

---

**CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

---

**LUCAS DE SOUZA ALMEIDA**

**MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO DAS  
CECÍLIAS (AMPHIBIA: GYMNOPTIONA) DO  
BRASIL: SUBSÍDIOS PARA CONSERVAÇÃO E  
AMOSTRAGENS DE CAMPO**

LUCAS DE SOUZA ALMEIDA

MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO DAS CECÍLIAS (AMPHIBIA:  
GYMNOPHIONA) DO BRASIL: SUBSÍDIOS PARA CONSERVAÇÃO  
E AMOSTRAGENS DE CAMPO

Orientador: Célio Fernando Baptista Haddad

Coorientador: Maurício Humberto Vancine

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas e Bacharel em Ciências Biológicas.

Rio Claro  
2019

A447m Almeida, Lucas de Souza  
Modelagem da distribuição das Cecílias (Amphibia: Gymnophiona) do Brasil :  
subsídios para conservação e amostragens de campo / Lucas de Souza Almeida. -- Rio  
Claro, 2019  
58 f.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado e licenciatura - Ciências Biológicas) -  
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro  
Orientador: Célio Fernando Baptista Haddad  
Coorientador: Maurício Humberto Vancine

1. Herpetologia. 2. Anfíbios. 3. Gymnophiona. 4. Predição espacial. 5. Modelos de  
distribuição de espécies. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados  
fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Dedico este trabalho aos meus falecidos avôs e à minha doce “vó Maria”, que também veio a falecer no decorrer desses anos em que estive na Unesp.

## **Agradecimentos**

Quero em primeiro lugar agradecer aos meus pais, Valdenice de Souza Almeida e Ricardo Tenorio de Almeida. Estes dois me criaram, cada um da tua maneira, o esforço dos dois, somado aos meus e as minhas vontades me trouxeram até Rio Claro, onde cresci muito mais que poderia sonhar. Obrigado, mãe e pai, independente dos meses sem vê-los e da distância, sempre demonstraram apoio e me auxiliaram de inúmeras formas, provendo condições reais de poder focar totalmente nas minhas ambições acadêmicas e de carreira. Minha mãe, não tenho como expressar todo o esforço que teve ao lidar com o meu desenvolvimento, com as situações que surgiram ao longo do nosso caminho, todos os obstáculos, todas as dores e surpresas negativas, mas nunca vou me esquecer do que você tem de melhor, a força, o carinho e o abrigo que sempre se fez presente mesmo com os problemas em crescente, continua a me oferecer o abraço gostoso quando volto para nossa casa. Ao meu pai, por sempre investir em mim, nunca hesitando, confiando, financiando viagens que mesmo oferecendo inúmeros riscos à minha vida, nunca foram encaradas como um problema, pois sabia que me cuidaria e estaria aprendendo e vivendo da forma mais plena que me caberia. Trabalharei firme para que algum dia eu possa retribuir todos os gestos de carinho e todo o suor que um dia vocês dois derramaram por mim e pelos meus irmãos. Realizei sonhos e experimentei muito nesses sete anos, apesar de ter sido um longo período como graduando, me sinto confortável em dizer que foi o suficiente para conhecer, aprender e vivenciar as experiências necessárias do que define o “ser um biólogo”, principalmente em um país que possui inúmeros problemas e inúmeras vantagens como o Brasil.

Agradeço ao meu irmão e a minha irmã, por serem um dos principais motores que me motivam a insistir na construção de uma carreira mais sólida, mesmo que eles não saibam, para que um dia eu tenha a possibilidade, se necessário, de apoiá-los e dar os devidos cuidados aos dois. Além de privilegiado, sou uma pessoa de sorte, e ao fim de todo esse processo encontrei uma pessoa maravilhosa. Além do carinho e do amor, esta moça de Cubatão passou a encarar empreitadas comigo, e sempre que preciso me apoia e me ajuda como ninguém, muitas vezes colocando literalmente a “mão na massa” para me ver ter êxito, obrigado Gabriele Santana de Farias, minha querida companheira, você faz meus dias mais alegres. Aos meus orientadores, Prof. Dr. Célio Fernando Baptista Haddad e Me. Maurício Humberto Vancine, que me aceitaram como estudante e por me propiciarem discussões e ferramentas de qualidade para desenvolver as ideias deste projeto. Devo designar mais uma linha ao professor Célio, por demonstrar extrema humildade em todas as nossas conversas, e isso é uma lição que eu não posso esquecer, mesmo sem saber, o Célio ensinou uma das mais valiosas lições para a vida

acadêmica. Além disso, a boa estrutura e a presença de muitas pessoas altamente qualificadas atreladas ao Laboratório de Herpetologia da Unesp de Rio Claro também contribuíram no meu desenvolvimento. Sou grato aos antigos amigos de república, a formidável Tijuana, que por quase dois anos foram como irmãos para mim, ajudando a lidar com a onda de mudanças e com a distância da família. Graças aos amigos Rodolfo Anderson, Otavio Bartelega, Renan Hohendorff Biagiotto, Lucas Facundes, Thales Barbosa e Fernando da Cruz Forte, além dos nossos agregados, Rio Claro se tornou rapidamente mais acalentadora.

Aos diversos amigos e amigas que fiz, com destaque aos seguintes nomes, com quem passei anos de convivência, trabalhos, conversas, discussões, risadas e diversões: Thiago Daguano Gastaldi, André Henrique Zambolli, Otavio Carriel, Samuli Laurindo, André Menini, Victor Morais Ghirotto, Jonson Dias, Arthur Monteiro Gomes, Luiz Letizio, Ailton Fabrício Neto, Bruna de França Gomes, Paula Eveline, Hugo Edagi, Lucas Cesar Gomes Squillante, Caio C. Leão Pompeu, Raquel Gasparini Martins, Isadora Machado, Bruna Lui, Isabela Reis, Rafaela Reis, Lilian Santos, entre tantos outros. Vocês ajudaram a tornar os anos em Rio Claro mais leves e interessantes. Quero destinar os meus agradecimentos a todas as pessoas que integraram o cursinho comunitário ATHO, do qual fiz parte e orgulhosamente me dediquei. Foi um belíssimo projeto, que ao longo de quase dois anos atuei como professor de algumas disciplinas da biologia, isto sem contar as horas de reuniões para exercermos o moroso trabalho de organizadores da estruturação do cursinho. Este foi um grupo que mereceu aplausos pelo comprometimento com as comunidades de Rio Claro e cidades vizinhas. Fica também o meu “muito obrigado!” ao Prof. Dr. Thiago Sanna Freire Silva, que me introduziu aos estudos de herpetologia e à biogeografia, o que culminou numa grande mudança em meu direcionamento e nas minhas ideias de carreira, além do mais, o professor me serve como um exemplo desde então. Ao inesquecível Prof. Dr. Harold Gordon Fowler, por ter apresentado situações novas a nossa turma e a toda uma geração de profissionais formados pela Unesp de Rio Claro. Foi com este docente que saí pela primeira vez do meu estado com uma visão de trabalho, a primeira vez que me atentei e fui confrontado com a diversidade e uma dinâmica de ambientes naturais totalmente diferentes do que estava acostumado, a primeira vez que me coloquei pensando em padrões ecológicos e métodos científicos mais a fundo e depois de todas essas “primeiras vezes”, foi junto a ele que tive meu primeiro contato na posição de educar, de conduzir turmas, passar conhecimento e quando possível trocar estes saberes com os demais estudantes. Tudo isso em um contexto memorável e maravilhoso como o Pantanal do Mato Grosso do Sul. Agradeço aos professores de disciplinas que me marcaram ao longo desses anos, como Claudio José von Zuben, Roberto Goitein, Alessandra Ike Coan, Alessandra Fidelis, José Paulo Leite

Guadanucci, Fábio Pinheiro, Gustavo Habermann, Júlio Lombardi, Dalva Maria Bianchini Bonotto e Laurence Culot. Todos estes nomes me fizeram refletir sobre a ação de educar e sobre propagar conhecimento técnico mesclado com atualidades, práticas, paixão e causos reais.

Por fim, mas não menos importante, agradeço algumas companhias da minha vida, como os músicos do Pink Floyd, que por muitos dias e noites escutei, ao Led Zeppelin, que com o tempo aprendi a respeitar e gostar. Aos outros grandes músicos que me empurraram durante esses anos, diante do computador e dos artigos, como o grande Belchior, David Bowie, Zé Ramalho, Chico Buarque, Tim Maia, Beirut, Devendra Banhart, Secos e Molhados, Mutantes, Novos Baianos, Caetano Veloso, U2, Jorge Ben Jor e tantos outros. Agradeço aos heróis e às heroínas que fizeram parte das ciências da natureza, das investigações, da construção do pensamento científico, dos métodos, dos debates éticos, filosóficos e sociológicos, nada disso seria possível se não fosse a progressão e a eterna condição colaborativa e gregária que a ciência possui e continuará possuindo, mesmo que algumas das pessoas não percebam isso. E um agradecimento final ao universo, ao movimento, ao tempo, ao sol, às chuvas, ao vento, a vida, a evolução, às universidades públicas, gratuitas e de qualidade, aos personagens que integram todo esse microuniverso e tentam mantê-lo, aos micróbios, aos fungos, às plantas avasculares que cobrem rochas nas florestas, às plantas vasculares que dominam o planeta e nos recobrem com suas folhas, aos animais, aos ectotérmicos e aos meus pretensos eternos companheiros das noites: os jacarés, as anfisbenas, os lagartos, os quelônios, as serpentes, as salamandras, os sapos, as rãs, as pererecas e as cecílias. Obrigado, vocês despertam em mim o amor e fomentam o sentimento do que é realmente estar vivo: contemplar, conhecer, explorar, descobrir e compartilhar. Esse é um começo e eu acho que me orgulho dele.

*“Compositor de destinos  
Tambor de todos os ritmos  
Tempo, Tempo, Tempo, Tempo  
Entro num acordo contigo  
Tempo, Tempo, Tempo, Tempo”*

*Por seres tão inventivo  
E pareceres contínuo  
Tempo, Tempo, Tempo, Tempo  
És um dos deuses mais lindos  
Tempo, Tempo, Tempo, Tempo”*

(Caetano Veloso)

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Ocorrência total das Gymnophiona do Brasil e países adjacentes. ....	26
<b>Figura 2</b> – Ocorrências das nove espécies de Gymnophiona modeladas neste trabalho. ....	27
<b>Figura 3</b> - Scree plot dos autovalores e porcentagem de explicação de cada PC das variáveis climáticas. ....	29
<b>Figura 4</b> - Biplot com a ordenação da PCA das 19 variáveis bioclimáticas. ....	30
<b>Figura 5</b> - Valores de AUC para cada réplica de algoritmo para as nove espécies de Gymnophiona modeladas. ....	31
<b>Figura 6</b> - Modelo para <i>Caecilia gracilis</i> . À esquerda modelo contínuo e à direita modelo regional binarizado pelo LPT. ....	33
<b>Figura 7</b> - Modelo para <i>Caecilia tentaculata</i> . À esquerda modelo contínuo e à direita modelo regional binarizado pelo LPT. ....	34
<b>Figura 8</b> - Modelo para <i>Chthonerpeton indistinctum</i> . À esquerda modelo contínuo e à direita modelo regional binarizado pelo LPT. ....	35
<b>Figura 9</b> - Modelo para <i>Potamotyphlus kaupii</i> . À esquerda modelo contínuo e à direita modelo regional binarizado pelo LPT. ....	36
<b>Figura 10</b> - Modelo para <i>Rhinatrema bivittatum</i> . À esquerda modelo contínuo e à direita modelo regional binarizado pelo LPT. ....	37
<b>Figura 11</b> - Modelo para <i>Siphonops annulatus</i> . À esquerda modelo contínuo e à direita modelo regional binarizado pelo LPT. ....	38
<b>Figura 12</b> - Modelo para <i>Siphonops hardyi</i> . À esquerda modelo contínuo e à direita modelo regional binarizado pelo LPT. ....	39
<b>Figura 13</b> - Modelo para <i>Siphonops paulensis</i> . À esquerda modelo contínuo e à direita modelo regional binarizado pelo LPT. ....	40
<b>Figura 14</b> - Modelo para <i>Typhlonectes compressicauda</i> . À esquerda modelo contínuo e à direita modelo regional binarizado pelo LPT. ....	41
<b>Figura 15</b> – Número total de espécies por gride. ....	42
<b>Figura 16</b> – Distância média de estradas por gride. ....	43
<b>Figura 17</b> - Áreas prioritárias para amostragem, sendo as quadrículas roxas os pontos que necessitam de mais amostragem e as amarelas os que estão relativamente bem amostrados. ....	44

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Lista das 42 espécies de Gymnophiona descritas para o Brasil, suas famílias, hábitos, e status de conservação das espécies segundo a IUCN (DD = dados deficientes; LC = pouco preocupante; NA = não disponível).....	13
<b>Tabela 2</b> - Sinonímias existentes das 42 espécies de Gymnophiona para o Brasil. Os códigos devem ser interpretados como: “x”.”y”, sendo “x” o número representando uma espécie e o “y” o número de nomes diferentes já recebidos. Quando o “y”= 0, temos o nome dado pelos descritores. ....	19
<b>Tabela 3</b> - Número total de ocorrências encontradas para as espécies de Gymnophiona buscadas em bases on-line e na literatura.....	22
<b>Tabela 4</b> - Registros das espécies advindas da literatura. Os números representam as espécies encontradas nas respectivas referências. Espécies: 1- <i>Caecilia gracilis</i> ; 2- <i>Caecilia marculsi</i> ; 3- <i>Caecilia mertensi</i> ; 4- <i>Caecilia tentaculata</i> ; 5- <i>Rhinatrema gilbertogili</i> ; 6- <i>Rhinatrema uaiuai</i> ; 7- <i>Brasilotyphlus brasiliensis</i> ; 8- <i>Brasilotyphlus dubium</i> ; 9- <i>Brasilotyphlus guarantanus</i> ; 10- <i>Luetkenotyphlus brasiliensis</i> ; 11- <i>Luetkenotyphlus fredii</i> ; 12- <i>Microcaecilia butantan</i> ; 13- <i>Microcaecilia marvaleewakeae</i> ; 14- <i>Microcaecilia rochai</i> ; 15- <i>Microcaecilia taylori</i> ; 16- <i>Microcaecilia trombetas</i> ; 17- <i>Siphonops annulatus</i> ; 18- <i>Siphonops hardyi</i> ; 19- <i>Siphonops paulensis</i> ; 20- <i>Atretochoana eiselti</i> ; 21- <i>Chthonerpeton arii</i> ; 22- <i>Chthonerpeton braestrupi</i> ; 23- <i>Chthonerpeton indistinctum</i> ; 24- <i>Chthonerpeton noctinectes</i> ; 25- <i>Chthonerpeton tremembe</i> ; 26- <i>Chthonerpeton viviparum</i> ; 27- <i>Nectocaecilia petersii</i> ; 28- <i>Potamotyphlus kaupii</i> ; 29- <i>Typhlonectes compressicauda</i> . .....	23
<b>Tabela 5</b> - Contribuição e valores de autovalores de cada eixo da PCA das variáveis bioclimáticas. Em negrito e itálico, temos os componentes ou eixos utilizados para desenvolver nossos modelos. ....	28
<b>Tabela 6</b> - Valores de LPT e área preditas como presença, total e porcentagem em relação à.....	31
<b>Tabela 7</b> - Valores das áreas preditas como presença para cada espécie não modelada.....	32

