

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

**EFEITOS DA MUDANÇA CLIMÁTICA NA DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL E ÁREAS  
QUE PROTEGEM DOIS MARSUPIAIS NEOTROPICAIS ASSOCIADOS A  
AMBIENTES AQUÁTICOS**

PAULA DANYELLE RIBEIRO DE SOUZA

SÃO CARLOS, SP  
2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

**EFEITOS DA MUDANÇA CLIMÁTICA NA DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL E ÁREAS  
QUE PROTEGEM DOIS MARSUPIAIS NEOTROPICAIS ASSOCIADOS A  
AMBIENTES AQUÁTICOS**

**PAULA DANYELLE RIBEIRO DE SOUZA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestra em Ecologia e Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. José Salatiel Rodrigues Pires

Coorientador: Dr. Mauricio Eduardo Graipel

SÃO CARLOS, SP  
2020

Souza, Paula Danyelle Ribeiro de

Efeitos da mudança climática na distribuição potencial e áreas que protegem dois marsupiais neotropicais associados a ambientes aquáticos / Paula Danyelle Ribeiro de Souza -- 2020.  
56f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, São Carlos  
Orientador (a): José Salatiel Rodrigues Pires  
Banca Examinadora: Diego Astúa de Moraes, Luciano Elsinor Lopes  
Bibliografia

1. Ecologia. I. Souza, Paula Danyelle Ribeiro de. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática  
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Ronildo Santos Prado - CRB/8 7325



# UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

---

## Folha de Aprovação

---

Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Paula Danyelle Ribeiro de Souza, realizada em 21/08/2020.

### Comissão Julgadora:

Prof. Dr. José Salatiel Rodrigues Pires (UFSCar)

Prof. Dr. Luciano Elsinor Lopes (UFSCar)

Prof. Dr. Diego Astúa de Moraes (UFPE)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais.

À biodiversidade, dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de São Carlos e ao Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, pelo acolhimento institucional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

Ao Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais pela oportunidade que me foi dada.

Ao Laboratório de Mamíferos Aquáticos pelo apoio físico.

Ao orientador José Salatiel pela confiança, por me acolher e me apoiar.

Ao coorientador Maurício Graipel, por sua paciência, apoio e sua extrema contribuição para a realização desta pesquisa.

À minha mãe pelo seu amor incondicional, incentivo e apoio constante.

Ao companheiro Fernando que esteja sempre disposto a me ajudar e pelos seus incentivos nesta caminhada.

As amigas de São Carlos, Bruna e Carol que me acolheram em suas casas e vidas. Muito obrigada.

À Layse Albuquerque que me ensinou tantas coisas e me socorreu tantas vezes em minhas análises.

Ao professor Luciano Lopes por me acolher na disciplina de PESCD e disponibilidade em tirar dúvidas sobre modelagem.

As coleções científicas da Universidade Federal de Santa Catarina, Museu de Zoologia da USP e ao Museu Nacional – UFRJ pelos dados cedidos.

As amigas de laboratório (LabMam) que compartilharam experiências, risadas e boas conversas.

Aos membros da banca de qualificação e defesa por terem aceitado meu convite e por contribuir com o trabalho.

*“Existem muitas hipóteses em ciência que estão erradas. Isso é perfeitamente aceitável, eles são a abertura para achar as que estão certas.”*

Carl Sagan

## 1. RESUMO

A contração de habitat adequado devido aos efeitos das mudanças climáticas pode resultar em uma espécie que se torna suscetível à extinção. Diante disso, as áreas de proteção são fundamentais para a conservação e gestão da biodiversidade no cenário das mudanças climáticas. Abordamos essas questões utilizando a técnica *ensemble* para gerar modelos de distribuição potencial para *Chironectes minimus* e *Lutreolina crassicaudata* sob os efeitos das mudanças climáticas para o presente e futuro (2050). Estas espécies foram selecionadas por ocorrerem em habitat de grande relevância para conservação da biodiversidade, como são os ecossistemas fluviais. Para tanto, avaliamos a proteção de *C. minimus* e *L. crassicaudata* em Unidades de Conservação de Proteção Integral (UCPIs) em ambos os cenários. À luz dos modelos, recomendamos áreas prioritárias para a conservação de ambas no cenário futuro, enfatizando a conservação transfronteiriça. Nossos resultados preveem que ambas as espécies terão acentuada contração em suas áreas de distribuição potenciais até 2050, o que poderá torná-las ameaçadas ou extintas em alguns países. Essa perda será maior para *C. minimus*, restando apenas 41% de área estável. O atual sistema de UCPIs da região Neotropical, em relação às áreas estáveis de adequabilidade climática, mostrou-se insuficiente para *L. crassicaudata*, protegida em apenas 3.4% de sua área de distribuição potencial no presente e 3.97% no futuro. As respostas potenciais desses dois marsupiais frente às mudanças climáticas sugerem fortes impactos na distribuição e proteção da biodiversidade dos ambientes aquáticos na região Neotropical. É altamente recomendável a priorização de planejamento para implementação de UCPIs transfronteiriças em áreas estáveis para a distribuição das espécies, de modo a manter as condições climáticas adequadas para a persistência destes marsupiais e da biodiversidade associada.

**Palavras-chave:** ambientes aquáticos; áreas estáveis; áreas protegidas; *Chironectes mínimus*; *Lutreolina crassicaudata*; conservação transfronteiriça



## ABSTRACT

The contraction of suitable habitat due to the effects of climate change can result in a species becoming susceptible to extinction. Faced with this, protect areas are fundamental for conservation and management of biodiversity in the scenario of climate change. We address these issues using the ensemble technique to generate potential distribution models for *Chironectes minimus* and *Lutreolina crassicaudata*, accounting for the effects of climate change for the present-day and the future scenarios (2050). We selected these target species because their occurrence covers habitats of great relevance for biodiversity conservation, such as river ecosystems. Therefore, the protection of *C. minimus* and *L. crassicaudata* by Strictly Protected Areas (SPAs) was evaluated in both present-day and future scenarios. In light of our models, we recommend priority areas for the conservation of both species for our future scenario, emphasizing the establishment of conservation efforts across national boundaries. The results of this study suggest that both species will suffer a significant restriction of their potential distributions by 2050, resulting in the likelihood of their becoming threatened or extinct in some countries. Our models predict that the loss of suitable areas will be greater for *C. minimus*, leaving only 41% stable area. Our models suggest that the current system of SPAs in the Neotropical region, with relation to the stable areas of climatic suitability, is insufficient to protect *L. crassicaudata*, with only 3.4% of its potential distribution area present-day and 3.97% in the future within their boundaries. Our predicted distributional responses of these two marsupials to climate change suggest strong impacts on the overall protection of biodiversity in aquatic environments in the Neotropical region. We highly recommend the prioritized planning implementation of transboundary SPAs in stable areas of species distribution in order to maintain the appropriate climatic conditions for the persistence of these marsupials and the ecosystems with which they are associated.

**Keywords:** aquatic environments; *Chironectes minimus*; *Lutreolina crassicaudata*; protected areas; stable areas; transboundary conservation

## LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1.** A cuíca-d'água (*C. minimus*), pode-se observar as patas posteriores maiores que as anteriores, e a característica marcante dessa espécie, as membranas interdigitais.. .....15
- Fig. 2.** A cuíca-de-cauda-grossa (*L. crassicaudata*), nota-se o corpo e cabaça alongados, bem como, orelhas curtas... .....16
- Fig. 3.** Mapas de registros de ocorrência de *C. minimus* (esquerda) e *L. crassicaudata* (direita) com o pontos com coordenadas imprecisas (registros não usados) e precisas (registros usados). Os círculos representam os registros de presença utilizados para a geração dos modelos e os triângulos, descartados.....20
- Fig. 4.** Modelos de distribuição potencial de *C. minimus* produzidos pelos algoritmos MaxEnt, Mda e Radom Forest para o cenário presente e futuro (CanESM2 e HaGEM2) com valores de áreas adequadas climaticamente (0 – 1).. .....31
- Fig. 5.** Modelos de distribuição potencial de *L. crassicaudata* produzidos pelos algoritmos MaxEnt, Mda e Radom Forest para o cenário presente e futuro (CanESM2 e HaGEM2) com valores de áreas adequadas climaticamente (0 – 1).....32
- Fig. 6.** Mapa consenso (ensemble) de distribuição potencial no cenário presente e no futuro de *C. minimus*.. .....33
- Fig. 7.** Mapa consenso de distribuição potencial no cenário presente e no futuro de *L. crassicaudata*.. .....34
- Fig. 8.** Mapa mostrando as Unidades de Conservação de Proteção Integral (vermelho) sobrepostas a faixa distribuição potencial (cinza) de *C. minimus* no cenário presente (esquerda) e nas áreas estáveis (direita). Os retângulos correspondem as áreas prioritárias para conservação transfronteiriça (azul) e de machas isoladas ou de baixa representatividade de UCPIs (preto tracejado).....36
- Fig. 9.** Mapa mostrando as Unidades de Conservação de Proteção Integral (vermelho) sobrepostas a faixa distribuição potencial (cinza) de *L. crassicaudata* no cenário presente (esquerda) e nas áreas estáveis (direita). Os retângulos correspondem as áreas prioritárias para conservação transfronteiriça (azul) e de machas isoladas ou de baixa representatividade de UCPIs (preto tracejado).....38

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Variáveis bioclimáticas usadas no teste Jackknife e suas respectivas contribuições (%) na previsão de distribuição atual e futura de *C. minimus* e *L. crassicaudata*.....25
- Tabela 2.** Autovalores da variação explicada pelas nove variáveis bioclimáticas dos dois primeiros eixos da PCA para *C. minimus*.....27
- Tabela 3.** Autovalores da variação explicada pelas nove variáveis bioclimáticas dos dois primeiros eixos da PCA para *L. crassicaudata*.....28
- Tabela 4.** Valores de TSS, para cada algoritmo, no cenário presente e futuro (CaESM2 e HaGEM2), dos modelos consenso, e dos limiares de decisão para *C. minimus*....29
- Tabela 5.** Valores de TSS, para cada algoritmo, no cenário presente e futuro (CaESM2 e HaGEM2), dos modelos consenso, e dos limiares de decisão para *L. crassicaudata*.  
.....30
- Tabela 6.** Cálculo de área para distribuição potencial de *C. minimus*, em km<sup>2</sup> e sua porcentagem (%), no presente e futuro, dentro de Unidades de Conservação. Apresentando o total da UCPIs para cada país, sua representatividade em diferentes cenários climáticos (\*), bem como na área total de distribuição potencial (\*\*) para fins de comparação.....35
- Tabela 7.** Cálculo de área para distribuição potencial de *L. crassicaudata*, em km<sup>2</sup> e sua porcentagem (%), no presente e futuro, dentro de Unidades de Conservação. Apresentando o total da UCPIs para cada país, sua representatividade em diferentes cenários climáticos (\*), bem como na área total de distribuição potencial (\*\*) para fins de comparação.....37

## LISTA DE GRÁFICOS

**Gráfico 1.** Análise dos Componentes Principais das variáveis bioclimáticas para a construção dos modelos de *C. minimus*. Sendo, SazPrec (sazonalidade da precipitação), VarAnTemp (variação anual da temperatura), SazTemp (sazonalidade da temperatura), PecMMQ (Precipitação do mês mais quente), PrecAnual (precipitação anual), PrecMMF (precipitação do mês mais frio), TempMTrimMF (temperatura média do trimestre mais frio), TempMTrimMU (temperatura média do trimestre mais úmido) e TempMxMMQ (temperatura máxima do mês mais quente)...26

**Gráfico 2.** Análise dos Componentes Principais das variáveis bioclimáticas para a construção dos modelos de *L. crassicaudata*. Sendo, PrecMMS (precipitação do mês mais seco) SazTemp (sazonalidade da temperatura), VarAnTemp (variação anual da temperatura), SazPrec (sazonalidade da precipitação), TempMdTrimMF (temperatura média do trimestre mais frio), TempMTrimMQ (temperatura média do trimestre mais quente), PrecAnual (Precipitação anual) e PrecMMF(precipitação do mês mais frio).  
.....28

## SUMÁRIO

1. RESUMO .....	4
2 <b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
2.1 Mudanças climáticas.....	12
2.2 Áreas Protegidas .....	12
2.3 Modelos de distribuição de espécies.....	13
2.4 Espécies-alvo.....	14
3 <b>OBJETIVOS</b> .....	17
3.1 Objetivos específicos .....	17
4 <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	18
4.1 Procedimentos de pré modelagem.....	18
4.1.1 Dados de ocorrência .....	18
4.1.2 Viés de amostragem .....	19
4.1.3 Análise das variáveis preditoras .....	20
4.2 Procedimentos de modelagem .....	22
4.3 Procedimentos de pós modelagem .....	23
4.3.1 Área adequada climaticamente para a distribuição das espécies.....	23
4.3.2 Análise de lacunas de proteção .....	24
5 <b>RESULTADOS</b> .....	25
5.1 Variáveis preditoras selecionadas.....	25
5.2 Modelos de distribuição potencial.....	29
5.3 Ganho, perda de área e áreas estáveis .....	32
5.5 Lacunas de proteção .....	34
6 <b>DISCUSSÃO</b> .....	39
6.1 Limitações climáticas.....	39
6.2 Efeitos das mudanças climáticas e lacunas de proteção.....	40
6.3 Soluções sugeridas.....	43
7 <b>CONCLUSÕES</b> .....	44
8 <b>REFERÊNCIAS</b> .....	45

## **2 INTRODUÇÃO**

### **2.1. Mudanças climáticas**

A mudança acelerada do clima tem contribuído acentuadamente nas alterações de distribuição geográfica de espécies (BURROWS; SCHOEMAN; RICHARDSON; MOLINOS et al., 2014; ROMÁN-PALACIOS; WIENS, 2020; ROOT; PRICE; HALL; SCHNEIDER et al., 2003; ROSENZWEIG; KAROLY; VICARELLI; NEOFOTIS et al., 2008). As espécies são naturalmente dinâmicas e tendem a mudar sua faixa de distribuição em busca de habitats climaticamente adequados, tornando essa faixa mais ampla ou mais restrita (ANCIÃES; PETERSON, 2006; ELSEN; TINGLEY, 2015; GUTIÉRREZ; HEMING; PENIDO; DALPONTE et al., 2019).

Esse efeito pode ser sentido por muitas espécies de mamíferos, como os de grande e médio porte (TORRES; JAYAT; PACHECO, 2013; ZIMBRES; DE AQUINO; MACHADO; SILVEIRA et al., 2012) (GUTIÉRREZ; HEMING; PENIDO; DALPONTE et al., 2019) e também os de pequeno tamanho corporal, como os roedores (LACERDA, 2013; TOCCHET, 2013; WALLER; GYNTHY; FREEMAN; LAVERY et al., 2017) e os marsupiais (LOYOLA; LEMES; FALEIRO; TRINDADE-FILHO et al., 2012; PRIETO-TORRES; PINILLA-BUITRAGO, 2017; TOCCHET, 2013). A capacidade de adaptação e movimentação desses animais pode ser menor do que a velocidade das mudanças climáticas. Isso tem preocupado alguns especialistas, pois a contração de áreas climaticamente adequadas para a persistência das espécies é um fator crítico que as tornam mais suscetíveis às ameaças de extinção (SIQUEIRA; PADIAL; BINI, 2009).

### **2.2. Áreas Protegidas**

Um recurso indispensável para conservação da biodiversidade em cenários de mudanças climáticas, são as Áreas Protegidas, como é o caso das Unidades de Conservação (UCs) (DA SILVA; PAVIOLO; TAMBOSI; PARDINI, 2018; KLEIN; BROWN; HALPERN; SEGAN et al., 2015). No entanto, UCs são geograficamente fixas e muitas vezes fragmentadas, não dando o suporte devido às mudanças de distribuição das espécies. Por isso, o atual sistema de UCs tem provocado alguns

questionamentos sobre a sua manutenção e eficiência de conservação (COLLOFF; LAVOREL; VAN KERKHOFF; WYBORN et al., 2017; RODRIGUES; ANDELMAN; BAKARR; BOITANI et al., 2004; WIENS; SEAVY; JONGSOMJIT, 2011).

Para atingir os objetivos conservacionistas das UCs, em longo prazo, o primeiro passo é compreender quais são as lacunas de proteção, logo, os efeitos das mudanças climáticas deveriam ser considerados (ARAÚJO; CABEZA; THUILLER; HANNAH et al., 2004; HANNAH; MIDGLEY; ANDELMAN; ARAÚJO, 2007; LANGHAMMER; BAKARR; BENNUN; BROOKS, 2007). Para nortear Planejamentos Sistemáticos de Conservação (PSC) e as tomadas de decisão no âmbito da conservação da biodiversidade, é importante também que se faça o uso de novas ferramentas (BRUNER; GULLISON; RICE; DA FONSECA, 2001; LOYOLA; LEMES; NABOUT; TRINDADE-FILHO et al., 2013; PRESSEY; CABEZA; WATTS; COWLING et al., 2007). Os Modelos de Distribuição de Espécies (MDEs) é uma importante ferramenta que tem sido utilizada para prever os efeitos das mudanças climáticas nas distribuições das espécies (HANNAH; MIDGLEY; HUGHES; BOMHARD, 2005; MAIORANO; CHIAVERINI; FALCO; CIUCCI, 2019; MIDGLEY; HANNAH; MILLAR; RUTHERFORD, 2002).

