declínio e mantêm a diversidade genética nativa. Elas são vitais para a conservação de espécies ameaçadas, como a serpente *Bothrops muriciensis* e o anfíbio *Physalaemus caete*. A presente pesquisa buscou mapear a distribuição potencial de *B. muriciensis* e *P. caete* nas APs de Alagoas. Dados de ocorrência foram coletados e os modelos de distribuição foram criados com base em variáveis climáticas. A sobreposição desses modelos revelou uma maior adequabilidade para *P. caete* em relação a *B. muriciensis* em Alagoas. Esse estudo visou contribuir para a conservação de espécies em um cenário de mudanças climáticas e destaca a importância das APs e da Modelagem de Nicho Ecológico na proteção da biodiversidade.

Palavras-chave: Herpetofauna; Modelagem de Nicho Ecológico; Áreas Protegidas.

ABSTRACT

Global climate change is transforming the scenario of environmental conditions, having a profound impact on the species distribution. The complexity of climate change and the variety of scales at which it occurs makes understanding these impacts challenging. As average temperatures increase and climate change occurs, species adapting to ensure their survival becomes more frequent. Ecological Niche Modeling (ENM) represents a valuable tool in anticipating the survival of species, based on their environmental characteristics. This approach plays a fundamental role in conservation, providing a foundation for identifying areas susceptible to climate change and guiding the management of conservation regions. Furthermore, ENM plays a critical role in assessing the invasive potential of non-native species. It is important to recognize that developing countries, such as Brazil, face additional challenges in addressing the issues of climate change and biodiversity conservation, often due to a lack of financial resources. In this context, ENM can be an effective ally, allowing the efficient allocation of resources and the implementation of well-targeted conservation strategies. Thus, Protected Areas (PAs) play a fundamental role in conserving biodiversity at various scales. PAs offer protection to migratory species, help recover declining populations, and maintain native genetic diversity. They are vital for the conservation of threatened species, such as the snake *Bothrops muriciensis* and the amphibian *Physalaemus caete*. The current research sought to map the potential distribution of *B. muriciensis* and *P. caete* in the Alagoas PAs and assess the impact of climate change in these areas. Occurrence data was collected from sources, and distribution models were created based on climatic variables. The overlap of these models revealed greater suitability for *P. caete* in relation to *B. muriciensis* in Alagoas. This study aims to contribute to the conservation of species in a climate change scenario and highlights the importance of PAs and ENM in protecting biodiversity.

Keywords: Herpetofauna; Ecological Niche Modeling; Protected Areas.

SIGLAS E ABREVIATURAS

APA – Áreas de Proteção Ambiental

APs – Áreas Protegidas

AUC – Sensibilidade Específica

EN – Em Perigo

ESEC – Estação Ecológica

GLM – Modelos Lineares Generalizados

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IUCN – União Internacional para Conservação da Natureza

MHN – Museu de História Natural

MNE – Modelagem de Nicho Ecológico

SDMs – Modelagem de Distribuição de Espécies

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza

SVM – Support Vector Machine

TSS – Maior acurácia

UCs – Unidades de Conservação

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

- Figura 1.** Indivíduo de *Bothrops muricensis*, observado em março de 2019. 10
- Figura 2.** Distribuição da espécie *Bothrops muricensis*, além de *Bothrops pirajai*; *Bothrops brazili* (no Brasil) e *Bothrops jararacussu* (no Brasil). 10
- Figura 3.** Mapa da Região de Murici, incluindo as localizações do sítio Bananeiras, da Estação Ecológica de Murici e da Área de Proteção Ambiental de Murici 11
- Figura 4.** Indivíduo de *Physalaemus caete* fotografado durante um levantamento de herpetofauna, abril 2019. 12
- Figura 5.** Mapa de delimitação da Área de Proteção Ambiental de Murici e da Estação Ecológica de Murici, Alagoas. 13
- Figura 6.** Mapa de Distribuição Potencial da espécie *P. caete* em Alagoas. 16
- Figura 7.** Mapa de distribuição dos biomas e climas de Alagoas. 17
- Figura 8.** Mapa de Distribuição Potencial da espécie *B. muricensis* em Alagoas....20
- Figura 11.** Desempenho dos modelos preditivos da distribuição de *Bothrops muricensis* em Alagoas a partir de diferentes algoritmos sob critérios AUC e TSS..23

TABELAS

- Tabela 1.** Lista das 19 variáveis bioclimáticas utilizadas do projeto WorldClim. 15

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVOS	8
2.1 Objetivo Geral	8
2.2 Objetivos específicos	8
3. REVISÃO DE LITERATURA	9
3.1 <i>Bothrops muriciensis</i> (Ferrarezzi & Freire, 2001)	9
3.2 <i>Physalaemus caete</i> (Pombal & Madureira, 1997)	11
4. MATERIAIS E MÉTODOS	13
4.1 Área de estudo	13
4.2 Coleta de dados	14
4.3 Modelagem.....	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5.1 <i>Physalaemus caete</i>	16
5.2 <i>Bothrops muriciensis</i>	19
5.3 Acurácia dos modelos	21
5.3.1 <i>Physalaemus caete</i>	21
5.3.2 <i>Bothrops muriciensis</i>	21
6. CONCLUSÕES	24
7. REFERÊNCIAS	26

1. INTRODUÇÃO

Devido às mudanças climáticas globais, a distribuição potencial das espécies tem sido significativamente modificada. As condições ambientais em que essas espécies antes sobreviviam estão mudando, e agora é necessário intensificar os esforços de pesquisa em áreas que estão ameaçadas por essas mudanças e criar ações para reduzir seus efeitos (HULME, 2009; RICHARDSON & REJMÁNEK, 2011; TAHERI et al., 2021). No entanto, a compreensão de como as espécies serão impactadas é limitada devido à complexidade das mudanças climáticas e a variedade de escalas em que seus efeitos vêm ocorrendo (RENTON et al., 2012).

A Modelagem de Nicho Ecológico (MNE) é uma ferramenta extremamente útil para quantificar o nicho fundamental potencial das espécies em ecossistemas naturais com base no seu nicho realizado, utilizando informações sobre as características ambientais de uma área para prever quais espécies podem sobreviver nesse local (VASCONCELOS et al., 2021). Através da MNE, é possível identificar oportunidades para mitigar as ameaças que levam à diminuição das populações e subsidiar ações para a conservação das espécies focais. Ela auxilia os pesquisadores a identificar as áreas onde as espécies têm maior probabilidade de persistir e a determinar as áreas que são mais vulneráveis às mudanças climáticas (VASCONCELOS et al., 2021).

A MNE também pode ser usada para identificar áreas que são importantes para a conservação da biodiversidade e ajudar na tomada de decisões sobre como gerenciar as áreas protegidas. Também, pode ser uma ferramenta útil para determinar o potencial invasivo de espécies invasoras (VASCONCELOS et al., 2021). Dito isto, é clara a importância dessa ferramenta para avaliar a distribuição e extensão das espécies em ecossistemas naturais, identificar áreas que são mais vulneráveis às mudanças climáticas, prever a disseminação de espécies invasoras e ajudar na tomada de decisões sobre a conservação da biodiversidade (RENTON et al., 2012).

As alterações climáticas representam um grande desafio para a conservação da biodiversidade em todo o mundo, e países em desenvolvimento, como o Brasil, enfrentam desafios ainda maiores devido à escassez de recursos financeiros (MERTZ et al., 2009; FILHO et al., 2019). Por isso, é crucial identificar e monitorar os impactos nas espécies, a fim de garantir sua sobrevivência e a manutenção dos ecossistemas que habitam. Nesse contexto, as Áreas Protegidas (APs), no Brasil instituídas pelo

Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) como Unidades de Conservação (UCs), são ambientes naturais que tem como principal objetivo a conservação da biodiversidade, sendo instrumentos essenciais para a conservação e proteção da biodiversidade em diferentes escalas, do local ao global, e desempenham um papel fundamental na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas sobre a fauna e flora (BRASIL, 2000; GASTON et al., 2008; MEDEIROS & GARAY, 2006; UNEP-WMCM, IUCN, NGS, 2018).

As APs apresentam diversos benefícios para a conservação da biodiversidade, tais como a proteção de espécies migratórias, a recuperação de populações em declínio, a preservação da diversidade genética nativa e a manutenção das funções dos ecossistemas. Além disso, as APs são fundamentais para o manejo e a conservação de espécies ameaçadas de extinção, como é o caso da *Bothrops muriciensis* e do *Physalaemus caete* (WATSON et al., 2014; ABRAHÃO et al., 2019).

