

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL**



**“Agulha no palheiro”: Modelos de distribuição geográfica da cuíca d’água (*Chironectes minimus*) através do tempo**

**Diego de Souza Bretas**

**Vitória, ES**

**Novembro, 2021**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL**

**“Agulha no palheiro”: Modelos de distribuição geográfica  
da cuíca d’água (*Chironectes minimus*) através do tempo**

**Diego de Souza Bretas**

**Vitória, ES**

**Novembro, 2021**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL**

**“Agulha no palheiro”: Modelos de distribuição geográfica da cuíca d’água (*Chironectes minimus*) através do tempo**

**Diego de Souza Bretas**

**Orientadora:** Leonora Pires Costa

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Biologia Animal) da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Biologia Animal

**Vitória, ES**

**Novembro, 2021**

## **Agradecimentos**

Inicialmente, gostaria de agradecer à Universidade Federal do Espírito Santo, por me fornecer toda a estrutura e suporte técnico - extremamente necessários – para que eu pudesse alcançar meus objetivos profissionais. O caminho acadêmico, especialmente no Brasil – ainda mais no contexto atual – não é fácil de se trilhar, mas em uma instituição como a UFES, a jornada se tornou mais prazerosa para mim.

À minha orientadora Leonora Pires Costa, não existem palavras, simples ou rebuscadas, suficientemente “significativas” para a agradecer. Nós nos entendemos e nos respeitamos de uma maneira ímpar, única, desde a primeira experiência durante a graduação, e isso é imensamente louvável, raro e admirável. Muito, muito e muito obrigado, por todo o seu tempo e toda a sua energia dedicada à criação, execução e a realização deste projeto. Sem a sua ajuda, sua compreensão e insistência pontuais, eu sinceramente não teria sido capaz de concluir este trabalho.

Também gostaria de exaltar e agradecer à participação da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) neste trabalho, por todo o apoio institucional e financeiro que me proveu, e que provem ao incentivar e permitir o desenvolvimento de pesquisas científicas. O auxílio fornecido para a elaboração e realização deste projeto foi essencial, pois valoriza o trabalho – exaustivamente incansável – dos pesquisadores. Minha experiência é um simples exemplo de como a FAPES atua no incentivo à pesquisa e inovação na ciência local e, conseqüentemente, brasileira – com qualidade.

Então, agradeço à toda a minha família e aos meus amigos e amigas, pela estrutura e suporte emocionais em todos os momentos da minha trajetória pessoal e profissional, em especial à minha mãe – que pessoa! – por tudo, tudo e tudo o mais, não há como traduzir verbalmente o quanto. Agradeço também à Marina Damasceno Pereira, grande parceira de jornada, por sempre me impulsionar adiante, pensar na frente e planejar (ou tentar) em meio ao grande desconhecido caótico que é a vida.

Por fim, agradeço a mim mesmo, por não me permitir desistir deste objetivo, mesmo em frente à todas as adversidades, desapontamentos e desesperanças – principalmente em tempos de pandemia global, que me fizeram amadurecer como pesquisador e pessoa, aprendendo a discernir melhor como pensar e agir em relação ao meu próprio caminho dentro e fora da acadêmica científica.

## Sumário

RESUMO.....	3
ABSTRACT.....	4
INTRODUÇÃO .....	7
MATERIAL.....	15
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
CONCLUSÃO .....	28
REFERÊNCIAS.....	30

## RESUMO

A cuíca d'água (*Chironectes minimus*) é exclusiva dentre os Didelphidae, morfológica e ecologicamente, pois trata-se do único marsupial adaptado para a vida semiaquática. Visualmente, é muito peculiar, apresentando uma série de adaptações similares às encontradas em lontras. Seu *status* de conservação é variável, a depender da escala espacial observada. Devido ao seu hábito de vida, acaba sendo sub representada em inventários baseados em técnicas de captura tradicionais e, conseqüentemente, pouco compreendida em aspectos ecológicos básicos. Historicamente, sua distribuição geográfica não é uniforme, gerando inconsistências acerca de sua classificação. Sabe-se que é fundamental compreender a distribuição das espécies como etapa imprescindível na elaboração de estratégias eficientes para a conservação da biodiversidade, tanto atualmente quanto em cenários ambientais futuros. Ferramentas como os Modelos de Distribuição de Espécies são capazes de prever a distribuição potencial de variados táxons, com base em registros de ocorrência e variáveis ambientais relevantes para sua persistência. Neste contexto, este estudo estimou a distribuição geográfica da cuíca d'água atual e em diferentes cenários futuros, a partir da elaboração de modelos de distribuição de espécie, utilizando os *softwares* *MaxEnt* 3.4.1 e *RStudio*. Foram utilizados 480 registros de ocorrência, que ampliam significativamente a área de ocorrência da espécie, e dez variáveis bioclimáticas na elaboração dos modelos de distribuição atual e nos diferentes cenários ambientais futuros. A partir dos modelos gerados, percebemos a expansão da distribuição geográfica potencial de *C. minimus* em relação à reconhecida pela IUCN atualmente, reforçando a necessidade de sua atualização. Em relação à distribuição geográfica da espécie no futuro, pudemos observar a contração das áreas ambientalmente adequadas, gradativa e proporcionalmente de acordo com o aumento da intensidade dos efeitos de aquecimento global. Grandes porções de áreas ambientalmente adequadas para sua persistência na zona tropical se perdem, restando apenas pequenas manchas isoladas entre a América do Sul e a América Central, na região das Guianas e nas porções sul e sudeste do Brasil. Algumas regiões se

mantiveram estáveis em relação à probabilidade da ocorrência da espécie, podendo representar um indicativo de maior sucesso na escolha de localidades futuras para estudos envolvendo *C. minimus*. A compilação dos novos registros de ocorrência em um banco de dados completo nos permitiu elaborar modelos de distribuição mais precisos, preenchendo algumas lacunas importantes na distribuição geográfica atual da cuíca d'água. Em relação ao tipo de distribuição geográfica apresentada, nossos resultados sugerem que, apesar de algumas lacunas existirem, a espécie possui distribuição contínua. Contudo, nos diferentes cenários futuros, mesmo no mais otimista, a distribuição se fragmenta, o que pode acarretar na interrupção do fluxo gênico entre as populações separadas e, assim, influenciar no processo de diferenciação entre os subgrupos ou em sua extinção local e/ou global. Todos os modelos criados demonstraram que as alterações ambientais decorrentes dos processos de aquecimento global são fatores que afetam bastante a adequabilidade ambiental em diversas áreas da distribuição potencial da cuíca d'água e, conseqüentemente, aumentando seu risco de extinção. Então, com o objetivo de conservação em médio a longo prazo, os esforços futuros devem se concentrar na redução da perda de habitat, na restauração dos habitats naturais já identificados e na ampliação e criação de novas áreas de proteção ambiental englobando a distribuição geográfica da espécie. Também sugerimos que estudos futuros devem ser enfatizados nas regiões das Guianas, na região Amazônica e nas partes centrais do Brasil. Confirmamos o uso de modelagem computacional como uma ferramenta eficiente na previsão de áreas mais prováveis para a ocorrência da cuíca d'água especialmente no delineamento de caminhos para esforços de amostragem futuros.

## ABSTRACT

The water opossum (*Chironectes minimus*) is unique from a morphological and ecological standpoint, being the only marsupial really adapted for a semiaquatic lifestyle. Morphologically, it is a very

peculiar animal, which presents a series of adaptations similar to those found in otters. Its conservation status varies, depending on the spatial scale observed and, due to its lifestyle, it ends up being underrepresented in inventories based on traditional capture techniques. As a consequence, it is poorly understood in terms of its basic ecological aspects. Historically, its geographic distribution is not uniform, generating inconsistencies about its classification. It is well known that it is essential to understand the distribution of any given species as an essential step on the development of efficient strategies for the conservation of biodiversity, both currently and in future environmental scenarios. Modern tools, such as *Species Distribution Models*, are able to predict the potential distribution of various taxa, based on occurrence records and environmental variables relevant to their persistence. In this context, this study estimated the geographic distribution of current watershed and in different future scenarios, from the elaboration of species distribution models, using *MaxEnt* 3.4.1 and *RStudio* software. We used 480 occurrence records and ten bioclimatic variables in the elaboration of both current distribution models and in different future environmental scenarios. Based on the generated models, we can see the expansion of the potential geographic distribution of *C. minimus* currently known by the IUCN, reinforcing the need for its update. Regarding the geographic distribution of the species in the future, we could observe the contraction of environmentally suitable areas according to the increase on the intensity of global warming effects. Large portions of environmentally suitable areas for its persistence in the equatorial zone are lost, leaving only small isolated patches between South and Central America, in the Guianas region and in the southern and southeastern portion of Brazil. Some regions remained stable in relation to the probability of occurrence of the species, which may represent an indication of greater success in choosing future locations for studies involving *C. minimus*. The compilation of the new occurrence records in a complete database allowed us to elaborate more accurate distribution models, filling some important gaps in the current geographic distribution of the water opossum. Regarding the type of geographic distribution presented by the species, our results suggest that, although some gaps exist, the species has a continuous distribution.



However, in different future scenarios, even in the most optimistic, the distribution is fragmented, which can lead to the interruption of the gene flow between the separated populations and, thus, influence the process of differentiation between subgroups or their local extinction and/or global. All the models created showed that environmental changes resulting from global warming processes are factors that greatly affect the environmental suitability in several areas of the potential distribution of watershed and, consequently, increase its extinction risk. So, with the objective of conservation in the medium to long term, future efforts should focus on reducing habitat loss, restoring natural habitats already identified and expanding and creating new areas of environmental protection encompassing the geographic distribution of the species. We also suggest that future studies should be emphasized in the Guianas, Amazon region and central parts of Brazil. We confirm the use of computational modeling as an efficient tool in predicting the most likely areas for the occurrence of the water opossum, especially in the delineation of paths for future sampling efforts.

## INTRODUÇÃO

A ordem Didelphimorphia é a mais rica, em número de espécies, das três ordens de marsupiais que ocorrem atualmente no Novo Mundo, com cerca de 110 espécies agrupadas em 18 gêneros, constituindo a família – monofilética – chamada Didelphidae (Astúa, 2015; Damasceno & Astúa, 2016; Gardner, 2008; Wilson & Reeder, 2005). Os didelfídeos, de forma geral, possuem a morfologia corporal relativamente conservada evolutivamente, e estão distribuídos praticamente em todos os ambientes tropicais e temperados do Novo Mundo, desde a Patagônia até o sul do Canadá (Astúa, 2015; Voss & Jansa, 2009).

*Chironectes minimus*, mais conhecida popularmente como cuíca d'água ou *yapok*, é única entre os Didelphidae, morfológica e ecologicamente, sendo o único marsupial adaptado à vida semiaquática (Acosta & Azurduy, 2009; Astúa, 2015; Bressiani & Graipel, 2008; Galliez *et al.* 2009). Em termos de aparência visual, é um animal muito peculiar, exibindo uma pelagem branco-acinzentada com quatro manchas pretas transversais na porção dorsal, possivelmente úteis em sua camuflagem em seu ambiente natural (Figura 1) (Astúa, 2015). O hábito semiaquático desta espécie é refletido em uma série de adaptações morfológicas – similares às adaptações encontradas em lontras – como: pelos curtos, densos e resistentes à água; corpos longilíneos e hidrodinâmicos; membranas interdigitais nas patas traseiras e marsúpios impermeáveis – exclusivo entre os didelfídeos – que, nas fêmeas, permitem a natação carregando os filhotes secos e protegidos, e um rudimentar nos machos, que protege os escrotos durante a natação (Nogueira *et al.* 2004) (Figura 1).