## Resumo

A Ordem Gymnophiona é composta por animais de corpo longilíneo, ápodas, com olhos reduzidos e que apresentam um par de tentáculos na região anterior, com função quimiorreceptora. Dentre os anfíbios, esses são os animais mais desconhecidos devido a seus hábitos geralmente fossoriais, ou seja, de escavar e viver em galerias subterrâneas. Devido a essas características de sua história natural, há no Brasil e no mundo, uma enorme lacuna de conhecimento em relação à taxonomia e distribuição, grande parte por conta da dificuldade amostral desse grupo. Dessa forma, neste trabalho buscamos: (1) apresentar uma compilação dos trabalhos publicados e as ocorrências das espécies de Gymnophiona para o Brasil; (2) criar modelos de distribuição de espécies para encontrar a distribuição potencial dessas espécies, a fim de direcionar esforços de amostragem em futuros trabalhos de campo. Para a realização desse projeto, foram compiladas informações de ocorrência das espécies da Ordem Gymnophiona disponíveis em bases on-line e na literatura disponível. De posse dessas informações, utilizamos Modelos de Distribuição de Espécies para encontrar áreas adequadas à ocorrência dessas espécies, utilizando variáveis climáticas do CHELSA. Por fim, utilizamos os resultados dos modelos e a distância de estradas para indicar áreas prioritárias para amostragens em campo. Nossos resultados mostraram que até o presente momento, há 42 espécies de Gymnophiona descritas para o Brasil, distribuídas em quatro famílias: Caeciliidae, Rhinatrematidae, Siphonopidae e Typhlonectidae. Para a maior parte das espécies há poucos registros, sendo a maior parte desses registros concentradas para nove espécies mais comuns e com ampla distribuição: *Caecilia gracilis*, *Caecilia tentaculata*, *Chthonerpeton indistinctum*, *Potamotyphlus kaupii*, *Rhinatrema bivittatum*, *Siphonops annulatus*, *Siphonops hardyi*, *Siphonops paulensis* e *Typhlonectes compressicauda*, para as quais os modelos foram possíveis serem ajustados. Para outras 26 espécies com menos de 10 registros, criamos e integramos *buffers* de aproximadamente 100 km para estimar sua distribuição. Para as outras sete espécies não encontramos registros de ocorrências nas bases ou na literatura. Nossos modelos tiveram em geral bons ajustes, com a grande maioria das réplicas com valores de AUC acima de 0,75. De forma geral, os modelos indicaram áreas de distribuição potencial condizentes com a distribuição das ocorrências, com exceção dos modelos para *Caecilia tentaculata* e *Siphonops hardyi*, que extrapolaram a distribuição dessas espécies, muito provavelmente devido ao amplo limite utilizado. Por fim, nossas análises indicaram que grande parte das áreas que consideramos propícias à amostragem de espécies em campo, localizaram-se em regiões da Mata Atlântica e também na Amazônia central e junto à zona de ecótono entre os Biomas da

Amazônia, Cerrado e Caatinga. Apesar desses resultados serem interessantes e bastante promissores, mais testes e outras abordagens podem e devem ser utilizadas para melhorar a predição dos modelos, e assim ajudar a aumentar o conhecimento da distribuição dos organismos desse grupo, assim como em novas amostragens de campo.

**Palavras-chaves:** Lacunas de amostragem, Anfíbios, Cecílias, Predição espacial, Modelos de distribuição de espécies

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	11
<b>2</b>	<b>Objetivos</b>	13
<b>3</b>	<b>Métodos</b>	13
<b>3.1</b>	<b>Grupos de espécies da Ordem Gymnophiona no Brasil</b>	13
<b>3.2</b>	<b>Modelagem da Distribuição das Espécies</b>	14
<b>3.3</b>	<b>Ocorrências das espécies</b>	15
<b>3.4</b>	<b>Variáveis ambientais</b>	16
<b>3.4.1</b>	<i>Bases de dados</i>	16
<b>3.4.2</b>	<i>Adequação do limite, resolução, formato e seleção das variáveis ambientais</i>	16
<b>3.5</b>	<b>Construção e avaliação dos SDMs</b>	16
<b>3.6</b>	<b>Áreas prioritárias para amostragem de campo</b>	18
<b>4</b>	<b>Resultados</b>	18
<b>4.1</b>	<b>Taxonomia e Ocorrências</b>	18
<b>4.2</b>	<b>Ajuste e seleção das variáveis climáticas</b>	28
<b>4.3</b>	<b>Modelos de distribuição das espécies</b>	30
<b>4.3</b>	<b>Áreas prioritárias para amostragem de campo</b>	41
<b>5</b>	<b>Discussão</b>	44
<b>6</b>	<b>Conclusões</b>	48
<b>7</b>	<b>Referências</b>	49

## 1 Introdução

Gymnophiona é uma das três Ordens de Amphibia atuais, sendo constituída por animais de corpo vermiforme, longilíneos, com olhos reduzidos, sendo totalmente desprovidos de membros e das cinturas escapular e pélvica, podendo apresentar hábitos fossoriais, semiaquáticos ou aquáticos (GUDYNAS; WILLIAMS; AZPELICUETA, 1988; GOWER; WILKINSON, 2005; EXBRAYAT, 2018). As espécies que possuem hábitos aquáticos ou semiaquáticos são representadas por animais da família Typhlonectidae; no entanto, a maioria das espécies habita galerias no solo ou na serapilheira (NUSSBAUM; WILKINSON, 1995; GOWER; WILKINSON, 2005). As espécies de Gymnophiona possuem tamanhos variados, podendo ter desde 110 mm, como o caso dos adultos de *Microcaecilia unicolor*, uma espécie que ocorre nas Guianas, até animais com mais de 1300 mm, como *Caecilia thompsoni*, endêmica da Colômbia (NUSSBAUM; WILKINSON, 1995; EXBRAYAT; RAQUET, 2009). As cecílias são reconhecidamente um táxon composto exclusivamente por animais carnívoros, alimentando-se principalmente de minhocas, Orthoptera fossoriais, cupins e outros invertebrados (MEASEY et al., 2004; MACIEL et al., 2012).

O grupo das Gymnophiona aparentemente se originou no final do Triássico, na porção de Gondwana (EXBRAYAT; RAQUET, 2009). Atualmente há 213 espécies descritas no mundo, que estão estritamente relacionadas aos ambientes tropicais e subtropicais, sendo representadas por animais nos continentes Americano, Africano e Asiático (TAYLOR, 1968; EXBRAYAT; RAQUET, 2009; FROST, 2019). Na América, as Gymnophiona ocorrem nas porções central e sul, com exceção de *Dermophis mexicanus*, que ocorre desde a América Central até partes do México e na América do Norte (WAKE, 2003). Contudo, a maior diversidade é encontrada na América do Sul, contendo aproximadamente 44% do número de espécies do mundo (FROST, 2019).

No Brasil, existem quatro famílias, que englobam mais de 40 espécies conhecidas, sendo Siphonopidae a mais diversa, com 19 espécies (SEGALLA et al., 2016; CORREIA et al., 2018; MACIEL et al., 2018; FROST, 2019). A maioria das cecílias brasileiras é fossorial, exceto pelos Typhlonectidae, uma das famílias mais derivadas da Ordem, possuindo hábitos bem distintos dos demais animais encontrados no Brasil (DUNN, 1942). Os gêneros dessa família, *Atretochoana*, *Potamotyphlus* e *Typhlonectes* são conhecidos por seus hábitos aquáticos, enquanto que *Chthonerpeton* e *Nectocaecilia* são semiaquáticos (VITT; CALDWELL, 2014).

As cecílias ocorrem em diversas fitofisionomias, desde campos abertos até florestas decíduas e ombrófilas, densas e perenes (GOWER; WILKINSON, 2005). Algumas espécies, como *Siphonops annulatus* e *S. paulensis* ocorrem em diferentes fitofisionomias (WILKINSON et al., 2008). *S. annulatus* ocorre da Venezuela até a Argentina, podendo ser encontrada no Brasil nos estados de Rondônia, Amazonas, Pará, Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Rio de Janeiro e Santa Catarina (WILKINSON et al., 2008; MACIEL; HOOGMOED, 2011b). Alguns autores levantaram a hipótese de que *S. paulensis* pode apresentar a mesma plasticidade e ampla distribuição que sua congênera, já que a espécie ocorre em outros países, como Argentina, Paraguai e Bolívia, enquanto no Brasil, há registros nos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Goiás, Tocantins, Ceará e Maranhão (MIRANDA et al., 2013). No entanto, como não houve estudos abordando a distribuição potencial desses animais, essa hipótese permanece em aberto, constituindo um campo de pesquisa ainda não explorado.

Grande parte do desconhecimento da distribuição desses organismos se deve aos seus hábitos fossoriais (HADDAD et al., 2013). Muitas das espécies encontradas até o momento foram descritas com apenas um ou dois indivíduos (e.g. TAYLOR, 1968; GIRI; WILKINSON; GOWER, 2003), devido principalmente às dificuldades nos procedimentos que envolvem a amostragem destes animais em campo (DUELLMAN; TRUEB, 1994; HEYER et al., 1994). Por conta desses fatores, é possível que o grupo das Gymnophiona seja o menos conhecido dentre os tetrápodes e sua taxonomia ainda seja incipiente (NUSSBAUM; WILKINSON, 1989; NUSSBAUM; WILKINSON, 1995; HADDAD et al., 2013). No entanto, existem relatos dentro da bibliografia que alegam encontros de áreas com alto adensamento populacional, tornando esses animais comuns ou mesmo abundantes em áreas relativamente pequenas, devido a fatores ainda desconhecidos (e.g. PÉFAUR et al., 1987; NUSSBAUM; PFRENDER, 1998; OOMMEN et al., 2000; MEASEY; DI-BERNARDO, 2003; MEASEY et al., 2003).

Diante do quadro de desconhecimento sobre este táxon, oriundo da ausência de amostragens para boa parte das espécies do Brasil, há a necessidade de se desenvolver pesquisas que busquem entender e prever possíveis ambientes onde as cecílias possam ser mais facilmente encontradas, baseando-se em abordagens de modelos de distribuição de espécies (GUISAN; THUILLER, 2005; GUISAN; THUILLER; ZIMMERMANN, 2017). Os modelos de distribuição de espécies possuem inúmeras implicações, sendo uma das áreas da Ecologia com maior desenvolvimento nos últimos anos (PETERSON et al., 2011; LIMA-RIBEIRO; DINIZ-FILHO, 2013; GUISAN et al., 2017). Esses modelos buscam prever novos ambientes

favoráveis à ocorrência de espécies alvo, cuja distribuição geográfica é pouco conhecida (GUISAN et al., 2017). Os resultados desses modelos podem indicar novos locais de coleta aos herpetólogos, promovendo relevante auxílio ao preenchimento de lacunas na distribuição do grupo das Gymnophiona, além de auxiliar na definição do status de ameaça para as espécies classificadas como DD (dados deficientes, IUCN), além de promover indiretamente os estudos de história natural, dieta, ecologia, taxonomia e sistemática, entre outros campos que são pouco explorados para esse grupo.

## 2 Objetivos

O objetivo deste trabalho foi compilar informações sobre a ocorrência e criar modelos de distribuição de espécies para fornecer áreas que incrementem o atual panorama de conhecimento sobre as Gymnophiona do Brasil. Nossos resultados podem direcionar futuros esforços amostrais para facilitar o encontro desses organismos em campo. Além disso, esses resultados ainda podem auxiliar na conservação desse grupo no Brasil, dado o seu alto grau de desconhecimento quanto à sua distribuição no país.

## 3 Métodos

### 3.1 Grupos de espécies da Ordem Gymnophiona no Brasil

Atualmente, há 42 espécies de Gymnophiona descritas no Brasil, distribuídas em quatro famílias: Caeciliidae, Rhinatrematidae, Siphonopidae e Typhlonectidae (SEGALLA et al., 2016; FROST, 2019). Dentre essas famílias, as três primeiras possuem hábitos terrestres e apenas Typhlonectidae possui hábitos aquáticos (MACIEL; HOOGMOED, 2011b). A Tabela 1 traz a listagem e classificação dos hábitos dessas 42 espécies descritas atualmente para o Brasil, segundo Frost (2019) e Segalla et al. (2016).

**Tabela 1** - Lista das 42 espécies de Gymnophiona descritas para o Brasil, suas famílias, hábitos, e status de conservação das espécies segundo a IUCN (DD = dados deficientes; LC = pouco preocupante; NA = não disponível).

<b>Espécies</b>	<b>Famílias</b>	<b>Hábitos</b>	<b>Status</b>
<i>Caecilia armata</i>	Caeciliidae	Fossorial	DD
<i>Caecilia gracilis</i>	Caeciliidae	Fossorial	LC
<i>Caecilia marculsi</i>	Caeciliidae	Fossorial	LC
<i>Caecilia mertensi</i>	Caeciliidae	Fossorial	DD
<i>Caecilia tentaculata</i>	Caeciliidae	Fossorial	LC

<i>Osaecilia hypereumeces</i>	Caeciliidae	Fossorial	DD
<i>Rhinatrema bivittatum</i>	Rhinatreumatidae	Fossorial	LC
<i>Rhinatrema gilbertogili</i>	Rhinatreumatidae	Fossorial	NA
<i>Rhinatrema nigrum</i>	Rhinatreumatidae	Fossorial	LC
<i>Rhinatrema ron</i>	Rhinatreumatidae	Fossorial	NA
<i>Rhinatrema uaiuai</i>	Rhinatreumatidae	Fossorial	NA
<i>Brasilotyphlus braziliensis</i>	Siphonopidae	Fossorial	LC
<i>Brasilotyphlus guarantanus</i>	Siphonopidae	Fossorial	NA
<i>Brasilotyphlus dubium</i>	Siphonopidae	Fossorial	NA
<i>Luetkenotyphlus brasiliensis</i>	Siphonopidae	Fossorial	DD
<i>Luetkenotyphlus fredii</i>	Siphonopidae	Fossorial	NA
<i>Luetkenotyphlus insulanus</i>	Siphonopidae	Fossorial	DD
<i>Microcaecilia butantan</i>	Siphonopidae	Fossorial	NA
<i>Microcaecilia marvaleewakeae</i>	Siphonopidae	Fossorial	NA
<i>Microcaecilia rabei</i>	Siphonopidae	Fossorial	DD
<i>Microcaecilia rochai</i>	Siphonopidae	Fossorial	NA
<i>Microcaecilia supernumeraria</i>	Siphonopidae	Fossorial	DD
<i>Microcaecilia taylori</i>	Siphonopidae	Fossorial	LC
<i>Microcaecilia trombetas</i>	Siphonopidae	Fossorial	NA
<i>Mimosiphonops reinhardti</i>	Siphonopidae	Fossorial	DD
<i>Mimosiphonops vermiculatus</i>	Siphonopidae	Fossorial	DD
<i>Siphonops annulatus</i>	Siphonopidae	Fossorial	LC
<i>Siphonops hardyi</i>	Siphonopidae	Fossorial	LC
<i>Siphonops leucoderus</i>	Siphonopidae	Fossorial	DD
<i>Siphonops paulensis</i>	Siphonopidae	Fossorial	LC
<i>Atretochoana eiselti</i>	Typhlonectidae	Aquático	DD
<i>Chthonerpeton arii</i>	Typhlonectidae	Semi-aquático	DD
<i>Chthonerpeton braestrupi</i>	Typhlonectidae	Semi-aquático	DD
<i>Chthonerpeton exile</i>	Typhlonectidae	Semi-aquático	DD
<i>Chthonerpeton indistinctum</i>	Typhlonectidae	Semi-aquático	LC
<i>Chthonerpeton noctinectes</i>	Typhlonectidae	Semi-aquático	DD
<i>Chthonerpeton perissodus</i>	Typhlonectidae	Semi-aquático	DD
<i>Chthonerpeton tremembe</i>	Typhlonectidae	Semi-aquático	DD
<i>Chthonerpeton viviparum</i>	Typhlonectidae	Semi-aquático	DD
<i>Nectocaecilia petersii</i>	Typhlonectidae	Semi-aquático	LC
<i>Potamotyphlus kaupii</i>	Typhlonectidae	Aquático	LC
<i>Typhlonectes compressicauda</i>	Typhlonectidae	Aquático	LC

### 3.2 Modelagem da Distribuição das Espécies

Utilizamos Modelos de Distribuição de Espécies (*Species Distribution Modeling - SDM*) para prever áreas adequadas à ocorrência das espécies de Gymnophiona para o Brasil. Os SDMs utilizam diferentes algoritmos matemáticos para estimar o nicho das espécies utilizando a relação entre as ocorrências (geralmente coordenadas geográficas de presença) e

variáveis ambientais, como precipitação, temperatura ou outro fator ambiental que condicione a distribuição da espécie modelada. Posteriormente ao nicho estimado pelo modelo, valores de adequabilidade são preditos e plotados em áreas não conhecidas para a ocorrência das espécies (PETERSON et al., 2011; GUIBAN et al., 2017). Para a construção dos modelos foi organizado um banco de dados de ocorrências das 42 espécies que ocorrem no Brasil (item 3.3) e variáveis ambientais climáticas (item 3.4).