### **2.3 Modelos de distribuição de espécies**

Os modelos de distribuição de espécies (MDEs) somam dados de presença observada com variáveis preditoras, para gerar por meio de softwares computacionais, representações potenciais de regiões com condições ambientais ideais que permitem a ocorrência das espécies (ELITH, 2009). A escassez de dados de ocorrência ou por se ignorar, na maioria dos estudos, a capacidade de dispersão (JACKSON; SAX; EVOLUTION, 2010) e interação entre as espécies (VANDERWAL; SHOO; JOHNSON; WILLIAMS, 2009), agrega algumas limitações a aplicação de MDEs. Entretanto, seu uso ainda está em desenvolvimento, inovações de métodos estatísticos e computacionais têm surgido, permitindo novas abordagens mais confiáveis (DE MARCO JÚNIOR; SIQUEIRA, 2009).

Atualmente existem inúmeros algoritmos que associam matematicamente a presença de espécies com variáveis ambientais preditivas, por exemplo: 1) método de aprendizado de máquina que estima as distribuições de espécies por encontrar a

distribuição de entropia máxima, MaxEnt (PHILLIPS; ANDERSON; SCHAPIRE, 2006); 2) método de inteligência artificial, Random Forest (BREIMAN, 2001), que usa uma combinação de preditores de árvores de regressão classificatórias; e 3) método de análise discriminante múltipla, MDA (HASTIE; TIBSHIRANI; BUJA, 1994), uma classificação baseada em modelos múltiplos. Estudos anteriores mostraram que as projeções individuais dos algoritmos podem variar muito, a ponto de comprometer a avaliação da distribuição preditiva das espécies em um dado cenário climático (HAO; ELITH; LAHOZ-MONFORT; GUILLERA-ARROITA, 2020; SEGURADO; ARAÚJO, 2004). Uma solução para variações intermodelos é a combinação de vários algoritmos, denominada de conjunto de previsões (*ensemble*, ver ARAÚJO; NEW, 2007). O método traz como resultado um modelo consenso final através de uma medida de tendência central de todos os modelos gerados, desfazendo os erros de cada um deles e evidenciando seus acertos

É sabido então, que essa técnica juntamente com uma cautelosa interpretação de seus modelos finais, pode ser usada como um mecanismo indispensável para analisar a adequação de habitats sob episódios de mudanças climáticas (GIANNINI; SIQUEIRA; ACOSTA; BARRETO et al., 2012; LAWLER; WIERSMA; HUETTMANN, 2011; PARMESAN; RYRHOLM; STEFANESCU; HILL et al., 1999; WARREN; HILL; THOMAS; ASHER et al., 2001). Ao passo que é fundamental para preencher lacunas de conhecimento sobre a biogeografia presente e futura das espécies, situação atual dos marsupiais Neotropicais que detêm pouco conhecimento sobre suas faixas de distribuição (LOYOLA et al. 2012).

## 2.4 Espécies-alvo

As espécies *Chironectes minimus* (ZIMMERMAN, 1780) e *Lutreolina crassicaudata* (DESMAREST, 1804) são marsupiais Didelphideos com distribuição ao longo da região Neotropical. A primeira, tem distribuição possivelmente disjunta (DAMASCENO; ASTÚA, 2016) do Sul do México ao Sul do Peru, centro da Bolívia, Sul do Paraguai, do Brasil e Nordeste da Argentina (ACOSTA; AZURDUY, 2009). A segunda, apresenta uma distribuição disjunta reconhecida, porém pouco compreendida, com populações distribuídas do Nordeste da Bolívia e Sudeste do



Brasil às regiões Norte e Leste da Argentina, e outras do Leste da Colômbia à Guiana (BROWN, 2004).

*Chironectes minimus*, conhecido popularmente como cuíca-d'água, é considerado o único marsupial semiaquático do mundo, adaptado a viver no meio aquático e terrestre (MARSHALL, 1978). Este animal tem convergência morfológica com lontras, possui pelos impermeáveis, cerdas faciais supranuméricas, patas posteriores maiores que os anteriores e com membranas interdigitais (MARSHALL, 1978) (Fig. 1). Possui sua dieta baseada em vertebrados aquáticos ou semi-aquáticos e invertebrados (EMMONS; FEER, 1997), alimentando-se, eventualmente, de matéria vegetal (STREILEIN, 1982). *Chironectes minimus* habita florestas de galeria bem conservadas, ambientes sempre próximos a corpos d'água, preferindo rios, riachos e lagoas de águas claras (GALLIEZ, 2011) (ACOSTA; AZURDUY, 2009; REIS; PERACCHI; PEDRO; LIMA, 2006).



**Fig. 1.** A cuíca-d'água (*C. minimus*), pode-se observar as patas posteriores maiores que as anteriores, e a característica marcante dessa espécie, as membranas interdigitais. Foto: Maurício E. Graipel.

*Lutreolina crassicaudata*, também conhecida como cuíca-de-cauda-grossa ou marrom, possui a cabeça e o tronco mais alongados entre os didelphídeos, além de ter orelhas e patas curtas, assemelhando-se a mustelídeos (HERSHKOVITZ, 1997) (Fig 2). Entre os representantes da família Didelphidae, é considerada a espécie de

hábitos mais carnívoros, incluindo em sua dieta os vertebrados e invertebrados, mas também frutos (CÁCERES; GHIZONI; GRAIPEL, 2002). Além de viver próximo a corpos d'água e floresta de galeria, assim como *C. minimus*, *Lutreolina crassicaudata* habita também áreas com vegetação herbácea-arbustiva e banhados (SILVA, 1994) (REGIDOR; GOROSTIAGUE; SUHRING, 1999; WALKER, 1968).



**Figura 2.** A cuíca-de-cauda-grossa (*L. crassicaudata*), nota-se o corpo e cabeça alongados, bem como, orelhas curtas. Foto: Ivo R. Ghizoni Jr.

Os habitats naturais de ambas as espécies têm sofrido uma ampla devastação em grande parte de suas distribuições (BORNSCHEIN; REINERT, 1997; EISENBERG; REDFORD, 1989; RODEWALD et al., 2006). Isso pode colocar em risco a persistência de *C. minimus* e *L. crassicaudata* em algumas regiões em longo prazo, especialmente *C. minimus* que possivelmente é mais sensível a degradação do seu habitat (FERNANDEZ et al. 2015; GALLIEZ, 2009; GRAIPEL et al., 2016). Concomitantemente, as duas espécies são importantes para a conservação de ecossistemas fluviais e áreas alagáveis por causa das suas necessidades específicas de habitat. A presença de *C. minimus* e *L. crassicaudata* nesses ambientes, pode ajudar também na proteção de outras espécies de mamíferos, répteis, aves migratórias e anfíbios, endêmicas ou ameaçadas de extinção (LEITE; GALLIEZ;

QUEIROZ; LIMA et al., 2009; SOMENZARI; AMARAL; CUETO; GUARALDO et al., 2018).

### 3 OBJETIVOS

Objetivamos analisar e predizer a distribuição geográfica potencial de *C. minimus* e *L. crassicaudata* para o cenário climático atual e realizar projeções para cenários climáticos do futuro (2050).

#### 3.1 Objetivos específicos

- i) Identificar quais as possíveis influências climáticas na dinâmica da distribuição de *Chironectes minimus* e *Lutreolina crassicaudata* ao longo do tempo;
- ii) Verificar se essas espécies estão sendo protegidas em Unidades de Conservação de Proteção Integral (UCPIs), para o presente e estarão no futuro, dado um cenário específico de mudança climática;
- iii) Recomendar medidas objetivas visando a conservação de ambas espécies em função das lacunas de proteção.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Procedimentos de pré modelagem

#### 4.1.1 Dados de ocorrência

Elaboramos um banco de dados a partir de informações extraídas da literatura especializada em trabalhos com *C. minimus* e *L. crassicaudata*, alguns publicados e outros não (monografias, resumos de congresso, relatórios técnicos, teses de mestrado e doutorado não publicadas). As buscas foram feitas em plataformas digitais “Web of Science”, “ResearchGate” (<https://www.researchgate.net/>) e “Google Acadêmico” (<https://scholar.google.com.br/>), através das palavras-chave: “*Chironectes minimus*”, “*Lutreolina crassicaudata*”, “pequenos mamíferos não voadores” e “marsupiais”.

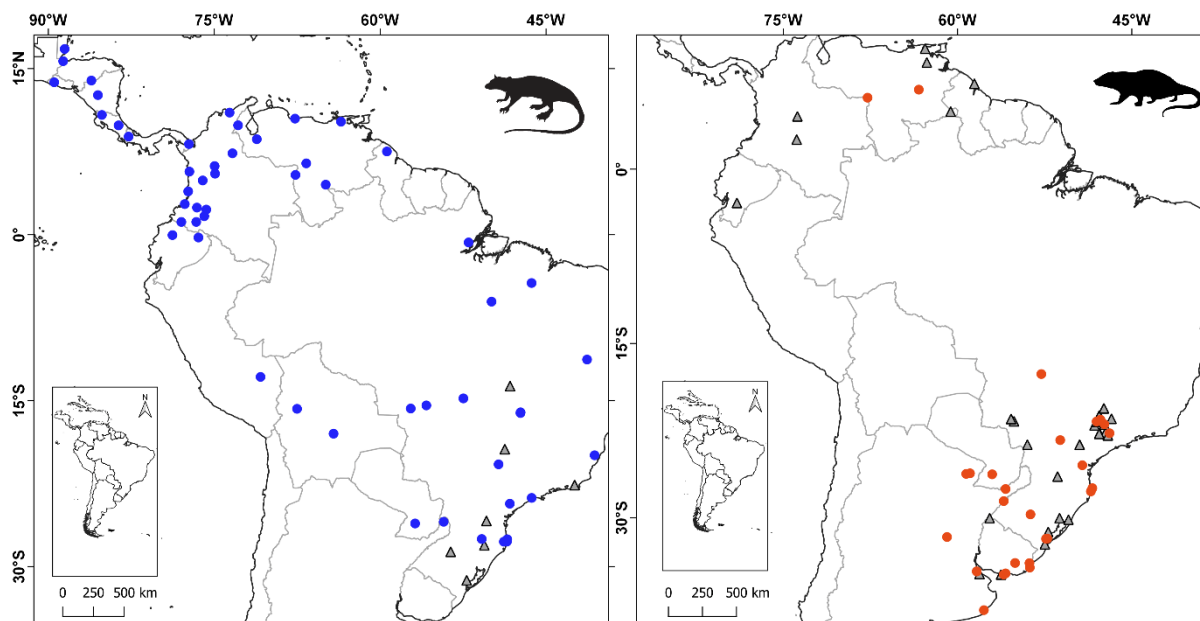
Pesquisamos também os registros de ocorrência em bancos de dados *online* (tais como Global Biodiversity Information Facility) (GBIF, [www.gbif.org](http://www.gbif.org)), speciesLink ([www.splink.cria.org.br](http://www.splink.cria.org.br)), inaturalist (<https://www.inaturalist.org>) e Arctos (Collaborative Collection Management Solution, <http://arctos.database.museum/>). Realizamos ainda, consultas a coleções científicas, Coleção de Mamíferos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Museu Nacional – UFRJ e Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP). Por fim, consideramos observações diretas das espécies feitas por pesquisadores conhecidos, com identificação taxonômica confiável.

Os dados foram filtrados inicialmente com base na precisão das coordenadas geográficas. Todos foram verificados por meio do software Google Earth versão 7.3 (<https://earth.google.com/>) e do Google Maps (<https://maps.google.com.br>). Com a relação ao método de registro das espécies, selecionamos apenas registros de observação ou captura e armadilha fotográfica, todos com identificações confiáveis. Na geração dos modelos, consideramos somente registros datados após 1950. Os dados georreferenciados foram trabalhados em Sistema de Informação Geográfica (SIG), através do *software* QGIS (TEAM, Q. D., 2015).

#### 4.1.2 Viés de amostragem

Com intuito de evitar uma autocorrelação espacial do esforço de amostragem (*sample bias*), a qual pode ocasionar fortes sinais de sobreajuste e inflar as precisões dos modelos (ARAUJO; GUIBAN, 2006; VELOZ, 2009), aplicamos um filtro espacial aos dados. No QGIS (TEAM, Q. D., 2015), através da ferramenta *Vector grid* criamos uma grade com pixels de 2.5 minutos de arco (5 km). E no software Google Earth, elaboramos *buffers* de 3 km de raio, tamanho aproximado da área de vida das espécies-alvo (GALLIEZ; DE SOUZA LEITE; QUEIROZ; DOS SANTOS FERNANDEZ, 2009), a partir do centroide caracterizado pelo registro de ocorrência. Selecionamos apenas um ponto de ocorrência, dentro de cada pixel e *buffer*, assim, múltiplas ocorrências foram resumidas a um único registro, eliminando pontos com baixas variações nos valores das camadas climáticas.

A base final de dados reuniu 72 registros de presença para *C. minimus* e 60 para *L. crassicaudata*, dentre eles, 57 e 46, respectivamente, possuíam coordenadas precisas (anexo 1). Apenas 54 registros de presença foram usados na geração dos modelos de distribuição potencial de *C. minimus* e 29 de *L. crassicaudata*. Os demais foram eliminados por possuírem autocorrelação espacial e/ou coordenadas imprecisas (Fig. 3)



**Fig. 3.** Mapas de registros de ocorrência de *C. minimus* (esquerda) e *L. crassicaudata* (direita) com o pontos com coordenadas imprecisas (registros não usados) e precisas (registros usados). Os círculos representam os registros de presença utilizados para a geração dos modelos e os triângulos, os descartados.

#### 4.1.3 Análise das variáveis preditoras

Neste trabalho, optamos por usar uma resolução de 2.5 minutos de arco (5 km) para as camadas bioclimáticas, a melhor sugerida para análises em escala continental por CHAPMAN; MUÑOZ e KOCH (2005) e GIANNINI; SIQUEIRA; ACOSTA; BARRETO et al. (2012).

As 19 variáveis bioclimáticas para a construção dos modelos no presente foram extraídas do site *WorldClim* ([www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)), geradas por dados climáticos interpolados dos períodos de 1950 – 2000 (HIJMANS; CAMERON; PARRA; JONES et al., 2005). E, para a realização das projeções de modelos de distribuição para o futuro, ano 2050, obtivemos as variáveis do CIAT ([ccafs-climate.org](http://ccafs-climate.org)) (Tabela 1). Desenvolvidas pelo Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).

Utilizamos dois Modelos Climáticos de Circulação Geral (GCMs). O primeiro foi o Modelo Ambiental Global de Hadley Center versão 2 (HadGEM2) e o segundo, o Modelo Canadense de Sistema Terrestre versão 2 (CanESM2) (COLLINS; BELLOUIN; DOUTRIAUX-BOUCHER; GEDNEY et al., 2011; NAVARRO-RACINES;

TARAPUES; THORNTON; JARVIS et al., 2020). Ambos são do cenário de emissão de gases de efeito estufa RCP 8.5 (em inglês, *Representative Concentration Pathways*). O RCP 8.5 comparado a outros cenários, corresponde a via com maior emissões de gases do efeito estufa (GEE), caracterizado pelo alto crescimento populacional, baixa economia e mudanças tecnológicas, aumento na demanda de energia e emissões de GEE na ausência de políticas de mudança climática (FLATO, 2011).

Todas as variáveis, para o presente e futuro, foram recortadas para a resolução da área de estudo no programa QGis (TEAM, Q. D., 2015). Realizamos um teste *Jackknife* no Maxent com todas variáveis para filtrar inicialmente quais mais contribuíam para os modelos. A partir desses resultados, selecionamos as variáveis com contribuição acima de 2.5% (*C.minimus*) e 2.2% (*L. crassicaudata*). Após feito isso, no R Studio (TEAM BOSTON, 2015) realizamos uma Análise de Componentes Principais (PCA) com intuito de eliminar as variáveis altamente correlacionadas (GUISAN; THUILLER, 2005). A seleção das variáveis bioclimáticas por meio da PCA foi baseada na menor autocorrelação entre as variáveis, maior contribuição, isto é, as altamente correlacionadas com os dois primeiros eixos da PCA. E por último, a de maior importância, considerando-se fatores biológicos das espécies.

Não há um consenso na literatura sobre a influência da proporção das variáveis preditoras na modelagem de distribuição preditiva. Entretanto, há teorias de estatísticos que o número de variáveis deve ser 10% do número de registros de ocorrência, mas também de que uma baixa quantidade, pode levar a grandes problemas nos resultados (PEDUZZI; CONCATO; KEMPER; HOLFORD et al., 1996). Aqui, consideramos a proporção aproximada de 10% e que pudesse representar o envelope bioclimático das espécies.