A cuíca d'água pertence a um gênero monotípico, e é amplamente distribuída geograficamente – do sudeste do México ao nordeste da Argentina e do Uruguai – encontrada em habitats tropicais e subtropicais (Cerqueira & Weber, 2017; Cuarón *et al.* 2015; Damasceno & Astúa, 2016). No entanto, como é atualmente registrada, esta distribuição não é uniforme ao longo da América do Sul, mas

dividida em duas grandes áreas (Stein & Patton, 2007; Astúa, 2015, IUCN, 2020): na porção noroeste, está presente na Colômbia, Venezuela, Equador, Peru, centro e noroeste da Bolívia, além de algumas localidades ao norte do Brasil (estados do Amapá e Pará). Na porção sudeste, existem registros no Uruguai, Argentina, Paraguai e, no Brasil, a maior parte dos registros concentram-se nas regiões sul, sudeste e na porção central do país (Ardente *et al.* 2013; Brandão *et al.* 2015; Faria *et al.* 2019; Prieto-Torres & Buitrago, 2017) (Figura 2).



**Figura 1.** A cuíca d'água (*Chironectes minimus*). Pode-se observar a pelagem peculiar distintiva, além de algumas das características morfológicas adaptadas ao ambiente aquático – corpo longilíneo e patas traseiras com membranas interdigitais. Imagem retirada do site: [https://animaldiversity.org/accounts/Chironectes\\_minimus/](https://animaldiversity.org/accounts/Chironectes_minimus/).



**Figura 2.** Distribuição geográfica da cuíca d'água conhecida pela IUCN, abrangendo desde o sudeste do México até o nordeste do Uruguai e Argentina. Imagem retirada do site da IUCN: <https://www.iucnredlist.org/species/4671/22173467> versão 2020-3.

Assim como a maioria dos marsupiais neotropicais, *C. minimus* é uma espécie elusiva, solitária e de hábito noturno. Porém, sendo semiaquática, ocorre associada, principalmente, a canais hídricos de alto fluxo, com água límpida, substratos rochosos ou mistos, além da presença de mata ciliar preservada (Ardente *et al.* 2013; Galliez & Fernandez, 2012; Palmeirim *et al.* 2014). Estudos sobre a história natural da cuíca d'água a descrevem como especialista em relação às singularidades de seus habitats (Galliez & Fernandez, 2012; Astúa, 2015) (Figura 3).



**Figura 3.** Singularidades do habitat de *C. minimus*, com substratos rochosos (A e B) e de trechos hídricos, tanto estreitos (C) quanto largos (D). Imagens retiradas do trabalho de Palmeirim *et al.* (2014).

Em contrapartida, a espécie também pode ser descrita como generalista, ocorrendo em uma variedade de ecorregiões. com diferentes graus de antropização, além de apresentar um tipo de dieta variável de acordo com a disponibilidade de recursos alimentares (Palmela, 2007; dados não

publicados). É uma espécie predadora, que se alimenta de pequenos invertebrados (crustáceos, insetos e moluscos), alguns anfíbios e peixes de água doce (Bressiani & Graipel, 2008; Prieto-Torres & Buitrago, 2017; Stein & Patton, 2007; Voss & Jansa, 2009).

Por conta de sua dieta e hábito de vida, a cuíca d'água é pouco compreendida em relação a aspectos ecológicos e dinâmicas populacionais em grande escala, visto que métodos tradicionais são pouco efetivos na captura de indivíduos. Essas dificuldades limitantes estão relacionadas, principalmente, ao fato de que esta espécie normalmente não é atraída por iscas comuns – frutas, pasta de amendoim ou carnes – de armadilhas de captura tradicionais e/ou fotográficas e, conseqüentemente, acaba por ser subrepresentada nos esforços amostrais das expedições de campo (Bressiani & Graipel, 2008; Prieto-Torres & Buitrago, 2017; Torres *et al.* 2011). Muitas das capturas realizadas são oportunísticas.

Historicamente, a partir da amostragem escassa de algumas populações distantes, foi sugerido que a espécie apresentava uma distribuição geográfica disjunta (Cerqueira & Weber, 2017; Marshall, 1978). No entanto, existem grandes lacunas na distribuição da espécie, como a porção central da Amazônia e parte do Cerrado brasileiro (Ardente *et al.* 2013; Brandão *et al.* 2015; Stein & Patton, 2007). Trabalhos posteriores apresentaram grandes quantidades de novos registros de ocorrência, complementando algumas das lacunas e permitindo indicar que, talvez, as populações do norte da América do Sul podem estar conectadas às populações do sudeste da América do Sul, demonstrando assim uma distribuição contínua (Brandão *et al.* 2015; Acosta & Azurduy, 2009; Palmela, 2007; dados não publicados).

Em relação ao seu *status* de conservação global, *C. minimus* é classificada em situação “Pouco Preocupante” (*Least Concern*) pela Lista Vermelha da *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) (Pérez-Hernandez *et al.* 2016), por conta de sua ampla distribuição, presumível grande população e ocorrência em várias Áreas de Proteção Ambiental (APAs). Contudo, alguns trabalhos

em âmbito regional no Brasil demonstraram uma tendência de declínios populacionais locais, classificando a espécie, então, como ameaçada em listas estaduais (Costa *et al.* 2019; Fraga *et al.* 2019) principalmente devido à fragmentação dos habitats e degradação ambiental como resultado de atividades antrópicas (Ardente *et al.* 2013; Galliez *et al.* 2009; Palmeirim *et al.* 2014).

Neste contexto de subrepresentatividade amostral, além das divergências nos *status* de conservação em diferentes escalas espaciais, é fundamental compilar os registros de ocorrência da espécie, afim de estimar sua distribuição geográfica potencial com uma maior precisão, visto que compreender a distribuição das espécies é uma etapa imprescindível na elaboração de estratégias de conservação cada vez mais eficientes, tanto hoje – no presente – quanto em diferentes cenários ambientais futuros.

As áreas de distribuição geográfica das espécies eram, frequentemente, estimadas a partir do *método do mínimo polígono convexo*. Este método é baseado no uso dos registros de ocorrência mais externos das áreas de vidas dos indivíduos de determinada espécie, informando apenas o tamanho e o limite das áreas de ocorrência, sem implicações sobre o interior da distribuição geográfica. Porém, este método, por vezes, acabava ignorando as limitações ecológicas das espécies (Brown *et al.* 1996; Slade & Russel, 1998).

Assim, ferramentas mais modernas – como os Modelos de Distribuição de Espécies (MDE) – são capazes de superar essas limitações metodológicas, de forma a predizer a distribuição potencial de variados táxons, identificando áreas de adequabilidade ambiental e as variáveis ambientais mais relevantes para a persistência dessas espécies (Peterson *et al.* 2011; Rheingantz *et al.* 2014; Soberón & Peterson, 2005). Inicialmente, esses modelos foram desenvolvidos para prever distribuições a partir de dados incompletos ou escassos, mas hoje são amplamente utilizados em trabalhos com evolução, ecologia, biogeografia e conservação das espécies (Peterson *et al.* 2011; Ortega-Andrade *et al.* 2013; 2015).

Dentre os diversos programas de elaboração de MDEs, o método da distribuição de Máxima Entropia (*MaxEnt*) é usado para prever distribuições geográficas a partir de dados de presença, sendo tão eficiente quanto *softwares* que utilizam tanto dados de presença quanto dados de pseudoausência ou ausência das espécies (Rheingantz *et al.* 2014; Prieto-Torres & Buitrago, 2017). Para táxons que possuem ampla distribuição geográfica, como a cuíca d'água, este conhecimento oriundo da modelagem computacional pode ser usado futuramente para priorizar regiões na conservação da espécie. Junto a isso, no campo da biologia da conservação, os MDEs também são utilizados na avaliação de parâmetros ambientais que moldam a distribuição atual das espécies e os projetam em possíveis cenários ambientais futuros, como diferentes graus de aquecimento global (Philips *et al.* 2006; Gibson *et al.* 2019).

De forma geral, sabemos que os sistemas climáticos se transformam naturalmente ao longo do tempo. Além disso, sabe-se que as alterações climáticas têm forte influência na distribuição das mais variadas espécies, vegetais e animais, sejam elas de pequeno, médio ou grande porte (Araújo & Rahbek, 2006). Acontece que muitas destas espécies não conseguem se adaptar e/ou se deslocar de seus habitats a tempo de acompanhar as alterações ambientais decorrentes das mudanças climáticas, por diversos fatores – limitações ecológicas, históricas ou geográficas – podendo aumentar criticamente a probabilidade de serem extintas por conta da redução das áreas ambientalmente adequadas para a persistência destas espécies (Araújo & Rahbek, 2006; Morán-Ordóñez *et al.* 2018; Parmesan, 2006; Thomas *et al.* 2004).

Durante os últimos séculos, com grande efeito de ações antropogênicas, o clima global se tornou mais quente, influenciando – também – na alteração dos regimes hídricos em diversas escalas espaço temporais. A comunidade científica que trabalha com modelagem climática frequentemente realiza testes comparativos entre os conjuntos de dados climáticos mais recentes, com o intuito de compreender melhor as possíveis reações dos sistemas climáticos em resposta à diferentes cenários potenciais de emissão ou concentração de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na atmosfera (Zhongming *et al.* 2020).

O Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC – *International Panel on Climate Change*) é uma entidade pertencente à ONU – Organização das Nações Unidas – criada em 1988 para facilitar avaliações integrativas, unindo os âmbitos científico, técnico e socioeconômico sobre a mudança climática, suas causas, implicações e riscos futuros a fim de elaborar estratégias de mitigação. Um dos relatórios mais recentes do IPCC quantificou e projetou futuras emissões de CO<sub>2</sub> causadas por atividades antropogênicas, categorizando-as em cinco cenários distintos, baseados em “Caminhos de Concentração Representativa” (RCP – *Representative Concentration Pathways*) ou “Caminhos Socioeconômicos Compartilhados” (SSP – *Shared Socioeconomic Pathways*), onde cada um desses cenários representa uma projeção futura socioeconômica e um ambiente político diferente (Gidden *et al.* 2019; Zhongming *et al.* 2020).

Os cenários destacados pelo IPCC foram: RCP-26 ou SSP1.26, também conhecido como “cenário dos 2°C”, o mais sustentável; RCP-45 ou SSP2.45, representando um aumento na temperatura “no meio do caminho” em até 3°C; RCP-60 ou SSP3.70, uma projeção de aumento de médio para alto na temperatura, de até 4,1°C; e o cenário mais extremo, RCP-85 ou SSP4.85, com um aumento de até 5°C na temperatura média global.

Com isso, neste contexto, devido à disponibilidade de novos registros de ocorrência de *C. minimus* preenchendo lacunas na distribuição geográfica conhecida, novos dados climáticos, além de ferramentas de modelagem computacional mais modernas, este estudo visou estimar a distribuição geográfica atual da cuíca d’água através da elaboração de modelos de distribuição ecológica para o presente e, também, nos diferentes cenários futuros de aquecimento global – do mais otimista ao mais pessimista – analisando os possíveis efeitos das alterações climáticas sobre a sua distribuição.

Ao realizarmos a comparação das distribuições geográficas atual e futuras, buscamos identificar as possíveis influências das alterações climáticas na dinâmica da distribuição geográfica da cuíca d’água, além de também identificar áreas com maior probabilidade de encontrar essa espécie tão



elusiva e singular, sendo estas áreas recomendáveis para esforços amostrais futuros e, conseqüentemente, na elaboração de estratégias de conservação mais eficientes.

## MATERIAL

### DADOS BIÓTICOS

O levantamento bibliográfico dos registros de ocorrência georreferenciados de *C. minimus* foi realizado através da revisão de trabalhos científicos publicados no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no acervo do Google Acadêmico e no site da *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF). Além destas bases de dados disponíveis *online*, utilizamos um banco de dados de um trabalho já realizado, cujos resultados ainda não foram publicados (Palmela, 2007).