### 3.3 Ocorrências das espécies

As ocorrências das espécies de *Gymnophiona* (Tabela 1) foram obtidas da literatura, de diferentes fontes: 1) artigos obtidos em bases de dados acadêmicas online (*ISI Web of Knowledge*, *Scielo*, *Scopus*, *Google Scholar* e *ResearchGate*); 2) livros sobre comunidades de anfíbios; e 3) literatura não publicada (monografias de graduação, dissertações de mestrado e teses de doutorado) de bibliotecas digitais de universidades estaduais e federais. Os termos utilizados para a pesquisa nas bases de dados on-line foram: “amphibian\*”, “caecilian\*”, “*Gymnophiona*\*”, “Brazil”, “anfíbio\*”, “cecília\*” e “Brasil”, que foram combinados de maneiras diferentes, usando operadores booleanos.

Além da literatura, buscamos nominalmente dados de ocorrências das espécies para todos os sinônimos júnior e para o sinônimo sênior compilados em Frost (2019), utilizando a base brasileira do *speciesLink* (<http://smlink.cria.org.br>) e as bases internacionais do *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF, <https://www.gbif.org>), *VertNet* (<http://vertnet.org>), *iNaturalist* (<https://www.inaturalist.org>) e *Digitized Biocollections* (iDigBio, <https://www.idigbio.org>), utilizando a função “occ” do pacote *spocc* (CHAMBERLAIN, 2018), da linguagem de programação R v. 3.6.1 (R CORE TEAM, 2019).

Posteriormente, corrigimos possíveis erros taxonômicos e de geolocalização das ocorrências. Para isso, utilizamos funções na linguagem R para: 1) retirada de dados faltantes, 2) retirada de dados duplicados, 3) filtro de ocorrências por uma data específica (após 1960, devido a melhor precisão e acurácia das informações geográficas), e ainda 4) manter apenas uma ocorrência por célula de ~5 km do arquivo gride (*raster*) das variáveis ambientais, que serão descritas logo a seguir. Para garantir a confiabilidade e qualidade dos modelos gerados, construímos modelos apenas para as espécies que apresentaram mais de 10 pontos de ocorrência, depois de aplicar os filtros citados anteriormente.

### 3.4 Variáveis ambientais

#### 3.4.1 Bases de dados

As variáveis climáticas foram obtidas no banco de dados do CHELSA, versão 1.2 (<http://chelsa-climate.org>, KARGER et al., 2017). Essas variáveis são dados médios de precipitação (mm) e temperatura (°C), compiladas em variáveis bioclimáticas [combinações temporais dos dados de temperatura (BIO1 a BIO11) e precipitação (BIO12 a BIO19)] para o período de 1979 a 2013. O CHELSA é um conjunto de dados climáticos de alta resolução para todo o globo, baseado numa aproximação estatística quasi-mecânica do modelo de circulação global provisória da ERA com uma correção de polarização GPCC (KARGER et al., 2017).

#### 3.4.2 Adequação do limite, resolução, formato e seleção das variáveis ambientais

Todas as variáveis ambientais descritas anteriormente foram adequadas à um retângulo que englobou toda a distribuição dos pontos de ocorrência de todas as espécies, adicionado a um buffer de 1° de extensão (~110 km), e para a resolução espacial (tamanho do pixel) de 2,5 arc-minutos (~5 km), utilizando as funções “buffer”, “mask”, “crop” e “aggregate” do pacote *raster* da linguagem R v. 3.6.1 (HIJMANS et al., 2018; R CORE TEAM, 2019). Por fim, para reduzir a dimensionalidade e colinearidade dessas variáveis, fizemos uma PCA (*Principal Component Analysis*) e construímos novos *rasters* (número de PCs que incorporem mais de 95% da explicação da PCA; DE MARCO; NOBREGA, 2018) a partir dos valores dos escores dos *Principal Components* (PCs), utilizando a função “*rasterPCA*” do pacote *RStoolbox* da linguagem R v. 3.6.1 (NAIMI et al., 2014; GUISAN et al., 2017; LEUTNER et al., 2019; R CORE TEAM, 2019).

### 3.5 Construção e avaliação dos SDMs

O nicho de uma espécie pode ser inferido por diferentes tipos de algoritmos matemáticos. De maneira geral, esses algoritmos podem ser classificados em três grandes grupos: (i) presença e ausência (*presence/absence*), (ii) apenas presença (*presence-only*), e (iii) presença e plano de fundo (*presence/background*) (PETERSON et al., 2011; GUISAN et al., 2017). Sendo assim, quando os nichos estimados são preditos nos mapas, os resultados inferem a distribuição potencial de uma espécie de maneiras distintas. Dessa forma, o uso combinado (consenso - *ensemble*) desses algoritmos tende a aumentar a acurácia dos resultados das predições, justamente por considerarem diferentes tolerâncias na distribuição potencial das espécies (ARAÚJO; NEW, 2007; DINIZ-FILHO et al., 2009; QIAO; SOBERÓN;

PETERSON, 2015; GUIBAN et al., 2017).

Dado esse fato, construímos os SDMs utilizando seis algoritmos, pertencentes aos três grupos mencionados anteriormente: presença e pseudo-ausência - Modelos Lineares Generalizados (*Generalized Linear Models* - GLM), utilizando a família de distribuição *binomial* (GUIBAN; EDWARDS; HASTIE, 2002), Random Forest (BREIMAN, 2001) e Support Vector Machine - SVM (TAX; DUIN, 2004); apenas presença - Bioclim (NIX, 1986) e Domain - Gower Distance (CARPENTER; GILLISON; WINTER, 1993); presença e plano de fundo - Maximum Entropy – MaxEnt v. 3.4.1 (PHILLIPS et al., 2017).

Para avaliar os SDMs utilizamos dados de presença e de pseudo-ausência (amostrados aleatoriamente em todo o limite modelado e com o mesmo número dos dados de ocorrência para cada espécie). Esses dados foram particionados em 70% para treino e 30% para teste. Essa partição foi realizada de modo aleatório (amostragem com reposição - 2 *k-fold*) para cada algoritmo e para cada espécie, sendo realizada 10 vezes. Dessa forma, construiu-se 60 modelos (6 algoritmos × 10 réplicas) para cada espécie. Os dados de teste (30% dos dados de ocorrência e pseudo-ausência) foram utilizados para calcular a área sob a curva (*Area Under the Curve* - AUC), a partir de uma curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*). O cálculo do AUC considera a proporção de previsões (30% das presenças e pseudo-ausências) corretas e incorretas em relação aos limiares de adequabilidade. Para a interpretação da qualidade do modelo gerado, os valores de AUC são geralmente classificados em: (1) previsões não melhores que aleatórias (<0,5), (2) previsões pobres (0,5 a 0,7); (3) previsões razoáveis (0,7 a 0,9); e (4) previsões muito boas (>0,9) (ELITH et al., 2006; PETERSON et al., 2011).

Após obter os modelos, utilizou-se a técnica de consenso (ensemble; ARAÚJO; NEW, 2007) por média ponderada (THUILLER, 2003), utilizando apenas os modelos de cada réplica e de cada algoritmo com valores de AUC acima de 0,75. Esse valor de AUC foi adotado, uma vez que modelos com valores acima desse limiar são considerados com previsão razoáveis (ELITH et al., 2006; PETERSON et al., 2011). O ensemble por média ponderada foi calculado para cada pixel, seguindo os passos: (i) primeiramente, organizou-se os valores de adequabilidade numa matriz, onde as linhas eram os pixels, as colunas eram os modelos e os elementos dessa matriz consistia nos valores de adequabilidade; (ii) em seguida, os valores de adequabilidade de todos os modelos foram padronizados utilizando a função “decostand” do pacote *vegan* (OKSANEN et al., 2019) na linguagem R (R CORE TEAM, 2019); (iii) depois calculou-se a média ponderada ( $\sum p_i * AUC_i / \sum AUC_i$ ) para cada linha, onde  $p_i$  foram os valores de adequabilidade padronizados de cada pixel e  $AUC_i$  os valores de AUC de cada modelo; (iv)

por fim, esse último valor de cada pixel (média ponderada) foi utilizado para preencher os mapas finais de adequabilidade de cada espécie. Como último passo, para os modelos finais de cada espécie, encontrou-se os valores de LPT (*Lower Presence Threshold*), que consiste no menor valor de adequabilidade para os pontos de ocorrência de cada espécie (PEARSON et al., 2007), para binarizar os modelos e considerar pixels maiores que esse valor como de presença (1) e menores como ausência (0) potenciais para cada espécie.

Todos os modelos foram gerados no formato GeoTiff, com Sistema de Coordenadas Geográficas (“lat/lon”) e Datum WGS 84 e resolução espacial de 2,5 arc-minutos (~5 km) na linguagem R v. 3.6.1 (R CORE TEAM, 2019), através das funções “bioclim”, “gower”, e “maxent” do pacote *dismo* (HIJMANS et al., 2017), “glm” do pacote *stats* (R CORE TEAM, 2019), “randomForest” do pacote *randomForest* (LIAW; WIERNER, 2002), e “ksvm” do pacote *kernelab* (KARATZOGLOU et al., 2004), além da utilização dos pacotes *raster* (HIJMANS et al., 2018) e *tidyverse* (WICKHAM, 2018) para manejar os dados e realizar os *ensembles* e o pacote *tmap* (TENNEKES, 2018) para elaboração dos mapas.

### 3.6 Áreas prioritárias para amostragem de campo

De posse dos mapas de distribuição das espécies, criamos um S-SDM (*Stacked Species Distribution Model*; GUISAN; RAHBEK, 2011) que consiste na soma dos SDM binarizados pelo valor de LPT. Nesse modelo, cada pixel possui o valor do número de espécies predita por cada modelo. Nós geramos também um raster de distância euclidiana de estradas e rodovias (DNIT, 2018), utilizando o módulo “r.grow.distance” do software GRASS GIS v. 7.4.1 (NETELER et al., 2012) para a resolução espacial de 2.5 arc-minutos (~5 km). Por fim, para definir as áreas mais propícias à amostragens de campo, nós criamos uma grade de 1° (~ 110 km) para todo o Brasil e calculamos para cada grade o número de espécies e o valor médio da distância de estradas, integrando esses valores para compor um mapa final utilizando a proporção:  $(\sum S_i / (\sum R_i / n)^2)$ , sendo  $i$  o  $i$ ésimo pixel dentro do gride analisado,  $\Sigma$  o sinal para somatório,  $S$  o número de espécies,  $R$  a distância das estradas, e  $n$  número de pixels dentro do gride analisado

## 4 Resultados

### 4.1 Taxonomia e Ocorrências

A fim de encontrar o máximo de coordenadas possíveis para as espécies, fizemos o levantamento dos sinônimos que cada espécie de Gymnophiona recebeu ao longo da história,

utilizando os dados disponíveis do Frost (2019) e Segalla et al. (2016). Essa compilação é descrita na Tabela 2.

**Tabela 2** - Sinonímias existentes das 42 espécies de Gymnophiona para o Brasil. Os códigos devem ser interpretados como: “x”.”y”, sendo “x” o número representando uma espécie e o “y” o número de nomes diferentes já recebidos. Quando o “y”= 0, temos o nome dado pelos descritores.

<b>Código</b>	<b>Nomes válidos</b>	<b>Sinonímias</b>	<b>Autores</b>
1.0	<i>Caecilia armata</i>	<i>Caecilia armata</i>	Dunn, 1942
2.0	<i>Caecilia gracilis</i>	<i>Caecilia gracilis</i>	Shaw, 1802
2.1	<i>Caecilia gracilis</i>	<i>Caecilia lumbricoïdaea</i>	Daudin, 1803
2.2	<i>Caecilia gracilis</i>	<i>Caecilia lumbricoides</i>	Merrem, 1820
2.3	<i>Caecilia gracilis</i>	<i>Caecilia vermiformis</i>	Gray, 1850
2.4	<i>Caecilia gracilis</i>	<i>Caecilia gracilis</i> var. <i>lumbricoidea</i>	Duméril, 1863
2.5	<i>Caecilia gracilis</i>	<i>Coecilia lumbricoïdaea</i>	Fitzinger, 1864
3.0	<i>Caecilia marculsi</i>	<i>Caecilia marculsi</i>	Wake, 1985
4.0	<i>Caecilia mertensi</i>	<i>Caecilia mertensi</i>	Taylor, 1973
5.0	<i>Caecilia tentaculata</i>	<i>Caecilia tentaculata</i>	Linnaeus, 1758
5.1	<i>Caecilia tentaculata</i>	<i>Caecilia ibiara</i>	Daudin, 1803
5.2	<i>Caecilia tentaculata</i>	<i>Caecilia (Caecilia) tentaculata</i>	Van der Hoeven, 1833
5.3	<i>Caecilia tentaculata</i>	<i>Caecilia lenticulata</i>	Tschudi, 1831
5.4	<i>Caecilia tentaculata</i>	<i>Amphiumophis andicola</i>	Werner, 1901
6.0	<i>Oscaecilia hypereumeces</i>	<i>Oscaecilia hypereumeces</i>	Taylor, 1968
7.0	<i>Rhinatrema bivittatum</i>	<i>Caecilia bivittata</i>	(Guérin-Méneville, 1838)
7.1	<i>Rhinatrema bivittatum</i>	<i>Rhinatrema bivittatum</i>	Duméril and Bibron, 1841
8.0	<i>Rhinatrema gilbertogili</i>	<i>Rhinatrema gilbertogili</i>	Maciel, Sampaio, Hoogmoed, and Schneider, 2018
9.0	<i>Rhinatrema nigrum</i>	<i>Rhinatrema nigrum</i>	Dunn, 1942
9.1	<i>Rhinatrema nigrum</i>	<i>Epicrionops nigrus</i>	Taylor, 1968
9.2	<i>Rhinatrema nigrum</i>	<i>Epicrionops niger</i>	Barrio-Amorós, 1999
10.0	<i>Rhinatrema ron</i>	<i>Rhinatrema ron</i>	Wilkinson and Gower, 2010
11.0	<i>Rhinatrema uaiuai</i>	<i>Rhinatrema uaiuai</i>	Maciel, Sampaio, Hoogmoed, and Schneider, 2018
12.0	<i>Brasilotyphlus braziliensis</i>	<i>Gymnopsis braziliensis</i>	(Dunn, 1945)
12.1	<i>Brasilotyphlus braziliensis</i>	<i>Brasilotyphlus braziliensis</i>	Taylor, 1968