A serpente *Bothrops muriciensis* é encontrada apenas na estação ecológica de Murici, em Alagoas. Como "espécie guarda-chuva", a proteção da espécie pode contribuir para a proteção de todo o ecossistema em que vive (ABRAHÃO et al., 2019). Já o *Physalaemus caete*, um anfíbio endêmico do Brasil, ocorre em florestas subtropicais e tropicais úmidas de baixa altitude, além de pântanos intermitentes de água doce (CARVALHO et al., 2020). No entanto, a diminuição contínua do seu habitat em decorrência da expansão agrícola, da criação de gado e dos assentamentos humanos têm causado fragmentação da população e, por isso, a espécie foi categorizada como Em Perigo (EN) pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

Entender como essas espécies estão distribuídas geograficamente e em diversos cenários de mudanças climática é fundamental para desenvolver estratégias de conservação efetivas. Dito isto, o presente estudo buscou mensurar a distribuição potencial de *B. muriciensis* e *P. caete* dentro de duas categorias de UCs do estado de Alagoas, sendo estas uma Estação Ecológica (ESEC), uma unidade de proteção integral, e uma Área de Proteção Ambiental (APA) caracterizada por ser uma unidade de uso sustentável (BRASIL, 2000).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente estudo teve como objetivo mapear a área de distribuição de *Bothrops muriciensis* e *Physalaemus caete* em duas Unidades de Conservação do estado de Alagoas.

2.2 Objetivos específicos

1. Investigar pontos de ocorrência das espécies em bases de dados de coleções científicas e verificar a qualidade dos registros;
2. Gerar um modelo de distribuição potencial atual para as espécies para Alagoas na Estação Ecológica de Murici e na Área de Proteção Ambiental de Murici.
3. Analisar o potencial das Áreas Protegidas focos de estudo em preservar as condições ambientais adequadas para as espécies num possível cenário de mudanças climáticas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 *Bothrops muriciensis* (Ferrarezzi & Freire, 2001)

Bothrops muriciensis é uma espécie de serpente da família Viperidae, endêmica da ESEC de Murici, no município de Murici, Alagoas (FERRAREZZI & FREIRE, 2001). A espécie apresenta dimorfismo sexual na coloração da parte dorsal da cabeça, sendo escura nos machos e clara nas fêmeas. A ponta da cauda também varia entre gêneros e idade (FERRAREZZI & FREIRE, 2001). Foram registrados indivíduos em atividade tanto de dia como de noite e seu modo reprodutivo é desconhecido, mas acredita-se que sejam vivíparas como outras jararacas.

Em geral, a *B. muriciensis* desempenha um papel vital na cadeia alimentar da floresta. Os jovens se alimentam de girinos de *Leptodactylus* e *Physalaemus*, enquanto a dieta dos adultos é desconhecida, mas geralmente consiste de roedores e aves. O comportamento de defesa inclui camuflagem, bote, achatamento dorsal e vibração da cauda, como outras espécies de jararacas (FONSECA, 2013; ABRAHÃO et al., 2019).

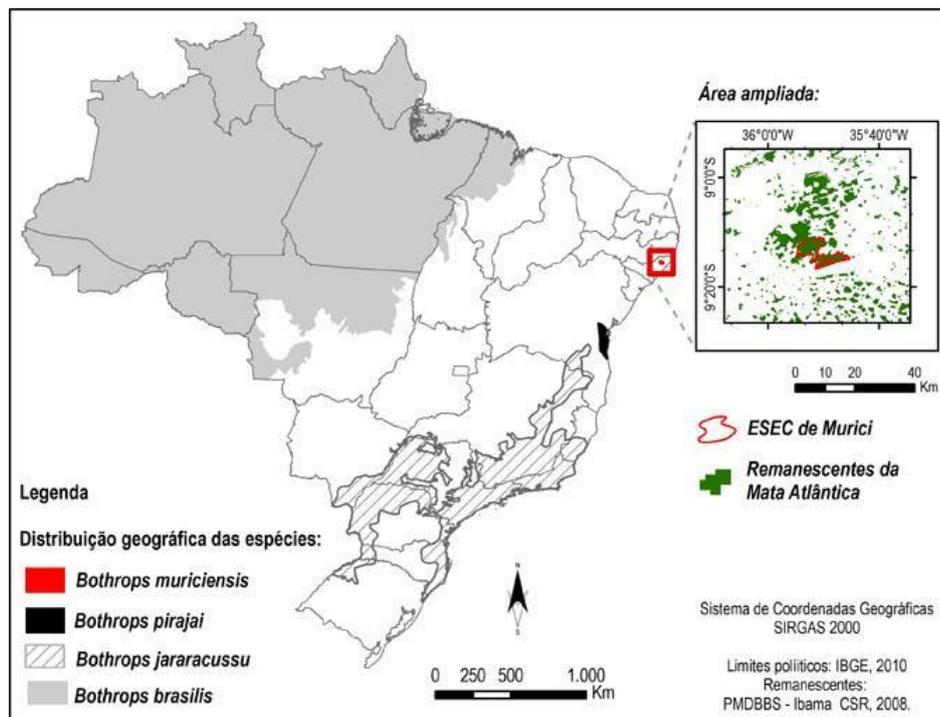
O habitat da serpente está sendo gradualmente destruído devido à expansão urbana e agrícola. A espécie encontra-se majoritariamente ameaçada pela substituição da Mata Atlântica por monoculturas de cana-de-açúcar e pecuária, além do corte seletivo de árvores. A localidade-tipo da *B. muriciensis* está cercada por plantações de cana-de-açúcar e, para garantir sua conservação, é necessário considerar a alta fragmentação devido ao desmatamento, expansão agrícola e monoculturas da cana-de-açúcar.

Figura 1. Indivíduo de *Bothrops muriciensis*, observado em março de 2019.



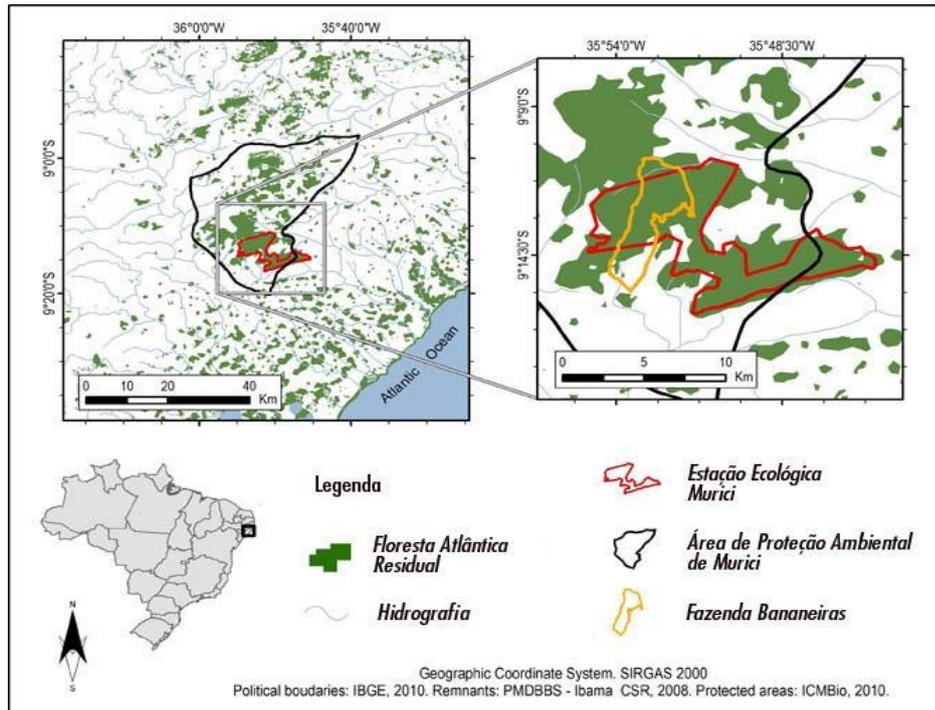
Fonte: Arthur Andrade, 2019.

Figura 2. Distribuição da espécie *Bothrops muriciensis*, além de *Bothrops pirajai*; *Bothrops brazili* (no Brasil) e *Bothrops jararacussu* (no Brasil).



Fonte: Freitas et al., 2012.

Figura 3. Mapa da Região de Murici, incluindo as localizações do sítio Bananeiras, da Estação Ecológica de Murici e da Área de Proteção Ambiental de Murici.



Fonte: Freitas et al., 2012.