Todas as localidades foram verificadas com o uso do Google Earth e do site Maps Directions (<https://www.mapsdirections.info/pt>), com o intuito de corrigir quaisquer duplicações de dados e evitar a utilização de registros com coordenadas geográficas imprecisas, quando necessário (Anexo 1). Registros de ocorrência duplicados foram removidos das análises, sendo mantidos apenas os registros confiavelmente verificados, cujas coordenadas geográficas foram informadas em graus decimais, baseado no WGS84.

### DADOS ABIÓTICOS

As variáveis ambientais foram obtidas através do levantamento das informações em plataformas e projetos *online*. Para estimar a distribuição geográfica atual, nós inicialmente usamos as 19 variáveis bioclimáticas disponíveis no *Worldclim 2.0*, na resolução de 2,5 arc, utilizando a América Latina como área de calibração (QGIS 3.12). A seleção das variáveis ambientais foi realizada através do método VIF (*Variance Inflation Factor* ou Fator de Inflação da Variância), que avalia a existência

de multicolinearidade entre as variáveis, e seu peso na análise de regressão. Se o valor de VIF se encontra acima de 4, ou uma tolerância menor que 0,25, geralmente, existe o indício de que pode haver multicolinearidade, mas se o valor de VIF é maior que 10, existe multicolinearidade significativa entre as variáveis, então é necessário corrigi-la. Assim, as variáveis que apresentaram VIF maior que 10 foram descartadas da análise para a modelagem.

Em relação à seleção de variáveis para as modelagens da distribuição geográfica da cuíca d'água para o futuro, até o ano de 2070 – baseado na plataforma *WorldClim 1.4* – utilizamos as mesmas variáveis selecionadas pelo método VIF para o presente, usando o Modelo de Circulação Geral MIROC5, para os diferentes cenários de aquecimento global destacados pelo IPCC (RCP26; RCP45; RCP60 e RCP85).

## MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES E VALIDAÇÃO DOS DADOS

A modelagem da distribuição potencial da cuíca d'água foi elaborada a partir dos *softwares* *MaxEnt* versão 3.4.1 – que se baseia no princípio da entropia máxima para calcular a distribuição mais provável da espécie em função de pontos de ocorrência, em conjunto com as variáveis bioclimáticas – e o RStudio. O algoritmo do *MaxEnt* 3.4.1 foi utilizado no *RStudio* (pacote *enmSdm*) para selecionar os melhores parâmetros de modelagem e elaboração dos mapas.

A partição dos pontos se deu pelo método *KFold*, que divide os registros em cinco grupos, sendo quatro deles utilizados para treino da modelagem, e o grupo restante para avaliação interna do modelo. Os parâmetros para a elaboração dos modelos foram 10.000 pontos de *background* e o cálculo das métricas AUC (*Area Under the Curve*), TSS (*True Skill Statistics*) e CBI (*Continuous Boyce Index*) para avaliação da eficiência dos modelos gerados.

O modelo médio (*ensemble*) foi gerado a partir da média ponderada do valor de CBI obtido, no qual calculamos o valor de corte (*threshold*) como o quinto percentil de adequabilidade das ocorrências (5PTP – *five percentile training presence*). A partir da obtenção dos valores logísticos de adequabilidade, convertemos esses dados em um mapa binário, usando a média ponderada pelo CBI do valor de *threshold* e, por fim, calculamos a área de ocupação em cada cenário proposto.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

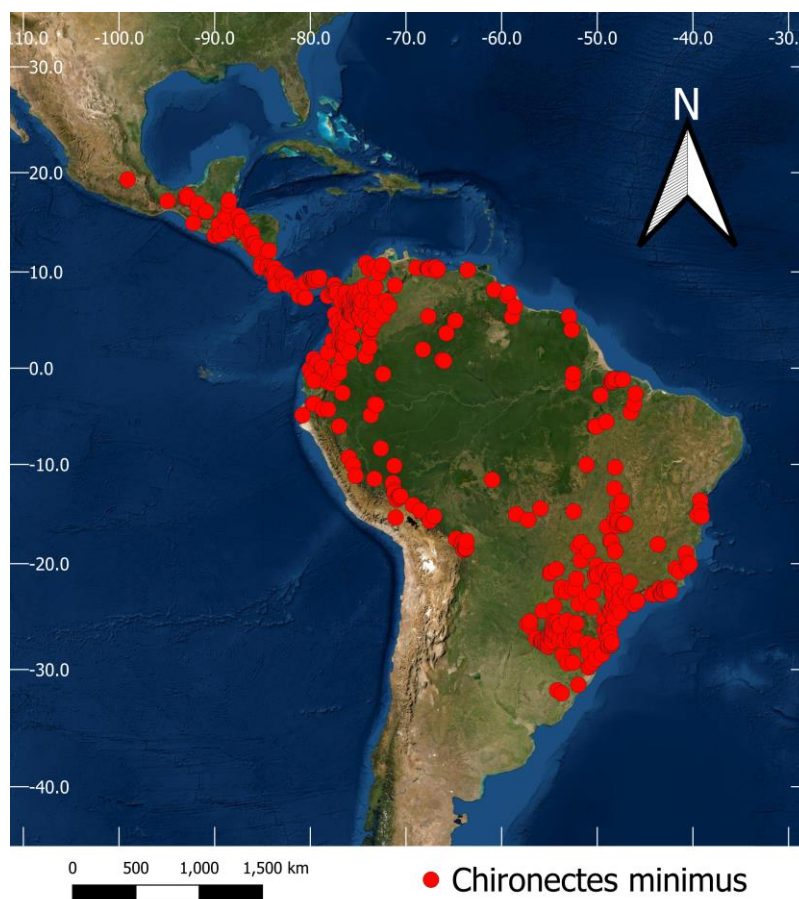
Sabemos que compreender a distribuição geográfica das espécies é uma das etapas fundamentais na elaboração de estratégias para sua conservação. A ausência de entendimento, ou sua incompletude, em relação à essa característica básica de um táxon – conhecida como lacuna Wallaceana – como a cuíca d’água, e sobre os fatores que a limitam, podem resultar em esforços desnecessários, e, em última instância, efetivamente inúteis em termos conservacionistas.

Neste trabalho, elaboramos um vasto banco de dados, com um total de 899 registros de ocorrência de *C. minimus*, dispersos por 19 países e abrangendo o período entre 1925 e 2021. Do total de registros obtidos, selecionamos 496 registros para as análises de modelagem, após a verificação georreferenciada e eliminação de registros duplicados (Anexo 1). A inclusão de 188 registros inéditos – oriundos do banco de dados de Palmela (2007; dados não publicados) e da plataforma do GBIF, coletados após 2017 – na modelagem expandiu os limites da distribuição atual apresentada por trabalhos anteriores (Acosta & Azurduy, 2009; Brandão *et al.* 2015; Damasceno & Astúa, 2016) e, conseqüentemente, a conhecida pela IUCN, adentrando a região sudeste do México e algumas porções centrais do Brasil (Figura 4).

Este banco de registros de ocorrência que compilamos para a realização deste projeto – por ser o mais recente e completo, com grande quantidade de pontos inéditos, definitivamente aumentou a qualidade dos dados de entrada (*input*) e incrementou a acurácia dos modelos elaborados. É válido destacar que modelos gerados a partir de um *dataset* com poucos dados não necessariamente resultam em modelos de baixa qualidade, mas, por outro lado, uma maior quantidade de pontos de ocorrência tende a representar melhor a distribuição geográfica real dos táxons.

A notável expansão da zona de distribuição potencial atual de *C. minimus* para áreas desconhecidas para a IUCN, especialmente nas porções centrais do Brasil e sudeste do México,

ocorreu por conta da utilização de uma maior quantidade de registros de ocorrência originais e inéditos no processo de modelagem. Estas novas áreas evidenciam a necessidade da atualização da área de distribuição da espécie, além de enfatizar a importância de trabalhos futuros de inventários nessas regiões. Apesar de a espécie ocorrer em regiões com altitude entre 0 e 3000 metros, a maior parte dos registros concentrou-se entre 500 e 2000 metros, sugerindo que a distribuição geográfica da cuíca d'água tem um limite altitudinal – não há registros de ocorrência no lado oeste dos Andes – possivelmente associado às necessidades ecológicas da espécie (Prieto-Torres & Buitrago, 2017; Rheingantz *et al.* 2014; Ribeiro-Souza, 2020).



**Figura 4.** Mapa com os registros de ocorrência de *C. minimus* coletados e utilizados para as análises de modelagem. O gazetteer com as localidades georreferenciadas dos registros estão no Anexo 1.

Em relação à seleção das variáveis pelo VIF para a modelagem, das 19 variáveis de entrada, nove delas foram excluídas da análise por apresentarem problemas de colinearidade ( $VIF > 10$ ). As

variáveis selecionadas (BIO5 – temperatura máxima do mês mais quente; BIO6 – temperatura mínima do mês mais frio; BIO7 – variação anual da temperatura; BIO10 – temperatura média do trimestre mais quente; BIO11 – temperatura média do trimestre mais frio; BIO12 – precipitação anual; BIO13 – precipitação do mês mais úmido; BIO15 – sazonalidade da precipitação; BIO18 – precipitação do mês mais quente; e BIO19 – precipitação do mês mais frio), e suas respectivas contribuições estão expostas na Tabela 1.

Variáveis	VIF
BIO5 – Temp. máxima mês mais quente	7.153
BIO6 - Temp. máxima mês mais frio	4.193
BIO7 – Variação Temp. Anual	3.211
BIO10 – Temp. média trimestre mais quente	4.179
BIO11 - Temp. média trimestre mais frio	4.362
BIO12 – Precipitação anual	3.646
BIO13 – Precipitação mês mais úmido	4.719
BIO15 – Sazonalidade da precipitação	7.803
BIO18 – Precipitação trimestre mais quente	5.171
BIO19 - Precipitação trimestre mais frio	5.218

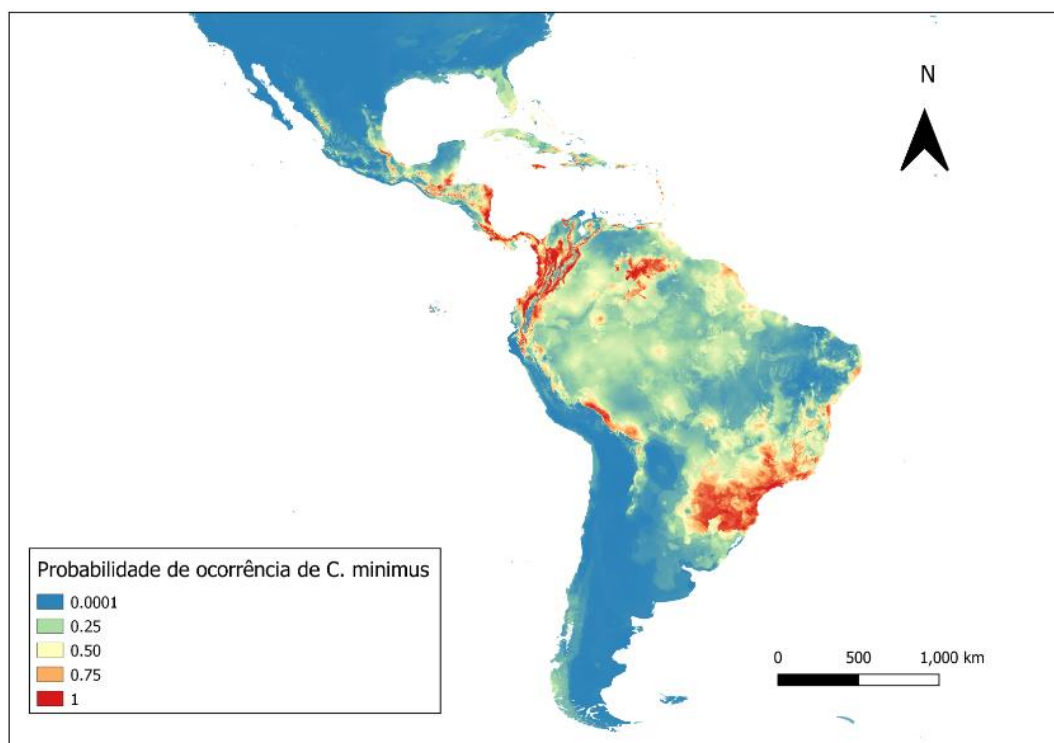
**Tabela 1.** Variáveis ambientais selecionadas pelo método VIF para a modelagem. As demais variáveis foram descartadas da análise por apresentarem problemas de colinearidade.