13.0	<i>Brasilotyphlus guarantanus</i>	<i>Brasilotyphlus guarantanus</i>	Maciel, Mott, and Hoogmoed, 2009 Correia, Nunes, Gamble, Maciel, Marques-Souza, Fouquet, Rodrigues, and Mott, 2018
14.0	<i>Brasilotyphlus dubium</i>	<i>Brasilotyphlus dubium</i>	
15.0	<i>Luetkenotyphlus brasiliensis</i>	<i>Siphonops brasiliensis</i>	(Lütken, 1851)
15.1	<i>Luetkenotyphlus brasiliensis</i>	<i>Dermophis brasiliensis</i>	Peters, 1880
15.2	<i>Luetkenotyphlus brasiliensis</i>	<i>Siphonops confusionis</i>	Taylor, 1968
15.3	<i>Luetkenotyphlus brasiliensis</i>	<i>Luetkenotyphlus brasiliensis</i>	Taylor, 1968
16.0	<i>Luetkenotyphlus fredii</i>	<i>Luetkenotyphlus fredii</i>	Maciel, Castro, Sturaro, Silva, Ferreira, Santos, Risse-Quaioto, Oliveira, Sampaio, and Schneider, 2019
17.0	<i>Luetkenotyphlus insulanus</i>	<i>Siphonops insulanus</i>	(Ihering, 1911)
17.1	<i>Luetkenotyphlus insulanus</i>	<i>Luetkenotyphlus insulanus</i>	Maciel, Castro, Sturaro, Silva, Ferreira, Santos, Risse-Quaioto, Oliveira, Sampaio, and Schneider, 2019
18.0	<i>Microcaecilia butantan</i>	<i>Microcaecilia butantan</i>	Wilkinson, Antoniazzi, and Jared, 2015
19.0	<i>Microcaecilia marvaleewakeae</i>	<i>Microcaecilia marvaleewakeae</i>	Maciel and Hoogmoed, 2013
20.0	<i>Microcaecilia rabei</i>	<i>Gymnopsis rabei</i>	(Roze and Solano, 1963)
20.1	<i>Microcaecilia rabei</i>	<i>Microcaecilia rabei</i>	Taylor, 1968
21.0	<i>Microcaecilia rochai</i>	<i>Microcaecilia rochai</i>	Maciel and Hoogmoed, 2011
22.0	<i>Microcaecilia supernumeraria</i>	<i>Microcaecilia supernumeraria</i>	Taylor, 1969
23.0	<i>Microcaecilia taylori</i>	<i>Microcaecilia taylori</i>	Nussbaum and Hoogmoed, 1979
24.0	<i>Microcaecilia trombetas</i>	<i>Microcaecilia trombetas</i>	Maciel and Hoogmoed, 2011
25.0	<i>Mimosiphonops reinhardti</i>	<i>Mimosiphonops reinhardti</i>	Wilkinson and Nussbaum, 1992
26.0	<i>Mimosiphonops vermiculatus</i>	<i>Mimosiphonops vermiculatus</i>	Taylor, 1968
26.1	<i>Mimosiphonops vermiculatus</i>	<i>Pseudosiphonops ptychodermis</i>	Taylor, 1968
27.0	<i>Siphonops annulatus</i>	<i>Caecilia annulata</i>	(Mikan, 1822)
27.1	<i>Siphonops annulatus</i>	<i>Caecilia annulata</i>	Wagler, 1824
27.2	<i>Siphonops annulatus</i>	<i>Coecilia annulata</i>	Fitzinger, 1826
27.3	<i>Siphonops annulatus</i>	<i>Siphonops annulatus</i>	Wagler, 1828
27.4	<i>Siphonops annulatus</i>	<i>Caecilia interrupta</i>	Cuvier, 1829
27.5	<i>Siphonops annulatus</i>	<i>Caecilia (Siphonops) annulata</i>	Van der Hoeven, 1833
27.6	<i>Siphonops annulatus</i>	<i>Siphonops annulata</i>	Duméril and Bibron, 1841

27.7	<i>Siphonops annulatus</i>	<i>Siphonops interruptus</i>	Gray, 1850
27.8	<i>Siphonops annulatus</i>	<i>Dermophis crassus</i>	Cope, 1885
27.9	<i>Siphonops annulatus</i>	<i>Siphonops annulatus</i> var. <i>marmoratus</i>	Sawaya, 1937
28.0	<i>Siphonops hardyi</i>	<i>Siphonops hardyi</i>	Boulenger, 1888
29.0	<i>Siphonops leucoderus</i>	<i>Siphonops leucoderus</i>	Taylor, 1968
30.0	<i>Siphonops paulensis</i>	<i>Siphonops paulensis</i>	Boettger, 1892
31.0	<i>Atretochoana eiselti</i>	<i>Typhlonectes eiselti</i>	(Taylor, 1968)
31.1	<i>Atretochoana eiselti</i>	<i>Atretochoana eiselti</i>	Nussbaum and Wilkinson, 1995
32.0	<i>Chthonerpeton arii</i>	<i>Chthonerpeton arii</i>	Cascon and Lima-Verde, 1994
33.0	<i>Chthonerpeton braestrupi</i>	<i>Chthonerpeton braestrupi</i>	Taylor, 1968
34.0	<i>Chthonerpeton exile</i>	<i>Chthonerpeton exile</i>	Nussbaum and Wilkinson, 1987
35.0	<i>Chthonerpeton indistinctum</i>	<i>Siphonops indistinctus</i>	(Reinhardt and Lütken, 1862)
35.1	<i>Chthonerpeton indistinctum</i>	<i>Chthonerpeton erugatum</i>	Taylor, 1968
35.2	<i>Chthonerpeton indistinctum</i>	<i>Chthonerpeton hellmichi</i>	Taylor, 1968
35.3	<i>Chthonerpeton indistinctum</i>	<i>Chthonerpeton corrugatum</i>	Taylor, 1968
35.4	<i>Chthonerpeton indistinctum</i>	<i>Nectocaecilia fasciata</i>	Taylor, 1968
35.5	<i>Chthonerpeton indistinctum</i>	<i>Chthonerpeton indistinctum</i>	Peters, 1880
36.0	<i>Chthonerpeton noctinectes</i>	<i>Chthonerpeton noctinectes</i>	Silva, Brito and Caramaschi, 2003
37.0	<i>Chthonerpeton perissodus</i>	<i>Chthonerpeton perissodus</i>	Nussbaum and Wilkinson, 1987
38.0	<i>Chthonerpeton tremembe</i>	<i>Chthonerpeton tremembe</i>	Maciel, Leite, Silva-Leite, Leite and Cascon, 2015
39.0	<i>Chthonerpeton viviparum</i>	<i>Chthonerpeton viviparum</i>	Parker and Wettstein, 1929
40.0	<i>Nectocaecilia petersii</i>	<i>Chthonerpeton petersii</i>	(Boulenger, 1882)
40.1	<i>Nectocaecilia petersii</i>	<i>Nectocaecilia petersii</i>	Taylor, 1968
41.0	<i>Potamotyphlus kaupii</i>	<i>Caecilia kaupii</i>	(Berthold, 1859)
41.1	<i>Potamotyphlus kaupii</i>	<i>Caecilia dorsalis</i>	Peters, 1877
41.2	<i>Potamotyphlus kaupii</i>	<i>Typhlonectes dorsalis</i>	Peters, 1880
41.3	<i>Potamotyphlus kaupii</i>	<i>Typhlonectes dorsalis</i>	Fuhrmann, 1914
41.4	<i>Potamotyphlus kaupii</i>	<i>Chthonerpeton microcephalum</i>	Miranda-Ribeiro, 1973
41.5	<i>Potamotyphlus kaupii</i>	<i>Typhlonectes kaupii</i>	Ginés, 1959
41.6	<i>Potamotyphlus kaupii</i>	<i>Potamotyphlus melanochrus</i>	Taylor, 1968
41.7	<i>Potamotyphlus kaupii</i>	<i>Potamotyphlus kaupii</i>	Taylor, 1968
41.8	<i>Potamotyphlus kaupii</i>	<i>Potamotyphlus kaupii</i>	Taylor, 1968

42.0	<i>Typhlonectes compressicauda</i>	<i>Coecilia compressicauda</i>	(Duméril and Bibron, 1841)
42.1	<i>Typhlonectes compressicauda</i>	<i>Typhlonectes compressicaudus</i>	Peters, 1880
42.2	<i>Typhlonectes compressicauda</i>	<i>Typhlonectes compressicauda compressicauda</i>	Fuhrmann, 1914
42.3	<i>Typhlonectes compressicauda</i>	<i>Typhlonectes compressicauda</i>	Ginés, 1959
42.4	<i>Typhlonectes compressicauda</i>	<i>Typhlonectes anguillaformis</i>	Taylor, 1968
42.5	<i>Typhlonectes compressicauda</i>	<i>Typhlonectes obesus</i>	Taylor, 1968
42.6	<i>Typhlonectes compressicauda</i>	<i>Nectocaecilia ladigesi</i>	Taylor, 1968
42.7	<i>Typhlonectes compressicauda</i>	<i>Typhlonectes cunhai</i>	Cascon, Lima-Verde and Marques, 1991

Essas sinonímias foram utilizadas para busca de ocorrências em bases de dados on-line. A quantidade total de ocorrências para cada espécie é descrita na Tabela 3, juntamente com aquelas encontradas na literatura.

**Tabela 3** - Número total de ocorrências encontradas para as espécies de Gymnophiona buscadas em bases on-line e na literatura.

Espécies	Número de coordenadas distintas
<i>Atretochoana eiselti</i>	4
<i>Brasilotyphlus braziliensis</i>	1
<i>Brasilotyphlus dubium</i>	4
<i>Brasilotyphlus guarantanus</i>	50
<i>Caecilia gracilis</i>	73
<i>Caecilia marculsi</i>	3
<i>Caecilia mertensi</i>	61
<i>Caecilia tentaculata</i>	228
<i>Chthonerpeton arii</i>	2
<i>Chthonerpeton braestrupi</i>	2
<i>Chthonerpeton indistinctum</i>	246
<i>Chthonerpeton noctinectes</i>	1
<i>Chthonerpeton perissodus</i>	4
<i>Chthonerpeton tremembe</i>	1
<i>Chthonerpeton viviparum</i>	11
<i>Luetkenotyphlus brasiliensis</i>	10
<i>Luetkenotyphlus fredii</i>	3
<i>Luetkenotyphlus insulanus</i>	3
<i>Microcaecilia butantan</i>	1
<i>Microcaecilia marvaleewakeae</i>	5
<i>Microcaecilia rabei</i>	2
<i>Microcaecilia rochai</i>	3
<i>Microcaecilia taylori</i>	6
<i>Microcaecilia trombetas</i>	1

<i>Mimosiphonops vermiculatus</i>	5
<i>Nectocaecilia petersii</i>	1
<i>Potamotyphlus kaupii</i>	51
<i>Rhinatrema bivittatum</i>	46
<i>Rhinatrema gilbertogili</i>	3
<i>Rhinatrema nigrum</i>	8
<i>Rhinatrema uaiuai</i>	1
<i>Siphonops annulatus</i>	343
<i>Siphonops hardyi</i>	24
<i>Siphonops leucoderus</i>	2
<i>Siphonops paulensis</i>	154
<i>Typhlonectes compressicauda</i>	223

Além dos registros oriundos dos bancos de dados on-line, uma procura também foi feita na literatura, onde obtivemos coordenadas para 29 espécies distintas, como mostra a Tabela 4.

**Tabela 4** - Registros das espécies advindas da literatura. Os números representam as espécies encontradas nas respectivas referências. Espécies: 1- *Caecilia gracilis*; 2- *Caecilia marculsi*; 3- *Caecilia mertensi*; 4- *Caecilia tentaculata*; 5- *Rhinatrema gilbertogili*; 6- *Rhinatrema uaiuai*; 7- *Brasilotyphlus braziliensis*; 8- *Brasilotyphlus dubium*; 9- *Brasilotyphlus guarantanus*; 10- *Luetkenotyphlus brasiliensis*; 11- *Luetkenotyphlus fredii*; 12- *Microcaecilia butantan*; 13- *Microcaecilia marvaleewakeae*; 14- *Microcaecilia rochai*; 15- *Microcaecilia taylori*; 16- *Microcaecilia trombetas*; 17- *Siphonops annulatus*; 18- *Siphonops hardyi*; 19- *Siphonops paulensis*; 20- *Atretochoana eiselti*; 21- *Chthonerpeton arii*; 22- *Chthonerpeton braestrupi*; 23- *Chthonerpeton indistinctum*; 24- *Chthonerpeton noctinectes*; 25- *Chthonerpeton tremembe*; 26- *Chthonerpeton viviparum*; 27- *Nectocaecilia petersii*; 28- *Potamotyphlus kaupii*; 29- *Typhlonectes compressicauda*.

Espécies documentadas	Referências	Espécies documentadas	Referências
17	Taylor, 1968	17	Barrio-Amorós & Rodríguez, 2010
17	Duellman, 1978	28	Cintra et al., 2010
29	Moodie, 1978	17	Ferreira et al., 2010
15	Nussbaum & Hoogmoed, 1979	19	Forlani et al., 2010
19	Braun & Braun, 1980	19	Loebmann & Haddad, 2010
17	Gayer et al., 1988	17	Tonini et al., 2010
17	De la Riva, 1990	15	Dourado et al., 2011
17	Hedges et al., 1993	3; 9; 17; 19	Faria & Mott, 2011
17	Feio & Caramaschi, 1995	20	Hoogmoed et al., 2011
2	Reichle & Köhler, 1996	19	Lema & Martins, 2011