## 4.2 Procedimentos de modelagem

Os dados unicamente de presença são somente observações do organismo e deixam a desejar em relação a confiabilidade dos dados, pois não permitem mostrar onde a espécie não foi encontrada (PEARCE; BOYCE, 2006). Mais recentemente, MDEs têm sido baseados com mais frequência em dados de pseudo-ausência. Para estudos com tamanho amostral limitado, LOBO e TOGNELLI (2011) recomendaram selecionar aproximadamente 100 pontos de pseudoausência para cada ponto de presença. Esses ajustes facilitam a classificação correta das áreas de ausência e minimiza as estimativas incorretas das zonas de presença das espécies. Esses resultados são desejáveis quando o objetivo do estudo é conservacionista. Além dos dados de presença em nossas análises, incluímos também os de pseudo-ausência. Foram selecionados 100 pontos para cada ponto de presença, através de uma escolha aleatória (no momento da modelagem) dentro de um raio de 100 km em torno dos registros de presença e esses foram tratados como pontos de ausência das espécies.

Optamos por adotar a abordagem denominada de '*ensemble*' (ARAÚJO; NEW, 2007) e testar metodologias distintas em um conjunto de previsões. Aplicamos três algoritmos com diferentes técnicas, por meio da plataforma de modelagem Dinâmica EGO (SOARES-FILHO; RODRIGUES; COSTA, 2009), o MaxEnt (PHILLIPS; ANDERSON; SCHAPIRE, 2006), Random Forest (BREIMAN, 2001) e o MDA (HASTIE; TIBSHIRANI; BUJA, 1994). Os modelos gerados foram baseados em duas suposições: 1) a atual distribuição climática das espécies é um bom indicador de um clima adequado (ARAÚJO; GUIBAN, 2006) e 2) ausência de interações biológicas (SOBERÓN, 2007).

A eficiência de cada modelo foi avaliada através do teste de análise da Habilidade Estatística Verdadeira - TSS (True Skill Statistic), ele vem sendo recomendado como o mais conveniente para medir o desempenho de MDEs (ALLOUCHE; TSOAR; KADMON, 2006; SHABANI; KUMAR; AHMADI, 2018). O TSS é um método intuitivo de medição de desempenho dos MDEs nos quais as previsões são expressas como mapas de presença-ausência. Esse teste considera erros de omissão (falso negativo) e de comissão (falso positivo), com variação entre -1 e +1 (Sensibilidade + Especificidade). Modelos com valores de TSS > 0,6, são considerados bons, 0,2 - 0,6 regulares a moderados e < 0,2 ruins (JONES et al., 2010).



Para calcular o TSS, dados de pontos de ocorrência foram particionados aleatoriamente no software Dinâmica EGO. Foi usado um conjunto de dados para treino do algoritmo com 75% dos registros de ocorrência para *C. minimus* e 80% para *L. crassicaudata*, e outro conjunto de dados para teste externo com 25% para a primeira e 20% para a segunda espécie.

### **4.3 Procedimentos de pós modelagem**

#### **4.3.1 Área adequada climaticamente para a distribuição das espécies**

Os limites geográficos de presença e ausência das espécies, são fundamentais para a seleção de áreas prioritárias para conservação. Neste trabalho, estimamos esses limites a partir de um limiar (*threshold*) de decisão que maximiza a soma da sensibilidade e especificidade (Max SSS) (LIU et al., 2013). A aplicação desse método resultou na construção de mapas binários (presença = 1 e ausência = 0). As células com valores acima do limiar de decisão são consideradas áreas adequadas climaticamente para a distribuição da espécie, e as abaixo do limiar, inadequadas. Depois disso, para os modelos do futuro (CanESM2 e HaGEM2), elaboramos mapas de consenso através de uma média aritmética simples (SILVA, 2016, resultados não publicados). Calculamos a área total adequada para distribuição potencial (em quilômetros quadrados) das espécies, no cenário presente, futuro e de áreas mantidas ao longo do tempo, aqui tratadas como áreas estáveis. Isso foi feito com os mapas binários no QGis (TEAM, Q. D., 2015), utilizando a ferramenta *Field Calculator*.

### **4.3.2 Análise de lacunas de proteção**

Para analisar as lacunas de conservação, criamos sobreposições dos modelos finais às Unidades de Conservação de Proteção Integral (UCPIs), considerando as seguintes categorias: Ia (Reserva Natural Estrita); Ib (Área Silvestre); II (Parque Nacional); e III (Monumento Natural) (IUCN, 2001). Obtivemos os dados de áreas protegidas no site [protectedPlanet.net](http://protectedPlanet.net) (JUFFE-BIGNOLI; BURGESS; BINGHAM; BELLE et al., 2014). Para saber o quanto de área de distribuição potencial pode ser considerada protegida, calculamos (em quilômetros quadrados e porcentagem) áreas climaticamente adequadas sobrepostas à UCPIs (RODRIGUES; ANDELMAN; BAKARR; BOITANI et al., 2004).

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Variáveis preditoras selecionadas

Das 19 variáveis bioclimáticas analisadas a partir do método de *Jackknife*, selecionamos nove (>2.5%) para *C. minimus* e oito (>4.5%) para *L. crassicaudata* por apresentarem uma boa contribuição para os modelos (Tabela 1).

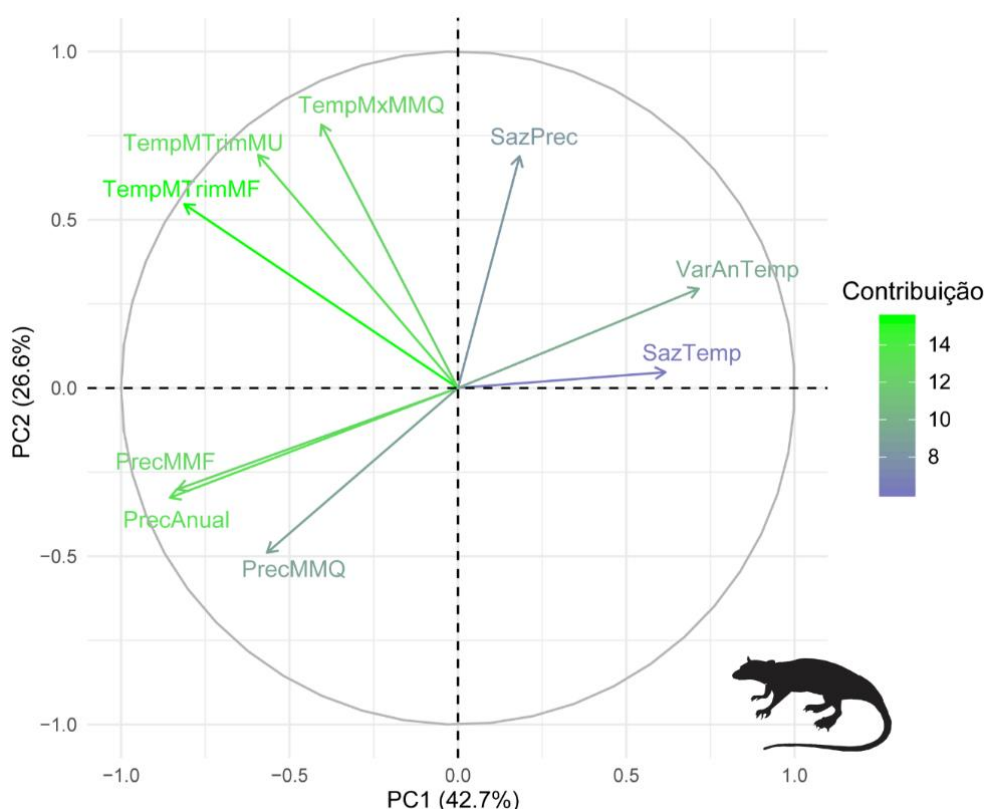
**Tabela 1.** Variáveis bioclimáticas usadas no teste *Jackknife* e suas respectivas contribuições (%) na previsão de distribuição atual e futura de *C. minimus* e *L. crassicaudata*.

Variável bioclimática	Abreviação	Percentual de contribuição	
		<i>L. crassicaudata</i>	<i>C. minimus</i>
Temperatura anual média	Bio1	0.4	1.4
Variação diurna média de temperatura	Bio2	1.6	1.8
Isotermalidade	Bio3	1.3	0.6
Sazonalidade da temperatura*	Bio4	22.6	16.2
Temperatura máxima do mês mais quente*	Bio5	1.5	26.3
Temperatura mínima do mês mais frio	Bio6	0	0.8
Variação anual da temperatura*	Bio7	10.5	6.3
Temperatura média do trimestre mais úmido*	Bio8	3.5	2.5
Temperatura média do trimestre mais seco	Bio9	2.1	0
Temperatura média do trimestre mais quente *	Bio10	4.9	0.2
Temperatura média do trimestre mais frio*	Bio11	14.7	14.1
Precipitação anual *	Bio12	8.1	20.6
Precipitação do mês mais úmido	Bio13	0	0
Precipitação do mês mais seco*	Bio14	16.6	0.1
Sazonalidade da precipitação*	Bio15	4.5	2.7
Precipitação do trimestre mais úmido	Bio16	0	0
Precipitação do trimestre mais seco	Bio17	0	0
Precipitação do mês mais quente	Bio18	0.4	4
Precipitação do mês mais frio*	Bio19	7.7	2.5

\* Variáveis utilizadas na PCA.

Os dois eixos da PCA (PC1 e PC2) explicaram 69% da variância dos dados para *C. minimus*. Foram selecionadas cinco variáveis a partir dos resultados da PCA e utilizadas para a construção dos modelos de *C. minimus*. Foram elas: variação anual da temperatura, sazonalidade da precipitação, sazonalidade da temperatura,

precipitação anual e precipitação do mês mais quente. O PC1 foi correlacionado positivamente com a variação anual da temperatura e sazonalidade da temperatura, e negativamente pela de precipitação anual e precipitação do mês mais quente. O PC2, esteve correlacionado positivamente com a sazonalidade da precipitação



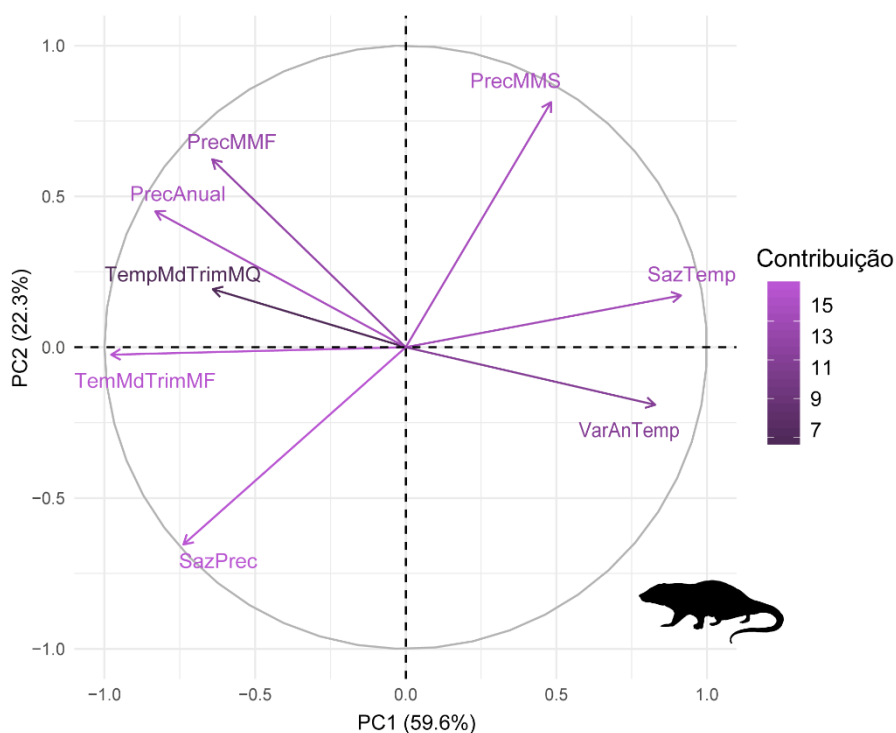
**Gráfico 1.** Análise dos Componentes Principais das variáveis bioclimáticas para a construção dos modelos de *C. minimus*. Sendo, SazPrec (sazonalidade da precipitação), VarAnTemp (variação anual da temperatura), SazTemp (sazonalidade da temperatura), PecMMQ (Precipitação do mês mais quente), PrecAnual (precipitação anual), PrecMMF (precipitação do mês mais frio), TempMTrimMF (temperatura média do trimestre mais frio), TempMTrimMU (temperatura média do trimestre mais úmido) e TempMxMMQ (temperatura máxima do mês mais quente).

**Tabela 2.** Autovalores da variação explicada pelas nove variáveis bioclimáticas dos dois primeiros eixos da PCA para *C. minimus*.

Variável	Abreviação	Componentes	
		PC1	PC2
Sazonalidade da temperatura*	SazTemp	0.31	0.03
Temperatura máxima do mês mais quente	TempMxMMQ	-0.21	0.51
Variação anual da temperatura*	VarAnTemp	0.36	0.19
Temperatura média do trimestre mais úmido	TempMTrimMU	-0.30	0.45
Temperatura média do trimestre mais frio	TempMTrimMF	-0.41	0.35
Precipitação anual*	PrecAnual	-0.44	-0.21
Sazonalidade da precipitação*	SazPrec	0.09	0.45
Precipitação do mês mais quente*	PrecMMQ	-0.29	-0.32
Precipitação do mês mais frio	PrecMMF	-0.42	-0.19

\* Variáveis utilizadas nos modelos

Para *L. crassicaudata*, foram selecionadas por meio da PCA, quatro variáveis bioclimáticas para a construção dos modelos: sazonalidade da temperatura, temperatura média do trimestre mais frio, precipitação do mês mais seco e sazonalidade da precipitação. De maneira cumulativa, os dois eixos da PCA, explicaram 81.9% da variação dos dados. O PC1 foi influenciado positivamente pela sazonalidade da temperatura e negativamente pela temperatura média do trimestre mais frio. Enquanto que, o PC2, foi influenciado positivamente pela precipitação do mês mais seco e negativamente pela sazonalidade da precipitação (Gráfico 2 e Tabela 3).



**Gráfico 2.** Análise dos Componentes Principais das variáveis bioclimáticas para a construção dos modelos de *L. crassicaudata*. Sendo, PrecMMS (precipitação do mês mais seco) SazTemp (sazonalidade da temperatura), VarAnTemp (variação anual da temperatura), SazPrec (sazonalidade da precipitação), TempMdTrimMF (temperatura média do trimestre mais frio), TempMTrimMQ (temperatura média do trimestre mais quente), PrecAnual (Precipitação anual) e PrecMMF (precipitação do mês mais frio).

**Tabela 3.** Autovalores da variação explicada pelas nove variáveis bioclimáticas dos dois primeiros eixos da PCA para *L. crassicaudata*.

Variáveis	Abreviação	Componentes	
		PC1	PC2
Sazonalidade da temperatura*	SazTemp	0.42	0.13
Variação anual da temperatura	VarAnTemp	0.38	-0.14
Temperatura média do trimestre mais quente	TempMdTrimQ	-0.29	0.14
Temperatura média do trimestre mais frio*	TemMdTriMF	-0.45	-0.02
Precipitação anual	PrecAnual	-0.38	0.34
Precipitação do mês mais seco*	PrecMMS	0.22	0.61
Sazonalidade da precipitação*	SazPrec	-0.34	-0.49
Precipitação do mês mais frio	PrecMMF	-0.29	0.47

\* Variáveis utilizadas nos modelos

## 5.2 Modelos de distribuição potencial

Os três algoritmos, MaxEnt, Random Forest e MDA, apresentaram bons desempenhos nos modelos para o presente e futuro, por possuírem valores de TSS > 0.70, especialmente nos *ensembles*. O algoritmo MaxEnt apresentou maior desempenho para *C. minimus* e *L. crassicaudata* (Tabelas 4 e 5). Nos resultados de *ensemble*, a sensibilidade ficou entre 0.71 e 0.77, o que indica uma baixa taxa de erro de omissão. E a especificidade, teve majoritariamente, valores igual a 1, ou seja, sem falsos positivos. Dessa maneira, foram selecionadas somente áreas altamente adequadas para distribuição das espécies.

**Tabela 4.** Valores de TSS, para cada algoritmo, no cenário presente e futuro (CaESM2 e HaGEM2), dos modelos consenso (*ensemble*), e dos limiares de decisão (*Threshold*) para *C. minimus*.