3.2 *Physalaemus caete* (Pombal & Madureira, 1997)

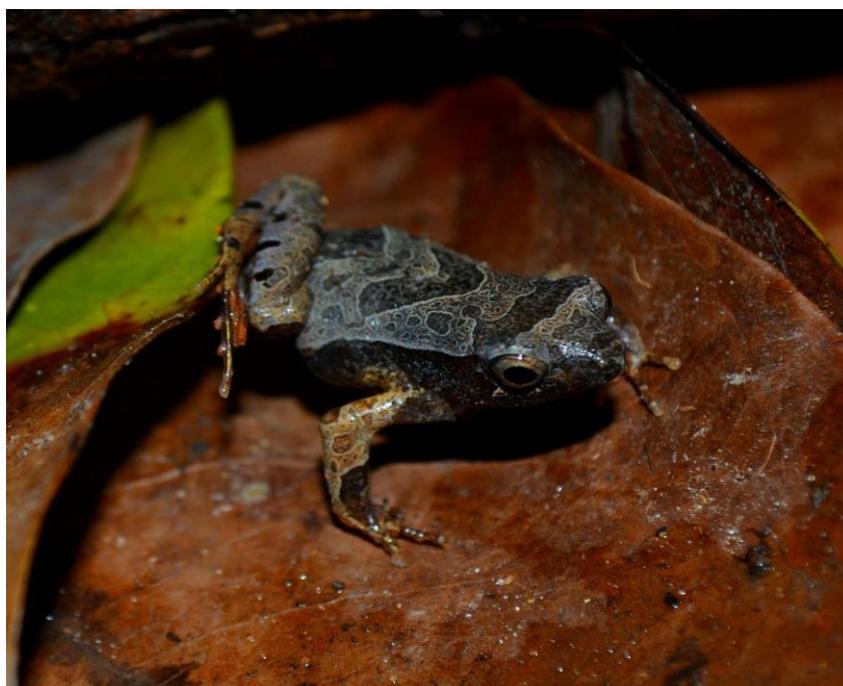
Physalaemus caete é um anfíbio de pequeno porte, medindo entre 23-26 mm do rostro à cloaca. É encontrado nos estados brasileiros de Alagoas e Pernambuco, onde foi registrado pela primeira vez em 2014, habitando folhas secas sobre solo úmido (ABRAHÃO et al., 2019). A primeira descrição de *P. caete* foi feita na região costeira de Alagoas (Passo do Camaragibe) no final da década de 1990, sendo depois reportada em uma segunda localidade em Murici, Alagoas (Pombal & Madureira, 1997). Recentemente, sua distribuição foi estendida para uma terceira localidade, em Paulista, Pernambuco (CARVALHO et al., 2020).

A distribuição de *P. caete* coincide com o "centro de endemismo de Pernambuco", uma sub-região biogeográfica da Mata Atlântica costeira a norte do Rio São Francisco (CARVALHO et al., 2020). Os indivíduos de *P. caete* são encontrados em habitats florestais apenas após fortes chuvas, exibindo um comportamento reprodutivo explosivo. O gênero *Physalaemus*, da família Leptodactylidae, inclui atualmente 50 espécies conhecidas, distribuídas principalmente na América do Sul (FROST, 2023). *Physalaemus caete* apresenta manchas escuras no dorso em forma de "V" invertido, focinho, narinas e olhos protuberantes, tímpanos pouco distintos, e

pele ventral e dorsal lisa. Seus girinos são ovais, com olhos dispostos dorso-lateralmente, espiráculo sinistro, disco oral ventral, papilas marginais interrompidas anteriormente. Durante o período reprodutivo, os ovos são depositados em ninhos flutuantes de espuma em poças temporárias no interior da floresta (POMBAL & MADUREIRA, 1997). A distribuição conhecida de *P. caete* no estado de Alagoas inclui as localidades do município de Murici (09°47'S, 36°50'W), além também da Fazenda Santa Justina, no município de Passo de Camaragibe (09°13'S, 35°31'W; localidade-tipo).

A conservação da espécie *P. caete* ainda é uma questão preocupante, devido às ameaças que enfrenta e à falta de informações abrangentes sobre sua distribuição e status populacional. Atualmente, a espécie é classificada como "Dados Insuficientes" pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN – do inglês "*International Union for Conservation of Nature*"), o que indica a insuficiência de dados para determinar o risco de extinção. Assim como para várias outras espécies da Mata Atlântica, a degradação e fragmentação do habitat causadas pelo desmatamento, expansão agrícola, urbanização e exploração madeireira representam fatores preocupantes para a conservação dessa espécie.

Figura 4. Indivíduo de *Physalaemus caete* fotografado durante um levantamento de herpetofauna, abril 2019.



Fonte: Lucas Almeida, 2019.

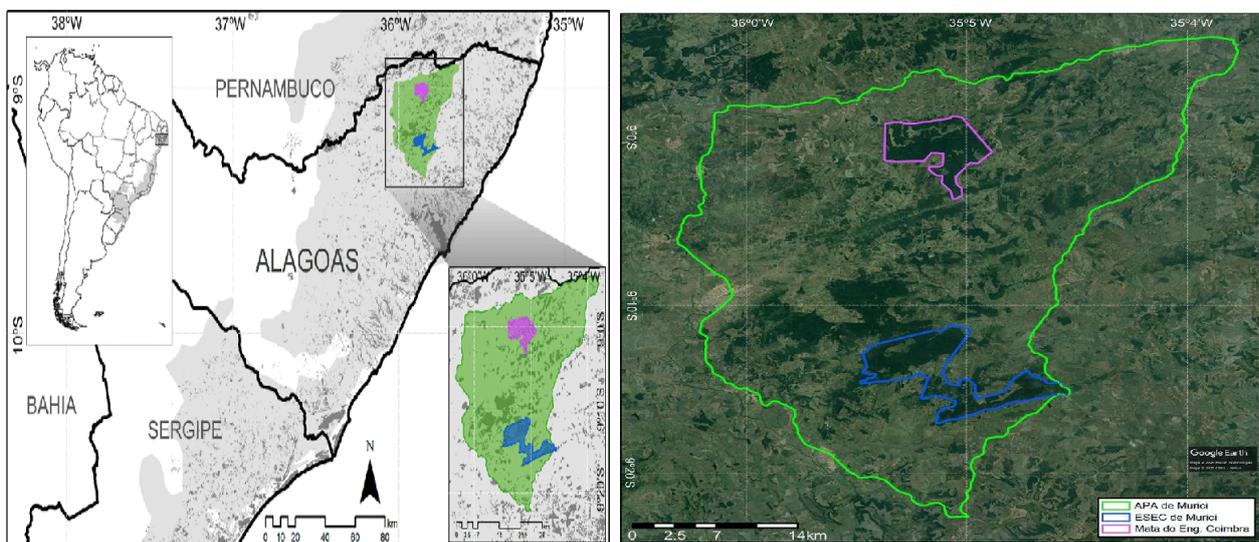
4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O trabalho foi realizado a partir de dados de ocorrência de *B. muriciensis* e *P. caete* em duas UCs do estado de Alagoas, sendo estas a ESEC de Murici e a APA de Murici, além do município de Passo de Camaragibe. A ESEC de Murici é uma UC Federal de proteção integral criada em 2001 (Decreto Federal s/nº de 28 de maio de 2001), cujo bioma característico é de Mata Atlântica formado por floresta ombrófila aberta e densa (AMANE, 2017). De acordo com o Plano de Manejo da Estação Ecológica de Murici, o território da ESEC é de aproximadamente 6.116 hectare distribuídos entre os municípios de Messias, Flexeiras e Murici, sendo totalmente inserido na Área de APA de Murici (Figura 5).

A APA de Murici é uma UC estadual criada pela lei nº 5.907, de 14 de março de 1997 (ALAGOAS, 1997), possuindo 116.000 ha que abrangem os municípios de Colônia Leopoldina, Ibateguara, Novo Lino, Joaquim Gomes, União dos Palmares, Branquinha, Messias, São José da Laje, Murici e Flexeiras (AMANE, 2017). A APA de Murici e a ESEC de Murici, juntamente com algumas reservas particulares na região, formam o Complexo Florestal de Murici (CFM), sendo um complexo florestal de grande valor para a conservação da biodiversidade (AMANE, 2017).

Figura 5. Mapa de delimitação da Área de Proteção Ambiental de Murici e da Estação Ecológica de Murici, Alagoas.



Fonte: Dubeux et al., 2022.

4.2 Coleta de dados

Para a coleta dos dados de ocorrência de *B. muriciensis* e *P. caete* foram utilizados dados da coleção do Museu de História Natural da Universidade Federal de Alagoas. Os registros da coleção científica do MHN foram coletados entre 2012 e 2015. Além disso, foram utilizados dados da literatura em busca de registros adicionais. No total, foram levantados 7 registros para *B. muriciensis* e 6 para *P. caete*. Em seguida, foram excluídos registros duplicados, pontos no mar, zeros e registros geograficamente próximos (<1km²) através do pacote *CoordinateCleaner* (ZIZKA et al., 2019), no ambiente estatístico R (R Core Team 2021). Ao final da filtragem, foram mantidos os 7 pontos para *B. muriciensis* e 5 para *P. caete*.