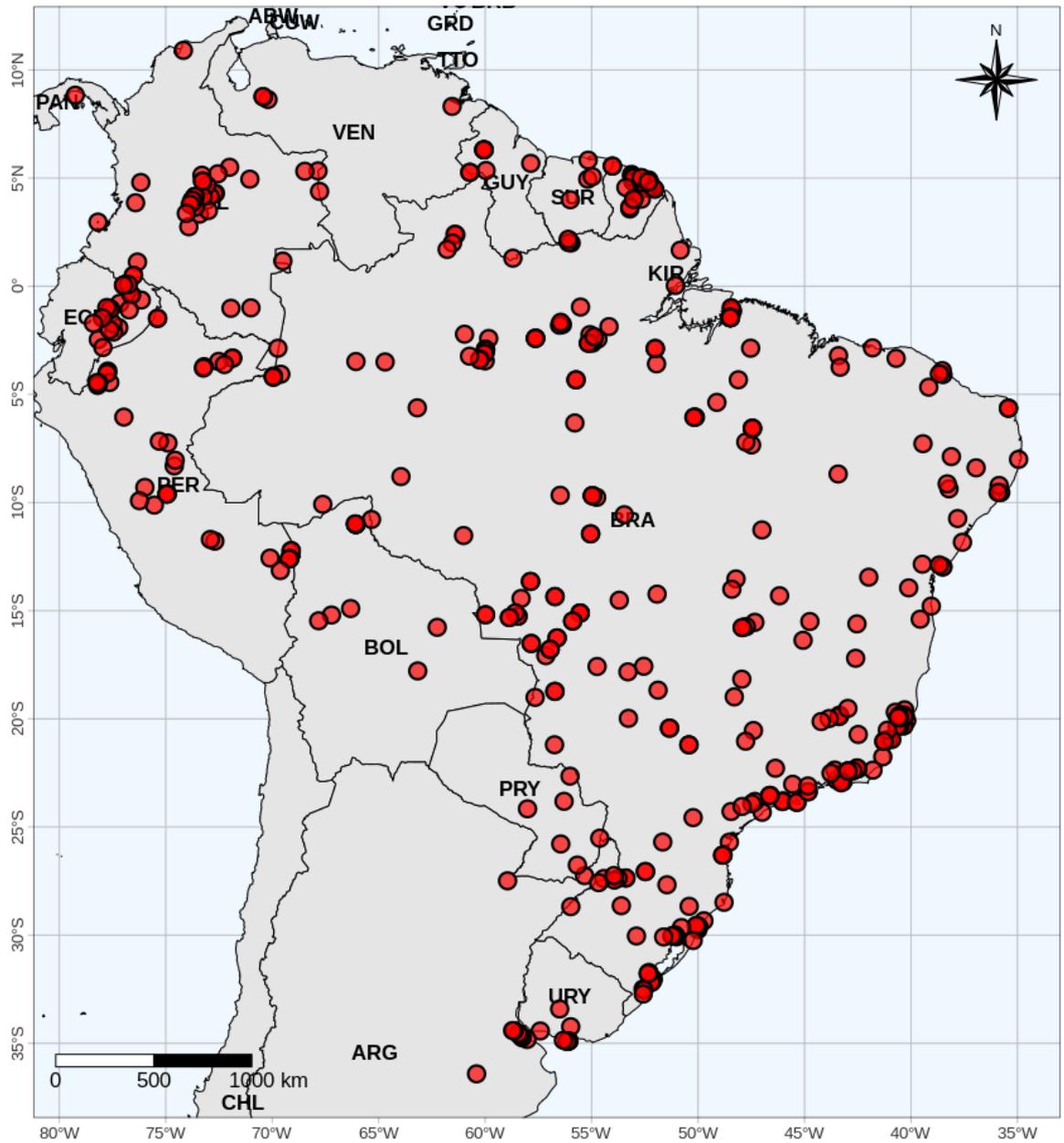
10	Heer & Lanari, 1998	16	Maciel & Hoogmoed, 2011a
17; 28	Lynch, 1999	14; 17	Maciel & Hoogmoed, 2011b
28	Caramaschi & Pombal-Jr., 2000a	10	Mott et al., 2011
29	Caramaschi & Pombal-Jr., 2000b	19	Valdujo et al., 2011
17	De la Riva et al., 2000	1	Maciel et al., 2012
29	Verdade et al., 2000	13	Maciel & Hoogmoed, 2013
19	Kokubum & Menin, 2001	17	Maciel et al., 2013a
17	Lehr, 2001	21	Maciel et al., 2013b
17	Doan & Arriaga, 2002	19	Miranda et al., 2013
19	Souza et al., 2002	2	Sampaio et al., 2013
19	Schwartz et al., 2003	29	Acosta-Galvis et al., 2014
24	Silva et al., 2003	18; 22	Almeida-Gomes et al., 2014
17	Schlüter et al., 2004	25	Maciel et al., 2015
17	Fernández, 2006	19	Santana et al., 2015
17	Lynch, 2006	12	Wilkinson et al., 2015
26	Da Silva et al., 2007	19	Almeida et al., 2016
17	Freitas & Silva, 2007	19	Amorim et al., 2016
19	Vaz-Silva et al., 2007	19	Silva et al., 2016
17	Malagoli, 2008	4	Borges-Nojosa et al., 2017
17	Vigle, 2008	8	Moraes et al., 2017
17	Wilkinson et al., 2008	18	Alves et al., 2018
17	Bertolucci et al., 2009	8; 9	Correia et al., 2018
19	Cintra et al., 2009	27	Fraga et al., 2018
17	Condez et al., 2009	17	Freitas et al., 2018
9	Maciel et al., 2009a	5; 6	Maciel et al., 2018
18	Maciel et al., 2009b	17; 18; 19; 23	Vancine et al., 2018
19	Silva-Júnior et al., 2009	11; 18	Maciel et al., 2019
17	Von May et al., 2009	17; 18; 19; 23	Vancine et al., 2018
17	Zhang & Wake, 2009	11; 18	Maciel et al., 2019
17	Araújo et al., 2010		

---

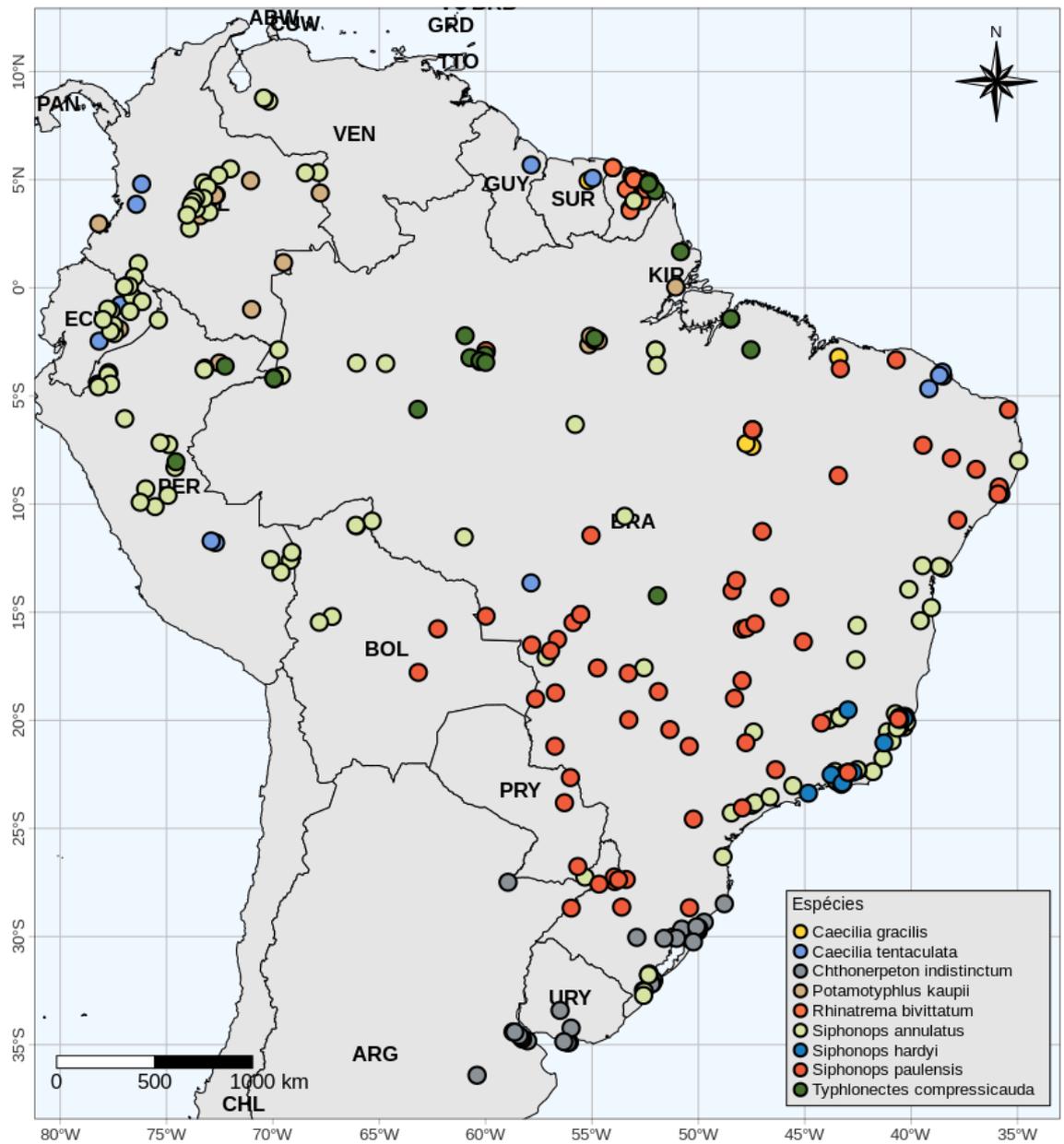
No total, foram integradas 1423 ocorrências de 36 espécies de *Gymnophiona* para o Brasil, como mostra do mapa da Figura 1. Depois dos filtros aplicados (descrito no item 3.3),

esse número de coordenadas baixou para 389, mas mantendo as ocorrências para as 36 espécies. Entretanto, considerando apenas as espécies com mais de 10 ocorrências para a modelagem, restaram apenas nove espécies e apenas para elas os SDMs foram construídos (Figura 2).

Mesmo com a busca em múltiplas bases de dados e na literatura, não encontramos coordenadas para sete espécies: *Caecilia armata*, *Chthonerpeton exile*, *Microcaecilia supernumeraria*, *Mimosiphonops reinhardti*, *Osaecilia hypereumeces*, *Rhinatrema ron* e *Siphonops leucoderus*. A ausência destes registros em bancos de dados on-line, bem como a dificuldade de encontro em meio à literatura estão relacionados ao fato de serem espécies recém descritas, como o caso de *R. ron*. Somado a isso, temos holótipos coletados como registros históricos com poucas informações sobre a localidade tipo, como o caso de *S. leucoderus* e *C. armata*, seguidos do não reencontro com indivíduos destas espécies. Aliado a essas condições, temos a não tabulação de coordenadas em bancos de dados on-line por parte de vários museus pelo país.



**Figura 1** – Ocorrência total das Gymnophiona do Brasil e países adjacentes.



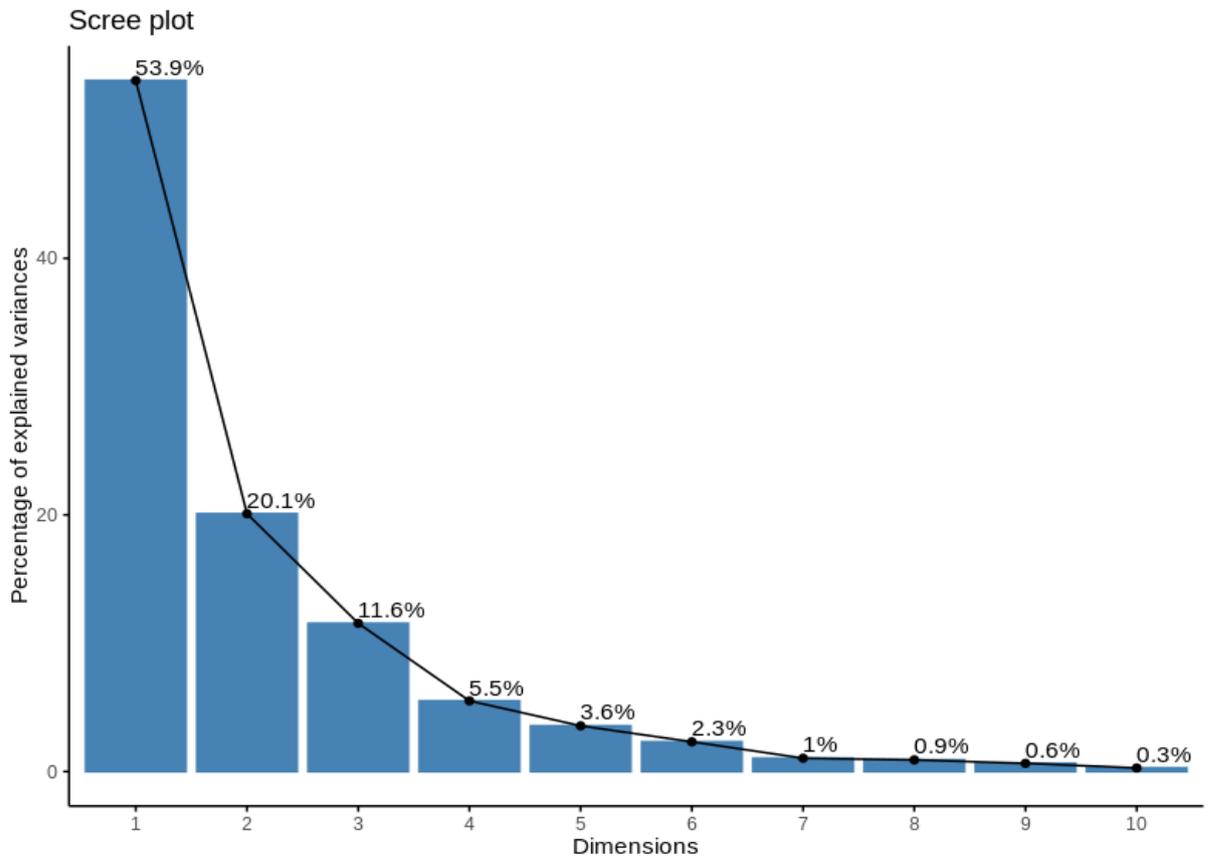
**Figura 2** – Ocorrências das nove espécies de Gymnophiona modeladas neste trabalho.

## 4.2 Ajuste e seleção das variáveis climáticas

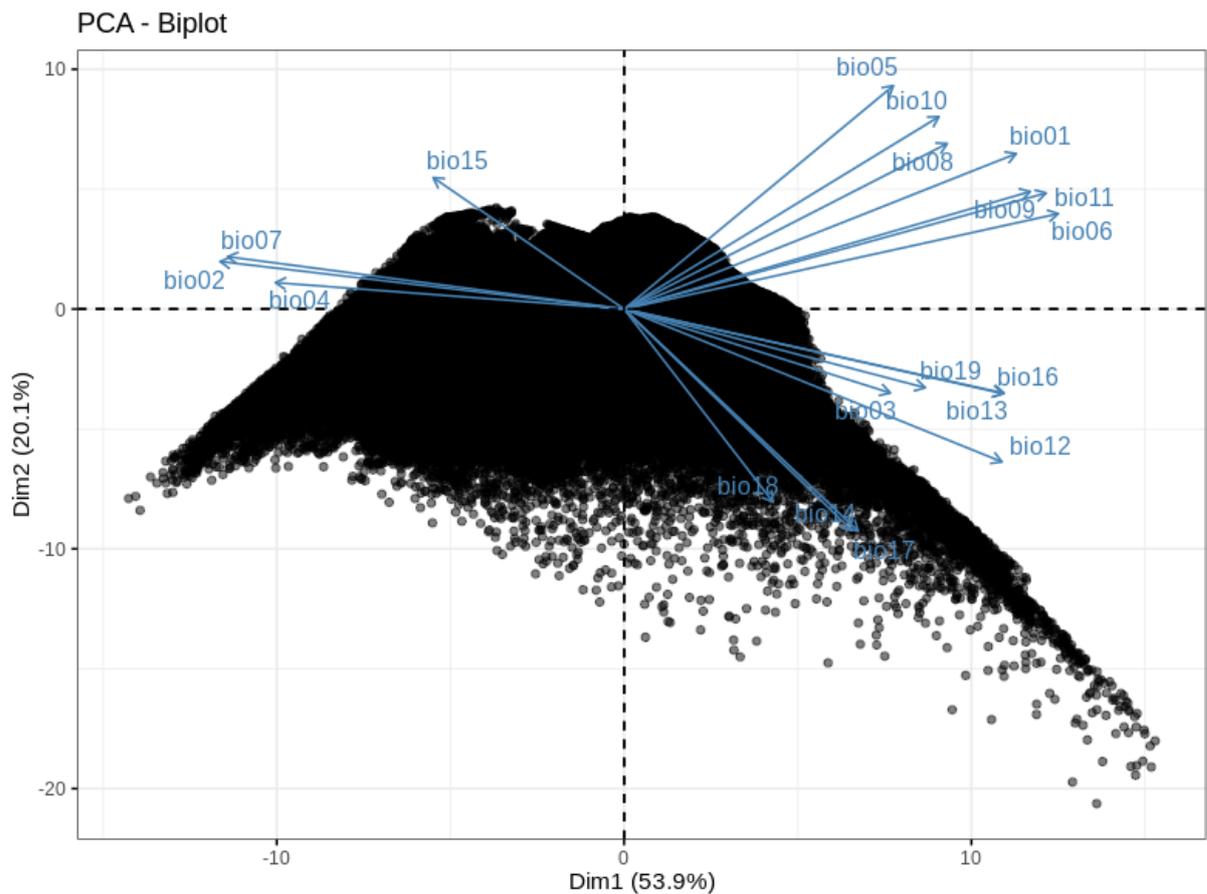
Como dito anteriormente, o ajuste da extensão dos *raster* foi realizado para um um retângulo que englobou toda a distribuição dos pontos de ocorrência de todas as espécies, adicionado ao limite de um buffer de 1° da extensão (~110 km). Sendo assim, os resultados da PCA foram utilizados para todas as espécies modeladas. O número de eixos selecionados até atingir a marca de explicação de 95% (DE MARCO; NÓBREGA, 2018) foi igual a seis, utilizando assim seis rasters para a criação dos modelos. As porcentagens de contribuição de cada eixo podem ser vistas na Figura 3, assim como a descrição detalhada é feita na Tabela 5; por fim, o gráfico da ordenação da PCA pode ser visto na Figura 4.