Observamos que as variáveis mais importantes para a elaboração dos nossos modelos foram as que envolvem os fatores temperatura e precipitação. A matriz de correlação está exposta na Tabela 2, na qual os valores positivos entre as variáveis indicam graus de correlação positiva, enquanto valores negativos apontam graus de correção negativa. A partir destes resultados, compreendemos que a probabilidade da ocorrência da cuíca d’água é maior em ambientes mais úmidos com temperaturas mais quentes, e menor em ambientes secos e frios – o que é coerente para uma espécie tropical com hábito semiaquático (Cianfrani *et al.* 2011; Prieto-Torres & Buitrago, 2017; Rheingantz *et al.* 2014; Ribeiro-Souza, 2020).

Então, considerando o efeito destas variáveis sobre a distribuição geográfica, observamos que as áreas com maior adequabilidade ambiental atual para a ocorrência de *C. minimus* foram a porção

sul e sudeste da Mata Atlântica (com inserções mais interiores e de ecótono entre MA e o sudeste do Cerrado), as regiões noroeste e centro-oeste amazônicas, a porção mais oriental e centro norte da América Central, além de pontos isolados no nordeste brasileiro, reconhecidos como centros de endemismo (Figura 5).

Estes resultados condizem com resultados de outros trabalhos que utilizaram abordagens similares para estimar a distribuição geográfica atual de *C. minimus* e, também, os possíveis efeitos das mudanças climáticas sobre sua distribuição potencial futura. O trabalho de Prieto-Torres & Buitrago (2017), por exemplo, contou com 292 registros de ocorrência distribuídos por 16 países no período entre 1925 e 2015. No entanto, a metodologia deste estudo selecionou as variáveis ambientais de forma ligeiramente distinta, mas ainda assim corroborando a importância dos fatores “precipitação” e “temperatura” na ocorrência da cuíca d’água.



**Figura 5.** Modelagem da distribuição geográfica atual de *C. minimus*. As regiões com maior adequabilidade ambiental foram a porção sul da Mata Atlântica e a região noroeste e centro-oeste amazônicas, a porção mais oriental e centro norte da América Central, além de pontos isolados no nordeste brasileiro, reconhecidos como centros de endemismo.



Já o trabalho produzido por Ribeiro-Souza (2020), assim como o aqui apresentado, também trabalhou com a possível contração de habitat em resposta à diferentes cenários futuros de aquecimento global de espécies de marsupiais semiaquáticas – *C. minimus* e *Lutreolina crassicaudata*, sendo a última conhecida como cuíca de cauda grossa. Porém, ela abordou seus resultados obtidos sob a luz da eficácia das Unidades de Conservação em abranger a distribuição geográfica dessas espécies atual e nos diferentes cenários futuros.

	BIO5	BIO6	BIO7	BIO10	BIO11	BIO12	BIO13	BIO15	BIO18	BIO19
BIO5	-	4.0 <sup>14</sup>	9.3 <sup>14</sup>	6.2 <sup>14</sup>	6.8 <sup>14</sup>	-5.7 <sup>14</sup>	6.9 <sup>14</sup>	1.8 <sup>14</sup>	4.5 <sup>14</sup>	6.3 <sup>14</sup>
BIO6	4.0 <sup>14</sup>	-	-6.3 <sup>14</sup>	5.7 <sup>14</sup>	5.6 <sup>13</sup>	-4.8 <sup>14</sup>	2.0 <sup>14</sup>	-6.4 <sup>13</sup>	6.9 <sup>14</sup>	1.8 <sup>14</sup>
BIO7	9.3 <sup>14</sup>	-6.3 <sup>14</sup>	-	-1.6 <sup>14</sup>	-2.4 <sup>14</sup>	2.9 <sup>14</sup>	3.0 <sup>14</sup>	7.4 <sup>14</sup>	1.8 <sup>14</sup>	1.6 <sup>14</sup>
BIO10	6.2 <sup>14</sup>	5.7 <sup>14</sup>	-1.6 <sup>14</sup>	-	2.2 <sup>14</sup>	-3.8 <sup>14</sup>	3.8 <sup>14</sup>	3.5 <sup>14</sup>	3.7 <sup>14</sup>	2.8 <sup>14</sup>
BIO11	6.8 <sup>14</sup>	5.6 <sup>13</sup>	-2.4 <sup>14</sup>	2.2 <sup>14</sup>	-	-5.5 <sup>12</sup>	4.5 <sup>14</sup>	8.4 <sup>14</sup>	1.8 <sup>14</sup>	4.6 <sup>14</sup>
BIO12	-5.7 <sup>14</sup>	-4.8 <sup>14</sup>	2.9 <sup>14</sup>	-3.8 <sup>14</sup>	-5.5 <sup>12</sup>	-	-4.4 <sup>14</sup>	1.8 <sup>14</sup>	-1.8 <sup>13</sup>	-4.3 <sup>14</sup>
BIO13	6.9 <sup>14</sup>	2.0 <sup>14</sup>	3.0 <sup>14</sup>	3.8 <sup>14</sup>	4.5 <sup>14</sup>	-4.4 <sup>14</sup>	-	1.5 <sup>14</sup>	4.1 <sup>14</sup>	6.8 <sup>13</sup>
BIO15	1.8 <sup>14</sup>	-6.4 <sup>13</sup>	7.4 <sup>14</sup>	3.5 <sup>14</sup>	8.4 <sup>14</sup>	1.8 <sup>14</sup>	1.5 <sup>14</sup>	-	7.2 <sup>14</sup>	4.9 <sup>14</sup>
BIO18	4.5 <sup>14</sup>	6.9 <sup>14</sup>	1.8 <sup>14</sup>	3.7 <sup>14</sup>	1.8 <sup>14</sup>	-1.8 <sup>13</sup>	4.1 <sup>14</sup>	7.2 <sup>14</sup>	-	5.3 <sup>14</sup>
BIO19	6.3 <sup>14</sup>	1.8 <sup>14</sup>	1.6 <sup>14</sup>	2.8 <sup>14</sup>	4.6 <sup>14</sup>	-4.3 <sup>14</sup>	6.8 <sup>13</sup>	4.9 <sup>14</sup>	5.3 <sup>14</sup>	-

**Tabela 2.** Matriz de correlação das variáveis ambientais utilizadas na modelagem, após seleção através do método VIF.

Nossos modelos demonstraram que a espécie apresentou distribuição potencial em áreas altamente variáveis em termos de sazonalidade de precipitação e temperatura, nas quais a menor adequabilidade ambiental se encontra em locais mais frios – temperatura média anual abaixo dos 20°C – e baixa precipitação anual. Os resultados encontrados corroboram que as variáveis bioclimáticas selecionadas pelo VIF para este trabalho também podem ser utilizadas na modelagem de outras espécies de animais terrestres associados a ambientes hídricos, como a cuíca de cauda grossa (*Lutreolina crassicaudata*), lontras (*Lontra longicaudis*) e ariranhas (*Pteronura brasiliensis*), que podem apresentar requerimentos de habitat similares aos da cuíca d'água (Cianfrani *et al.* 2011; Rheingantz *et al.* 2014; Ribeiro-Souza, 2020)

Em relação à escolha do *MaxEnt* como algoritmo de modelagem, o uso de ferramentas de modelagem que necessitam apenas de dados de presença têm ganhado cada vez mais espaço. Sabemos

que, por vezes, há a disponibilidade de dados de ocorrência que representam tanto a presença quanto a ausência das espécies. Porém, dados de ausência são raros – especialmente em regiões tropicais pouco amostradas – nas quais o uso de modelagem tem um grande potencial de utilização em estudos de impacto ambiental e planos de conservação de espécies elusivas e especialistas de habitat, tal qual a cuíca d’água. Logo, visto que nosso estudo contou somente com dados de presença, justifica-se assim a utilização do *MaxEnt*, em conjunto com o *RStudio*, que é um *software* completo que permitiu executar o algoritmo de modelagem, as análises estatísticas e a elaboração de figuras (Prieto-Torres & Buitrago, 2017; Ribeiro-Souza, 2020; Soberón & Peterson, 2005; Ortega-Andrade *et al.* 2013; 2015).

É importante destacar que nosso trabalho utilizou apenas variáveis bioclimáticas e de elevação para a realização dos modelos de distribuição de espécie. Portanto, apesar de os modelos de distribuição potencial, tanto atual como no futuro, evidenciarem alta adequabilidade ambiental e, conseqüentemente, alta probabilidade da ocorrência da cuíca d’água em regiões andinas e algumas ilhas oceânicas do Caribe – esses resultados consideram apenas a influência das variáveis ambientais, não levando em conta aspectos como biogeografia história e capacidade de dispersão da espécie.

Sobre a performance da modelagem, o algoritmo do *MaxEnt 3.4.1* mostrou bom desempenho na elaboração dos modelos, tanto para o presente quanto para o futuro, com valores de AUC entre 0.85 e 0.89 (média AUC = 0.87), TSS entre 0.45 e 0.52 (média TSS = 0.49) e CBI entre 0.89 e 0.97 (média CBI = 0.93), indicando uma baixa taxa de erro de omissão (Tabela 3).

A área da distribuição geográfica potencial atual de *C. minimus*, considerando o *threshold* 5PTP, foi de, aproximadamente 5.467.000 km<sup>2</sup>, abrangendo desde o sudeste do México ao nordeste da Argentina e do Uruguai (Figura 5). Algumas das lacunas conhecidas na distribuição geográfica, como a região Amazônica e o centro oeste brasileiro, demonstraram uma adequabilidade ambiental razoável (de pelo menos 50%) para a ocorrência da cuíca d’água.

Os pontos quentes do mapa de distribuição, ou seja, as regiões com maior probabilidade de ocorrência da espécie devido à alta adequabilidade ambiental foram as porções sul e sudeste da Mata Atlântica, algumas pequenas áreas no litoral nordeste brasileiro, além da região noroeste da América do Sul e sudeste da América Central. Também foram destacadas algumas zonas isoladas ao leste da cordilheira dos Andes (Figura 5).