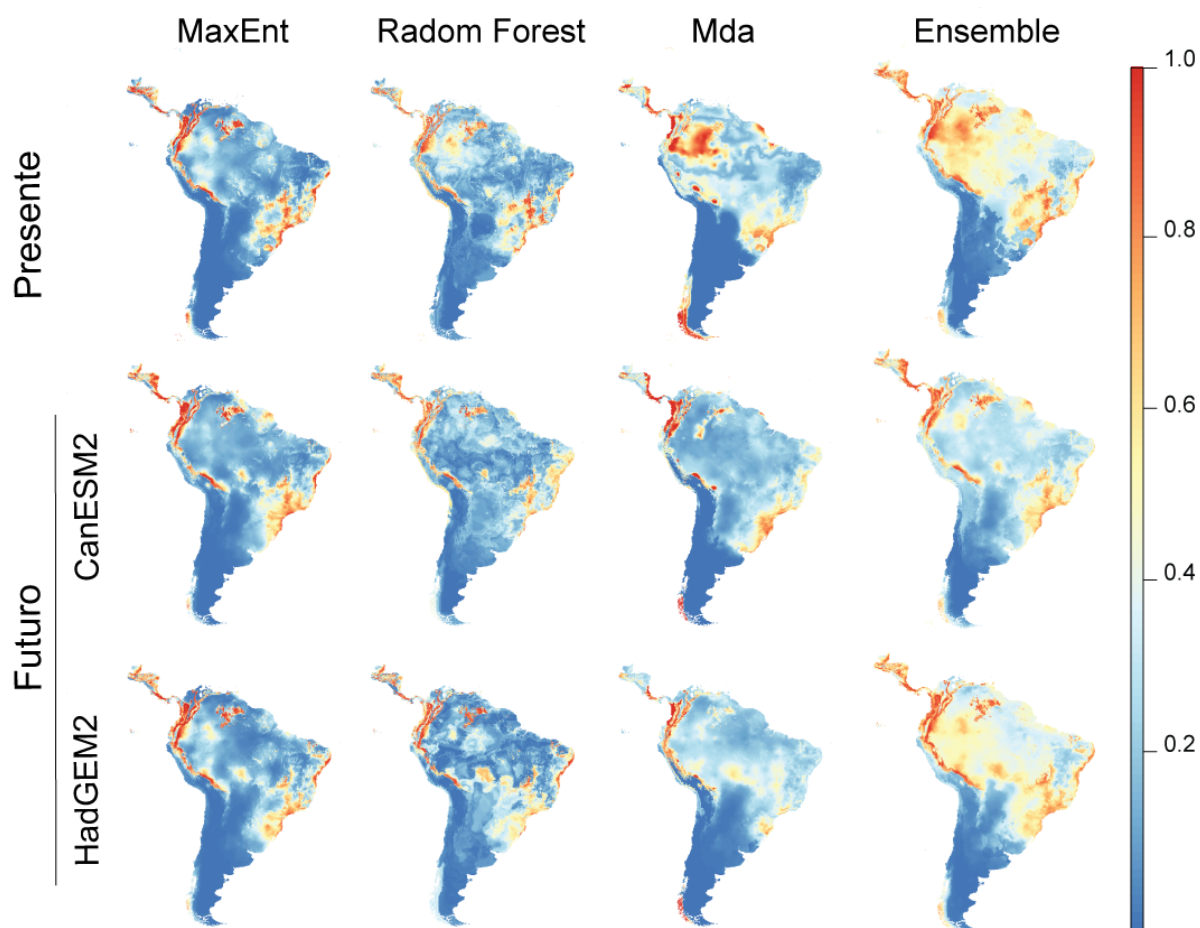
Algoritmos e seu <i>ensemble</i>	Cenário	
	Presente	
	TSS	Threshold
MaxEnt	0.73	0.16
Radom Forest	0.70	0.21
Mda	0.72	0.18
<i>ensemble</i>	0.73	0.20
	Futuro (CaESM2)	
	TSS	Threshold
MaxEnt	0.76	0.16
Radom Forest	0.74	0.14
Mda	0.74	0.26
<i>ensemble</i>	0.74	0.23
	Futuro (HadGEM2)	
	TSS	Threshold
MaxEnt	0.78	0.54
Radom Forest	0.70	0.37
Mda	0.76	0.48
<i>ensemble</i>	0.75	0.35

**Tabela 5.** Valores de TSS, para cada algoritmo, no cenário presente e futuro (CaESM2 e HaGEM2), dos modelos consenso (*ensemble*), e dos limiares de decisão (*Threshold*) para *L. crassicaudata*.

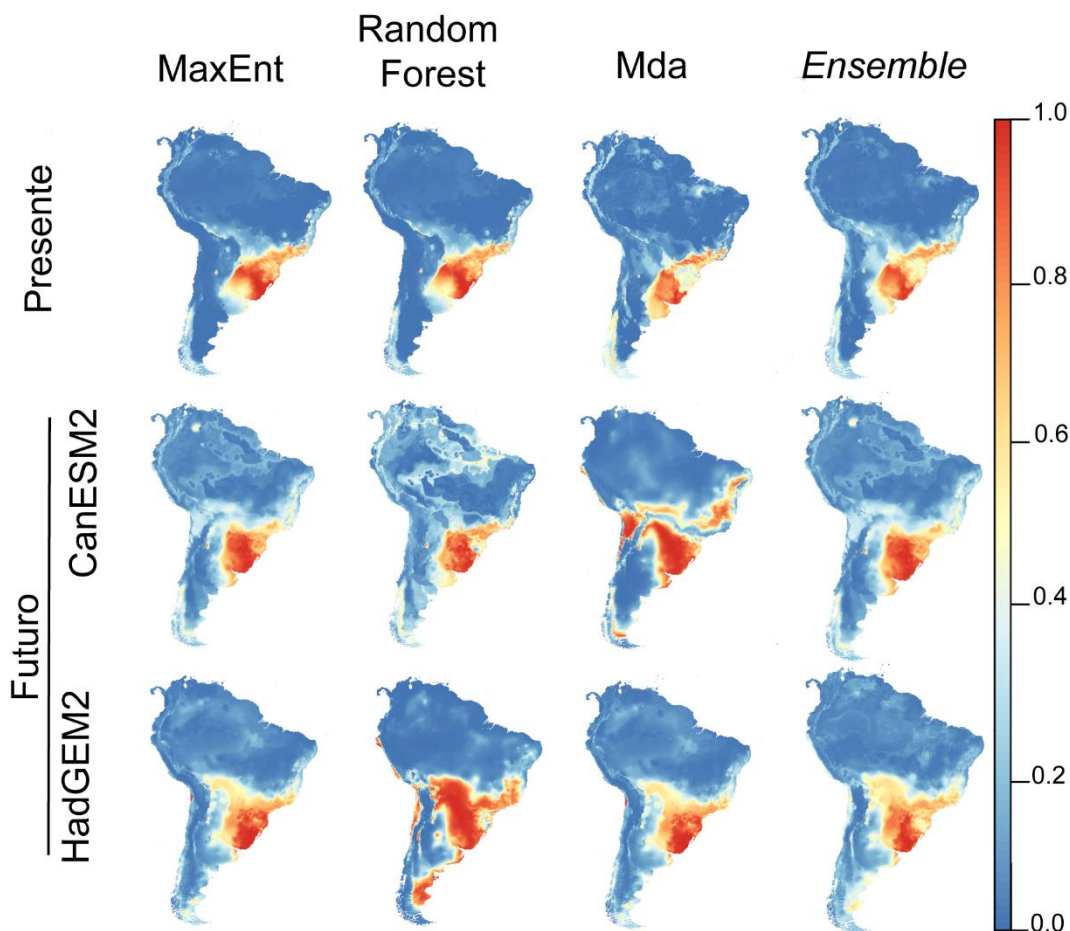
Algoritmos e seu <i>ensemble</i>	Cenário	
	Presente	
	TSS	Threshold
MaxEnt	0.74	0.48
Radom Forest	0.70	0.35
Mda	0.71	0.45
<i>ensemble</i>	0.72	0.37
	Futuro (CaESM2)	
	TSS	Threshold
MaxEnt	0.73	0.46
Radom Forest	0.71	0.33
Mda	0.76	0.40
<i>ensemble</i>	0.73	0.32
	Futuro (HadGEM2)	
	TSS	Threshold
MaxEnt	0.75	0.37
Radom Forest	0.71	0.22
Mda	0.71	0.39
<i>ensemble</i>	0.72	0.31



As áreas preditas ambientalmente adequadas para a distribuição de *C. minimus* e *L. crassicaudata* variaram de acordo com os métodos empregados para modelar a distribuição em cada algoritmo (Fig. 4 e 5).



**Fig. 4.** Modelos de distribuição potencial de *C. minimus* produzidos pelos algoritmos MaxEnt, Mda e Radom Forest para o cenário presente e futuro (CanESM2 e HaGEM2) com valores de áreas adequadas climaticamente (0 – 1).



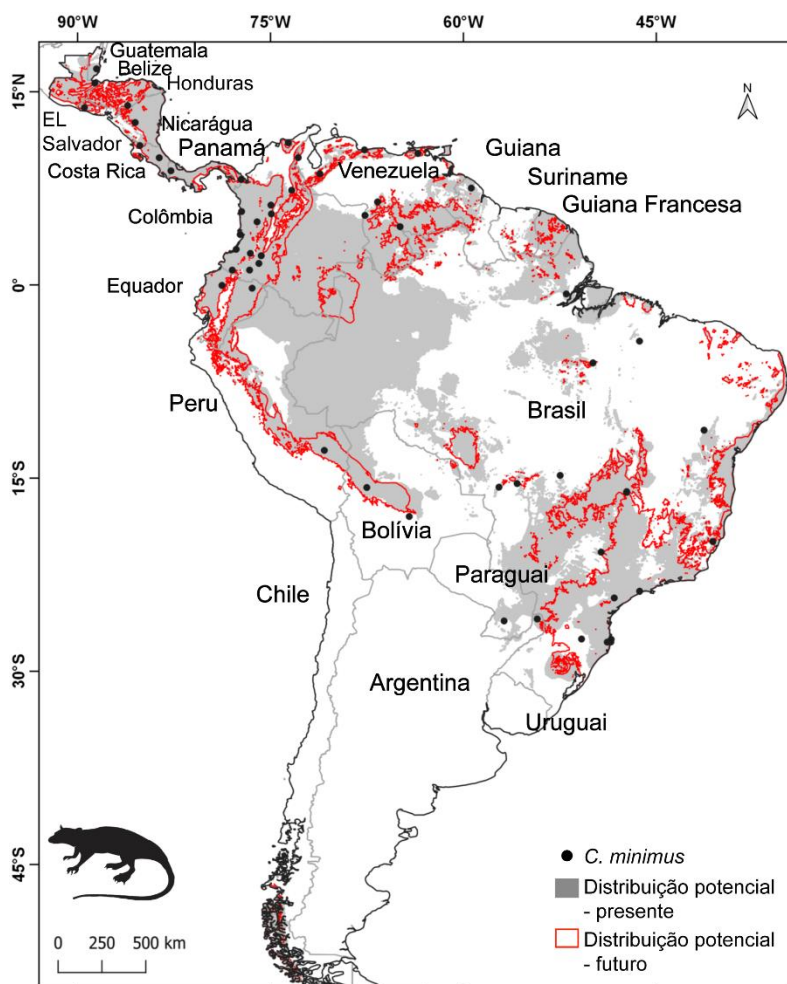
**Fig. 5.** Modelos de distribuição potencial de *L. crassicaudata* produzidos pelos algoritmos MaxEnt, Mda e Radom Forest para o cenário presente e futuro (CanESM2 e HaGEM2) com valores de áreas adequadas climaticamente (0 – 1).

### 5.3 Ganho, perda de área e áreas estáveis

A área total de distribuição potencial para *C. minimus*, foi de 5.788.466 km<sup>2</sup> para o presente, e para o futuro (2050) foi de 2.429.249 km<sup>2</sup>, havendo grande perda de área adequada (58%). Essa redução foi notada principalmente no limite noroeste do Brasil e grande parte da Colômbia, restando no total, 2.409.249 km<sup>2</sup> de área estável. Apenas 42% da área do presente mostrou-se estável ao longo do tempo. Os pontos quentes de distribuição potencial no cenário presente concentraram-se na região amazônica, leste e zona de transição da América do Sul e no domínio do pacífico. Na América Central, a distribuição potencial de *C. minimus* se estendeu do Sul do Panamá até o Norte da Guatemala. Além de manchas isoladas projetadas na região dos Andes no Chile. Uma alta porção de área adequada na região equatorial foi perdida no cenário futuro, resumindo essas áreas a pequenas manchas na zona de

transição da América do Sul e no domínio do pacífico. Houve uma maior área contínua de distribuição potencial no sudeste e sul do Brasil na América do Sul, no Panamá, Costa Rica e Nicarágua na América Central (Fig. 6).

Ao contrário do que se esperava, áreas isoladas na região Andina foram consideradas potenciais para a distribuição de *C. minimus*. Entretanto, as baixas temperaturas ( $< 6^{\circ}\text{C}$ ) da região possivelmente forma uma forte barreira climática para a distribuição da espécie e, portanto, foi desconsiderada do estudo. Assim como ilhas oceânicas foram descartadas das análises.



**Fig. 6.** Mapa consenso (*ensemble*) de distribuição potencial no cenário presente e no futuro de *C. minimus*.

O modelo consenso de distribuição potencial de *L. crassicaudata*, previu 1.665.307 km<sup>2</sup> de área de distribuição potencial para o presente, 1.528.450 km<sup>2</sup> no futuro e 1.275.170 km<sup>2</sup> de áreas estáveis (77%). A faixa climática adequada em ambos os cenários climáticos, foi limitada à região meridional da América do Sul, sendo predominantemente uma área contínua. No cenário atual, essas áreas estão inseridas no Brasil, Paraguai, Bolívia, Uruguai e Argentina. Ao comparar a projeção do presente com a do futuro, observamos uma redução de áreas adequadas no Brasil, Bolívia e na Argentina (Fig. 7).

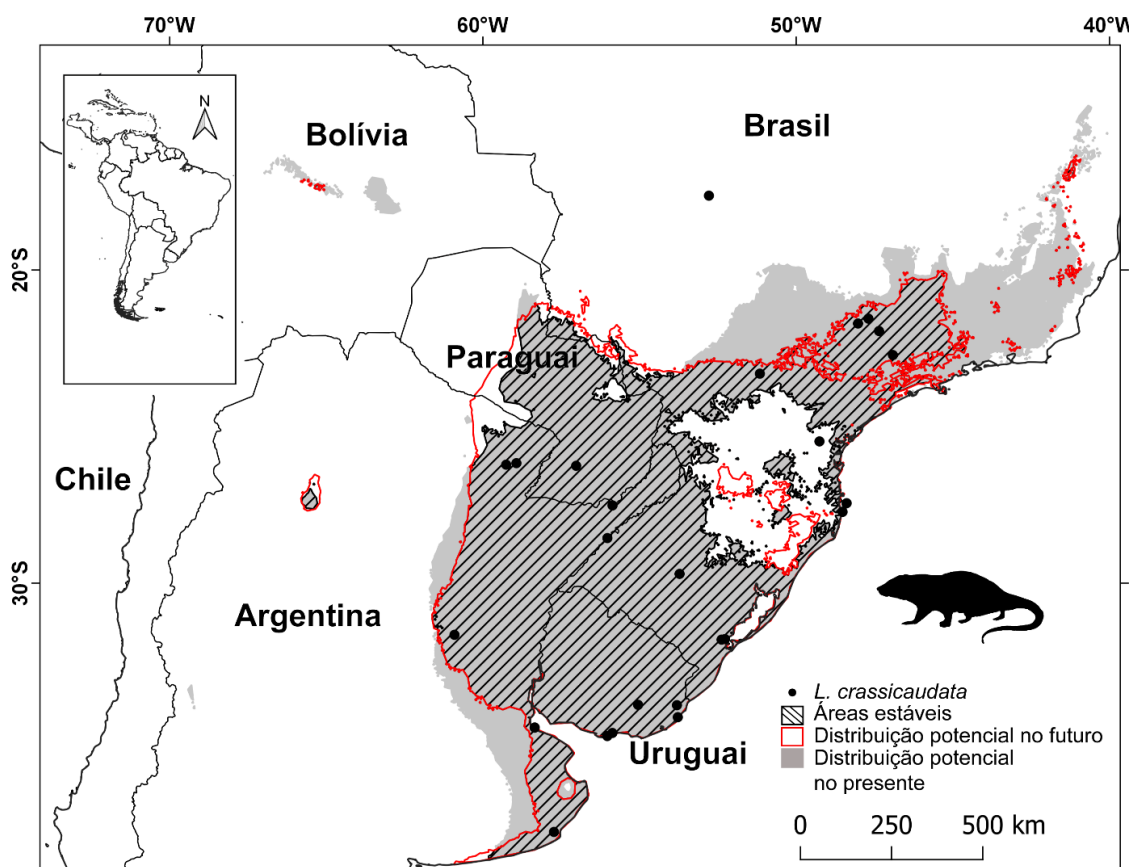


Fig. 7. Mapa consenso de distribuição potencial no cenário presente e no futuro de *L. crassicaudata*.