**Tabela 5** - Contribuição e valores de autovalores de cada eixo da PCA das variáveis bioclimáticas. Em negrito e itálico, temos os componentes ou eixos utilizados para desenvolver nossos modelos.

<b>Eixos</b>	<b>Autovalores</b>	<b>Explicação (%)</b>	<b>Explicação acumulada (%)</b>
<i>PC1</i>	<b><i>10.23</i></b>	<b><i>53.85</i></b>	<b><i>53.85</i></b>
<i>PC2</i>	<b><i>3.82</i></b>	<b><i>20.09</i></b>	<b><i>73.94</i></b>
<i>PC3</i>	<b><i>2.19</i></b>	<b><i>11.55</i></b>	<b><i>85.49</i></b>
<i>PC4</i>	<b><i>1.05</i></b>	<b><i>5.5</i></b>	<b><i>91</i></b>
<i>PC5</i>	<b><i>0.68</i></b>	<b><i>3.56</i></b>	<b><i>94.56</i></b>
<i>PC6</i>	<b><i>0.44</i></b>	<b><i>2.32</i></b>	<b><i>96.87</i></b>
PC7	0.2	1.04	97.91
PC8	0.17	0.91	98.82
PC9	0.12	0.64	99.45
PC10	0.05	0.28	99.73
PC11	0.02	0.11	99.85
PC12	0.02	0.09	99.93
PC13	0.01	0.03	99.96
PC14	0	0.02	99.98
PC15	0	0.01	99.99
PC16	0	0.01	100
PC17	0	0	100
PC18	0	0	100
PC19	0	0	100



**Figura 3** - Scree plot dos autovalores e porcentagem de explicação de cada PC das variáveis climáticas.



**Figura 4** - Biplot com a ordenação da PCA das 19 variáveis bioclimáticas.

### 4.3 Modelos de distribuição das espécies

Os SDMs tiveram valores de AUC em sua maioria maiores que o limite adotado, que foi de 0,75, indicando que a predição foi estatisticamente satisfatória para a maior parte das réplicas criadas; sendo um pouco menores para os algoritmos de somente presença (Bioclim e Domain), que tendem a subestimar e superestimar, respectivamente, a área de distribuição e não predizer muito bem as presenças e pseudo-ausências (Figura 5).



**Figura 5** - Valores de AUC para cada réplica de algoritmo para as nove espécies de Gymnophiona modeladas.

Os valores de LPT e as respectivas áreas preditas como presença e porcentagem em relação à área total modelada de cada modelo regional para cada espécie podem ser vistas na pelos SDMs são apresentadas na Tabela 6.

**Tabela 6** - Valores de LPT e área preditas como presença, total e porcentagem em relação à área total dos SDMs para cada espécie modelada.

Espécies	LPT	Área de presença potencial (km <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)
<i>Caecilia gracilis</i>	0,68	828.428	5,04
<i>Caecilia tentaculata</i>	0,30	10.365.790	63,1
<i>Chthonerpeton indistinctum</i>	0,50	948.684	5,77
<i>Potamotyphlus kaupii</i>	0,60	4.262.237	25,94
<i>Rhinatrema bivittatum</i>	0,67	574.907	3,5
<i>Siphonops annulatus</i>	0,30	11.032.016	67,15
<i>Siphonops hardyi</i>	0,61	1.060.868	6,46
<i>Siphonops paulensis</i>	0,36	7.481.707	45,54
<i>Typhlonectes compressicauda</i>	0,52	6.194.980	37,71

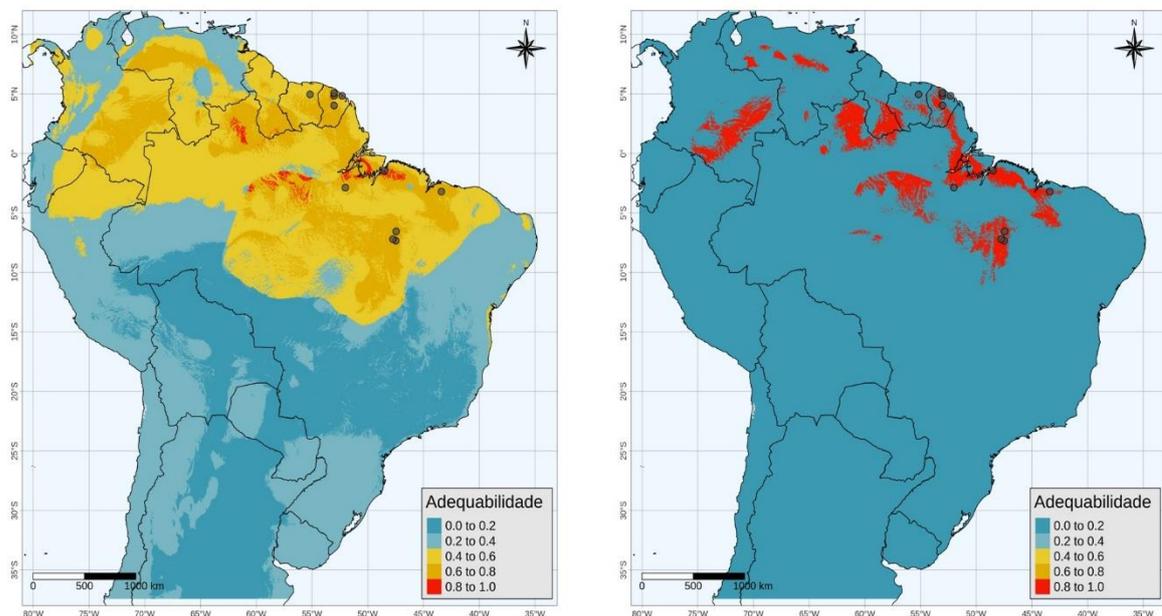
Além disso, apresentamos também os valores de área para os *buffers* criados para as espécies com poucas ocorrências e que não foram passíveis de serem construídos modelos da distribuição (Tabela 7).

**Tabela 7** - Valores das áreas preditas como presença para cada espécie não modelada.

Espécies	Área considerada como presença (km <sup>2</sup> )
<i>Atretochoana eiselti</i>	658,4
<i>Brasilotyphlus dubium</i>	982,38
<i>Brasilotyphlus guarantanus</i>	1.439,55
<i>Caecilia marculsi</i>	1.087,73
<i>Caecilia mertensi</i>	1.693,83
<i>Chthonerpeton arii</i>	653,9
<i>Chthonerpeton braestrupi</i>	355,82
<i>Chthonerpeton noctinectes</i>	334,71
<i>Chthonerpeton perissodus</i>	329,58
<i>Chthonerpeton tremembe</i>	341,5
<i>Chthonerpeton viviparum</i>	1.043,01
<i>Luetkenotyphlus brasiliensis</i>	1.942,01
<i>Luetkenotyphlus fredii</i>	798,39
<i>Luetkenotyphlus insulanus</i>	371,53
<i>Microcaecilia butantan</i>	341,56
<i>Microcaecilia marvaleewakeae</i>	1345,5
<i>Microcaecilia rabei</i>	678,3
<i>Microcaecilia rochai</i>	1.004,03
<i>Microcaecilia taylori</i>	1.663,93
<i>Microcaecilia trombetas</i>	341,87
<i>Mimosiphonops vermiculatus</i>	335,96
<i>Nectocaecilia petersii</i>	341,59
<i>Rhinatrema gilbertogili</i>	1.046,2
<i>Rhinatrema nigrum</i>	1.042,03
<i>Rhinatrema uaiuai</i>	384,56
<i>Siphonops leucoderus</i>	347,37

Quase todos os modelos criados representaram a distribuição das espécies de forma satisfatória para as ocorrências conhecidas. O modelo contínuo e binarizado para *Caecilia gracilis* demonstrou que essa espécie fossorial é residente de florestas úmidas típicas da floresta Amazônica, fazendo-se presente desde o Centro-Norte do Maranhão até o estado do Amazonas (Figura 6). De acordo com o modelo contínuo, esta espécie apresenta maiores áreas adequadas

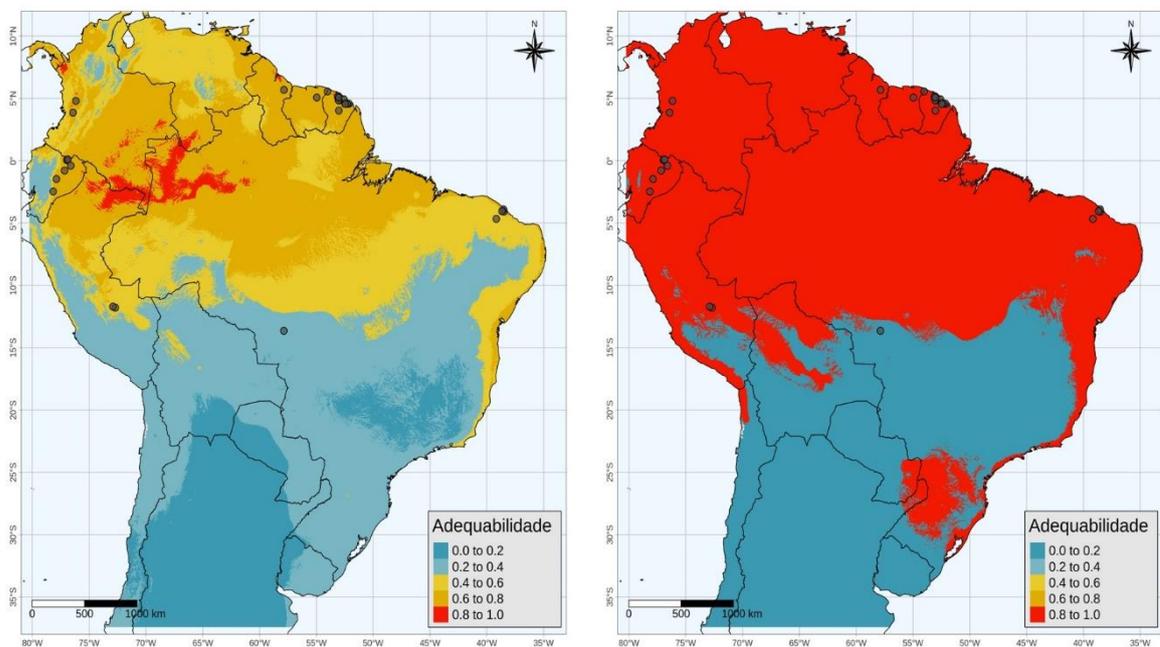
ao norte do Pará, Amapá, Tocantins, Amazonas e Roraima. Essas áreas também se localizaram em países que fazem fronteira com o Brasil, como Peru, Colômbia, Venezuela, Guiana, Suriname e Guiana Francesa, sendo os três últimos países citados os que obtiveram maiores valores de adequabilidade. No modelo binário, observamos que apenas as áreas anteriormente citadas foram consideradas adequadas à ocorrência da espécie, formando um corredor contínuo que vai do Maranhão, passando pelo norte do Pará, Amapá, indo em direção à Guiana Francesa, Suriname, Guiana e volta ao Brasil, chegando em Roraima. Algumas manchas descontínuas também são representativas no Brasil, possuindo registros de *C. gracilis*, como na região de Santarém, no estado do Pará e no Tocantins, bem como na região de Manaus, no Amazonas.



**Figura 6** - Modelo para *Caecilia gracilis*. À esquerda modelo contínuo e à direita modelo regional binarizado pelo LPT.

O modelo contínuo para outra espécie de Caeciliidae que reside na floresta amazônica, notamos uma ampla distribuição da *Caecilia tentaculata*, um animal que ocorre nos estados do Ceará, Maranhão, Pará, Amazonas, Amapá, Acre e Mato Grosso (Figura 7). As ocorrências no estado do Ceará foram recentes e inusitadas, incluindo essa espécie para uma fitofisionomia típica da Mata Atlântica, os brejos de altitude cearenses (BORGES-NOJOSA et al., 2017). Os modelos demonstraram áreas de maior adequabilidade na região ocidental do estado do Amazonas, próximos às áreas de encontro dos rios Içá e Solimões. A mancha de maior adequabilidade segue pelos arredores do Solimões sentido oriente, enquanto margeia o Río Putumayo pelo ocidente, adentrando os territórios Colombiano e Peruano. Outras áreas que se

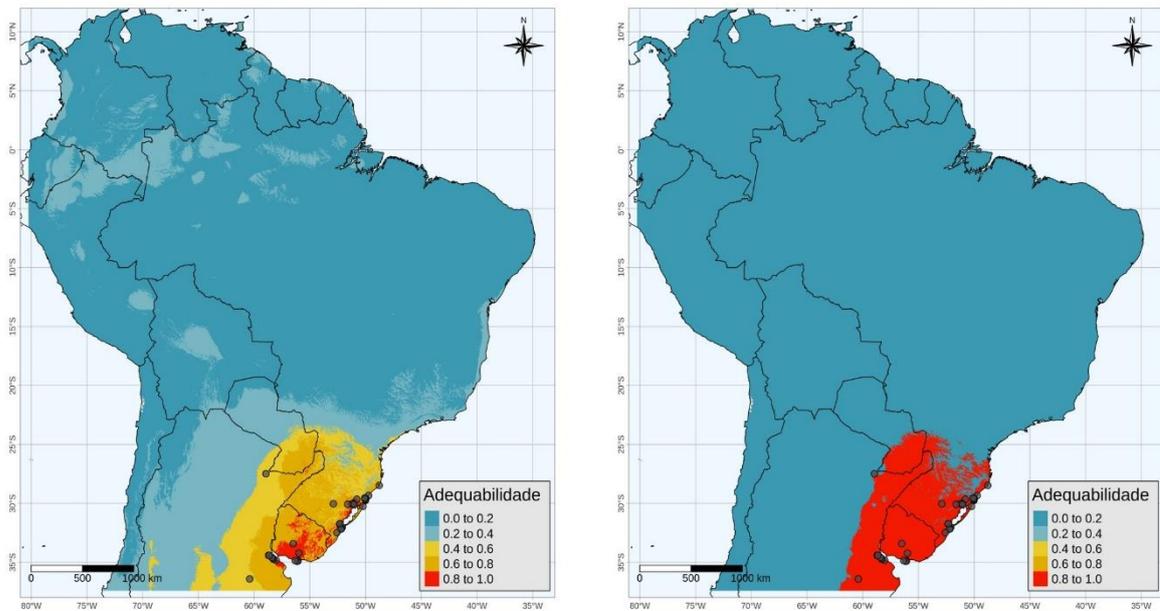
destacaram como adequadas foram os arredores de outros grandes rios amazônicos, como a bacia dos rios Negro e Amazonas. Nossos modelos atribuíram como adequados climaticamente, os estados do Pará, Maranhão, norte do Mato Grosso, Amazonas, Amapá, Roraima, Acre e outros países, como a Guiana, o Suriname, a Guiana Francesa, o sul da Venezuela, a Colômbia, a região norte do Peru e o Equador oriental e Bolívia. Nossos dois modelos, tanto o contínuo, quanto o binário, acabaram por extrapolar a distribuição dessa espécie em áreas que não deveriam ser consideradas, isso se deu provavelmente por conta do amplo limite utilizado para a construção dos modelos. Assim, as áreas em vermelho na região Sudeste, Sul do Brasil e Paraguai, podem ser consideradas errôneas, necessitando revisar a construção desse modelo.