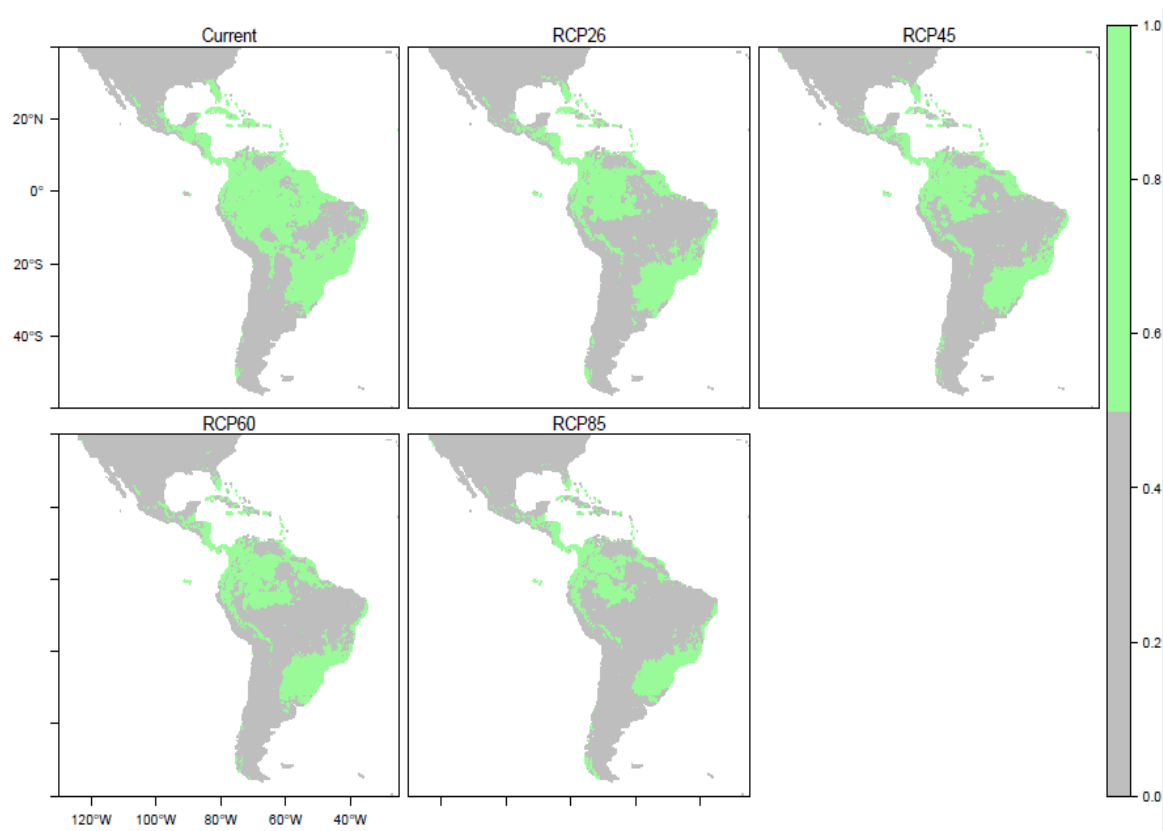
CBI	Média CBI	dp CBI	AUC	Média AUC	dp AUC	TSS	Média TSS	Threshold média	dp Threshold
0.92	0.93	0.03	0.89	0.87	0.02	0.52	0.49	1.70E+14	2.26E+14
0.89	0.93	0.03	0.85	0.87	0.02	0.5	0.49	1.70E+14	2.26E+14
0.97	0.93	0.03	0.86	0.87	0.02	0.49	0.49	1.70E+14	2.26E+14
0.94	0.93	0.03	0.88	0.87	0.02	0.45	0.49	1.70E+14	2.26E+14
0.95	0.93	0.03	0.89	0.87	0.02	0.51	0.49	1.70E+14	2.26E+14

**Tabela 3.** Valores dos testes de performance dos modelos elaborados, com seus respectivos *thresholds*. A sigla “dp” significa desvio padrão.

Em relação à distribuição geográfica potencial nos próximos 50 anos, no cenário RCP26 – o mais otimista e sustentável em termos de aumento de temperatura com o aquecimento global – calculamos uma área de ocupação absoluta de, aproximadamente, 36.237.000 km<sup>2</sup>. Este valor muito além da área de ocupação atual deve-se ao fato de que as variáveis ambientais futuras disponíveis no *WorldClim 1.4* estão em resoluções geográficas diferentes das variáveis para o presente, que se encontram no *WorldClim 2.0*.

No momento da coleta, os dados futuros do *WorldClim 2.0* não estavam disponíveis, pois a plataforma se encontrava fora do ar, em processo de atualização. No entanto, visto que nosso objetivo foi comparar as distribuições da espécie entre os cenários futuros, ainda assim nós pudemos observar

que as áreas de ocupação potencial da espécie se contraem, gradativa e proporcionalmente, em resposta ao aumento dos efeitos do aquecimento global (Figura 6).



**Figura 6.** Áreas de ocupação potencial da cuíca d’água para o presente e para os diferentes cenários futuros de aquecimento global, de acordo com o IPCC. RCP-26 reconhecido como “cenário dos 2°C”, o mais sustentável; RCP-45, representando um aumento na temperatura em até 3°C; RCP-60, uma projeção de aumento de médio para alto na temperatura, de até 4,1°C; e o cenário mais extremo, RCP-85, com um aumento de até 5°C na temperatura média global. Ressaltamos a diminuição, da área potencialmente ocupada pela espécie em cenários mais pessimistas.

No cenário de aquecimento global mais extremo para o futuro – RCP85 – a área de distribuição potencial da cuíca d’água é, aproximadamente, 28% menor do que no cenário mais otimista – RCP26 (Tabela 4). Uma grande porção da área adequada para a ocorrência da cuíca d’água na zona tropical se perde no futuro, onde restam apenas pequenas manchas isoladas na zona de transição da América do Sul com a América Central, na região das Guianas e na porção sul e sudeste do Brasil, já em zona temperada. Observamos que a redução da adequabilidade ambiental nos diferentes cenários futuros de aquecimento global é amplamente intensificada pela perda de habitat decorrente das atividades

humanas como desmatamento, poluição hídrica, caça, dentre outros fatores que impactam o ambiente (Galliez *et al.* 2009; Prieto-Torres & Buitrago, 2017; Ribeiro-Souza, 2020).

Essas condições, que colaboram na fragmentação das áreas ambientalmente adequadas, geralmente, fazem com que as espécies se desloquem para os limites de sua distribuição, levando, possível e provavelmente, ao declínio populacional (Ardente *et al.* 2013; Palmeirim *et al.* 2014; Prieto-Torres & Buitrago, 2017) e tornando cada vez mais difícil de se encontrar essa agulha no palheiro da biodiversidade. Isto acontece porque, eventualmente, algumas populações não consigam se dispersar de seus habitats a tempo de acompanhar a velocidade das alterações climáticas, seja por conta de barreiras geográficas no caminho ou por fatores bióticos, como competição e predação (Vale *et al.* 2018; Lima *et al.* 2019).

Cenários	Área (km <sup>2</sup> )
Presente	5.467.000
RCP26	36.237.000
RCP45	33.053.801
RCP60	34.245.016
RCP85	26.158.311

**Tabela 4.** Áreas de ocupação da espécie *C. minimus* ao longo do tempo, nos diferentes cenários de aquecimento, em valores aproximados.

Constatamos, também, que algumas regiões geográficas se mantiveram estáveis em relação à probabilidade da ocorrência da espécie, como a região noroeste da Amazônia e a porção leste do Brasil, ao longo da Mata Atlântica, mas, principalmente, na região sul e sudeste do país, o que pode ser um indicativo de maior sucesso na escolha de localidades futuras para estudos envolvendo *C. minimus*.

Por fim, em relação à classificação do tipo de distribuição da espécie que, historicamente, foi categorizada como disjunta. Ardente *et al.* (2013) e Brandão *et al.* (2015) promoveram um aumento significativo da área de distribuição da cuíca d'água, e questionam esta categorização, argumentando

que esta pode ser um resultado de baixa amostragem. Nossos resultados também compartilham desse argumento, ao expandir a área de distribuição geográfica da espécie.

## CONCLUSÃO

A compilação de novos registros de ocorrência a fim de obtermos um banco de dados bióticos mais abrangente nos permitiu elaborar modelos de distribuição mais precisos, cujos resultados preenchem lacunas importantes na distribuição geográfica atual da cuíca d'água – um passo fundamental na criação de estratégias mais eficientes para sua conservação. Assim como outros trabalhos similares, nós sugerimos que estudos futuros – inventários, monitoramento de populações, padrões de abundância e avaliação de habitats – devem ser enfatizados nas regiões das Guianas, na região Amazônica e nas partes centrais do Brasil.

Em relação ao debate sobre o tipo de distribuição geográfica atual da cuíca d'água, nossos resultados contribuem para a noção de que a espécie possui distribuição contínua, apesar de algumas lacunas na distribuição. Porém, observamos que, no futuro, mesmo no melhor cenário de aquecimento global – com todas as políticas públicas de contenção no aumento da temperatura global em, no máximo, 2°C – a distribuição se fragmenta, podendo levar à interrupção do fluxo gênico entre as populações e – com isso – levar a processos antropogênicos disruptivos e possíveis danos colaterais na história evolutiva da espécie, atuando como um fator no processo de diferenciação entre os subgrupos, ou até mesmo na extirpação em determinadas regiões.

Como vimos, nos diferentes cenários futuros, todos os modelos criados demonstraram que as alterações ambientais decorrentes dos processos de aquecimento global são fatores que afetam de forma significativa a adequabilidade ambiental em diversas áreas da distribuição potencial da cuíca d'água e, conseqüentemente, aumentando seu risco de extinção. Logo, é fato sabido que as mudanças climáticas vão impactar negativamente na distribuição geográfica da espécie, mesmo no cenário mais otimista em termos de sustentabilidade.

Neste contexto, com o intuito de preservá-la a longo prazo, os esforços futuros devem se concentrar na redução da perda de habitat, na restauração dos habitats naturais já identificados, principalmente dos corpos hídricos, e também na ampliação e implementação de novas áreas de proteção ambiental, que englobem, de forma eficaz, a distribuição geográfica da espécie.

Em resumo, confirmamos que o uso de modelagem computacional como uma ferramenta de previsão de áreas mais prováveis para a ocorrência da cuíca d'água, uma espécie de marsupial singular das Américas – por conta de suas características morfológicas associadas ao seu nicho ecológico – elusiva e, portanto, de difícil captura e rara em coleções zoológicas – se mostrou útil e eficaz no delineamento de caminhos para esforços de amostragem futuros, o que permitirá a execução de outros trabalhos que permeiam outros aspectos da biologia da espécie, como ecologia, filogeografia e evolução.

Ou seja, baseando-se na analogia de uma agulha no palheiro da biodiversidade, uma das formas de localizá-la seria utilizar um sistema aleatório – como um supercomputador tentando descobrir determinado código – de força bruta. Uma forma alternativa, a maneira que nós utilizamos neste projeto, é explorar e detectar as áreas mais prováveis de ocorrência através da modelagem da distribuição geográfica, como um ímã magnetizado que, por atrair a agulha, vai apontando uma direção, facilitando bastante a sua localização.



## REFERÊNCIAS

- Acosta, L. S., & Azurduy, F. H. (2009). Nuevos Registros y apuntes sobre la carachupa de agua *Chironectes minimus*, en Los Valles Cruceños (Bolivia). *Kempffiana*, 5(1), 83-89.
- Araújo, M. B., & Rahbek, C. (2006). How does climate change affect biodiversity? *Science*, 313(5792), 1396-1397.
- Ardente, N., Gettinger, D., Fonseca, R., de Godoy Bergallo, H., & Martins-Hatano, F. (2013). Mammalia, Didelphimorphia, Didelphidae, *Glironia venusta* Thomas, 1912 and *Chironectes minimus* (Zimmermann, 1780): Distribution extension for eastern Amazonia. *Check List*, 9(5), 1104-1107.
- Astúa, D. (2015). Family Dideplhidade (Opossums): In: Don E. Wilson; Russell A. Mittermeier. (Org.). Handbook of the Mammals of the World - Monotremes and Marsupials. 1ed.Barcelona: Lynx Edicions, v. 5, p. 70-186.
- Brandão, M. V., Garbino, G. S. T., Godoy, L. P., da Silva, L. A., & Pascoal, W. (2015). New records of *Chironectes minimus* (Zimmermann, 1870) (Didelphimorphia, Didelphidae) from central Brazil, with comments on its distribution pattern. *Mammalia*, 79(3), 363-368.
- Bressiani, V. B., & Graipel, M. E. (2008). Comparação de métodos para captura da cuiça-d'água, *Chironectes minimus* (Zimmerman, 1780) (Mammalia, Didelphidae) no sul do Brasil. *Mastozoología neotropical*, 15(1), 33-39.
- Cantarino, S. J. (2016). Padrões de distribuição de *Chironectes minimus* a partir de Modelos de Nicho Ecológico. Dados não publicados.
- Cerqueira, R., & Weber, M. M. (2017). Geographic morphometric and environmental differentiation of the water opossum, genus *Chironectes* Illiger, 1811 (Didelphimorphia: Didelphidae). *Mammalia*, 81(3), 275-287.
- Cianfrani, C., Le Lay, G., Maiorano, L., Satizábal, H. F., Loy, A., & Guisan, A. (2011). Adapting global conservation strategies to climate change at the European scale: the otter as a flagship species. *Biological Conservation*, 144(8), 2068-2080.
- Costa, L. P. *et al.* (2019). Mamíferos ameaçados de extinção no estado do Espírito Santo. In: Claudio Nicoletti de Fraga; Mileide de Holanda Formigoni; Flávia Guimarães Chaves. (Org.). Fauna e flora

ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo. 1aed.Santa Teresa, ES: Instituto Nacional da Mata Atlântica, v. 1, p. 314-341.