#### 5.4 Lacunas de conservação

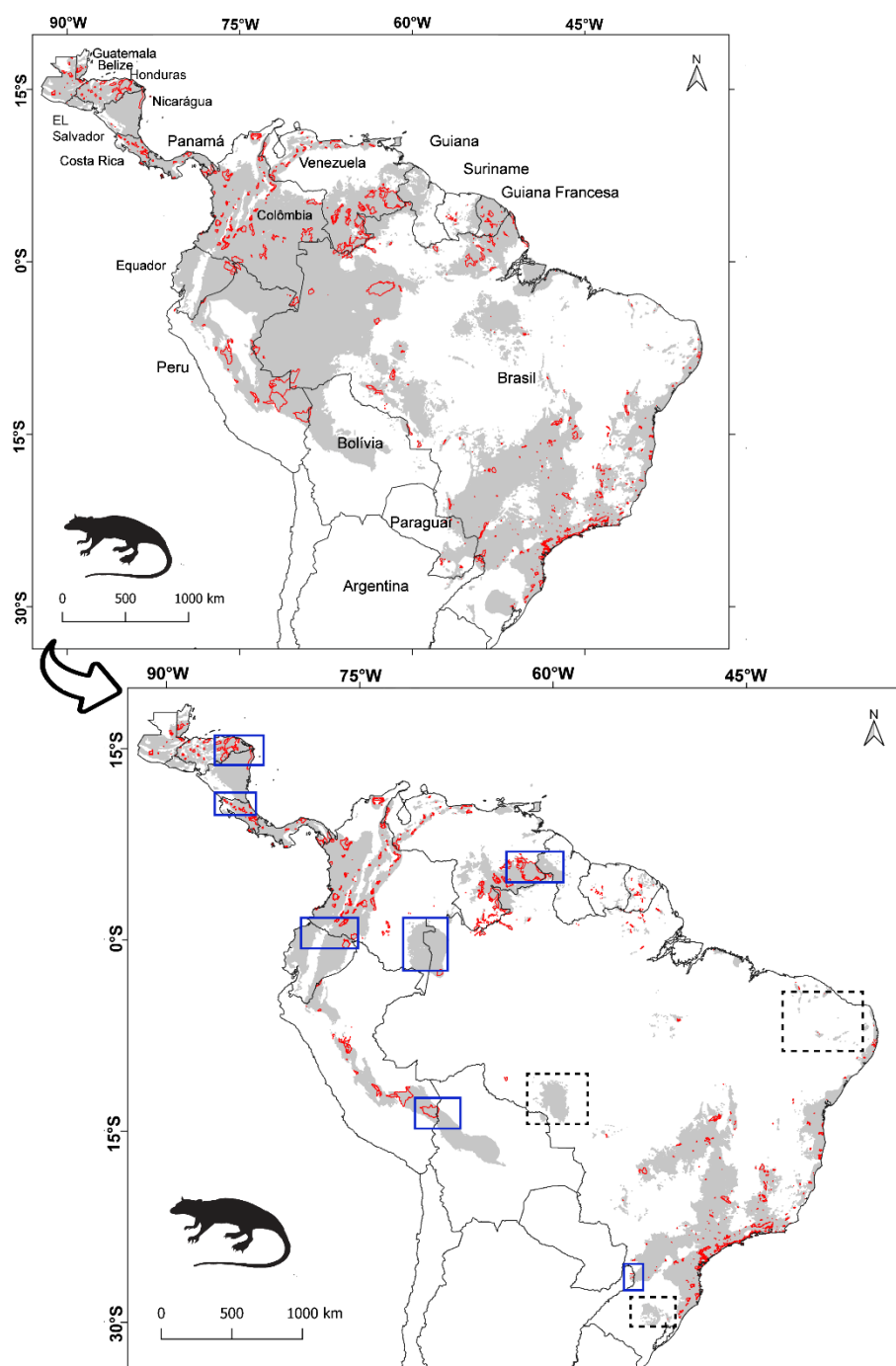
O atual sistema de UCPIs da América do Sul e Central, abrangiu 6.5% da distribuição potencial atual de *C. minimus*. No cenário futuro, a espécie seria protegida legalmente em 8.78% e nas áreas estáveis, em 7.6%. Em nível nacional, a Bolívia que

teve uma grande faixa de área estável, não apresentou UCPIs no cenário presente e no futuro. Embora o Equador, Nicarágua e El Salvador, tenham áreas adequadas, possuíram uma deficiência de UCPIs. Nas regiões sul, oeste e nordeste do Brasil, notamos machas isoladas e não cobertas por UCPIs.

Finalmente, existem grandes faixas de áreas estáveis interceptadas por fronteiras internacionais entre o nordeste da Argentina com Brasil, sudeste do Peru com Bolívia, noroeste do Brasil com Colômbia, leste da Venezuela com Guiana, leste de Honduras com Nicaragua, leste da Nicaragua com Costa Rica, e oeste da Colombia com Equador (Tabela 8 e Fig. 9).

**Tabela 6.** Cálculo de área para distribuição potencial de *C. minimus*, em km<sup>2</sup> e sua porcentagem (%), no presente e futuro, dentro de Unidades de Conservação. Apresentando o total da UCPIs para cada país, sua representatividade em diferentes cenários climáticos (\*), bem como na área total de distribuição potencial (\*\*) para fins de comparação.

País	Presente	%	Futuro	%	Área estável	%
Argentina	1.597	0.4	82	0.0	81.648	0.0
Belize	1.122	0.3	1.121	0.3	1.121	0.3
Brasil	106.554	28.5	36.830	9.8	35.168	9.4
Colômbia	49.058	13.1	31.834	8.5	7.072	1.9
Costa Rica	4.329	1.2	4.353	1.2	4.264	1.1
Equador	6.165	1.6	3.093	0.8	3.093	0.8
Guatemala	3.201	0.9	2.618	0.7	2.403	0.6
Guiana Francesa	3.641	1.0	1.315	0.4	1.315	0.4
Honduras	14.638	3.9	10.029	2.7	9.976	2.7
Nicarágua	113	0.0	35.81	0.0	35.81	0.0
Panamá	6.004	1.6	5.951	1.6	5.951	1.6
Peru	66.270	17.7	31.314	8.4	29.475	7.9
Paraguai	1.203	0.3	-	-	-	-
EL Salvador	4.442	0.0	-	-	-	-
Suriname	1.035	0.3	418	0.1	412	0.1
Venezuela	109.099	29.2	84.359	23	83931	22.4
*Total	374.033	100	213.352	57	184.299	49
**Total	5.788.466	6.5	2.429.249	8.78	2.409.249	7.6



**Fig. 7.** Mapa mostrando as Unidades de Conservação de Proteção Integral (vermelho) sobrepostas a faixa distribuição potencial (cinza) de *C. minimus* no cenário presente (esquerda) e nas áreas estáveis (direita). Os retângulos correspondem as áreas prioritárias para conservação transfronteiriça (azul) e de machas isoladas ou de baixa representatividade de UCPIs (preto tracejado).

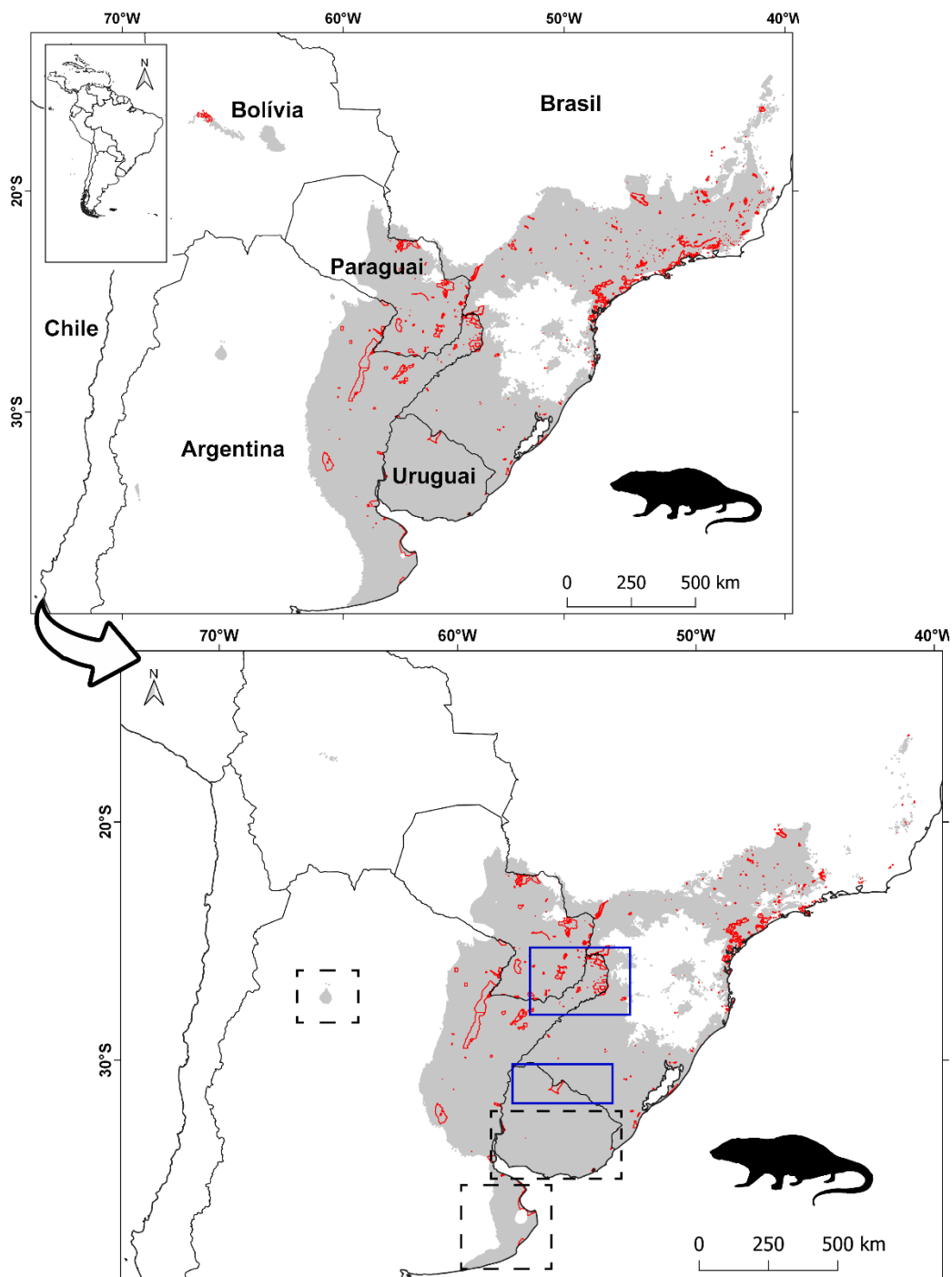
No cenário atual, apenas 4.74% das áreas climáticas adequadas para a distribuição potencial de *L. crassicaudata*, estiveram dentro de limites de UCPIs, agrupadas principalmente no sul e sudeste do Brasil e centro ao sul do Paraguai e

nordeste da Argentina. Essa condição de baixíssima proteção, foi projetada também para o futuro (4.05%) e nas áreas estáveis (3.32%). O Uruguai representou apenas 1.95% de proteção a espécie no cenário presente, ao passo que, mostrou-se um país com grande faixa de área estável. Até 2050, os países Bolívia e o Chile deixarão de abrigar essa espécie dentro de UCPIs. Observamos também manchas sem UCPIs similares entre fronteiras internacionais (Brasil e Uruguai) (Tabela 9 e Fig. 10).

**Tabela 7.** Cálculo de área para distribuição potencial de *L. crassicaudata*, em km<sup>2</sup> e sua porcentagem (%), no presente e futuro, dentro de Unidades de Conservação. Apresentando o total da UCPIs para cada país, sua representatividade em diferentes cenários climáticos (\*), bem como na área total de distribuição potencial (\*\*) para fins de comparação.

País	Presente	%	Futuro	%	Área estável	%
Argentina	19.329	24.48	16.432	26.57	13.437	31.75
Bolívia	854	1.08	-	-	-	-
Brasil	38.704	49.01	26.722	43.21	15.442	36.49
Chile	298	0.38	-	-	-	-
Paraguai	18.242	23.10	17.134	27.71	11.892	28.10
Uruguai	1.539	1.95	1.539	2.49	1.539	3.63
*Total	78.966	100	61.836	100	42.310	100
**Total	1.665.307	4.74	1.528.450	4.05	1.275.172	3.32





**Fig. 9.** Mapa mostrando as Unidades de Conservação de Proteção Integral (vermelho) sobrepostas a faixa distribuição potencial (cinza) de *L. crassicaudata* no cenário presente (esquerda) e nas áreas estáveis (direita). Os retângulos correspondem as áreas prioritárias para conservação transfronteiriça (azul) e de machas isoladas ou de baixa representatividade de UCPIs (preto tracejado).



## 6 DISCUSSÃO

### 6.1 Limitações climáticas

Segundo nossos modelos, *Chironectes minimus* apresentou uma distribuição potencial em áreas com alta variação na sazonalidade da temperatura e da precipitação (meridional e leste da América do Sul), com precipitação média anual  $< 100$  mm (norte da América do Sul) e com precipitação no mês mais seco  $\geq 60$  mm (América Central, região amazônica e meridional da América do Sul). Por outro lado, áreas que podem ser inadequadas para a manutenção de populações desta espécie, possuem média anual de temperatura  $< 18$  °C, invernos mais secos e baixa precipitação anual (domínio do Chaco e andes chilenos). Parte notável da distribuição de *L. crassicaudata*, especialmente a subespécie *L. c. crassicaudata*, parece estar presente em regiões com invernos mais secos, baixa precipitação anual e onde há uma grande variação sazonal da temperatura (meridional da América do Sul e domínio do Chaco). Enquanto regiões muito quentes e úmidas, ou muito quentes e com marcante sazonalidade da precipitação, são inadequadas para a presença da espécie, e.g. Amazônia e norte da América do Sul (ver mapa de clima em BECK et al., 2018). O baixo número de registros de ocorrência para a subespécie *L. c. turneri* (Guenther, 1879), distribuída ao norte da América do Sul, impossibilitou inferências sobre sua adequabilidade climática.

De fato, as variáveis de sazonalidade da temperatura e da precipitação parecem influenciar marcadamente na distribuição de *C. minimus* e *L. crassicaudata*, pois as espécies estão associadas a ambientes florestais e de corpos d'água. Em áreas mais secas anualmente, coincidindo com baixa proporção de cobertura florestal no Peru, Chile e Sul da Argentina, existe um único registro de presença de *C. minimus* e nenhum de *L. crassicaudata*. Além disso, é observada a ausência da última espécie no Nordeste do Brasil. É importante destacar que condições climáticas como as de temperatura média do trimestre mais frio e do mais quente (que também mostraram boas contribuições de previsão nos modelos), limitaram a distribuição de *C. minimus* e *L. crassicaudata* a regiões com mínima de 6°C.

## 6.2 Efeitos das mudanças climáticas e lacunas de proteção

Houve uma notável expansão de área de distribuição de *C. minimus*, no presente quando comparada à distribuição conhecida (PÉREZ-HERNANDEZ et al., 2016), especialmente na região amazônica e Nordeste do Brasil. Essa descoberta mostra a importância dessas novas áreas para futuros inventários da espécie. Dados obtidos nessas regiões podem nos fornecer informações valiosas sobre fatores que realmente limitam a distribuição de *C. minimus*. A distribuição predita para *L. crassicaudata* ficou mais limitada a sua distribuição efetiva (IUCN, 2016).

O pouco conhecimento sobre a taxonomia de uma determinada espécie, conhecido como lacuna Linneana (LOMOLINO et al. 2004; WHITTAKER ET AL. 2005), representa um sério problema com relação às estratégias de criação de Unidades de Conservação (BINI et al., 2006). É possível que isso se aplique à *Lutreolina* ao norte da América do sul, uma vez que a subespécie *L. c. turneri* pode vir a ser validada como espécie plena (MARTÍNEZ-LANFRANCO et al. 2014). Portanto, a escassez de conhecimento sobre a distribuição da subespécie (conhecida como lacuna Wallaceana) (LOMOLINO et al. 2004; WHITTAKER et al. 2005) associada ao baixo número de registros considerados válidos neste estudo, pode ter, em última instância, influenciado nossas análises. Os modelos gerados de distribuição potencial de *L. c. crassicaudata* na região meridional da América do Sul e as áreas prioritárias de conservação, talvez tenham sido reforçados pela baixa atribuição de valores de importância às variáveis climáticas da região ao norte do continente. Sobretudo, esses resultados são considerados suficientes para auxiliar no planejamento sistemático preliminar de implementação e manutenção das redes de UCPIs.

Ao considerar as variáveis bioclimáticas que limitam a distribuição potencial de *C. minimus* e *L. crassicaudata*, a Floresta Atlântica, Amazônica e o Cerrado são os ambientes mais adequados para as espécies. Entretanto, há uma acelerada conversão dessas florestas em resposta a pressões antrópicas (GONÇALVES-SOUZA; VERBURG; DOBROVOLSKI, 2020; HU; NIU; CHEN; LI et al., 2017). Imersas nas Ecorregiões citadas, estão os banhados e as florestas de galeria que servem como corredores primários e de dispersão para muitas de espécies de outros mamíferos e aves migratórias (BENNETT; NIMMO; RADFORD, 2014; DEVELEY; SETUBAL; DIAS; BENCKE, 2008; LEES; PERES, 2008). Esses ambientes estão

desaparecendo de maneira acelerada, causando o assoreamento dos rios e a poluição da água (BRANDON; FONSECA; RYLANDS; SILVA, 2005; LEES; PERES, 2008). LOYOLA; LEMES; FALEIRO; TRINDADE-FILHO et al. (2012) avaliaram a perda de condições climáticas adequadas para marsupiais no Brasil. Seus resultados revelaram que esse grupo pode perder uma extensa área climática adequada dentro de sua extensão de distribuição até o ano de 2050. Nossas análises sustentam que grande parte das áreas de distribuição potencial de *C. minimus* e *L. crassicaudata* com previsão de perda, coincidem com os pontos críticos de espécies vulneráveis às mudanças climáticas, como a Mesoamérica, a Bacia Amazônica e Centro da América do Sul (PACIFICI; FODEN; VISCONTI; WATSON et al., 2015). E cobre países em desenvolvimento, onde prevê-se que a perda da biodiversidade é severa (SAYRE; KARAGULLE; FRYE; BOUCHER et al., 2020). Combinado à degradação de ambientes aquáticos, especialmente nos trópicos, a mudança do clima é um desafio para o atual sistemas de UCs (CHAPE; HARRISON; SPALDING; LYSENKO, 2005).