A camada ambiental inserida no modelo foi composta pelas variáveis bioclimáticas disponíveis na base de dados do WorldClim, que representa um conjunto de 19 variáveis bioclimáticas com base nos valores mensais de temperatura e precipitação entre 1970-2000 (tempo atual). Utilizando esses dados, foi avaliado a correlação entre as variáveis climáticas utilizando o método “Spearman” e, a partir das análises feitas, foram selecionadas as variáveis que não se correlacionaram para prosseguir com a modelagem.

Foi implementado diferentes três tipos de algoritmos no conjunto de dados: 1) Bioclim (Envelope) (NIX, 1986); 2) Modelo Linear Generalizado (Statistic) (MCCULLAGH & NELDER, 1989); e 3) Suporte Vector Machine – SVM (Machine Learning) (GUO et al., 2005). Com planilha gerada, foi importado os rasters climáticos e definido seus parâmetros, sendo 70% dos pontos usados para treinar os modelos e 30% usados para testar os modelos construídos.

Tabela 1. Lista das 19 variáveis bioclimáticas utilizadas do projeto WorldClim.

BIO1	Temperatura média anual (°C *10)	Observações
BIO2	Oscilação térmica diária (°C *10)	Média mensal (Tmax-Tmin)
BIO3	Isotermalidade (%)	(BIO2/BIO7) * 100
BIO4	Sazonalidade da Temperatura (Desvio padrão * 100)	
BIO5	Temperatura máxima do mês mais quente (°C * 10)	
BIO6	Temperatura mínima do mês mais frio (°C * 10)	
BIO7	Amplitude térmica anual (°C * 10)	BIO5-BIO6
BIO8	Temperatura média na estação mais úmida (°C * 10)	
BIO9	Temperatura média na estação mais seca (°C * 10)	
BIO10	Temperatura média na estação mais quente (°C * 10)	
BIO11	Temperatura média na estação mais fria (°C * 10)	
BIO12	Precipitação anual (mm)	
BIO13	Precipitação do mês mais úmido (mm)	
BIO14	Precipitação do mês mais seco (mm)	
BIO15	Sazonalidade Precipitação (Coeficiente de variação)	
BIO16	Precipitação na estação mais úmida (mm)	
BIO17	Precipitação na estação mais seca (mm)	
BIO18	Precipitação na estação mais quente (mm)	
BIO19	Precipitação na estação mais fria (mm)	

Fonte: Adaptado de Pinaya, 2013.

4.3 Modelagem

Na avaliação dos modelos, foram escolhidos aqueles que demonstraram a maior acurácia (TSS) ou sensibilidade específica (AUC). Além disso, calculou-se a área sob a curva das médias dos algoritmos, utilizando o critério de 0,8 como limiar para AUC e TSS. Esses algoritmos desempenham o cálculo da similaridade ambiental, comparando as localizações conhecidas onde a espécie ocorre com áreas ainda não mapeadas. A introdução do critério de binarização possibilitou uma interpretação mais precisa dos resultados no gradiente de adequabilidade, o que foi fundamental para identificar as áreas prioritárias de conservação. Adicionalmente, aplicou-se um critério de 50% de adequabilidade nos pontos de ocorrência, com um limiar variando de 0 a 1 da seguinte forma: qualquer pixel com valor inferior a 0,3 foi classificado como 0, enquanto qualquer pixel com valor superior a 0,3 foi classificado como 1. Valores entre 0,5 e 1,0 também foram considerados como 1. Ao final deste processo, as áreas com maior similaridade foram identificadas como regiões de alta probabilidade de ocorrência. Através da sobreposição dos modelos de distribuição de *B. muriciensis* e *P. caete*, foi possível criar um mapa que representa a adequabilidade dessas espécies no Estado de Alagoas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

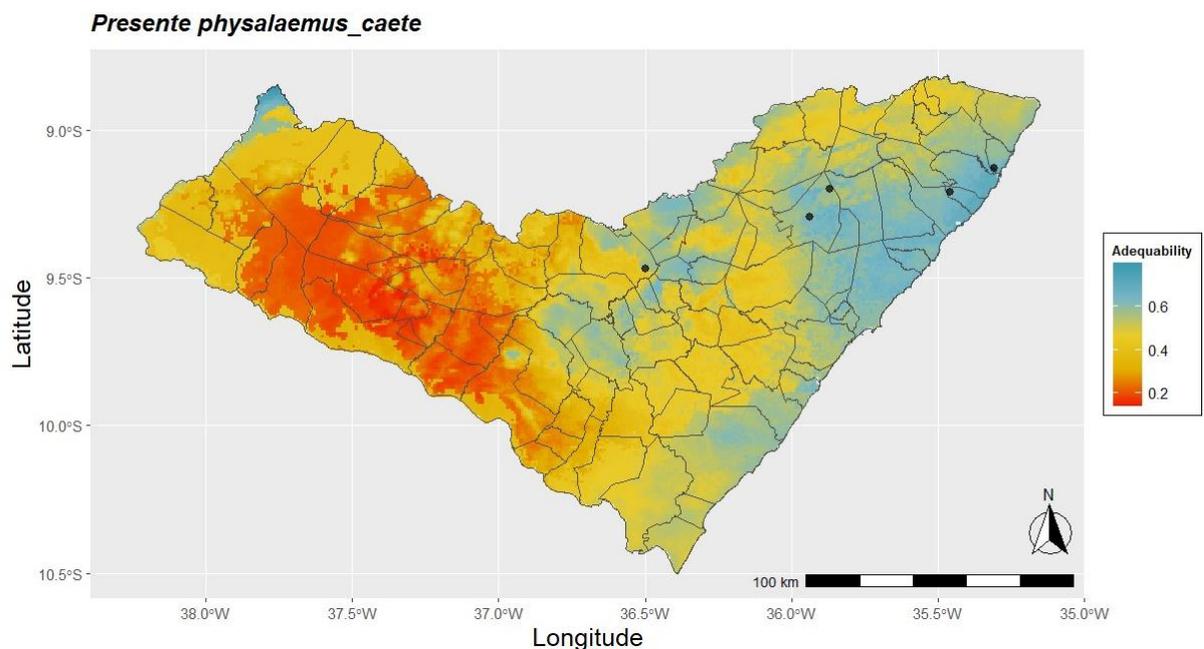
Um total de 13 pontos de ocorrência foram compilados a partir das bases de dados, restando 12 registros para treinamento após a limpeza dos dados.

A partir da sobreposição das réplicas melhor avaliadas pelas métricas de TSS e AUC, foram inferidos mapas da adequabilidade para a ocorrência das espécies de *P. caete* e *B. muriciensis* no estado de Alagoas. Os resultados dos algoritmos evidenciaram maior adequabilidade para *P. caete* no Estado, em comparação à *B. muriciensis*.

5.1 *Physalaemus caete*

Foi possível inferir que a área de melhor adequabilidade de *P. caete* abrange o Leste/sul de Alagoas com algumas áreas visíveis no Norte e uma pequena área no Oeste. A menor adequabilidade da espécie é observada especialmente no oeste do Estado (Figura 6).

Figura 6. Mapa de Distribuição Potencial da espécie *P. caete* em Alagoas.