Cuarón, A. D., Emmons, L., Helgen, K., Reid, F., Lew, D., Patterson, B., ... & Solari, S. (2015). *Chironectes minimus*.

Damasceno, E. M., & Astúa, D. (2016). Geographic variation in cranial morphology of the Water Opossum *Chironectes minimus* (Didelphimorphia, Didelphidae). *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde*, 81(4), 380-392.

Faria, M.B.; Lanes, R.O. & Bonvicino. (2019). Guia dos Marsupiais do Brasil: guia de identificação com base em caracteres externos e cranianos. 1 ed. 84 p.

Fraga *et al.* (2019). Fauna e flora ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo / organizadores: Claudio Nicoletti de Fraga, Mileide de Holanda Formigoni, Chaves. Santa Teresa, ES: Instituto Nacional da Mata Atlântica.

Galliez, M., & Fernandez, F. A. (2012). Spatial segregation between the water opossum *Chironectes minimus* and the water rat *Nectomys squamipes*: Just competition avoidance or a conservation problem as well? *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde*, 77(6), 447-450.

Galliez, M., de Souza Leite, M., Queiroz, T. L., & dos Santos Fernandez, F. A. (2009). Ecology of the water opossum *Chironectes minimus* in Atlantic forest streams of southeastern Brazil. *Journal of Mammalogy*, 90(1), 93-103.

Gibson, L. M., Mychajliw, A. M., Leon, Y., Rupp, E., & Hadly, E. A. (2019). Using the past to contextualize anthropogenic impacts on the present and future distribution of an endemic Caribbean mammal. *Conservation Biology*, 33(3), 500-510.

Gidden, M. J., Riahi, K., Smith, S. J., Fujimori, S., Luderer, G., Kriegler, E., ... & Takahashi, K. (2019). Global emissions pathways under different socioeconomic scenarios for use in CMIP6: a dataset of harmonized emissions trajectories through the end of the century. *Geoscientific model development*, 12(4), 1443-1475.

Lima, A.A. de, Ribeiro, M.C., Grelle, C.E. de V. & Pinto, M.P. (2019). Impacts of climate changes on spatio-temporal diversity patterns of Atlantic Forest primates. *Perspect. Ecol. Conserv.*, 17, 50–56.

Marshall, L. G. (1978). *Chironectes minimus*. *Mammalian Species*, (109), 1-6.

- Nogueira, J.C; Castro, A.C.S.; Câmara, E.V.C. & Câmara, B.G. 2004. Morphology of the male genital system of *chironectes minimus* and comparison to other didelphid marsupials. *Journal of Mammalogy*, 85(5):834–841.
- Ortega-Andrade, H. M., Rojas-Soto, O., & Paucar, C. (2013). Novel data on the ecology of *Cochranella mache* (Anura: Centrolenidae) and the importance of protected areas for this critically endangered glassfrog in the Neotropics. *PloS one*, 8(12), e81837.
- Ortega-Andrade, H. M., Prieto-Torres, D. A., Gómez-Lora, I., & Lizcano, D. J. (2015). Ecological and geographical analysis of the distribution of the mountain tapir (*Tapirus pinchaque*) in Ecuador: importance of protected areas in future scenarios of global warming. *PLos One*, 10(3), e0121137.
- Palmela, D.F. Biogeografia de *Chironectes minimus* (Mammalia: Didelphidae): registros históricos e novas ocorrências. Dissertação de pós-graduação, Escola Superior São Francisco de Assis, Santa Teresa, 2007.
- Pérez-Hernandez, R., Brito, D., Tarifa, T., Cáceres, N., Lew, D. & Solari, S. 2016. *Chironectes minimus*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2016: e.T4671A22173467.
- Peterson, A. T., Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M., & Araújo, M. B. (2011). *Ecological niches and geographic distributions (MPB-49)* (Vol. 56). Princeton University Press.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, 190(3-4), 231-259.
- Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2), 161-175.
- Prieto-Torres, D. A., & Pinilla-Buitrago, G. (2017). Estimating the potential distribution and conservation priorities of *Chironectes minimus* (Zimmermann, 1780)(Didelphimorphia: Didelphidae). *Therya*, 8(2), 131-144.
- Ribeiro-Souza, P. D. (2020). Efeitos da mudança climática na distribuição potencial e áreas que protegem dois marsupiais neotropicais associados a ambientes aquáticos.
- Rheingantz, M. L., de Menezes, J. F. S., & de Thoisy, B. (2014). Defining Neotropical otter *Lontra longicaudis* distribution, conservation priorities and ecological frontiers. *Tropical Conservation Science*, 7(2), 214-229.

- Slade, N. A., & Russell, L. A. (1998). Distances as indices to movements and home-range size from trapping records of small mammals. *Journal of Mammalogy*, 79(1), 346-351.
- Stein, B. R., & Patton, J. L. (2007). Genus *Chironectes* Illiger, 1811. *Mammals of South America*, 1, 14-17.
- Soberon, J., & Peterson, A. T. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas.
- Torres, D. P., Abad, A. B., Gómez, U., & Calchi, R. (2011). Lista preliminar de mamíferos no voladores en tres localidades de la vertiente suroriental de la Sierra de Perijá, estado Zulia-Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 45(1).
- Vale, M.M., Souza, T.V., Alves, M.A.S. & Crouzeilles, R. (2018). Planning protected areas network that are relevant today and under future climate change is possible: the case of Atlantic Forest endemic birds. *PeerJ*, 6, e4689.
- Voss, R. S., & Jansa, S. A. (2009). Phylogenetic relationships and classification of didelphid marsupials, an extant radiation of New World metatherian mammals. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 1-177.
- Voss, R. S., & Jansa, S. A. (2018). Minimal genetic divergence among South American samples of the water opossum *Chironectes minimus*: evidence for transcontinental gene flow? *Mammalia*.

## ANEXO

**Anexo 1.** Gazetteer com os registros de ocorrência utilizados para a modelagem neste estudo.

Registros	Longitude	Latitude	País	Local do registro
1	-99.100	19.317	México	Cidade do México
2	-94.922	17.194	México	Oaxaca
3	-93.087	17.447	México	Oaxaca
4	-93.080	17.531	México	Tuxtla Gutiérrez
5	-93.067	17.517	México	Tuxtla Gutiérrez
6	-92.974	17.569	México	Tuxtla Gutiérrez
7	-92.931	17.569	México	Oaxaca
8	-92.900	17.779	México	Tuxtla Gutiérrez
9	-92.801	17.548	México	Tuxtla Gutiérrez
10	-92.230	14.980	México	Tapachula
11	-91.809	16.481	México	Chiapas
12	-91.730	16.910	México	Chiapas
13	-90.931	16.123	México	Chiapas
14	-90.899	16.154	México	Chiapas
15	-90.007	13.698	El Salvador	Sonsonate
16	-89.467	13.767	El Salvador	Sonsonate
17	-89.450	13.800	El Salvador	Sonsonate
18	-89.550	14.800	Guatemala	Chiquimula
19	-88.917	15.683	Guatemala	Izabal
20	-88.820	14.280	Guatemala	Cololaca
21	-88.660	15.680	Guatemala	Puerto Barrios
22	-88.533	16.774	Belize	Chiquibul
23	-88.500	17.250	Belize	Belmopan
24	-87.830	14.600	Honduras	Comayagua
25	-87.470	15.700	Honduras	Tela
26	-87.350	14.800	Honduras	Minas de Oro
27	-87.261	15.163	Honduras	Yoro
28	-87.220	14.100	Honduras	Tegucigalpa
29	-87.210	14.210	Honduras	Tegucigalpa
30	-87.130	15.130	Honduras	Yoro
31	-86.583	14.033	Honduras	El Paraiso
32	-86.480	13.480	Nicaragua	Somoto
33	-86.300	14.070	Nicaragua	Somoto
34	-86.120	12.730	Nicaragua	Santa Rosa del Peñol
35	-86.110	13.931	Nicaragua	Jalapa
36	-85.920	12.920	Nicaragua	Matagalpa
37	-85.840	12.410	Nicaragua	Boaco
38	-85.795	12.923	Nicaragua	Matagalpa
39	-85.650	12.341	Nicaragua	Boaco

40	-85.520	12.611	Nicaragua	Boaco
41	-85.160	10.821	Costa Rica	Upala
42	-85.133	10.468	Costa Rica	Cañas
43	-84.550	10.383	Costa Rica	Ciudad Quesada
44	-84.460	12.110	Costa Rica	Muelle de Los Bueyes
45	-84.420	10.580	Costa Rica	San Carlos
46	-84.310	12.171	Costa Rica	Rama
47	-84.083	9.933	Costa Rica	San José
48	-84.017	10.467	Costa Rica	Puerto Viejo
49	-83.950	9.970	Costa Rica	San José
50	-83.944	9.898	Costa Rica	San José
51	-83.933	9.851	Costa Rica	San José
52	-83.767	10.217	Costa Rica	Guápiles
53	-83.733	10.384	Costa Rica	Guápiles
54	-83.730	9.350	Costa Rica	San Isidoro del General
55	-83.667	8.625	Costa Rica	Golfo Dulce
56	-83.650	9.884	Costa Rica	Turrialba
57	-83.487	8.699	Costa Rica	Golfo Dulce
58	-82.967	9.733	Costa Rica	Pandora
59	-82.817	9.600	Costa Rica	Bribri
60	-82.746	8.858	Panamá	Volcán
61	-82.517	9.4333	Panamá	Changuinola
62	-82.417	8.950	Panamá	Changuinola
63	-82.400	8.750	Panamá	Changuinola
64	-81.767	8.483	Panamá	Llano Tugri
65	-81.317	8.017	Panamá	Soná
66	-81.156	7.540	Panamá	Isla Cébaco
67	-80.596	7.323	Panamá	Tonosí
68	-80.517	8.927	Panamá	Peronomé
69	-80.500	7.333	Panamá	Tonosí
70	-79.968	9.324	Panamá	Cólon
71	-79.833	9.167	Panamá	Cólon
72	-79.700	9.117	Panamá	Cólon
73	-79.650	9.167	Panamá	Cólon
74	-79.633	9.250	Panamá	Gatuncillo
75	-79.617	9.017	Panamá	Burunga
76	-79.617	9.217	Panamá	Villa Unida
77	-79.550	9.355	Panamá	Chagres
78	-79.417	9.167	Panamá	Chagres
79	-79.100	9.170	Panamá	Chepo
80	-79.067	9.450	Panamá	Mandi Yala
81	-78.167	7.525	Panamá	Puerto Indio
82	-77.702	7.927	Panamá	Darién
83	-77.533	8.700	Panamá	Santa Fe