Embora *L. crassicaudata* não perca uma grande área adequada dentro de sua faixa geográfica, uma parcela crítica dessas áreas estará localizada fora de UCPIs, especialmente no Uruguai. Isso se deve, provavelmente, à atual ausência de proteção legal de ambientes aquáticos lênticos, como os banhados. No entanto, ressaltamos que, esses ambientes possuem características específicas e são de relevante importância para conservação de espécies associadas a eles (DE MEESTER; DECLERCK; STOKS; LOUETTE et al., 2005). Alguns trabalhos com répteis, aves e mamíferos corroboraram com nossos resultados, pois sugerem a redução de áreas protegidas no futuro para esses grupos (CORBALÁN; TOGNELLI; SCOLARO; ROIG-JUÑENT, 2011; LEMES; LOYOLA, 2013; MARINI; BARBET-MASSIN; LOPES; JIGUET, 2009; RAMIREZ-VILLEGAS; CUESTA; DEVENISH; PERALVO et al., 2014; ZIMBRES; DE AQUINO; MACHADO; SILVEIRA et al., 2012).

De acordo com nossos resultados, o atual sistema de UCPIs, será insuficiente também para proteger *C. minimus* no cenário futuro de mudanças climáticas. Detectamos lacunas de proteção localizadas principalmente na Bolívia, Nicarágua, Suriname, Belize, Guiana Francesa, Guatemala e Equador. Esse quadro é crítico para a espécie que apresenta áreas climaticamente estáveis em baixo número e, com base nos nossos resultados, a maioria delas é pequena e fragmentada. A permanência de *C. minimus* de maneira isolada pode ser inviável ou até mesmo provocar o deslocamento da espécie para outras regiões (DE CASTRO; FERNANDEZ, 2004;

FAHRIG, 2003). Consequentemente, interações bióticas podem ser perdidas, tornando um desafio para as espécies que permanecerão em ambientes aquáticos lênticos e que dependem dessas interações (WIENS; SEAVY; JONGSOMJIT, 2011). Da mesma forma, a perda de fluxo entre populações de *C. minimus* pode diminuir a variabilidade genética entre esses grupos (GALLIEZ; DE SOUZA LEITE; QUEIROZ; DOS SANTOS FERNANDEZ, 2009).

Nossos modelos sugerem que algumas UCPIs perderão completamente condições climáticas adequadas para ambas as espécies, particularmente as presentes na região amazônica para *C. minimus* e outras na Bolívia para *L. crassicaudata*. Nessas áreas, o manejo das espécies deve ser considerado prioridade com a finalidade de acompanhar os efeitos da mudança no clima em suas distribuições. Sobretudo, em sua maioria, as UCPIs pequenas e associadas a ambientes severamente fragmentados poderão não assegurar populações viáveis das espécies de *C. minimus* e *L. crassicaudata* em longo prazo, mesmo com as condições climáticas adequadas (MACKEY; WATSON; HOPE; GILMORE, 2008; PERES; VERCILLO; DE SOUZA DIAS, 2011). Isto porque populações em ambientes aquáticos estariam sujeitas a flutuações extremas devido as secas prolongadas, por exemplo. Tais UCPIs que se sobrepõem a áreas estáveis, devem ser estrategicamente redesenhadas quanto aos seus limites e conectividades por meio da implementação/manutenção de corredores ecológicos. São destaques para essas iniciativas, Brasil (*C. minimus*), Argentina e Uruguai (*L. crassicaudata*) (Fig. 9 e 10).

Observamos o potencial isolamento de áreas estáveis para as duas espécies, não protegidas por UCPIs através de fronteiras internacionais. Estudos recentes mostraram a importância da conectividade das áreas protegidas que ultrapassam fronteiras internacionais (transboundary protected areas), sendo consideradas regiões mais importantes para esforços de conservação nas Américas (DUDLEY; GROVES; REDFORD; STOLTON, 2014; THORNTON; BRANCH; MURRAY, 2020). O corredor Biológico Mesoamericano (HILTY, 2012) e o projeto transfronteiriço implementado na região ameaçada do Gran Chaco ([https://www.wwf.org.py/que\\_hacemos/proyectos/p\\_acha/](https://www.wwf.org.py/que_hacemos/proyectos/p_acha/)), são dois bons exemplos desse tipo de política de conservação. Áreas protegidas transfronteiriças podem favorecer países como Bolívia e Paraguai onde são escassos os recursos para conservação da biodiversidade (IBISCH, 2005; NAIDOO; RICKETTS, 2006). Bem como, proporcionar o deslocamento sob proteção legal e a adaptação das espécies em caso de alterações em suas faixas de

distribuição sob os efeitos das mudanças climáticas (WEGMANN; SANTINI; LEUTNER; SAFI et al., 2014). Tais benefícios poderão ser sentidos não só pelas espécies aqui estudadas, mas por toda biodiversidade dependente do mesmo habitat. Observando nossos modelos, o agrupamento de UCPIs entre fronteiras internacionais, para *C. minimus*, pode acontecer além dos limites geopolíticos do Brasil e Colômbia, Venezuela e Guiana, Honduras e Nicaraguá, Nicaraguá e Costa Rica, e Colômbia e Equador. Da mesma maneira, para *L. crassicaudata* entre as fronteiras da Paraguai com a Argentina e com o Brasil, e Uruguai e Brasil (Fig. 9 e 10).

Tomadas de decisão bem direcionadas têm implicações importantes para a conservação de *C. minimus* e *L. crassicaudata*. Espécies que têm pequenos intervalos de área de vida (GALLIEZ; DE SOUZA LEITE; QUEIROZ; DOS SANTOS FERNANDEZ, 2009) e com alta especificidade de habitats raros, como as aqui estudadas, tendem a ser mais vulneráveis a eventos adversos. Isso resulta na conhecida relação negativa entre o tamanho do intervalo de ocorrência das espécies e seu risco de extinção (GASTON, 2003). De tal modo, iniciativas conservacionistas darão suportes para futuros estudos sistemáticos e biogeográficos, podendo sanar lacunas Wallaceana e Linneana (LOMOLINO; SAX; BROWN, 2004; WHITTAKER; ARAÚJO; JEPSON; LADLE et al., 2005). Entidades subespecíficas de *L. crassicaudata* ao norte da América do Sul são ainda motivo de controvérsia, e novas amostragens e análises moleculares poderão resolver (MARTÍNEZ-LANFRANCO; FLORES; JAYAT; D'ELIA, 2014). Enquanto para *C. minimus*, DAMASCENO e ASTÚA (2016) sugerem uma possível distribuição disjunta com diferentes subespécies ao Norte e ao Sul da América do Sul. Essas lacunas de conhecimento (Wallaceana e Lineana) exigem um maior cuidado nas ações conservacionistas, portanto, deveriam ser consideradas nos projetos de Áreas Protegidas (BINI et al., 2006).

### **6.3 Soluções sugeridas**

Á luz de todas questões que apresentamos aqui, sugerimos os seguintes esforços e prioridades nos planos de conservação para *C. minimus* e *L. crassicaudata*, considerando em particular, as lacunas Wallaceana e Lineana associadas a *L. c. turneri* ao norte da América do Sul:

- i) Incluir os ambientes aquáticos lênticos como prioridade para conservação, não apenas para nossas espécies focais, mas também para o benefício de todo o ecossistema e sua biodiversidade;
- ii) Desenvolver estudos com outras espécies dependentes de ambientes aquáticos para validar nossos resultados;
- iii) Transpor fronteiras internacionais na criação e conectividade de UCPIs entre países que compartilham ecossistemas semelhantes;
- iv) Criar novas UCPIs dentro de áreas adequadas e estáveis para a distribuição potencial das espécies e onde há poucas ou nenhuma UCPI;
- v) Manter e expandir, sempre que possível, as UCPIs existentes, com foco particular naquelas que estão efetivamente conservando a biodiversidade diante das mudanças climáticas;
- vi) Monitorar, antecipadamente, as áreas com previsão de fortes mudanças climáticas para permitir tomadas de decisão pontuais;
- vii) Utilizar as duas espécies como indicadores de mudança climática em UCPIs em áreas inadequadas no cenário futuro;
- viii) Implementar corredores ecológicos ligando fragmentos, bem como UCPIs isoladas inseridas em áreas estáveis ao longo da distribuição geográfica potencial de *C. minimus* e *L. crassicaudata*.

## 7 CONCLUSÕES

Nossos modelos de distribuição potencial de *C. minimus* e *L. crassicaudata* inferem que seus ambientes aquáticos são de extrema importância para conservação, mas atualmente recebem pouca proteção. Essa situação pode piorar, pois prevemos que o atual sistema de UCPIs, não abrigará muitas dessas áreas para *C. minimus* e *L. crassicaudata* ao longo do tempo. A mudança climática é um grande fator influenciador do risco de extinção de *C. minimus* (nos países Brasil e Colômbia) e de *L. crassicaudata* (Argentina, Paraguai e Bolívia). Nossos resultados previram que as áreas climaticamente adequadas para as espécies serão drasticamente reduzidas. Assim, estudos futuros com organismos que compõem as comunidades ecológicas de nossas espécies-alvo, são desejáveis, a fim de priorizar o planejamento e implementação de UCPIs em áreas estáveis. Ao mesmo tempo, recomendamos a

promoção da conectividade entre remanescentes de áreas adequadas climaticamente, entre UCPIs em níveis nacional e, a criação de UCPIs internacionais, através de ações de conservação transfronteiriça. Incentivamos o planejamento de novas UCPIs em locais onde os modelos de mudança climática sugerem relativa ênfase ecológica, bem como a criação de UCPIs que abrigam mais ambientes aquáticos em todo o mundo. Por fim, sugerimos inventários específicos para *C. minimus* na Bolívia, Brasil, Guiana, Paraguai e Peru. E para *L. crassicaudata* na Argentina, Brasil, Bolívia, Colômbia, Paraguai e Venezuela, de modo a preencher as lacunas Wallacianas e Lineanas observadas neste estudo.

**Financiamento:** Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## 8 REFERÊNCIAS

- ACOSTA, L.; AZURDUY, F. J. K. Nuevos Registros y apuntes sobre la carachupa de agua *Chironectes minimus*, en Los Valles Cruceños (Bolivia). 5, n. 1, p. 83-89, 2009.
- ALLOUCHE, O.; TSOAR, A.; KADMON, R. J. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). 43, n. 6, p. 1223-1232, 2006. Doi: 10.1111/j.1365-2664.2006.01214.x.
- ANCIÃES, M.; PETERSON, A. T. Climate change effects on neotropical manakin diversity based on ecological niche modeling. 108, n. 4, p. 778-791, 2006. Doi: 10.1093/condor/108.4.778.
- ARAÚJO, M. B.; CABEZA, M.; THUILLER, W.; HANNAH, L. et al. Would climate change drive species out of reserves? An assessment of existing reserve-selection methods. 10, n. 9, p. 1618-1626, 2004.
- ARAÚJO, M. B.; GUIBAN, A. Five (or so) challenges for species distribution modelling. 33, n. 10, p. 1677-1688, 2006. Doi: 10.1111/j.1365-2699.2006.01584.x.
- ARAÚJO, M. B.; NEW, M. J. T; EVOLUTION. Ensemble forecasting of species distributions. 22, n. 1, p. 42-47, 2007.
- BACHMAN, S.; MOAT, J.; HILL, A. W.; DE LA TORRE, J. Supporting Red List threat assessments with GeoCAT: geospatial conservation assessment tool. n. 150, p. 117, 2011.

- BECK, H. E., ZIMMERMANN, N. E., MCVICAR, T. R., VERGOPOLAN, N., BERG, A.; WOOD, E. F. Present and future Koppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific data*, 5, 180214, 2018.
- BENNETT, A. F.; NIMMO, D. G.; RADFORD, J. Q. J. J. o. a. e. Riparian vegetation has disproportionate benefits for landscape-scale conservation of woodland birds in highly modified environments. 51, n. 2, p. 514-523, 2014.
- BORNSCHEIN, M.; REINERT, B. Acrescido de marinha em Pontal do Paraná: uma área a ser conservada para a manutenção das aves dos campos e banhados do litoral do Paraná, sul do Brasil. 875-889, 1997.
- BRANDÃO, M. V.; GARBINO, G. S. T.; GODOY, L. P.; DA SILVA, L. A. *et al.* New records of *Chironectes minimus* (Zimmermann, 1870)(Didelphimorphia, Didelphidae) from central Brazil, with comments on its distribution pattern. 79, n. 3, p. 363-368, 2015.
- BRANDON, K.; FONSECA, G. d.; RYLANDS, A. B.; SILVA, J. d. J. M. Conservação brasileira: desafios e oportunidades. 1, n. 1, p. 7-13, 2005.
- BREIMAN, L. J. M. I. Random forests. 45, n. 1, p. 5-32, 2001.
- BROWN, B. E. Atlas of new world marsupials. 2004.
- BRUNER, A. G.; GULLISON, R. E.; RICE, R. E.; DA FONSECA, G. A. Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. 291, n. 5501, p. 125-128, 2001.
- BURROWS, M. T.; SCHOEMAN, D. S.; RICHARDSON, A. J.; MOLINOS, J. G. Geographical limits to species-range shifts are suggested by climate velocity. 507, n. 7493, p. 492-495, 2014.
- CÁCERES, N. C; GHIZONI, I. R; GRAIPEL, M. E. Diet of two marsupials, *Lutreolina crassicaudata* and *Micoureus demerarae*, in a coastal Atlantic Forest island of Brazil. 66, n. 3, p. 331-340, 2002.
- CHAPE, S.; HARRISON, J.; SPALDING, M.; LYSENKO, I. J. Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. 360, n. 1454, p. 443-455, 2005.
- CHAPMAN, A. D.; MUÑOZ, M. E.; KOCH, I. J. Environmental information: placing biodiversity phenomena in an ecological and environmental context. 2005.
- COLLINS, W.; BELLOUIN, N.; DOUTRIAUX-BOUCHER, M.; GEDNEY, N. Development and evaluation of an Earth-System model—HadGEM2. 4, n. 2, p. 997-1062, 2011.
- COLLOFF, M. J.; LAVOREL, S.; VAN KERKHOFF, L. E.; WYBORN, C. A. Transforming conservation science and practice for a postnormal world. 31, n. 5, p. 1008-1017, 2017. Doi: 10.1111/cobi.12912.
- CORBALÁN, V.; TOGNELLI, M. F.; SCOLARO, J. A.; ROIG-JUÑENT, S. A. J. Lizards as conservation targets in Argentinean Patagonia. 19, n. 1, p. 60-67, 2011.
- DA SILVA, M. X.; PAVIOLO, A.; TAMBOSI, L. R.; PARDINI, R. J. Effectiveness of Protected Areas for biodiversity conservation: Mammal occupancy patterns in the Iguaçu National Park, Brazil. 41, p. 51-62, 2018. Doi: 10.1016/j.jnc.2017.11.001.