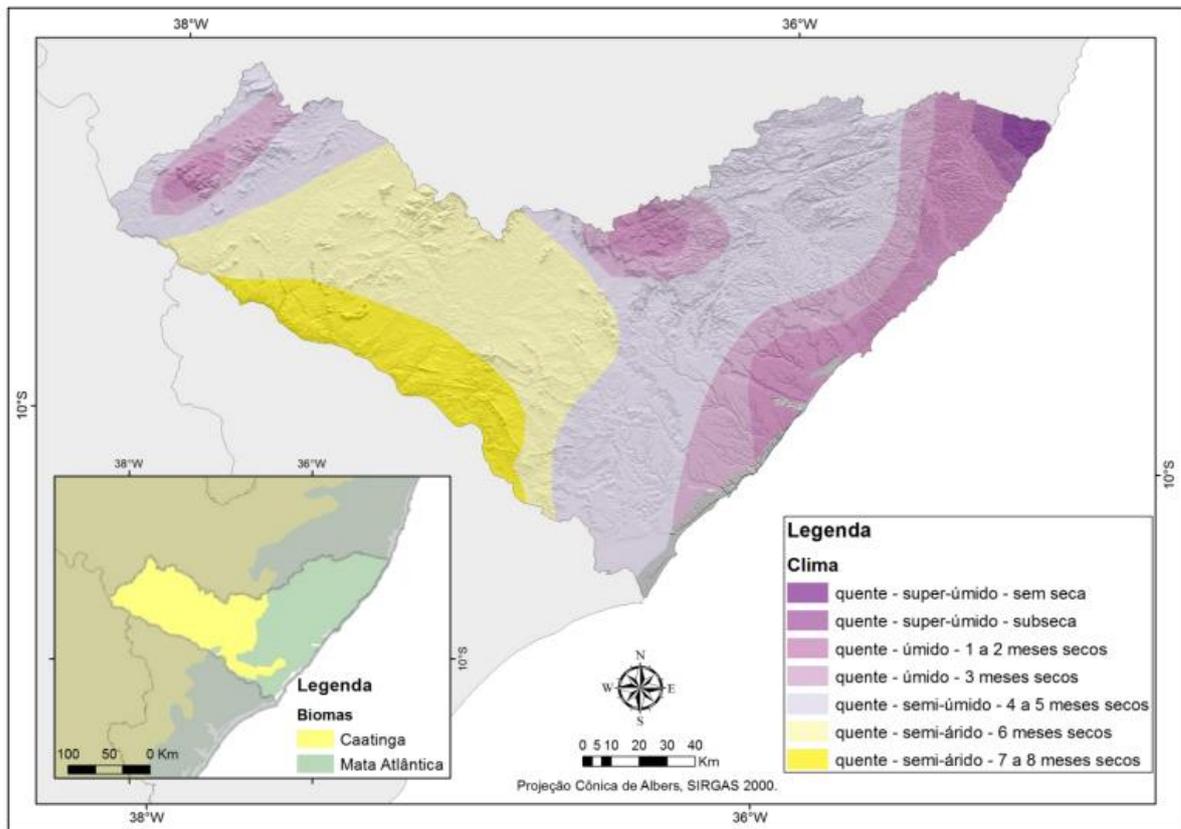


Fonte: Autor, 2023.

P. caete é uma espécie endêmica da Mata Atlântica do nordeste do Brasil. O que corrobora os resultados gerados pelo Mapa de Distribuição Potencial, mostrando sua maior adequabilidade nas regiões do Estado de Alagoas, o qual apresenta

maiores fragmentos de Mata Atlântica e possui 53% de seu território coberto por este bioma, que também é caracterizado pelo clima quente semiúmido (Figura 7, MAGALHÃES et al., 2016).

Figura 7. Mapa de distribuição dos biomas e climas de Alagoas.



Fonte: Magalhães et al., 2016.

Apesar da notável fragmentação do bioma, que resulta na fragmentação da população e no isolamento genético, os anuros continuam sendo os anfíbios mais diversificados em todo o planeta, contando com aproximadamente 8146 espécies conhecidas (PENG et al., 2022). Vale ressaltar que a região neotropical se destaca como a área de maior riqueza de espécies desse grupo em todo o mundo (SILVANO & SEGALLA, 2005). No Brasil, são aproximadamente 1144 as espécies de anuros conhecidas, sendo que, dessas, cerca de 530 ocorrem na Mata Atlântica (SEGALLA et al., 2019; HADDAD et al., 2013). O predomínio das famílias Hylidae e Leptodactylidae, na qual *P. caete* faz parte, é um padrão comum em inventários da anurofauna na região Neotropical, e isso tem sido registrado em diversas localidades do Brasil, inclusive na Mata Atlântica (JUNCA, 2006; SERAFIM et al., 2008;

TRINDADE et al., 2010; VALDUJO et al., 2011; VILELA et al., 2011; MAFFEI et al., 2011; MAGALHÃES et al., 2013).

Physalaemus caete é conhecida por sua ampla diversidade de espécies, incluindo espécies registradas no Brasil (FARIA, 2015; FROST, 2023). Um fator que contribui para o sucesso desses anfíbios na colonização de diferentes ambientes é sua natureza generalista e notável capacidade de adaptação, dependendo principalmente da disponibilidade de corpos d'água, mesmo que os mesmos não tenham qualidade excepcional (COELHO & OLIVEIRA, 2010; VIEIRA et al., 2023). Isso se alinha com o que foi observado no Mapa de Distribuição Potencial, que sugere um potencial de ocorrência em áreas como o Agreste e a Caatinga, embora essas regiões não sejam endêmicas para a espécie.

Muitas espécies de anfíbios endêmicas de fragmentos nordestinos da Mata Atlântica enfrentam ameaças significativas. O Brasil abriga um total de 1188 espécies de anfíbios, sendo 1144 espécies de anuros, 39 de cecílias e 5 espécies de salamandras (SEGALLA et al, 2019), das quais 74 são encontradas no estado de Alagoas, principalmente no bioma de mata Atlântica (SILVA et al., 2019).

Embora o Brasil detenha o título de país com o maior número de espécies de anfíbios em todo o mundo, a fragmentação do habitat é um dos principais fatores que limitam o registro da diversidade de *P. caete*, resultando em sua distribuição restrita. Até 2018, haviam sido documentadas 1.080 espécies pertencentes a três ordens, sendo a maioria, com 1.039 espécies, classificadas como anuros. A preocupação com a conservação se acentua ao observar que, em meados de 2014, 41 espécies já haviam sido enquadradas em alguma das categorias de ameaça (ICMBio, 2014), e todas essas espécies ameaçadas apresentam distribuição restrita. Ademais, a realização de estudos abrangentes em determinadas áreas de Alagoas é uma necessidade premente, uma vez que existem poucas pesquisas disponíveis sobre essas regiões até o momento.

Com o notório declínio das populações de anfíbios devido à modificação do seu habitat, é crucial que muitas áreas situadas em hotspots do Brasil sejam objeto de estudos adicionais. O objetivo é ampliar o conhecimento sobre a anurofauna e, desse modo, proporcionar uma base mais sólida para estratégias de conservação (NAZARETTI & CONTE, 2015). Conforme destacado por Lira (2014), os estudos sobre a anurofauna nas regiões da Mata Atlântica no Nordeste ainda são escassos.

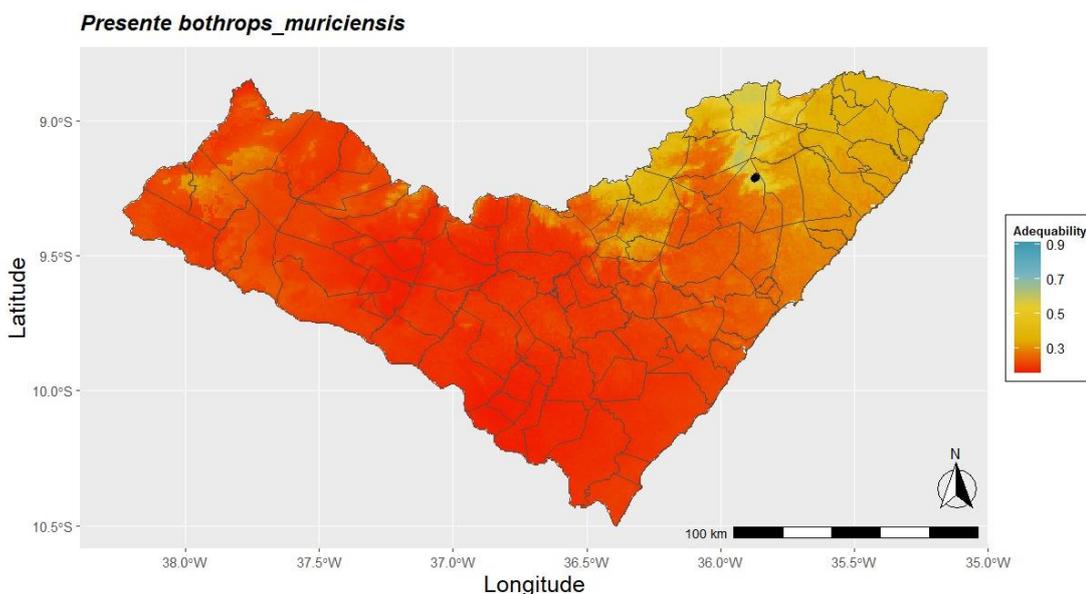
Embora esses organismos tenham tido sucesso em colonizar diversos ambientes, sua baixa tolerância às condições climáticas adversas é uma característica marcante. Isso se deve à permeabilidade de sua pele, que resulta na perda de água a uma taxa mais rápida em comparação a outros animais, tornando-os suscetíveis à desidratação e, por conseguinte, mais vulneráveis. A restrição de água, combinada com as elevadas temperaturas, pode reduzir a diversidade dessa ordem. Além disso, o grupo dos anfíbios demonstra ser mais sensível às mudanças climáticas (JUNIOR & GOMES, 2012; ROLLINS-SMITH & LE SAGE, 2023). Ademais, um dos fatores principais para as causas do declínio de espécies de anuros é a perda da cobertura vegetal (HADDAD & POMBAL, 1998; LESBARRERES et al., 2010). O crescimento desordenado da população humana nos grandes centros talvez seja a maior ameaça às espécies de anuros, problemas de poluição podem ser agravantes na manutenção das populações no decorrer do tempo, principalmente aquelas consideradas raras, especialistas de habitat e ameaçadas de extinção (LESBARRERES et al., 2010), demonstrando, assim, que apesar de *P. caete* possuir uma razoável distribuição potencial, os fatores negativos se sobressaem.