84	-77.507	7.920	Panamá	Darién
85	-77.467	8.667	Panamá	Santa Fe
86	-77.450	8.663	Panamá	Santa Fe
87	-77.400	7.970	Panamá	Darién
88	-77.284	8.183	Panamá	Unión Chocó
89	-77.283	8.183	Panamá	Unión Chocó
90	-77.233	8.075	Panamá	Darién
91	-80.820	-4.900	Peru	Piura
92	-78.130	-4.316	Peru	Tuntanain
93	-76.967	-6.050	Peru	Moyobamba
94	-75.983	-9.300	Peru	Tingo Maria
95	-75.533	-10.067	Peru	Pozuzo
96	-75.267	-11.167	Peru	San Ramón
97	-73.670	-4.900	Peru	Jenaro Herrera
98	-73.299	-11.468	Peru	Camisea
99	-73.250	-3.750	Peru	Iquitos
100	-73.083	-3.833	Peru	Iquitos
101	-71.217	-12.667	Peru	Itahuania
102	-71.217	-10.133	Peru	Purús
103	-71.200	-12.900	Peru	Pilcopata
104	-71.080	-15.410	Peru	Condoroma
105	-70.970	-13.590	Peru	Marcapata
106	-70.760	-13.230	Peru	Quincemil
107	-70.717	-13.400	Peru	Quincemil
108	-70.633	-13.267	Peru	Quincemil
109	-70.583	-13.250	Peru	Quincemil
110	-69.250	-14.158	Peru	Massiapo
111	-80.067	-0.150	Equador	Jama
112	-79.850	-0.617	Equador	Manabí
113	-79.733	-3.717	Equador	Piñas
114	-79.617	-3.717	Equador	Cuenca
115	-79.583	-1.333	Equador	Los Rios
116	-79.467	0.333	Equador	Quinindé
117	-79.242	0.705	Equador	Esmeraldas
118	-78.800	-0.030	Equador	Mindo
119	-78.730	0.120	Equador	Mindo
120	-78.633	-4.283	Equador	Guayzimi
121	-78.133	-1.467	Equador	Mera
122	-77.883	-1.083	Equador	Tena
123	-77.750	-1.583	Equador	Puyo
124	-77.525	-1.071	Equador	Tena
125	-77.419	5.625	Equador	Chocó
126	-77.383	-0.717	Equador	Loreto
127	-76.989	0.084	Equador	Nueva Loja
128	-76.967	-0.467	Equador	Nueva Loja

129	-76.633	-2.590	Equador	Andoas
130	-78.170	1.660	Colômbia	San José
131	-77.683	2.867	Colômbia	Timbiquí
132	-77.250	4.667	Colômbia	Belen de Docampado
133	-77.200	7.817	Colômbia	Los Katios
134	-76.962	2.637	Colômbia	Munchique
135	-76.950	3.733	Colômbia	Buenaventura
136	-76.950	5.050	Colômbia	Andagoya
137	-76.933	3.992	Colômbia	Andagoya
138	-76.883	2.533	Colômbia	Munchique
139	-76.760	6.990	Colômbia	Chocó
140	-76.668	2.454	Colômbia	Popayán
141	-76.648	1.149	Colômbia	Mocoa
142	-76.600	2.450	Colômbia	Popayán
143	-76.583	2.500	Colômbia	Popayán
144	-76.575	3.854	Colômbia	Buenaventura
145	-76.574	3.931	Colômbia	Buenaventura
146	-76.520	3.440	Colômbia	Santiago de Cali
147	-76.500	2.417	Colômbia	Popayán
148	-76.474	3.928	Colômbia	Calima el Darién
149	-76.420	5.410	Colômbia	Bagadó
150	-76.367	2.350	Colômbia	Pilimbala
151	-76.300	3.540	Colômbia	Palmira
152	-76.300	7.900	Colômbia	Alto Siríú
153	-76.283	7.850	Colômbia	Alto Siríú
154	-76.281	6.783	Colômbia	Alto Tambo
155	-76.276	4.119	Colômbia	Valle del Cauca
156	-76.116	4.586	Colômbia	Toro
157	-76.026	6.750	Colômbia	Cañasgordas
158	-75.990	6.410	Colômbia	Calcedo
159	-75.980	5.930	Colômbia	Nordeste
160	-75.910	5.800	Colômbia	Nordeste
161	-75.904	1.666	Colômbia	Florencia
162	-75.880	5.660	Colômbia	Andes
163	-75.860	6.310	Colômbia	La Cejita
164	-75.840	5.790	Colômbia	Ciudad Bolívar
165	-75.830	5.870	Colômbia	Ciudad Bolívar
166	-75.830	6.560	Colômbia	Santa Fe de Antioquia
167	-75.820	5.600	Colômbia	Santa Fe de Antioquia
168	-75.790	5.800	Colômbia	Santa Fe de Antioquia
169	-75.770	7.180	Colômbia	Ituango
170	-75.733	5.967	Colômbia	Venecia
171	-75.720	5.670	Colômbia	Tamesis
172	-75.700	5.620	Colômbia	Tamesis
173	-75.640	6.090	Colômbia	Angelópolis



174	-75.630	5.620	Colômbia	Tamesis
175	-75.620	3.280	Colômbia	Bilbao
176	-75.580	5.870	Colômbia	Santa Barbara
177	-75.400	7.590	Colômbia	Cáceres
178	-75.400	7.290	Colômbia	Puerto Valdivia
179	-75.350	7.580	Colômbia	Cáceres
180	-75.330	6.440	Colômbia	Barbosa
181	-75.304	5.923	Colômbia	San Miguel
182	-75.250	5.250	Colômbia	Caldas
183	-75.200	7.990	Colômbia	Caucasia
184	-75.150	7.070	Colômbia	Anorí
185	-75.090	6.540	Colômbia	Cinseros
186	-75.070	6.910	Colômbia	Amalfi
187	-75.020	6.600	Colômbia	Cisneros
188	-75.000	6.000	Colômbia	San Carlos
189	-74.942	5.550	Colômbia	Norcasia
190	-74.913	5.555	Colômbia	Norcasia
191	-74.908	5.482	Colômbia	Norcasia
192	-74.880	5.570	Colômbia	Norcasia
193	-74.873	5.482	Colômbia	Norcasia
194	-74.870	7.500	Colômbia	Zaragoza
195	-74.850	6.680	Colômbia	Yalí
196	-74.800	6.770	Colômbia	Vegachi
197	-74.790	6.560	Colômbia	Cisneros
198	-74.780	8.100	Colômbia	Nechí
199	-74.770	6.420	Colômbia	Caracolí
200	-74.710	6.500	Colômbia	Maceo
201	-74.700	7.080	Colômbia	Segovia
202	-74.600	4.950	Colômbia	Chaguani
203	-74.580	6.180	Colômbia	Puero Nare
204	-74.530	7.030	Colômbia	Segovia
205	-74.270	8.560	Colômbia	Tiquisio
206	-74.200	1.250	Colômbia	Ciudad Yari
207	-74.167	10.917	Colômbia	Puebloviejo
208	-74.150	5.370	Colômbia	Paime
209	-73.910	7.010	Colômbia	Yondó
210	-73.883	3.283	Colômbia	San Juan de Arama
211	-73.850	10.320	Colômbia	Villa Germania
212	-73.800	2.190	Colômbia	La Macarena
213	-73.783	5.100	Colômbia	Suesca
214	-73.760	3.990	Colômbia	Villavicencio
215	-73.626	4.141	Colômbia	Villavicencio
216	-73.618	4.114	Colômbia	Villavicencio
217	-73.617	4.150	Colômbia	Villavicencio
218	-73.575	6.578	Colômbia	Chucuri

219	-73.500	8.090	Colômbia	Ocaña
220	-73.250	10.480	Colômbia	Valledupar
221	-73.210	7.253	Colômbia	Bucamaranga
222	-73.210	8.410	Colômbia	San Calixto
223	-73.200	4.910	Colômbia	Santa Maria
224	-73.173	6.237	Colômbia	Charalá
225	-73.140	6.560	Colômbia	Pinchote
226	-72.410	5.527	Colômbia	Paya
227	-72.392	-0.617	Colômbia	Puerto Santander
228	-72.089	7.038	Colômbia	Cubará
229	-71.730	6.460	Colômbia	Tamesis
230	-71.367	-11.900	Colômbia	Parque Nacional del Manu
231	-68.233	1.950	Colômbia	Guainia
232	-72.844	9.888	Venezuela	Los Angeles del Tucuco
233	-72.469	10.672	Venezuela	Villa del Rosario
234	-71.150	8.617	Venezuela	Mérida
235	-68.900	10.417	Venezuela	Aroa
236	-67.767	10.400	Venezuela	Cumboto
237	-67.700	10.479	Venezuela	Cumboto
238	-67.685	10.349	Venezuela	Mariara
239	-67.650	5.400	Venezuela	Puerto Ayacucho
240	-67.633	10.317	Venezuela	Mariara
241	-67.600	10.283	Venezuela	Mariara
242	-66.920	10.500	Venezuela	Caracas
243	-66.772	10.122	Venezuela	Ocumare del Tuy
244	-66.661	10.303	Venezuela	Miranda
245	-66.233	0.867	Venezuela	Serrania de la Neblina
246	-66.151	0.831	Venezuela	Serrania de la Neblina
247	-65.767	3.650	Venezuela	Cerro Duida
248	-64.833	4.967	Venezuela	Cerro Jaua
249	-63.533	10.200	Venezuela	Sabana de Piedra
250	-60.783	8.167	Venezuela	Mabaruma
251	-68.504	-14.720	Bolívia	La Paz
252	-67.517	-15.730	Bolívia	Caranavi
253	-67.513	-15.733	Bolívia	Caranavi
254	-67.067	-15.283	Bolívia	Mayaya
255	-64.750	-17.542	Bolívia	Cochabamba
256	-64.209	-17.983	Bolívia	Comarapa
257	-64.200	-17.967	Bolívia	Comarapa
258	-63.977	-18.654	Bolívia	Vallegrande
259	-63.967	-17.767	Bolívia	Parque Nacional Amboró
260	-63.967	-18.650	Bolívia	Vallegrande
261	-63.809	-18.527	Bolívia	Vallegrande
262	-63.800	-18.517	Bolívia	Vallegrande
263	-63.764	-18.186	Bolívia	La Guardia

264	-63.750	-18.183	Bolívia	La Guardia
265	-63.732	-18.479	Bolívia	Vallegrande
266	-63.717	-18.467	Bolívia	Vallegrande
267	-63.667	-17.750	Bolívia	La Guardia
268	-72.622	-8.354	Brasil	Porto Walter
269	-66.000	0.767	Brasil	Pico da Neblina
270	-60.983	-11.583	Brasil	Espigão d'Oeste
271	-58.467	-15.080	Brasil	Araputanga
272	-57.217	-15.650	Brasil	Cáceres
273	-55.942	-14.500	Brasil	Nobres
274	-54.962	-20.932	Brasil	Sidrolândia
275	-54.850	-20.817	Brasil	Sidrolândia
276	-54.833	-20.833	Brasil	Sidrolândia
277	-54.570	-25.570	Brasil	Foz do Iguaçu
278	-54.447	-25.684	Brasil	Foz do Iguaçu
279	-54.275	-20.539	Brasil	Campo Grande
280	-53.954	-27.245	Brasil	Parque Estadual do Turvo
281	-53.734	-32.118	Brasil	Arroio Grande
282	-53.726	-22.291	Brasil	Ivinhema
283	-53.600	-28.650	Brasil	Cruz Alta
284	-53.400	-27.367	Brasil	Frederico Westphalen
285	-53.267	-22.772	Brasil	Nova Londrina
286	-53.200	-25.467	Brasil	Três Barras do Paraná
287	-53.133	-29.417	Brasil	Sobradinho
288	-53.755	-22.693	Brasil	Dourados
289	-52.783	-27.350	Brasil	Chapecó
290	-52.750	-27.117	Brasil	Chapecó
291	-53.735	-22.693	Brasil	Dourados
292	-52.664	-22.377	Brasil	Reserva Porto Primavera
293	-52.582	-1.523	Brasil	Almeirim
294	-52.545	-26.620	Brasil	São Domingos
295	-52.533	-29.383	Brasil	Sinimbu
296	-52.525	-26.658	Brasil	Represa do Quebra Queixo
297	-52.517	-0.583	Brasil	Estação Ecológica do Jari
298	-52.474	-14.793	Brasil	Nova Xavantina
299	-52.472	-27.056	Brasil	Chapecó
300	-52.292	-22.458	Brasil	Parque Estadual Morro do Diabo
301	-52.183	-25.717	Brasil	Candói
302	-52.150	-21.460	Brasil	Brasilândia
303	-52.122	-27.294	Brasil	Concórdia
304	-52.000	-18.267	Brasil	Jataí
305	-51.979	-31.366	Brasil	São Lourenço do Sul
306	-51.950	-23.900	Brasil	Maringá
307	-51.718	-19.698	Brasil	Parnaíba
308	-51.717	-17.883	Brasil	Jataí