- DAMASCENO, E. M.; ASTÚA, D. Geographic variation in cranial morphology of the Water Opossum *Chironectes minimus* (Didelphimorphia, Didelphidae). 81, n. 4, p. 380-392, 2016. Doi: 10.1016/j.mambio.2016.02.001.
- DE CASTRO, E. B. V.; FERNANDEZ, F. A. Determinants of differential extinction vulnerabilities of small mammals in Atlantic forest fragments in Brazil. 119, n. 1, p. 73-80, 2004.
- DE MARCO JÚNIOR, P.; SIQUEIRA, M. J. M. Como determinar a distribuição potencial de espécies sob uma abordagem conservacionista. 5, n. 1-2, p. 65-76, 2009.
- DE MEESTER, L.; DECLERCK, S.; STOKS, R.; LOUETTE, G. Ponds and pools as model systems in conservation biology, ecology and evolutionary biology. 15, n. 6, p. 715-725, 2005.
- DEVELEY, P. F.; SETUBAL, R. B.; DIAS, R. A.; BENCKE, G. A. Conservação das aves e da biodiversidade no bioma Pampa aliada a sistemas de produção animal. 16, n. 4, p. 308-315, 2008.
- DUDLEY, N.; GROVES, C.; REDFORD, K. H.; STOLTON, S. Where now for protected areas? Setting the stage for the 2014 World Parks Congress. 48, n. 4, p. 496-503, 2014. Doi: 10.1017/S0030605314000519.
- EISENBERG, J. F.; REDFORD, K. H. Mammals of the Neotropics, Volume 3: Ecuador, Bolivia, Brazil. University of Chicago Press, 1989. 0226195422.
- ELSEN, P. R.; TINGLEY, M. W. Global mountain topography and the fate of montane species under climate change. 5, n. 8, p. 772-776, 2015.
- EMMONS, L.; FEER, F. Neotropical rainforest mammals: a field guide. 1997.
- FAHRIG, L. J. Evolution Systematics. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. 34, n. 1, p. 487-515, 2003.
- FIELDING, A. H.; BELL, J. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. 24, n. 1, p. 38-49, 1997.
- FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. 28, n. 2, p. 101-101, 1998.
- FLATO, G. M. Earth system models: an overview. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, v. 2, n. 6, p. 783-800, 2011. Doi: 10.1002/wcc.148.
- FLORES, D. & MARTIN, G.M. 2016. *Lutreolina crassicaudata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T40503A22175337. Doi: 10.2305/IUCN.UK.20162.RLT.S.T40503A22175337.en. Downloaded on 28 July 2020.
- GALLIEZ, M.; DE SOUZA LEITE, M.; QUEIROZ, T. L.; DOS SANTOS FERNANDEZ, F. A. J. J. o. M. Ecology of the water opossum *Chironectes minimus* in Atlantic forest streams of southeastern Brazil. 90, n. 1, p. 93-103, 2009. Doi: 10.1644/07-MAMM-A-397.1.
- GIANNINI, T. C.; SIQUEIRA, M. F.; ACOSTA, A. L.; BARRETO, F. C. Current challenges of species distribution predictive modelling. 63, n. 3, p. 733-749, 2012.

- GONÇALVES-SOUZA, D.; VERBURG, P. H.; DOBROVOLSKI, R. Habitat loss, extinction predictability and conservation efforts in the terrestrial ecoregions. 246, p. 108579, 2020. Doi: 10.1016/j.biocon.2020.108579.
- GUISAN, A.; THUILLER, W. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. 8, n. 9, p. 993-1009, 2005.
- GUTIÉRREZ, E. E.; HEMING, N. M.; PENIDO, G.; DALPONTE, J. Climate change and its potential impact on the conservation of the Hoary Fox, *Lycalopex vetulus* (Mammalia: Canidae). 98, n. 1, p. 91-101, 2019.
- HANNAH, L.; MIDGLEY, G.; ANDELMAN, S.; ARAÚJO, M. Protected area needs in a changing climate. 5, n. 3, p. 131-138, 2007.
- HANNAH, L.; MIDGLEY, G.; HUGHES, G.; BOMHARD, B. The view from the Cape: extinction risk, protected areas, and climate change. 55, n. 3, p. 231-242, 2005.
- HAO, T.; ELITH, J.; LAHOZ-MONFORT, J. J.; GUILLERA-ARROITA, G. Testing whether ensemble modelling is advantageous for maximising predictive performance of species distribution models. 2020. Doi: 10.1111/ecog.04890.
- HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R.; BUJA, A. Flexible discriminant analysis by optimal scoring. 89, n. 428, p. 1255-1270, 1994.
- HERSHKOVITZ, P. Composition of the family Didelphidae Gray, 1821 (Didelphoidea: Marsupialia). 1997.
- HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. 25, n. 15, p. 1965-1978, 2005.
- HILTY, J. A. Climate and conservation: landscape and seascape science, planning, and action. Island Press, 2012. 1610912039.
- HU, S.; NIU, Z.; CHEN, Y.; LI, L. Global wetlands: Potential distribution, wetland loss, and status. 586, p. 319-327, 2017. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.02.001.
- IBISCH, Pierre L. Biodiversity conservation in Bolivia: History, trends and challenges. In: Environmental Issues in Latin America and the Caribbean. Springer, Dordrecht, 2005. p. 55-71.
- IUCN, T. W. C. U., Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, de los Recursos Naturales. Categorías y criterios de la Lista Roja de la UICN. Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN., e IUCN Species Survival Commission 3.1, 2001.
- JACKSON, S. T.; SAX, D. F. Balancing biodiversity in a changing environment: extinction debt, immigration credit and species turnover. 25, n. 3, p. 153-160, 2010.
- JUFFE-BIGNOLI, D.; BURGESS, N. D.; BINGHAM, H.; BELLE, E. Protected planet report 2014. 11, 2014.
- KLEIN, C. J.; BROWN, C. J.; HALPERN, B. S.; SEGAN, D. B. Shortfalls in the global protected area network at representing marine biodiversity. 5, p. 17539, 2015.
- LACERDA, P. O. Modelagem da distribuição geográfica atual e futura de *Guerlinguetus* (Rodentia, Sciuridae) no Brasil. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas–Biologia Animal) Universidade.

- LANGHAMMER, P. F.; BAKARR, M. I.; BENNUN, L.; BROOKS, T. M. Identification and gap analysis of key biodiversity areas: targets for comprehensive protected area systems. IUCN, 2007.
- LAWLER, J. J.; WIERSMA, Y. F.; HUETTMANN, F. Using species distribution models for conservation planning and ecological forecasting. *In: Predictive species and habitat modeling in landscape ecology*: Springer, p. 271-290, 2011.
- LEES, A. C.; PERES, C. A. Conservation value of remnant riparian forest corridors of varying quality for Amazonian birds and mammals. 22, n. 2, p. 439-449, 2008. Doi: 10.1111/j.1523-1739.2007.00870.x.
- LEITE, M.; GALLIEZ, M.; QUEIROZ, T.; LIMA, D. O gambá d'água como espécie guarda-chuva para a conservação da fauna associada a rios de Mata Atlântica. RJ Technical Report., Available at: <http://www.fundacaogrupoboticario.org>. 2009.
- LEMES, P.; LOYOLA, R. D. J. P. o. Accommodating species climate-forced dispersal and uncertainties in spatial conservation planning. 8, n. 1, 2013.
- LOARIE, S. R.; DUFFY, P. B.; HAMILTON, H.; ASNER, G. P. The velocity of climate change. 462, n. 7276, p. 1052-1055, 2009.
- LOBO, J. M.; TOGNELLI, M. F. J. Exploring the effects of quantity and location of pseudo-absences and sampling biases on the performance of distribution models with limited point occurrence data. 19, n. 1, p. 1-7, 2011. Doi: 10.1016/j.jnc.2010.03.002.
- LOMOLINO, M. V.; SAX, D. F.; BROWN, J. H. Foundations of biogeography: classic papers with commentaries. University of Chicago Press, 2004.
- LÓPEZ-HOFFMAN, L.; VARADY, R. G.; FLESSA, K. W.; BALVANERA, P. Ecosystem services across borders: a framework for transboundary conservation policy. 8, n. 2, p. 84-91, 2010. Doi: 10.1890/070216.
- LOYOLA, R. D.; LEMES, P.; FALEIRO, F. V.; TRINDADE-FILHO, J. Severe loss of suitable climatic conditions for marsupial species in Brazil: challenges and opportunities for conservation. 7, n. 9, 2012. Doi: 10.1371/journal.pone.0046257.
- LOYOLA, R. D.; LEMES, P.; NABOUT, J. C.; TRINDADE-FILHO, J. A straightforward conceptual approach for evaluating spatial conservation priorities under climate change. 22, n. 2, p. 483-495, 2013.
- MACKEY, B. G.; WATSON, J. E.; HOPE, G.; GILMORE, S. J. Climate change, biodiversity conservation, and the role of protected areas: an Australian perspective. 9, n. 3-4, p. 11-18, 2008.
- MAIORANO, L.; CHIAVERINI, L.; FALCO, M.; CIUCCI, P. Combining multi-state species distribution models, mortality estimates, and landscape connectivity to model potential species distribution for endangered species in human dominated landscapes. 237, p. 19-27, 2019.
- MARINI, M. Â.; BARBET-MASSIN, M.; LOPES, L. E.; JIGUET, F. Major current and future gaps of Brazilian reserves to protect Neotropical savanna birds. 142, n. 12, p. 3039-3050, 2009.
- MARSHALL, L. G. J. M. S. *Chironectes minimus*. n. 109, p. 1-6, 1978.

- MARTÍNEZ-LANFRANCO, J. A.; FLORES, D.; JAYAT, J. P.; D'ELIA, G. new species of lutrine opossum, genus *Lutreolina* Thomas (Didelphidae), from the South American Yungas. 95, n. 2, p. 225-240, 2014. Doi: 10.1644/13-MAMM-A-246.
- MIDGLEY, G.; HANNAH, L.; MILLAR, D.; RUTHERFORD, M. Assessing the vulnerability of species richness to anthropogenic climate change in a biodiversity hotspot. 11, n. 6, p. 445-451, 2002.
- NAIDOO, ROBIN; RICKETTS, TAYLOR H. Mapping the economic costs and benefits of conservation. PLoS Biol, v. 4, n. 11, p. 360, 2006. Doi: 10.1371/journal.pbio.0040360.
- NAVARRO-RACINES, C.; TARAPUES, J.; THORNTON, P.; JARVIS, A. High-resolution and bias-corrected CMIP5 projections for climate change impact assessments. 7, n. 1, p. 1-14, 2020. Doi: 10.6084/m9.figshare.11353664.
- PACIFICI, M.; FODEN, W. B.; VISCONTI, P.; WATSON, J. Assessing species vulnerability to climate change. 5, n. 3, p. 215-224, 2015.
- PARMESAN, C.; RYRHOLM, N.; STEFANESCU, C.; HILL, J. Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. 399, n. 6736, p. 579-583, 1999.
- PEARCE, J. L.; BOYCE, M. Modelling distribution and abundance with presence-only data. 43, n. 3, p. 405-412, 2006. Doi: 10.1111/j.1365-2664.2005.01112.x.
- PEDUZZI, P.; CONCATO, J.; KEMPER, E.; HOLFORD, T. R. A simulation study of the number of events per variable in logistic regression analysis. 49, n. 12, p. 1373-1379, 1996.
- PÉREZ-HERNANDEZ, R., BRITO, D., TARIFA, T., CÁCERES, N., LEW, D; SOLARI, S. 2016. *Chironectes minimus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20161.RLTS.T4671A22173467.e> n. Downloaded on 28 July 2020.
- PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. 190, n. 3-4, p. 231-259, 2006. Doi: 10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026.
- PRESSEY, R. L.; CABEZA, M.; WATTS, M. E.; COWLING, R. Conservation planning in a changing world. 22, n. 11, p. 583-592, 2007.
- PRIETO-TORRES, D. A.; PINILLA-BUITRAGO, G. J. Estimating the potential distribution and conservation priorities of *Chironectes minimus* (Zimmermann, 1780) (Didelphimorphia: Didelphidae). 8, n. 2, p. 131-144, 2017. Doi: 10.12933/therya-17-478.
- RAMIREZ-VILLEGAS, J.; CUESTA, F.; DEVENISH, C.; PERALVO, M. Using species distributions models for designing conservation strategies of Tropical Andean biodiversity under climate change. 22, n. 5, p. 391-404, 2014.
- REGIDOR, H. A.; GOROSTIAGUE, M.; SUHRING, S. Classes de reprodução e idade dentária do pequeno gambá de água (*Lutreolina crassicaudata*) em Buenos Aires, Argentina. Revista de Biología Tropical, 47, p. 271-272, 1999.

- REIS, A. C. Clima da caatinga. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 48, p. 325-335, 1976.
- REIS, N.; PERACCHI, A.; PEDRO, W.; LIMA, I. *Mamíferos do Brasil*. p. 437 Londrina, 2006.
- RODRIGUES, A. S.; ANDELMAN, S. J.; BAKARR, M. I.; BOITANI, L. Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature*, v. 428, n. 6983, p. 640-643, 2004. Doi: 10.1038/nature02422.
- ROMÁN-PALACIOS, C.; WIENS, J. Recent responses to climate change reveal the drivers of species extinction and survival. 117, n. 8, p. 4211-4217, 2020. Doi: 10.1073/pnas.1913007117.
- ROOT, T. L.; PRICE, J. T.; HALL, K. R.; SCHNEIDER, S. H. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. 421, n. 6918, p. 57-60, 2003.
- ROSENZWEIG, C.; KAROLY, D.; VICARELLI, M.; NEOFOTIS, P. Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. 453, n. 7193, p. 353-357, 2008. Doi: 10.1038/nature06937.
- SAYRE, R.; KARAGULLE, D.; FRYE, C.; BOUCHER, T. et al. An assessment of the representation of ecosystems in global protected areas using new maps of World Climate Regions and World Ecosystems. 21, p. e00860, 2020. Doi: 10.1016/j.gecco.2019.e00860.
- SEGURADO, P.; ARAUJO, M. An evaluation of methods for modelling species distributions. 31, n. 10, p. 1555-1568, 2004.
- SHABANI, F.; KUMAR, L.; AHMADI, M. Assessing accuracy methods of species distribution models: AUC, specificity, sensitivity and the True Skill Statistic. 18, n. 1, 2018.
- SIQUEIRA, T.; PADIAL, A. A.; BINI, L. Mudanças climáticas e seus efeitos sobre a biodiversidade: um panorama sobre as atividades de pesquisa. 5, n. 1-2, p. 17-26, 2009.
- SOARES-FILHO, B. S.; RODRIGUES, H. O.; COSTA, W. J. Minas Gerais. Modeling environmental dynamics with Dinamica EGO. 115, 2009.
- SOBERÓN, J. Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. 10, n. 12, p. 1115-1123, 2007. Doi: 10.1111/j.1461-0248.2007.01107.x.
- SOMENZARI, M.; AMARAL, P. P. d.; CUETO, V. R.; GUARALDO, A. d. C. et al. An overview of migratory birds in Brazil. 58, 2018. Doi: 10.11606/1807-0205/2018.58.03.
- STREILEIN, K. E. J. Behavior, ecology, and distribution of South American marsupials. 6, p. 231-250, 1982.
- TEAM, Q. D. QGIS geographic information system. Open source geospatial foundation project. 2015.
- TEAM, R. J. I., BOSTON, MA. RStudio: integrated development for R. RStudio. 639, p. 640, 2015.

THORNTON, D.; BRANCH, L.; MURRAY, D. J. E. A. Distribution and connectivity of protected areas in the Americas facilitates transboundary conservation. 30, n. 2, p. e02027, 2020. Doi: 10.1002/eap.2027.

TOCCHET, C. d. B. Análise da distribuição de pequenos mamíferos (Didelphimorphia, Rodentia): uma abordagem biogeográfica do Cerrado. 2013.

TORRES, R.; JAYAT, J. P.; PACHECO, S. J. M. B. Modelling potential impacts of climate change on the bioclimatic envelope and conservation of the Maned Wolf (*Chrysocyon brachyurus*). 78, n. 1, p. 41-49, 2013. Doi: 10.1016/j.mambio.2012.04.008.

URBAN, M. C. J. S. Accelerating extinction risk from climate change. 348, n. 6234, p. 571-573, 2015. Doi: 10.1126/science.aaa4984.

VANDERWAL, J.; SHOO, L. P.; JOHNSON, C. N.; WILLIAMS, S. E. J. T. A. N. Abundance and the environmental niche: environmental suitability estimated from niche models predicts the upper limit of local abundance. 174, n. 2, p. 282-291, 2009. Doi: 10.1086/600087.

VELOZ, S. D. Spatially autocorrelated sampling falsely inflates measures of accuracy for presence-only niche models. 36, n. 12, p. 2290-2299, 2009. Doi: 10.1111/j.1365-2699.2009.02174.x.

WALKER, E. P. Mammals of the World. Johns Hopkins Press, 2nd, p. 1500 pp, 1968.

WALLER, N. L.; GYNTHNER, I. C.; FREEMAN, A. B.; LAVERY, T. H. *et al.* The Bramble Cay melomys *Melomys rubicola* (Rodentia: Muridae): a first mammalian extinction caused by human-induced climate change? 44, n. 1, p. 9-21, 2017. Doi: 10.1071/WR16157.

WARREN, M.; HILL, J.; THOMAS, J.; ASHER, J. *et al.* Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. 414, n. 6859, p. 65-69, 2001. Doi: 10.1038/35102054.

WARREN, R.; PRICE, J.; GRAHAM, E.; FORSTENHAEUSLER, N. *et al.* The projected effect on insects, vertebrates, and plants of limiting global warming to 1.5 C rather than 2 C. 360, n. 6390, p. 791-795, 2018. Doi: 10.1126/science.aar3646.

WEGMANN, M.; SANTINI, L.; LEUTNER, B.; SAFI, K. *et al.* Role of African protected areas in maintaining connectivity for large mammals. 369, n. 1643, p. 20130193, 2014. Doi: 10.1098/rstb.2013.0193.

WHITTAKER, R. J.; ARAÚJO, M. B.; JEPSON, P.; LADLE, R. J. *et al.* Conservation biogeography: assessment and prospect. 11, n. 1, p. 3-23, 2005. Doi: 10.1111/j.1366-9516.2005.00143.x.

WIENS, J. A.; SEAVY, N. E.; JONGSOMJIT, D. J. B. C. Protected areas in climate space: What will the future bring? 144, n. 8, p. 2119-2125, 2011. Doi: 10.1016/j.biocon.2011.05.002.