5.2 *Bothrops muriciensis*

Foi possível inferir que a área de melhor adequabilidade de *B. muriciensis* abrange o leste de Alagoas, mais precisamente no município de Murici (Figura 8). Por possuir uma distribuição extremamente restrita, a espécie possui menor adequabilidade nas demais áreas do Estado. O gênero *Bothrops* apresenta ampla adequabilidade na região Neotropical, no entanto, essa espécie já nasceu com o status de ameaçada por ter baixa densidade populacional e viver numa área muito pequena, mostrando, assim, que por possuir distribuição restrita a ambientes específicos, sua adequabilidade a outros ambientes é prejudicada.

Apesar disso, a riqueza de espécies de répteis da Mata Atlântica de Alagoas é maior que a dos anfíbios. Dentre as 86 espécies de Squamata (serpentes lagartos e anfisbênias), três são endêmicas para o Estado: *Atractus caete* (PASSOS et al., 2010) e *Dendrophidion atlantica* (FREIRE et al., 2010), e o lagarto *Coleodactylus elizae* (GONÇALVES et al., 2012).

Figura 8. Mapa de Distribuição Potencial da espécie *B. muriciensis* em Alagoas.



Fonte: Autor, 2023.

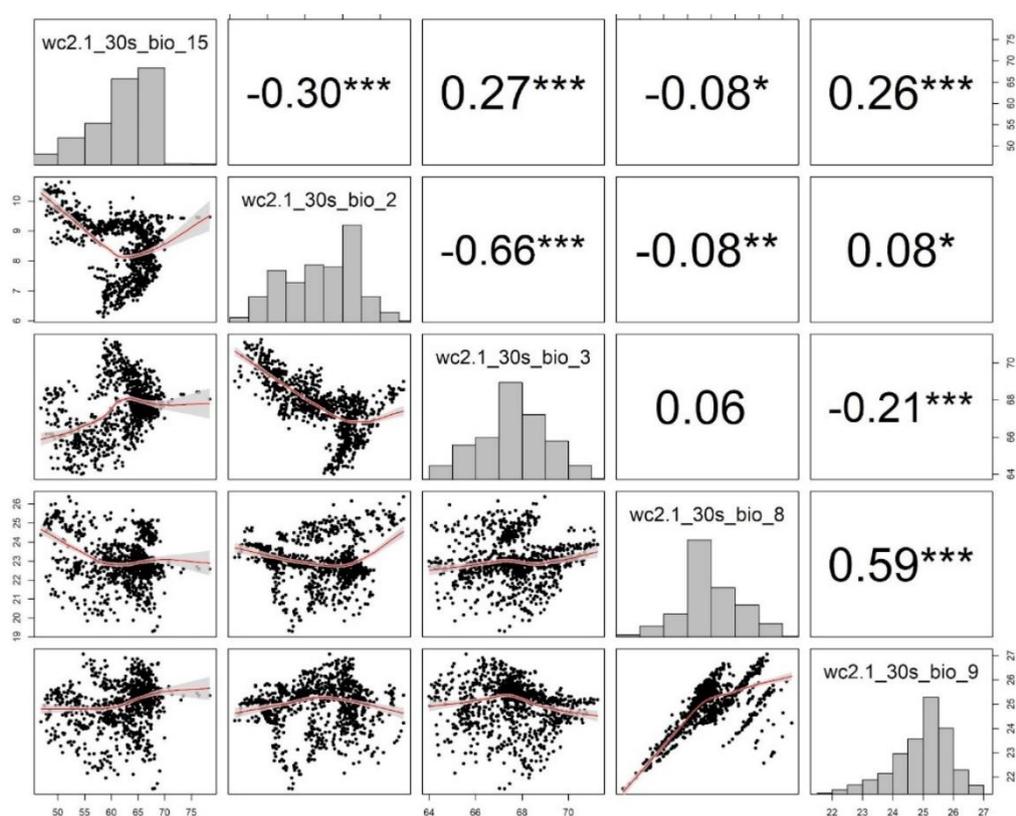
A ESEC Murici abrange completamente a extensão da APA de Murici, porém, diferente de uma APA, a ESEC por ser uma modalidade de unidade de conservação de proteção integral, possui diretrizes mais rigorosas em relação à sua utilização, se comparada com a APA.

A falta de mais registros de algumas espécies podem ser atribuída à escassez de estudos na região. Com exceção das pesquisas voltadas para aves, os levantamentos de flora e fauna nesta unidade de conservação são consideravelmente limitados e/ou desatualizados. Apesar das limitações nos estudos locais, a ESEC de Murici já evidencia sua relevância para a conservação da biodiversidade e dos serviços ambientais devido a uma série de fatores físicos e biológicos singulares, tanto em nível local, regional quanto nacional. Portanto, a plena implementação desta unidade é um passo fundamental para a preservação da diversidade biológica em Alagoas (AMANE, 2017). É fundamental abordar as limitações do modelo e da metodologia empregados neste estudo. A baixa quantidade de pontos de ocorrência devido à escassez de dados pode ter impactado a precisão do mapa de adequabilidade. É crucial destacar que este estudo é relevante mesmo diante dessas limitações, uma vez que contribui para o avanço do conhecimento na área.

5.3 Acurácia dos modelos

O conjunto final de variáveis climáticas usado para a execução dos modelos preditivos consistiu em cinco menos correlacionadas, envolvendo especialmente oscilação térmica, isothermalidade e temperatura (Figura 9), a saber: oscilação térmica diária (bio_2), isothermalidade (bio_3), temperatura média na estação mais úmida (bio_8), temperatura média na estação mais seca (bio_9) e sazonalidade precipitação (bio_15).

Figura 9. Variáveis climáticas menos correlacionadas e usadas para a execução do modelo preditivo de distribuição.



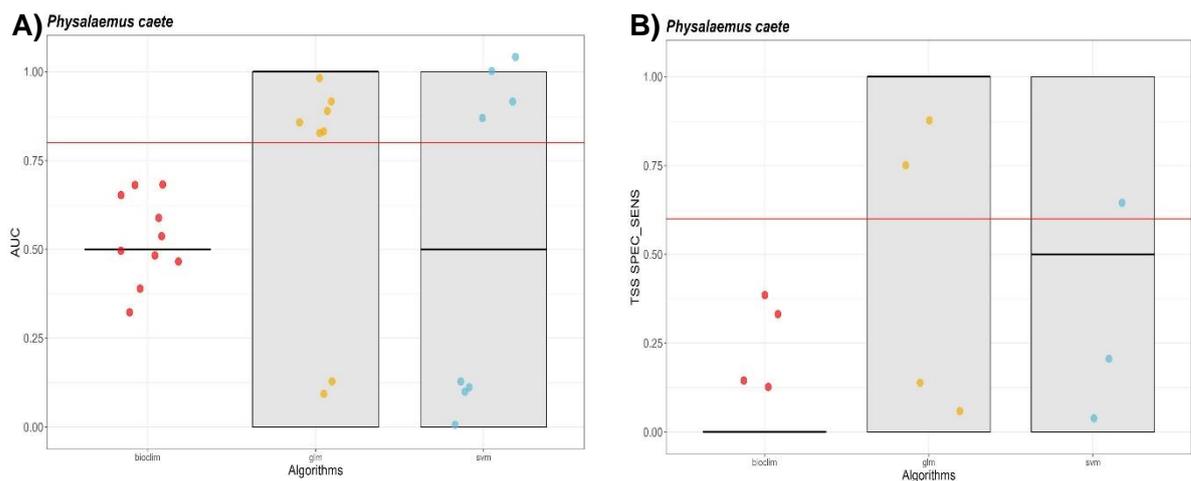
Fonte: Autor, 2023.

5.3.1 *Physalaemus caete*

Em *P. caete*, o algoritmo GLM demonstrou o melhor desempenho ao atender aos limites mínimos estabelecidos para AUC (≥ 0.8) e TSS (≥ 0.6). O algoritmo SVM

superou o desempenho do BioClim, embora este último tenha se aproximado significativamente do limiar considerado ideal para a previsão da distribuição de espécies. É importante ressaltar que o algoritmo BioClim apresentou notáveis diferenças nos resultados obtidos pelas réplicas (Figura 10). Os resultados da avaliação TSS foram consistentes com os resultados do método AUC.

Figura 10. Desempenho dos modelos preditivos da distribuição de *Physalaemus caete* em Alagoas a partir de diferentes algoritmos sob critérios AUC (A) e TSS (B).