**Figura 7** - Modelo para *Caecilia tentaculata*. À esquerda modelo contínuo e à direita modelo regional binarizado pelo LPT.

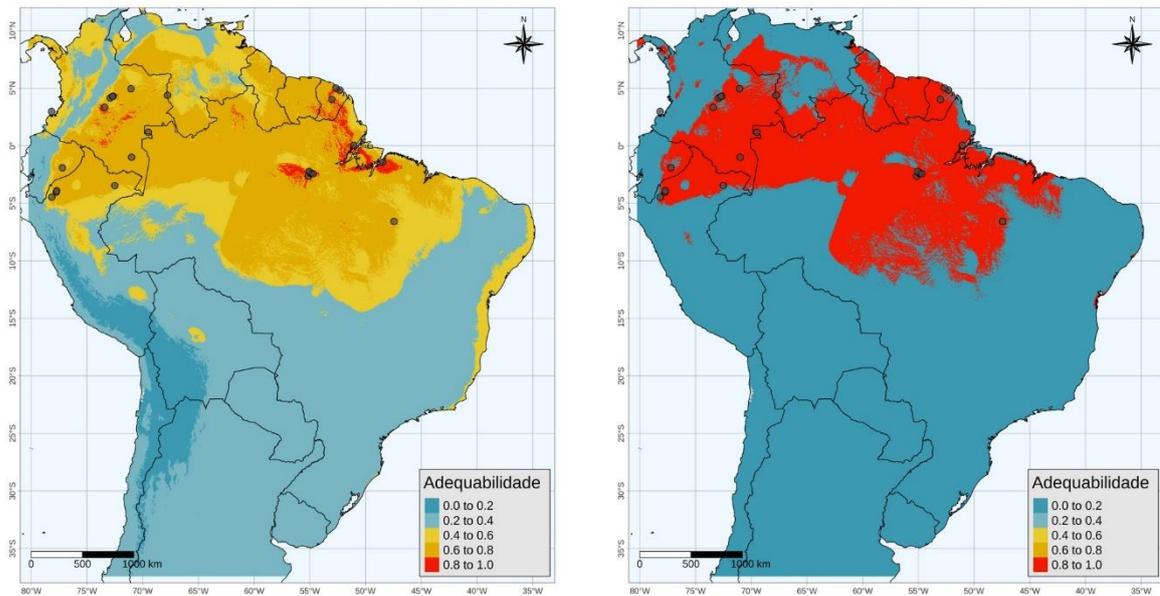
A espécie de Typhlonectidae com distribuição mais ao sul que obtivemos, *Chthonerpeton indistinctum* é uma cecília com hábitos semi-aquáticos, que é comumente encontrada enterrada no lamaçal nos arredores de poças e lagoas, ou avistada nadando durante a noite, enquanto caça (GUDYNAS et al., 1988). No Brasil, esta espécie ocorre majoritariamente no Rio Grande do Sul, no entanto, há registros para os estados de Santa Catarina e do Paraná (Figura 8). Fora do território nacional, esta cecília é encontrada no Paraguai, no Uruguai e na Argentina. Neste contexto, nossos modelos indicaram com bastante assertividade a distribuição destes animais, dando destaque ao modelo regional contínuo, que

demarca como área mais adequada o litoral sul do Rio Grande do Sul, próximos ao Rio Jacuí e à Lagoa dos Patos, juntamente com o Uruguai e a Argentina, próximo ao Río de la Plata. O modelo binário indica de forma concisa a distribuição desta espécie de *Gymnophiona*, confirmando o refinamento ao considerar a área de distribuição.



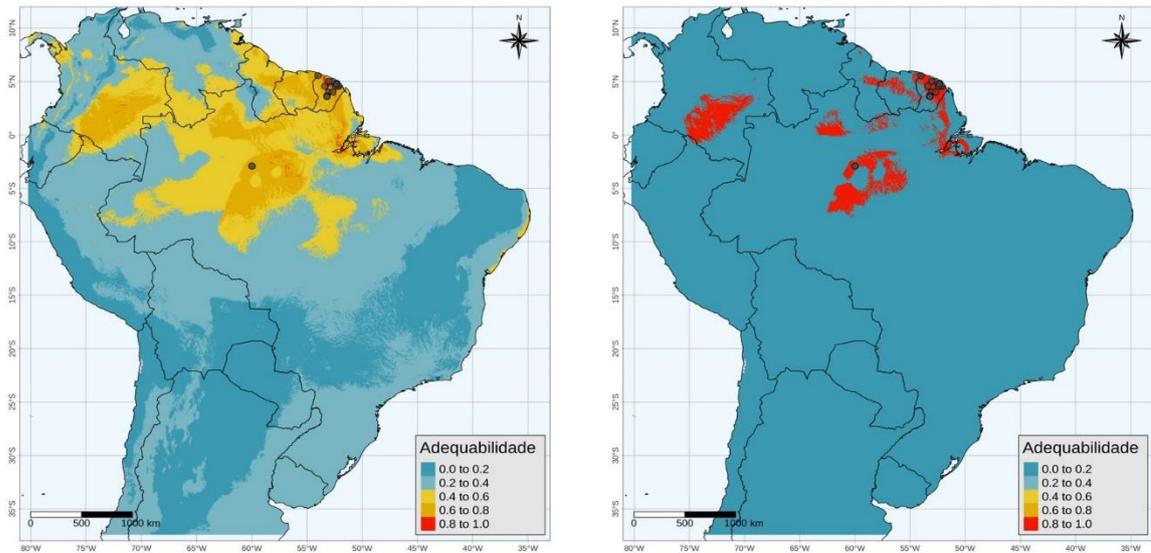
**Figura 8** - Modelo para *Chthonerpeton indistinctum*. À esquerda modelo contínuo e à direita modelo regional binarizado pelo LPT.

O modelo contínuo delimita como as áreas de maior adequabilidade climática para *Potamotyphlus kaupii* os estados do Pará, Maranhão, Tocantins, Amazonas, Amapá, Roraima, Acre e Mato Grosso (Figura 9). As áreas com maiores valores de adequabilidade foram próximas a região de Santarém, norte do Pará, Amapá, Guiana Francesa, Roraima e Colômbia. O modelo binário foi mais coerente, mantendo as áreas derivadas das grandes bacias da floresta amazônica, como a bacia do Rio Negro, do Amazonas, do Rio Madeira e do Rio Orinoco, na Venezuela. Se tratando de uma espécie aquática, temos uma distribuição coesa. Além disso, outros países com registro da espécie foram contemplados pelos modelos. O Suriname apresenta áreas adequadas, assim como a Guiana, a Venezuela, a Colômbia, o Peru e o extremo leste do Equador.



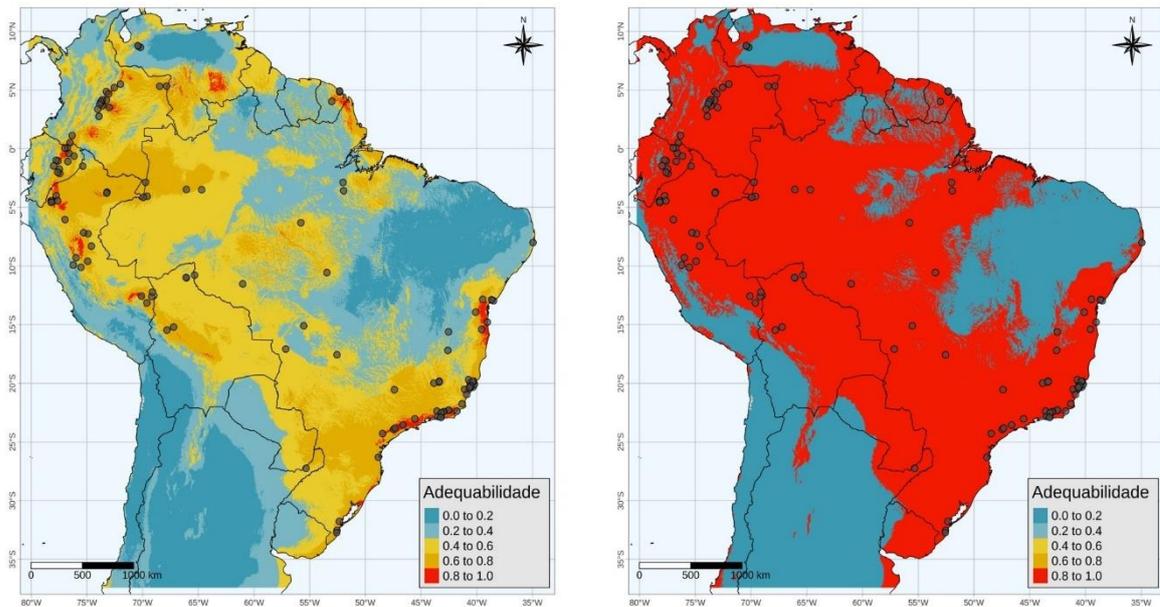
**Figura 9** - Modelo para *Potamotyphlus kaupii*. À esquerda modelo contínuo e à direita modelo regional binarizado pelo LPT.

A *Rhinatrema bivittatum* ocorre no Brasil, Guiana, Suriname e Guiana Francesa, no entanto, os modelos, tanto contínuo quanto binário, demarcaram parte considerável do território Colombiano como propício, climaticamente, à ocorrência de *R. bivittatum* (Figura 10). No Brasil, os modelos mostraram o que realmente se sabe até o momento, esses bichos fossoriais e terrestres são encontrados apenas nos estados do Amazonas, Pará e Amapá. Vale o destaque para o indício de que esta espécie pode estar presente também no estado de Roraima, mesmo ainda não havendo encontros por lá. O modelo binário, para esta espécie, reduz de forma abrupta a sua distribuição, tornando o quadro um pouco mais próximo do que conhecemos como palpável, mas ainda destaca a Colômbia e Roraima como áreas adequadas para o estabelecimento da espécie em questão, provavelmente extrapolando sua distribuição devido ao uso de um limite amplo para a modelagem.



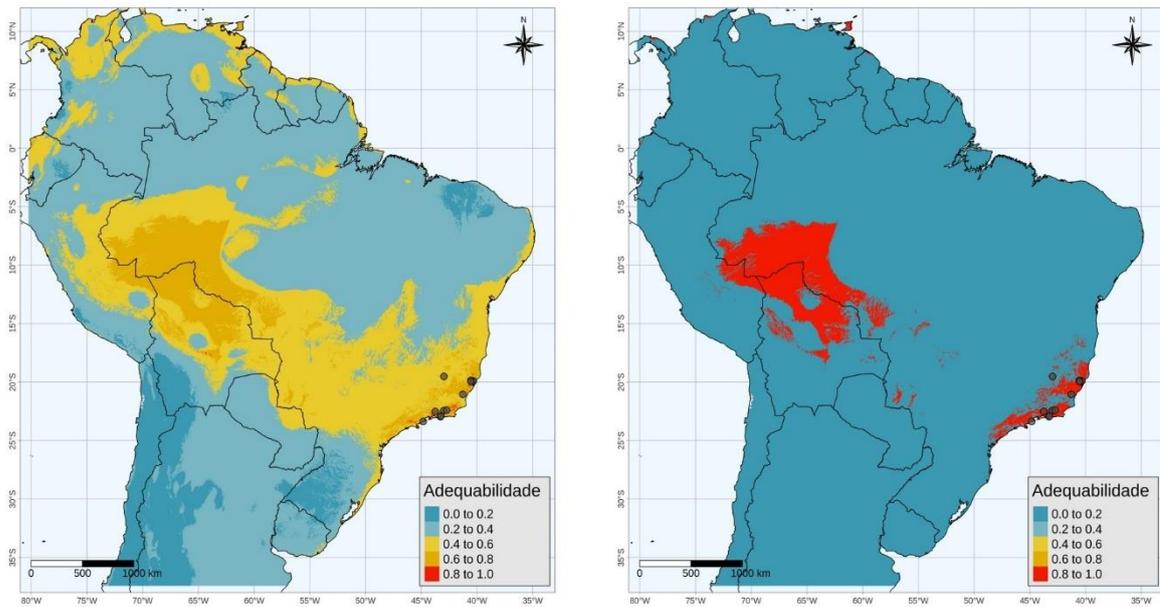
**Figura 10** - Modelo para *Rhinatrema bivittatum*. À esquerda modelo contínuo e à direita modelo regional binarizado pelo LPT.

A Gymnophiona que sem sombra de dúvida apresenta maior distribuição geográfica em toda a América, *Siphonops annulatus*, apresentou modelos bastante satisfatórios e categorizando sua distribuição ao longo do continente Sul Americano (Figura 11). No Brasil, esta espécie já foi documentada em praticamente toda faixa litorânea onde se encontram fragmentos de Mata Atlântica, descendo o estado do Alagoas e adensando-se na região Sudeste. Também foram encontrados indivíduos nos estados do Amazonas, Pará, Rondônia e Mato Grosso. A espécie demonstra uma plasticidade ao adentrar nos estados da região Sul, atingindo o norte da Argentina e a vegetação litorânea do Uruguai. Outros países em que é possível encontrar *S. annulatus*, como o Paraguai, Bolívia, Peru, Colômbia, Venezuela, Equador e Guiana Francesa foram todos contemplados pelos modelos.



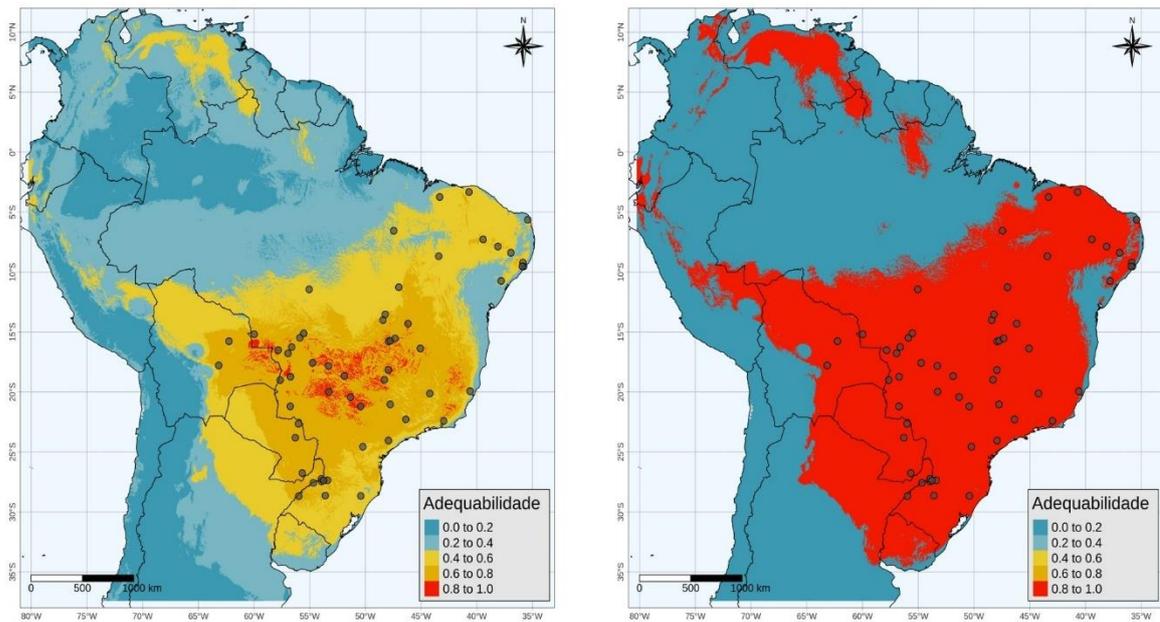
**Figura 11** - Modelo para *Siphonops annulatus*. À esquerda modelo contínuo e à direita modelo regional binarizado pelo LPT.