ZIMBRES, B. Q.; DE AQUINO, P. D. P. U.; MACHADO, R. B.; SILVEIRA, L. *et al.* Range shifts under climate change and the role of protected areas for armadillos and anteaters. 152, p. 53-61, 2012. Doi: 10.1016/j.biocon.2012.04.010.

## APÊNDICE A

Nas tabelas a seguir estão os registros de presença de *C. minimus* e *L. crassicaudata* coletados em bases online, literatura e coleções científicas. Os dados incluem país, estado/província e coordenadas geográficas em graus decimais de cada ponto de registro, bem como a fonte de onde as informações foram extraídas.

**Tabela A.1.** Lista de registros de ocorrência de *Chironectes minimus*. Onde, Número: número do registro; UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro; UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina; MZUSP: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo; e GBIF: Global Biodiversity Information Facility.

Número	País	Estado/Província	Longitude	Latitude	Fonte
1*	Argentina	Misiones	-54.2540	-25.9400	Literatura (Torres e Buitrago, 2017)
2*	Belize	Stann Creek	-88.5289	16.7765	Literatura (Torres e Buitrago, 2017)
3*	Bolívia	La Paz	-67.5128	-15.7333	Base online (GBIF)
4*	Bolívia	Santa Cruz	-64.2123	-17.9817	Literatura (Torres e Buitrago, 2017) Literatura (BRANDÃO; GARBINO; GODOY; DA SILVA <i>et al.</i> , 2015)
5*	Brasil	Amapá	-51.9997	-0.7015	Literatura (Torres e Buitrago, 2017)
6*	Brasil	Bahia	-41.2874	-11.2817	Literatura (Torres e Buitrago, 2017)
7*	Brasil	Espirito Santo	-40.6058	-19.9297	Base online (speciesLink)
8*	Brasil	Maranhão	-46.3048	-4.3674	Literatura (Oliveira <i>et al.</i> , 2007)
9*	Brasil	Minas Gerais	-47.3006	-16.0507	Base online (GBIF)
10*	Brasil	Minas Gerais	-47.3111	-16.1130	Base online (speciesLink)
11	Brasil	Minas Gerais	-48.7289	-19.3821	Literatura (Breviglieri <i>et al.</i> , 2010)
12*	Brasil	Mato Grosso	-52.4737	-14.7926	Base online (speciesLink)
13*	Brasil	Mato Grosso	-55.8215	-15.4259	Base online (speciesLink)
14*	Brasil	Mato Grosso	-57.2346	-15.7065	Base online (speciesLink)
15*	Brasil	Pará	-49.9239	-6.0506	Museu Nacional (UFRJ)
16	Brasil	Paraná	-50.3899	-25.8629	Base online (GBIF)
17	Brasil	Rio de Janeiro	-42.4133	-22.6250	Literatura (Palmeirim <i>et al.</i> , 2014)
18	Brasil	Rio Grande do Sul	-53.6202	-28.6510	Base online (speciesLink)
19	Brasil	Rio Grande do Sul	-52.1734	-31.2299	Museu de Zoologia (MZUSP)
20*	Brasil	Santa Catarina	-48.5341	-27.7282	Coleção de mamíferos (UFSC)
21*	Brasil	Santa Catarina	-48.8143	-27.7367	Coleção de mamíferos (UFSC)
22	Brasil	Santa Catarina	-50.5767	-28.0684	Coleção de mamíferos (UFSC)
23*	Brasil	Santa Catarina	-50.8128	-27.4966	Observação direta
24	Brasil	Santa Catarina	-50.8438	-27.5060	Observação direta
25	Brasil	Santa Catarina	-48.8113	-27.7328	Base online (inaturalist)
26*	Brasil	São Paulo	-46.2966	-23.7817	Base online (GBIF)

*Continua*

## Continuação da Tabela A.1

<b>Número</b>	<b>País</b>	<b>Estado/Província</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Fonte</b>
27*	Brasil	São Paulo	-48.2706	-24.3058	Base online (speciesLink)
28*	Brasil	São Paulo	-49.2894	-20.7508	Literatura (Breviglieri et al., 2010)
29	Brasil	São Paulo	47.7768	-22.7447	Literatura (Nogueira et al., 2004)
30	Brasil	Tocantins	-48.2507	-13.6825	Museu Nacional (UFRJ)
31*	Colômbia	Antioquia	-74.9685	6.1966	Base online (GBIF)
32	Colômbia	Antioquia	-75.6631	6.1788	Base online (inaturalist)
33*	Colômbia	Caldas	-74.9278	5.5125	Base online (GBIF)
34*	Colômbia	Caquetá	-75.9048	1.6679	Base online (GBIF)
35*	Colômbia	Cauca	-77.6672	2.7653	Base online (GBIF)
36*	Colômbia	Cauca	-76.5648	2.4482	Base online (GBIF)
37*	Colômbia	Chocó	-77.2494	5.6990	Base online (GBIF)
38	Colômbia	Chocó	-77.4189	5.6248	Base online (inaturalist)
39	Colômbia	Cundinamarca	-74.3488	5.0046	Base online (inaturalist)
40*	Colômbia	Guajira	-73.6147	11.0295	Base online (GBIF)
41*	Colômbia	Nariño	-77.9757	1.1499	Base online (GBIF)
42*	Colômbia	Putumayo	-76.6287	1.1512	Base online (GBIF)
43*	Colômbia	Santander	-73.3557	7.3530	Base online (GBIF)
44	Colômbia	Valle del Cauca	-76.1156	4.5858	Base online (GBIF)
45*	Colômbia	Valle del Cauca	-76.0447	4.8989	Base online (GBIF)
46*	Colômbia	Valle del Cauca	-77.3577	3.9100	Base online (GBIF)
47*	Colômbia	Vereda Pedernal	-75.7221	2.2679	Base online (GBIF)
48*	Costa Rica	Alajuela	-85.1623	10.8182	Literatura (Torres & Buitrago, 2017)
49*	Costa Rica	Cartago	-83.6539	9.8765	Literatura (Torres & Buitrago, 2017)
50*	El Salvador	La Libertad	-89.4706	13.7682	Literatura (Torres & Buitrago, 2017)
51*	Equador	Pichincha	-78.7785	-0.0391	Base online (GBIF)
52*	Equador	Sucumbíos	-76.4301	-0.2561	Base online (GBIF)
53	Equador	Napo	-77.5248	-1.0707	Base online (inaturalist)
54*	Guatemala	Izabal	-88.6622	15.6765	Literatura (Torres & Buitrago, 2017)
55*	Guyana	Barima-Waini	-59.3874	7.5182	Literatura (Torres & Buitrago, 2017)
56	México	Chiapas	-90.9308	16.1228	Base online (GBIF)
57	México	Chiapas	-93.0830	17.4420	Base online (GBIF)
58	México	Chiapas	-93.0789	17.5265	Literatura (Torres & Buitrago, 2017)
59	México	Tabasco	-92.9039	17.7765	Literatura (Torres & Buitrago, 2017)
60*	Nicarágua	Boaco	-85.5206	12.6099	Literatura (Torres & Buitrago, 2017)
61*	Nicarágua	Nueva Segovia	-86.1122	13.9265	Literatura (Torres & Buitrago, 2017)
62*	Panamá	Chiriqui	-82.7456	8.8599	Literatura (Torres & Buitrago, 2017)
63*	Panamá	Darien	-77.2873	8.1849	Literatura (Torres & Buitrago, 2017)
64*	Paraguai	Paraguari	-56.8371	-26.0932	Base online (GBIF)
65*	Peru	Madre de Dios	-70.8139	-12.8504	Base online (GBIF)
66*	Venezuela	Amazonas	-67.6540	5.4015	Literatura (Torres & Buitrago, 2017)
67*	Venezuela	Amazonas	-64.9207	4.5182	Literatura (Torres & Buitrago, 2017)
68*	Venezuela	Aragua	-67.6957	10.4849	Literatura (Torres & Buitrago, 2017)
69*	Venezuela	Bolivar	-66.6790	6.4432	Literatura (Torres & Buitrago, 2017)
70*	Venezuela	Merida	-71.1540	8.6265	Literatura (Torres & Buitrago, 2017)
71*	Venezuela	Monagas	-63.5398	10.2075	Base online (GBIF)
72*	Venezuela	Zulia	-72.8456	9.8849	Literatura (Torres & Buitrago, 2017)



**Tabela A.2.** Lista de registros de ocorrência de *Lutreolina crassicaudata*. Em que, Número: número do registro; UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina; GBIF: Global Biodiversity Information Facility; e n.p.: dados não publicados.

Número	País	Estado/Província	Longitude	Latitude	Fonte
1*	Argentina	Buenos Aires	-58.3503	-34.6082	Literatura (Lanfranco et al., 2007)
2	Argentina	Buenos Aires	-58.1130	-34.8299	Literatura (Graipel et al., 1996)
3	Argentina	Buenos Aires	-57.7353	-37.9408	Base online (inaturalist)
4*	Argentina	Buenos Aires	-58.3504	-34.6088	Literatura (Muschetto et al., 2011)
5*	Argentina	Formosa	-58.9343	-26.1670	Literatura (Lanfranco et al., 2007)
6*	Argentina	Formosa	-59.2607	-26.2159	Literatura (Lanfranco et al., 2007)
7*	Argentina	Misiones	-55.8666	-27.5166	Literatura (Lanfranco et al., 2007)
8*	Argentina	Jujuy	-64.5710	-24.1784	Literatura (Lanfranco et al., 2007)
9	Argentina	Santa Fe	-56.0298	-28.5590	Base online (inaturalist)
10	Argentina	Santa Fe	-60.9111	-31.6474	Base online (inaturalist)
11	Argentina	Santa Fe	-60.7398	-31.6006	Base online (inaturalist)
12*	Bolívia	Chuquisaca	-64.3745	-20.8301	Literatura (Lanfranco et al., 2007)
13*	Bolívia	Tarija	-64.5499	-22.2667	Literatura (Lanfranco et al., 2007)
14*	Brasil	Goiás	-52.7892	-17.6271	Literatura (Cáceres et al., 2008)
15*	Brasil	Mato Grosso do Sul	-55.1418	-21.6914	Literatura (Graipel et al., 1996)
16*	Brasil	Mato Grosso do Sul	-55.3946	-21.4924	Literatura (Graipel et al., 1996)
17	Brasil	Paraná	-53.9922	-23.7038	Literatura (Graipel et al., 1996)
18*	Brasil	Paraná	-49.2609	-25.4723	Literatura (Lanfranco et al., 2007)
19	Brasil	Paraná	-51.3904	-26.4481	Literatura (Teixeira et al., 2014)
20*	Brasil	Paraná	-51.1628	-23.3103	Base online (speciesLink)
21	Brasil	Rio Grande do Sul	-50.4526	-30.1623	Base online (GBIF)
22	Brasil	Rio Grande do Sul	-52.4839	-32.2792	Literatura (Graipel et al., 1996)
23	Brasil	Rio Grande do Sul	-52.1984	-31.2194	Literatura (Graipel et al., 1996)
24	Brasil	Rio Grande do Sul	-51.2197	-30.0293	Literatura (Graipel et al., 1996)
25	Brasil	Rio Grande do Sul	-57.2407	-30.0307	Literatura (Pessano et al., n.p.)
26*	Brasil	Rio Grande do Sul	-52.2758	-31.7837	Base online (speciesLink)
27*	Brasil	Rio Grande do Sul	-53.7251	-29.7023	Base online (speciesLink)
28*	Brasil	Rio Grande do Sul	-52.3857	-31.8012	Coleção de mamíferos (UFSC)
29*	Brasil	Santa Catarina	-48.5104	-27.4935	Coleção de mamíferos (UFSC)
30*	Brasil	Santa Catarina	-48.4895	-27.6955	Coleção de mamíferos (UFSC)
31*	Brasil	Santa Catarina	-48.3937	-27.4450	Coleção de mamíferos (UFSC)
32*	Brasil	Santa Catarina	-48.5094	-27.5865	Coleção de mamíferos (UFSC)
33*	Brasil	Santa Catarina	-48.4493	-27.6121	Coleção de mamíferos (UFSC)
34*	Brasil	Santa Catarina	-48.5250	-27.7235	Literatura (Graipel et al., 1996)
35*	Brasil	Santa Catarina	-48.5140	-27.5963	Coleção de mamíferos (UFSC)
36*	Brasil	Santa Catarina	-48.4908	-27.4717	Coleção de mamíferos (UFSC)
37*	Brasil	Santa Catarina	-48.5493	-27.6873	Coleção de mamíferos (UFSC)
38*	Brasil	Santa Catarina	-48.5248	-27.6366	Coleção de mamíferos (UFSC)
39*	Brasil	Santa Catarina	-48.5289	-27.6613	Coleção de mamíferos (UFSC)
40*	Brasil	Santa Catarina	-48.5042	-27.6543	Coleção de mamíferos (UFSC)
41	Brasil	Santa Catarina	-48.4150	-27.4176	Observação direta
42	Brasil	São Paulo	-46.9167	-22.7167	Literatura (Bonvicino et al., 2002)

*Continua*

## Continuação da Tabela A.2

Número	País	Estado/Província	Longitude	Latitude	Fonte
43	Brasil	São Paulo	-47.3038	-22.7345	Literatura (Graipel et al., 1996)
44	Brasil	São Paulo	-48.0390	-21.7263	Literatura (Graipel et al., 1996)
45*	Brasil	São Paulo	-47.0542	-22.8168	Literatura (Monteiro, 1987)
46	Brasil	São Paulo	-47.0850	-22.8250	Base online (GBIF)
47	Brasil	São Paulo	-47.4097	-20.5826	Literatura (Graipel et al., 1996)
48	Brasil	São Paulo	-49.4864	-23.7064	Literatura (Graipel et al., 1996)
49	Brasil	São Paulo	-47.7837	-22.7143	Literatura (Graipel et al., 1996)
50	Brasil	São Paulo	-47.3918	-21.9706	Literatura (Graipel et al., 1996)
51	Brasil	São Paulo	-47.1539	-22.7709	Literatura (Graipel et al., 1996)
52	Brasil	São Paulo	-47.2116	-22.7278	Base online (GBIF)
53	Brasil	São Paulo	-48.2066	-22.0465	Literatura (Graipel et al., 1996)
54	Brasil	São Paulo	-47.8022	-21.1918	Literatura (Graipel et al., 1996)
55	Brasil	São Paulo	-47.2976	-22.7297	Literatura (Graipel et al., 1996)
56	Brasil	São Paulo	-47.0605	-22.9148	Literatura (Graipel et al., 1996)
57	Brasil	São Paulo	-48.0522	-21.7215	Literatura (Graipel et al., 1996)
58	Brasil	São Paulo	-47.4022	-20.5817	Literatura (Graipel et al., 1996)
59	Brasil	São Paulo	-49.4933	-23.7119	Literatura (Graipel et al., 1996)
60	Brasil	São Paulo	-47.8041	-22.7726	Literatura (Graipel et al., 1996)
61	Brasil	São Paulo	-47.3605	-21.9770	Literatura (Graipel et al., 1996)
62	Brasil	São Paulo	-46.7493	-21.4738	Literatura (Graipel et al., 1996)
63*	Brasil	São Paulo	-48.0299	-21.7092	Base online (speciesLink)
64*	Brasil	São Paulo	-47.3610	-21.9484	Base online (speciesLink)
65*	Brasil	São Paulo	-47.6989	-21.5530	Base online (speciesLink)
66*	Brasil	São Paulo	-47.0650	-22.8178	Base online (speciesLink)
67	Colômbia	Cundinamarca	-73.7978	4.5429	Base online (GBIF)
68	Colômbia	Meta	-73.8602	2.5495	Literatura (Díaz, 1986)
69*	Colômbia	Vichada	-67.7569	6.1542	Base online (inaturalist)
70	Equador	Cuenca	-79.0058	-2.9014	Base online (GBIF)
71*	Paraguai	Paraguari	-57.0264	-26.2517	Literatura (Lanfranco et al., 2007)
72*	Uruguai	Canelones	-55.8702	-34.7807	Literatura (Graipel et al., 1996)
73*	Uruguai	Montevideo	-56.0209	-34.8600	Literatura (Lanfranco et al., 2007)
74*	Uruguai	Montevideo	-56.0333	-34.8800	Literatura (Graipel et al., 1996)
75	Uruguai	Montevideo	-56.2628	-34.8826	Literatura (Graipel et al., 1996)
76*	Uruguai	Rocha	-53.7826	-34.2772	Literatura (Lanfranco et al., 2007)
36*	Brasil	Santa Catarina	-59.0582	-19.8932	Coleção de mamíferos (UFSC)
37*	Brasil	Santa Catarina	-59.4192	-19.7818	Coleção de mamíferos (UFSC)
79*	Venezuela	Bolívar	-63.3414	6.8466	Base online (GBIF)
80	Venezuela	Monagas	-62.6515	9.1816	Literatura (Pérez et al., 2009)
81	Venezuela	Sucre	-62.7996	10.3756	Literatura (Pérez et al., 2009)

\* Registros com coordenadas precisas utilizados nos modelos.