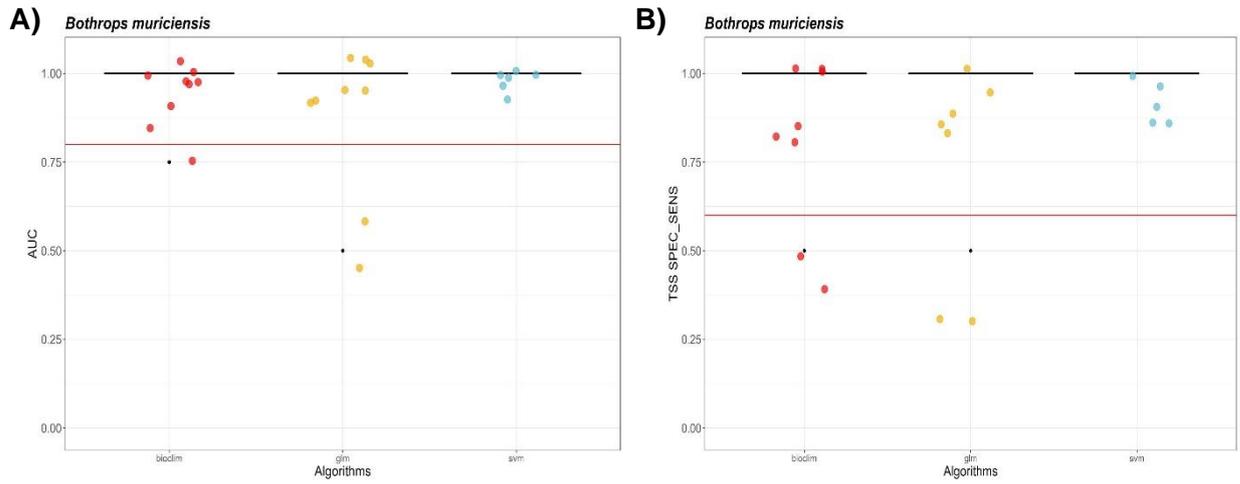


Fonte: Autor, 2023.

3.2 *Bothrops muriciensis*

Em *B. muriciensis* o algoritmo SVM demonstrou o melhor desempenho ao atender aos limites mínimos estabelecidos para AUC (≥ 0.8) e TSS (≥ 0.6). Os algoritmos Bioclim e GLM se mantiveram próximos do limiar considerado ideal para a previsão da distribuição de espécies (Figura 11).

Figura 9. Desempenho dos modelos preditivos da distribuição de *Bothrops muriciensis* em Alagoas a partir de diferentes algoritmos sob critérios AUC e TSS.



Fonte: Autor, 2023.

6. CONCLUSÕES

A principal ameaça à conservação da herpetofauna no Brasil e no mundo são as mudanças climáticas e a degradação de seus habitats. É evidente que a extinção de espécies, muitas das quais ainda não foram descritas, é uma ameaça crônica e generalizada. Essa situação se estende a várias áreas dentro dos biomas, nas quais é necessário um investimento mais substancial. Esses esforços provavelmente resultarão em novos registros de espécies, contribuindo para uma compreensão mais abrangente da diversidade e distribuição desse grupo.

São necessárias ações concretas para mitigar as perturbações ambientais mencionadas. Como exemplo, implementar programas de monitoramento e avaliação regular da composição das espécies de anuros, criando oportunidades para o registro e compreensão de possíveis flutuações populacionais, incluindo a detecção de declínios de espécies de anfíbios anuros. Além disso, é essencial promover a conscientização por meio de ações educativas, destacando especialmente as espécies ameaçadas. Essas ações devem ser acompanhadas por esforços direcionados para a preservação dos ambientes de reprodução e a recuperação da mata ciliar, todas integradas em um abrangente plano de manejo.

Ademais, mesmo com o aumento no número de inventários, esses ainda não conseguem acompanhar a vasta diversidade de espécies da herpetofauna encontrados no Brasil. É essencial enfatizar a importância desses estudos, não apenas devido à riqueza de espécies nos trópicos, mas também devido à intensa descaracterização que a região vem sofrendo. No entanto, é preocupante observar que a maioria desses estudos se concentra nas regiões Sul e Sudeste, deixando um déficit significativo de pesquisas na região nordeste. A falta de pesquisadores na região nordeste constitui um obstáculo adicional para o avanço dos estudos nessa área. Mesmo com os esforços em andamento, existem trabalhos realizados, muitas vezes provenientes de teses, dissertações e monografias, que não atingem a comunidade científica nem o público em geral, privando-nos de informações valiosas que poderiam enriquecer nosso conhecimento. Isso afeta negativamente a formulação de estratégias eficazes e essenciais para a conservação de nossas espécies.

Na última década, observamos um notável aumento no número de estudos relacionados a comunidades de anfíbios. Apesar desses avanços, ainda existem consideráveis e cruciais lacunas no conhecimento. Essas lacunas abrangem uma

ampla gama de áreas, desde aspectos fundamentais, como taxonomia, morfologia, citogenética e história natural, até a investigação de padrões na ecologia de comunidades e questões relacionadas à conservação.

O presente estudo destaca a importância do estímulo ao desenvolvimento de mais pesquisas direcionadas a grupos frequentemente subestimados em termos de interesse econômico, como os répteis e anfíbios. Uma estratégia eficaz para promover o interesse na conservação desses grupos pode ser a associação deles com a prestação de serviços ecossistêmicos. A preservação de répteis e anfíbios desempenha um papel fundamental na garantia da continuidade dos serviços ecossistêmicos, impactando diretamente o bem-estar humano. Essa abordagem também visa elevar o destaque dos estudos envolvendo organismos de interesse econômico limitado, como répteis e anfíbios, que muitas vezes não recebem a devida atenção na literatura científica. Esses estudos desempenham um papel fundamental como indicadores do impacto das mudanças climáticas globais e podem ser cruciais para avaliar o progresso na mitigação dessas mudanças.

7. REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, Carlos. et al. Plano de ação nacional para a conservação da herpetofauna ameaçada da Mata Atlântica Nordeste. **Brasília: ICMBio-Instituto Chico Mendes**, 2019.
- ALAGOAS. 1997. Lei Estadual nº 5.907/1997, cria a Área Estadual de Proteção Ambiental (APA) de Murici.
- AMANE - Associação para Proteção da Mata Atlântica do Nordeste. **Plano de Manejo da Estação Ecológica de Murici: Diagnóstico da UC**. 2017.
- BOKERMANN, W. C. A. Notas sobre cantos nupciais de anfíbios brasileiros I. (Anura). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 39, n. 3/4, p. 441-443, 1967.
- Brasil, 2000. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm. Acesso em: 26 de outubro de 2023.
- CARVALHO, Thiago et al. The advertisement call of *Physalaemus caete* Pombal and Madureira, 1997 (Anura: Leptodactylidae: Leiuperinae), an endangered species endemic to Brazil's northern Atlantic Forest. **Zootaxa**, v. 4822, n. 3, p. zootaxa. 4822.3. 9, 2020.
- CARVALHO-E-SILVA, Sergio; CARVALHO-E-SILVA, Ana; IZECKSOHN, Eugenio. Nova espécie de *Hyla Laurenti* do grupo de *H. microcephala* Cope (Amphibia, Anura, Hylidae) do nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, p. 553-558, 2003.
- COELHO, Hugo; OLIVEIRA, Rodrigo. Anurofauna de um fragmento de Mata Atlântica em Lauro de Freitas-Bahia. **Candombá Revista Virtual**, v. 6, n. 1, p. 52-60, 2010.
- CRUZ, C. A. G.; CARAMASCHI, U.; FREIRE, E. M. X. Occurrence of the genus *Chiasmocleis* (Anura: Microhylidae) in the State of Alagoas, north-eastern Brazil, with a description of a new species. **Journal of Zoology**, v. 249, n. 1, p. 123-126, 1999.
- DUBEUX, Marcos Jorge Matias et al. A “hotspot” within a hotspot: the reptiles of the Estação Ecológica and Área de Proteção Ambiental de Murici, Atlantic Forest of northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 22, 2022.
- FARIA, Daniele. **Uma nova espécie de *Leptodactylus fitzinger* (Anura: Leptodactylidae: Leptodactylinae) do Cerrado, Brasil Central**. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

FERRAREZZI, Hebert; FREIRE, Eliza. New species of Bothrops Wagler, 1824 from the atlantic forest of northeastern Brazil (Serpentes, Viperidae, Crotalinae). **Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Zoologia**, v. 440, p. 1-10, 2001.

FILHO, Walter Leal et al. Assessing the impacts of climate change in cities and their adaptive capacity: Towards transformative approaches to climate change adaptation and poverty reduction in urban areas in a set of developing countries. **Science of the Total Environment**, v. 692, p. 1175-1190, 2019.

FONSECA, Vandr  (2013). **Bothrops muriciensis: protegidos pelo para so - eco**. Disponível em: <https://oeco.org.br/noticias/26817-protegidas-pelo-paraíso/#:~:text=Elas%20podem%20chegar%20a%202,aproximadamente%201%2C5%20metro>.. Acesso em: 30 de outubro de 2023.