309	-51.714	-17.881	Brasil	Jataí
310	-51.150	-23.300	Brasil	Londrina
311	-51.125	-10.019	Brasil	Vila Rica
312	-51.083	-27.617	Brasil	Abdon Batista
313	-50.933	-18.750	Brasil	Cachoeira Alta
314	-50.933	-28.500	Brasil	Vacaria
315	-50.931	-29.803	Brasil	São Leopoldo
316	-50.783	-29.650	Brasil	Taquara
317	-50.583	-29.450	Brasil	São Francisco de Paula
318	-50.557	-24.212	Brasil	Telêmaco Borba
319	-50.417	-22.667	Brasil	Assis
320	-50.250	-6.050	Brasil	Paraúpebas
321	-50.246	-21.137	Brasil	Buritama
322	-50.215	-21.222	Brasil	Buritama
323	-50.197	-27.871	Brasil	Lages
324	-50.192	-6.025	Brasil	Paraúpebas
325	-50.145	-29.048	Brasil	Cambará do Sul
326	-50.120	-6.088	Brasil	Paraúpebas
327	-50.042	-20.188	Brasil	Cardoso
328	-50.019	-20.967	Brasil	Buritama
329	-50.019	-20.967	Brasil	Buritama
330	-49.959	-21.132	Brasil	Buritama
331	-49.667	-2.833	Brasil	Baião
332	-49.500	-28.617	Brasil	Criciúma
333	-49.317	-25.300	Brasil	Colombo
334	-49.300	-20.700	Brasil	São José do Rio Preto
335	-49.233	-26.433	Brasil	Corupá
336	-49.104	-20.639	Brasil	São José do Rio Preto
337	-49.067	-25.433	Brasil	Piraquara
338	-49.052	-5.583	Brasil	Marabá
339	-49.050	-26.933	Brasil	Blumenau
340	-48.969	-21.961	Brasil	Iacanga
341	-48.967	-16.333	Brasil	Anápolis
342	-48.933	-27.100	Brasil	Brusque
343	-48.858	-27.891	Brasil	São Bonifácio
344	-48.833	-26.300	Brasil	Joinville
345	-48.817	-26.333	Brasil	Joinville
346	-48.816	-27.767	Brasil	Santo Amaro da Imperatriz
347	-48.811	-27.733	Brasil	Caldas da Imperatriz
348	-48.726	-21.286	Brasil	Catanduva
349	-48.717	-26.383	Brasil	Joinville
350	-48.705	-21.207	Brasil	Catanduva
351	-48.703	-21.206	Brasil	Catanduva
352	-48.700	-24.534	Brasil	Apiaí
353	-48.667	-1.500	Brasil	Belém

354	-48.651	-27.026	Brasil	Balneário Camboriú
355	-48.633	-17.750	Brasil	Caldas Novas
356	-48.626	-1.506	Brasil	Belém
357	-48.623	-24.735	Brasil	Parque Estadual das Lauráceas
358	-48.617	-17.733	Brasil	Caldas Novas
359	-48.567	-24.600	Brasil	Rio das Pedras
360	-48.566	-21.142	Brasil	Catanduva
361	-48.538	-27.725	Brasil	Tapera da Base
362	-48.533	-27.717	Brasil	Ribeirão da Ilha
363	-48.500	-17.808	Brasil	Caldas Novas
364	-48.492	-27.599	Brasil	Florianópolis
365	-48.490	-27.531	Brasil	Florianópolis
366	-48.483	-1.450	Brasil	Belém
367	-48.473	-22.807	Brasil	Botucatu
368	-48.473	-22.702	Brasil	São Manuel
369	-48.467	-1.167	Brasil	Ilha do Mosqueiro
370	-48.445	-1.491	Brasil	Belém
371	-48.430	-1.428	Brasil	Belém
372	-48.411	-23.020	Brasil	Botucatu
373	-48.400	-22.800	Brasil	Botucatu
374	-48.391	-21.993	Brasil	Boa Esperança do Sul
375	-48.383	-1.367	Brasil	Ananindeua
376	-48.373	-20.678	Brasil	Barretos
377	-48.360	-24.090	Brasil	Capão Bonito
378	-48.345	-20.620	Brasil	Barretos
379	-48.333	-24.017	Brasil	Capão Bonito
380	-48.297	-25.179	Brasil	Serra Negra
381	-48.283	-1.217	Brasil	Santa Bárbara do Pará
382	-48.214	-12.485	Brasil	Ilha do Bananal
383	-48.209	-25.335	Brasil	Parque Nacional do Superagui
384	-48.200	-15.583	Brasil	Águas Lindas de Goiás
385	-48.183	-18.633	Brasil	Araguari
386	-48.183	-21.217	Brasil	Barrinha
387	-48.147	-18.790	Brasil	Araguari
388	-48.129	-1.152	Brasil	Castanhal
389	-48.128	-10.297	Brasil	Palmas
390	-48.083	-21.583	Brasil	Rincão
391	-47.993	-24.056	Brasil	Capão Bonito
392	-47.958	-24.125	Brasil	Capão Bonito
393	-47.933	-16.250	Brasil	Luziânia
394	-47.920	-14.278	Brasil	Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros
395	-47.917	-15.783	Brasil	Brasília
396	-47.867	-15.933	Brasil	Samambaia
397	-47.833	-15.750	Brasil	Samambaia
398	-47.667	-24.283	Brasil	Juquiá

399	-47.649	-22.725	Brasil	Piracicaba
400	-47.633	-22.717	Brasil	Piracicaba
401	-47.600	-23.433	Brasil	Sorocaba
402	-47.555	-24.708	Brasil	Iguapé
403	-47.517	-14.117	Brasil	Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros
404	-47.403	-13.717	Brasil	Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros
405	-47.395	-1.225	Brasil	Nova Timboteua
406	-47.321	-16.208	Brasil	Unaí
407	-47.317	-1.183	Brasil	Nova Timboteua
408	-47.300	-16.051	Brasil	Unaí
409	-47.207	-16.021	Brasil	Unaí
410	-47.094	-22.835	Brasil	Campinas
411	-47.091	-16.030	Brasil	Unaí
412	-47.050	-22.817	Brasil	Campinas
413	-46.562	-21.788	Brasil	Poços de Caldas
414	-46.530	-23.660	Brasil	Santo André
415	-46.500	-4.600	Brasil	Açailândia
416	-46.198	-23.925	Brasil	Santos
417	-46.150	-3.750	Brasil	São João do Caru
418	-46.017	-2.667	Brasil	Santa Luzia do Paruá
419	-45.850	-23.533	Brasil	Salesópolis
420	-45.833	-23.633	Brasil	Salesópolis
421	-44.290	-22.975	Brasil	Angra dos Reis
422	-44.041	-22.900	Brasil	Mangaratiba
423	-44.041	-22.960	Brasil	Mangaratiba
424	-43.667	-18.083	Brasil	Parque Nacional das Sempre Vivas
425	-43.476	-22.453	Brasil	Miguel Pereira
426	-43.358	-22.943	Brasil	Rio de Janeiro
427	-43.278	-22.958	Brasil	Rio de Janeiro
428	-43.233	-22.900	Brasil	Rio de Janeiro
429	-43.233	-22.933	Brasil	Rio de Janeiro
430	-43.015	-22.656	Brasil	Magé
431	-43.002	-22.451	Brasil	Teresópolis
432	-42.983	-22.433	Brasil	Teresópolis
433	-42.983	-22.533	Brasil	Guapimirim
434	-42.914	-22.484	Brasil	Teresópolis
435	-42.650	-22.467	Brasil	Nova Friburgo
436	-42.533	-22.267	Brasil	Nova Friburgo
437	-42.500	-22.500	Brasil	Nova Friburgo
438	-42.383	-22.650	Brasil	Rio das Ostras
439	-41.792	-20.457	Brasil	Parque Nacional do Caparaó
440	-41.400	-20.783	Brasil	Jerônimo Monteiro
441	-40.730	-18.980	Brasil	São Gabriel da Palha
442	-40.600	-19.936	Brasil	Santa Teresa
443	-40.600	-19.917	Brasil	Santa Teresa

444	-40.507	-20.275	Brasil	Cariacica
445	-40.501	-20.271	Brasil	Cariacica
446	-40.333	-20.033	Brasil	Serra
447	-39.527	-15.155	Brasil	Ilhéus
448	-39.233	-13.701	Brasil	Ilhéus
449	-39.183	-14.650	Brasil	Ilhéus
450	-39.075	-15.293	Brasil	Ilhéus
451	-59.383	7.517	Guiana	Port Kaituma
452	-59.250	7.800	Guiana	Port Kaituma
453	-58.900	5.367	Guiana	Mahdia
454	-58.620	6.400	Guiana	Bartica
455	-52.950	5.383	Guiana Francesa	Sinnamary
456	-52.667	4.000	Guiana Francesa	Reserve Naturelle des Nourages
457	-57.323	-25.806	Paraguai	Valenzuela
458	-57.050	-26.017	Paraguai	Paraguari
459	-57.050	-25.550	Paraguai	Valenzuela
460	-56.391	-27.117	Paraguai	Misiones
461	-55.867	-27.317	Paraguai	Posadas
462	-55.830	-27.500	Paraguai	Posadas
463	-55.804	-27.447	Paraguai	Posadas
464	-55.783	-27.350	Paraguai	Posadas
465	-55.730	-27.470	Paraguai	Candelaria
466	-55.700	-24.550	Paraguai	Santa Rosa
467	-55.483	-27.633	Paraguai	Cerro Azul
468	-55.480	-27.480	Paraguai	Bonpland
469	-55.320	-27.600	Paraguai	Leadro N. Alem
470	-55.170	-27.520	Paraguai	Guarani
471	-55.138	-27.873	Paraguai	San Javier
472	-55.133	-27.883	Paraguai	San Javier
473	-55.130	-27.880	Paraguai	San Javier
474	-55.083	-27.550	Paraguai	Los Helechos
475	-55.030	-26.800	Paraguai	Puerto Triunfo
476	-55.000	-27.000	Paraguai	Ruiz de Montoya
477	-54.500	-24.130	Paraguai	Salto de Guairá
478	-54.830	-27.160	Argentina	Aristóbulo del Valle
479	-54.800	-27.100	Argentina	Aristóbulo del Valle
480	-54.780	-26.570	Argentina	Montecarlo
481	-54.743	-27.377	Argentina	Veinticinco de Mayo
482	-54.717	-26.767	Argentina	Tarumá
483	-54.715	-26.468	Argentina	Tarumá
484	-54.710	-26.469	Argentina	Puerto Piray
485	-54.705	-26.453	Argentina	Puerto Piray
486	-54.700	-26.467	Argentina	Puerto Piray
487	-54.625	-26.405	Argentina	Eldorado
488	-54.614	-25.898	Argentina	Domingo Marínez de Irala

489	-54.300	-26.767	Argentina	Fracrán
490	-54.248	-25.705	Argentina	Parque Nacional Iguazú
491	-54.175	-25.587	Argentina	Parque Nacional Iguazú
492	-53.936	-25.932	Argentina	Ciudad del Este
493	-53.910	-26.160	Argentina	Bernardo de Irigoyen
494	-53.897	-25.982	Argentina	Bernardo de Irigoyen
495	-54.256	-25.937	Uruguay	Reserva Nacional Uruguay
496	-54.200	-31.867	Uruguay	Aceguá