FREIRE, Eliza; CARAMASCHI, Ulisses; GONÇALVES, Ubiratan. A new species of Dendrophidion (Serpentes: Colubridae) from the Atlantic rain forest of northeastern Brazil. **Zootaxa**, v. 2719, n. 1, p. 62-68, 2010.

FREITAS, Marco et al. Notes on the conservation status, geographic distribution and ecology of Bothrops muriciensis Ferrarezzi & Freire, 2001 (Serpentes, Viperidae). **North-Western Journal of Zoology**, v. 8, n. 2, 2012.

FROST, Darrel. Amphibian Species of the World 6.2: an Online Reference. Disponível em: <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/>. Acesso em: 30 de outubro de 2023.

GASTON, Kevin J. et al. The ecological performance of protected areas. **Annual review of ecology, evolution, and systematics**, v. 39, p. 93-113, 2008.

GONÇALVES, Ubiratan et al. A new species of *Coleodactylus Parker*, 1926 (Squamata: Sphaerodactylidae) from the Atlantic Forest of northeast Brazil. **Zootaxa**, v. 3204, n. 1, p. 20-30, 2012.

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.

HADDAD, C lio et al. **Guia dos Anfíbios da Mata Atlântica: Diversidade e Biologia**. Editora Anolis Books, São Paulo. 545p, 2013.

HADDAD, C lio; POMBAL, José. Redescription of *Physalaemus spiniger* (Anura: Leptodactylidae) and description of two new reproductive modes. **Journal of Herpetology**, p. 557-565, 1998.

HULME, David. The Millennium Development Goals (MDGs): a short history of the world's biggest promise. **BWPI Working Paper**, n. 100, 2009.

ICMBio (2014). **Centro Nacional de Pesquisa e Conserva o da Biodiversidade Marinha do Sudeste e Sul - Lista de Espécies Ameaçadas -** Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/destaques-e-eventos/492-lista-de-especies-ameacadas-saiba-mais.html>. Acesso em: 30 de outubro de 2023.

IZECKSOHN, Eugenio; CARVALHO-E-SILVA, Sergio. Anfíbios da Floresta Nacional Mário Xavier, município de Seropédica, estado do Rio de Janeiro, Brasil (Amphibia: Anura). **Contribuições Avulsas Sobre a História Natural do Brasil**, v. 39, p. 1-3, 2001.

JUNCÁ, Flora. Diversidade e uso de hábitat por anfíbios anuros em duas localidades de Mata Atlântica, no norte do estado da Bahia. **Biota Neotropica**, v. 6, 2006.

JUNIOR, Braz; GOMES, Fernando. Balanço hídrico e a distribuição geográfica dos anfíbios. **Revista da Biologia**, v. 8, p. 49-57, 2012.

LESBARRERES, David et al. Recovery of anuran community diversity following habitat replacement. **Journal of Applied Ecology**, v. 47, n. 1, p. 148-156, 2010.

MAFFEI, Fábio; UBAID, Flávio Kulaif; JIM, Jorge. Anurofauna em área de cerrado aberto no município de Borebi, estado de São Paulo, Sudeste do Brasil: uso do hábitat, abundância e variação sazonal. **Biota Neotropica**, v. 11, p. 221-233, 2011.

MAGALHÃES, Felipe et al. The tadpole of *Leptodactylus caatingae* Heyer & Juncá, 2003 (Anura: Leptodactylidae): external morphology, internal anatomy, and natural history. **South American Journal of Herpetology**, v. 8, n. 3, p. 203-210, 2013.

MAGALHÃES, L. A. et al. Apoio ao desenvolvimento agropecuário e social em Alagoas. In: **SIMPÓSIO SOBRE AS GEOTECNOLOGIAS E GEOINFORMAÇÃO NO ESTADO DE ALAGOAS**, 4., 2016.

MCCULLAGH, P.; NELDER, J.A. Generalized linear models. 2nd ed. Boca Raton: **Chapman and Hall**, 1989. 511p.

MEDEIROS, Rodrigo; GARAY, Irene. Singularidades do sistema de áreas protegidas para a conservação e uso da biodiversidade brasileira. **Dimensões humanas da biodiversidade**. Petrópolis: Vozes, p. 169-184, 2006.

MERTZ, Ole et al. Adaptation to climate change in developing countries. **Environmental management**, v. 43, p. 743-752, 2009.

NAZARETTI, Edi; CONTE, Carlos. Anurofauna de um remanescente alterado de floresta estacional semidecidual as margens do Rio Paranapanema. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 105, p. 420-429, 2015.

NIX, H. A.; BUSBY, J. BIOCLIM, a bioclimatic analysis and prediction system. **Division of Water and Land Resources: Canberra**, 1986.

PASSOS, Paulo et al. Taxonomic revision of the Brazilian Atlantic Forest *Atractus* (Reptilia: Serpentes: Dipsadidae). **Zootaxa**, v. 2364, n. 1, p. 63, 2010.

PEIXOTO, Oswaldo; CARAMASCHI, Ulisses; FREIRE, Eliza. Two new species of *Phyllodytes* (Anura: Hylidae) from the state of Alagoas, northeastern Brazil. **Herpetologica**, v. 59, n. 2, p. 235-246, 2003.

PENG, Zhiwei; ZHANG, Lixia; LU, Xin. Global gaps in age data based on skeletochronology for amphibians. **Integrative Zoology**, v. 17, n. 5, p. 752-763, 2022.

PINAYA, Jorge Luiz Diaz. **Processo de pré-análise para a modelagem de distribuição de espécies**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

POMBAL, J. P.; MADUREIRA, C. A. A new species of *Physalaemus* (Anura, Leptodactylidae) from the Atlantic rain forest of northeastern Brazil. **Alytes**, v. 15, n. 3, p. 105-112, 1997.

RENTON, Michael; SHACKELFORD, Nancy; STANDISH, Rachel J. Habitat restoration will help some functional plant types persist under climate change in fragmented landscapes. **Global Change Biology**, v. 18, n. 6, p. 2057-2070, 2012.

RICHARDSON, David M.; REJMÁNEK, Marcel. Trees and shrubs as invasive alien species—a global review. **Diversity and distributions**, v. 17, n. 5, p. 788-809, 2011.

ROLLINS-SMITH, Louise; LE SAGE, Emily. Heat stress and amphibian immunity in a time of climate change. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 378, n. 1882, p. 20220132, 2023.

SEGALLA, Magno et al. Brazilian Amphibians: List of species. **Herpetologia Brasileira**, 8(1), 65–96, 2019.

SERAFIM, Herbert et al. Anurofauna de remanescentes de floresta Atlântica do município de São José do Barreiro, estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 8, p. 69-78, 2008.

SILVA, Cláudia et al. **Conservação da herpetofauna no estado de alagoas**. Anais I CONIMAS e III CONIDIS... Campina Grande: Realize Editora, 2019.

SILVANO, Debora; SEGALLA, Magno. Conservation of Brazilian amphibians. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 653-658, 2005.

TAHERI, Shirin et al. Improvements in reports of species redistribution under climate change are required. **Science Advances**, v. 7, n. 15, p. eabe1110, 2021.

TRINDADE, Adriane; OLIVEIRA, Stefan; CAPPELLARI, Lize. Anfíbios anuros de uma área da Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul (Caçapava do Sul). **Biodiversidade Pampeana**, v. 8, n. 1, 2010.

UNEP-WCMC, I. U. C. N. NGS. (2018). **Protected planet report**, p. 70, 2018.

VALDUJO, Paula et al. Anfíbios da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, região do Jalapão, Estados do Tocantins e Bahia. **Biota Neotropica**, v. 11, p. 251-261, 2011.

VASCONCELOS, Caroline et al. MODELAGEM PREDITIVA DA DISTRIBUIÇÃO ATUAL DE *Ecclinusa guianensis* Eyma (SAPOTACEAE, CHRYSOPHYLLOIDEAE) NA BACIA AMAZÔNICA. In: **40º Encontro Regional de Botânicos - Regional MG, BA, ES**. 2021.

VIEIRA, Washington et al. Species Richness, Distribution Pattern, and Conservation of Amphibians in the Northern Portion of the Brazilian Atlantic Forest. In: **Animal Biodiversity and Conservation in Brazil's Northern Atlantic Forest**. Cham: Springer International Publishing, p. 147-167, 2023.

VILELA, Vívian; BRASSALOTI, Ricardo; BERTOLUCI, Jaime. Anurofauna da floresta de restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Sudeste do Brasil: composição de espécies e uso de sítios reprodutivos. **Biota Neotropica**, v. 11, p. 83-93, 2011.

WATSON, James et al. The performance and potential of protected areas. **Nature**, v. 515, n. 7525, p. 67-73, 2014.

ZIZKA, Alexander et al. CoordinateCleaner: Standardized cleaning of occurrence records from biological collection databases. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 10, n. 5, p. 744-751, 2019.