Os modelos para *Siphonops hardyi* apontaram uma restrita área de adequabilidade para a espécie, concentrando-se na faixa mais oriental dos remanescentes de Mata Atlântica dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo (Figura 12). Apesar disso, há uma faixa de áreas direcionadas como adequadas pelos dois modelos, no interior de Minas Gerais. Estes modelos não ficaram muito coesos por conta de o limite ser amplo, sendo assim, vemos uma extrapolação para áreas climaticamente adequadas nos estados do Acre, Roraima e norte do Mato Grosso, entre outros países da América do Sul, o que não refletem a realidade da distribuição da espécie. A *S. hardyi* é uma das 26 espécies endêmicas do Brasil, e de acordo com a distribuição e os modelos, a espécie é endêmica da Mata Atlântica.



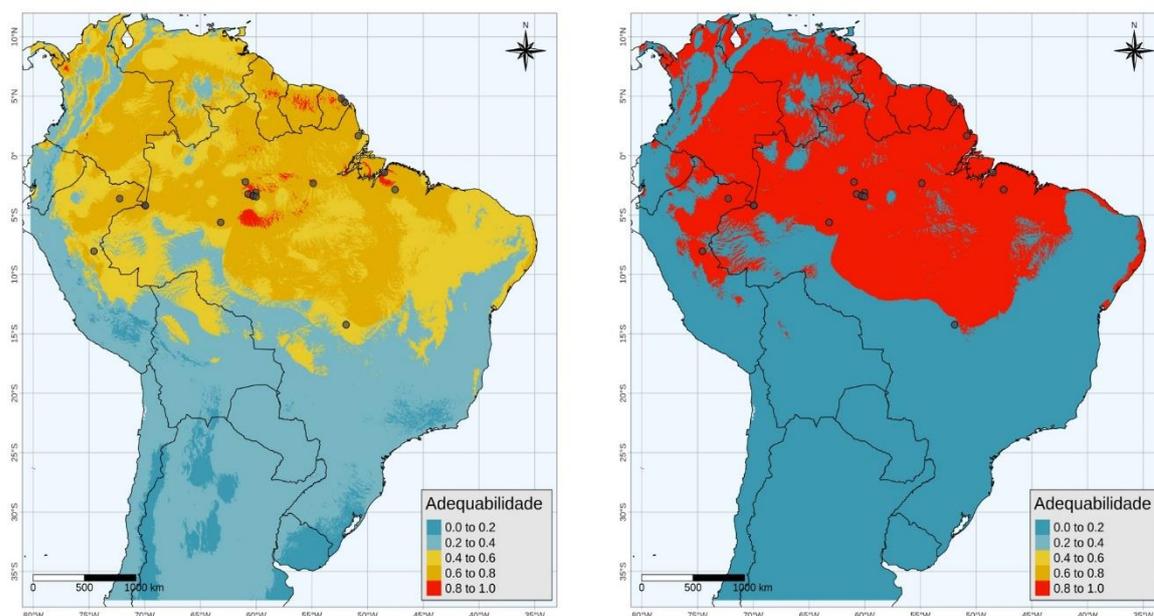
**Figura 12** - Modelo para *Siphonops hardyi*. À esquerda modelo contínuo e à direita modelo regional binarizado pelo LPT.

Os modelos de adequabilidade climática, tanto contínuo quanto binário para *Siphonops paulensis* indicaram um domínio da espécie para áreas de clima e vegetação tipicamente mais secas ou que possuem uma sazonalidade muito mais demarcada, como o Cerrado, Caatinga, Pantanal e os Chacos da Bolívia e do Paraguai (Figura 13). Além disso, a espécie também tem sua distribuição pela região Sudeste e Sul do Brasil. O ápice da adequabilidade climática, segundo o modelo contínuo, seriam os cerrados dos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul e o Noroeste de São Paulo, além do limite Brasil com Bolívia, feito na altura do Pantanal Mato-grossense. O estado de Minas Gerais também possui pontos de alta adequabilidade climática para *S. paulensis*. A espécie também está presente nos estados do Tocantins, Sergipe, Ceará, Rio Grande do Norte e Maranhão. Nossos modelos apontam uma adequabilidade climática moderada para o Uruguai e para alguns estados no Nordeste do Brasil, mesmo ainda não tendo sido encontrado indivíduos nessas áreas.



**Figura 13** - Modelo para *Siphonops paulensis*. À esquerda modelo contínuo e à direita modelo regional binarizado pelo LPT.

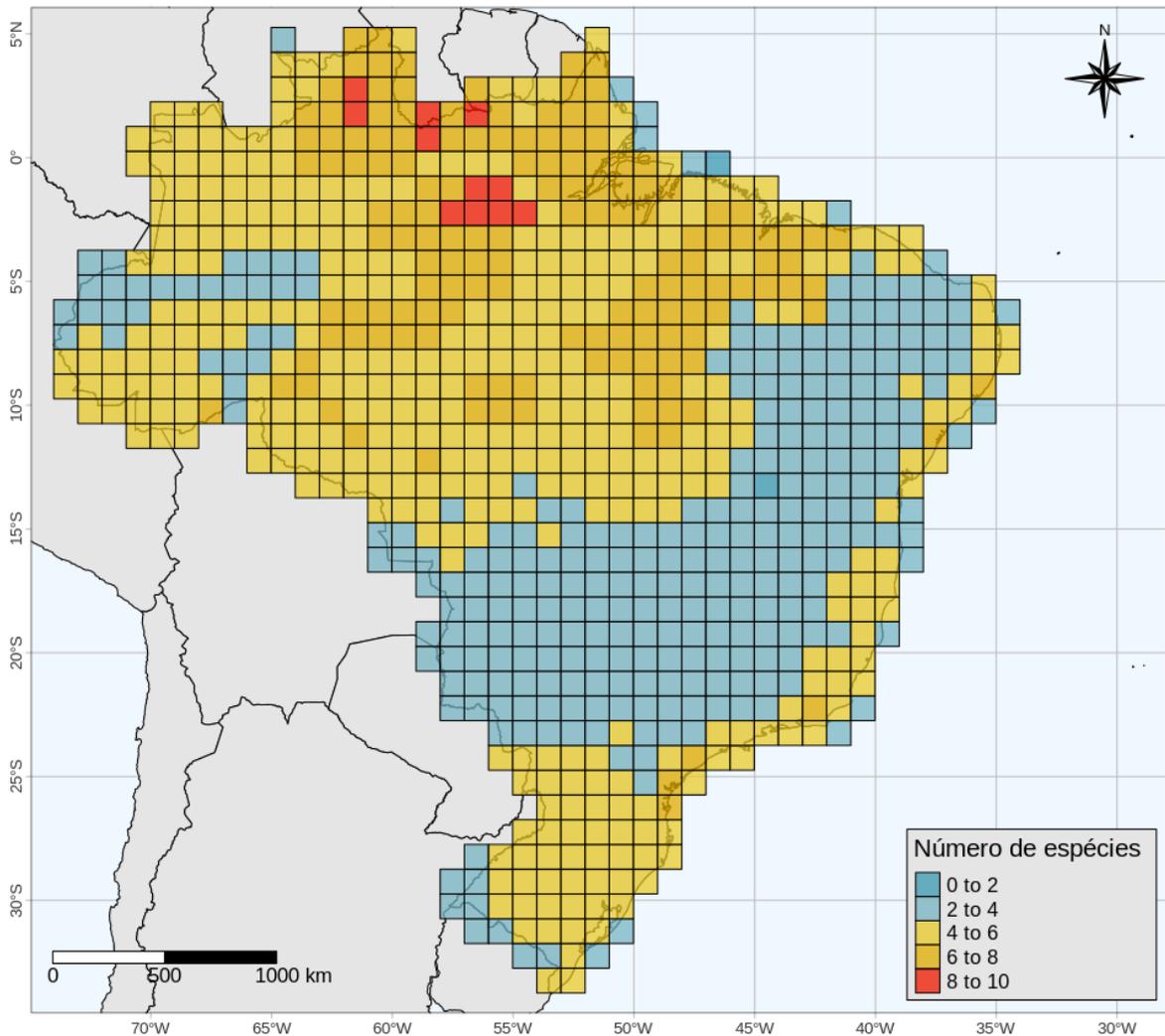
Os modelos para *Typhlonectes compressicauda* apontam uma alta adequabilidade para a região de Manaus, no Amazonas e na região de Belém, no Pará (Figura 14). Além disso, estados como Mato Grosso, Maranhão, Amapá, Roraima e Tocantins como moderadamente propícios para a ocorrência desta espécie de cecília aquática. Esta espécie não é endêmica do Brasil, estando presente na Guiana Francesa, Suriname, Guiana, Colômbia e Peru, no entanto, nossos modelos indicaram ambientes adequados climaticamente para estes animais em outros países do continente, como Venezuela, Bolívia e Equador. O modelo binário restringiu a distribuição de *T. compressicauda*, principalmente na região mais seca do Nordeste brasileiro e nos estados do Acre e de Rondônia.



**Figura 14** - Modelo para *Typhlonectes compressicauda*. À esquerda modelo contínuo e à direita modelo regional binarizado pelo LPT.

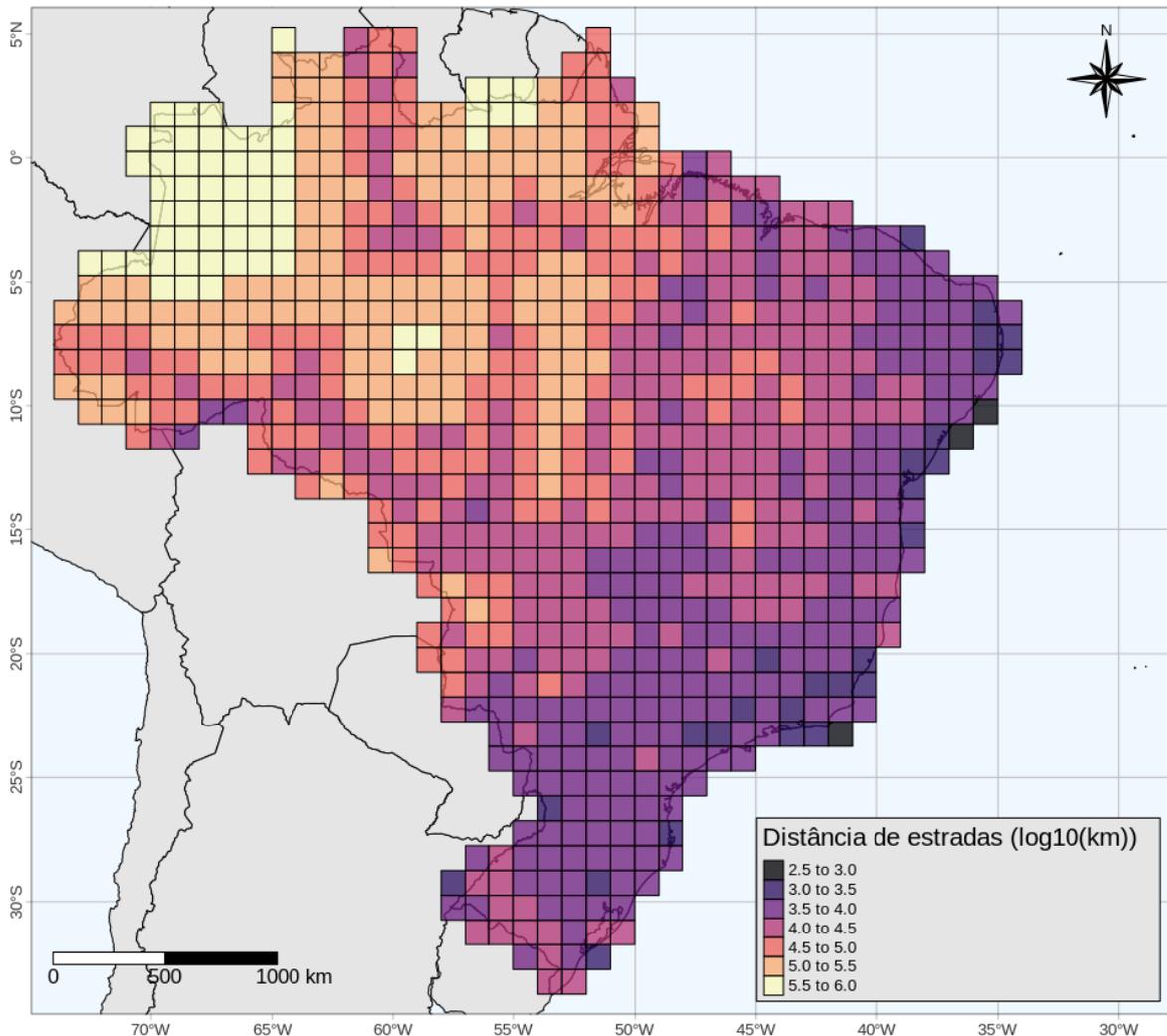
### 4.3 Áreas prioritárias para amostragem de campo

Os resultados de número de espécies por quadrículas revelaram dois grandes agrupamentos de número de espécies: um concentrando-se junto à distribuição do Bioma da Amazônia, e o segundo junto à distribuição do Bioma da Mata Atlântica (Figura 15). Entretanto, houve áreas na região amazônica que concentraram algumas quadrículas com grandes quantidades de espécies (8-10), principalmente no norte do bioma, em regiões de Roraima, norte do Pará e junto à divisa com a Guiana. Além disso, há regiões com diversidade relativamente elevada (6-8) nos estados de Roraima, Amapá, norte e oeste do Pará na divisa com o Amazonas e no leste do Pará, além dos estados de Maranhão e Tocantins, norte do Mata Grosso e centro de Rondônia. Há outras quadrículas isoladas na porção da Mata Atlântica: oeste do Paraná e Santa Catarina, litoral de São Paulo, Rio de Janeiro, além dos estados do Nordeste como Alagoas e Sergipe.



**Figura 15** – Número total de espécies por gride.

A distância de estradas, resumidas nas quadrículas, revelou o padrão já esperado: menor distância de estradas no litoral do país, junto aos estados do Sul, Sudeste e litoral do Nordeste, e maiores valores para a região Amazônica. Além disso, é visível a distância menor nas quadrículas juntos às principais rodovias dessa região: BR 364 (Rodovia Marechal Rondon), BR 230 (Rodovia Transamazônica), BR 174 (Rodovia Manaus–Boa Vista) e BR 163, revelando que as rotas históricas da malha rodoviária no Brasil. Esse padrão também pode ser observado em trabalho de lacunas, como em Oliveira et al. (2016).

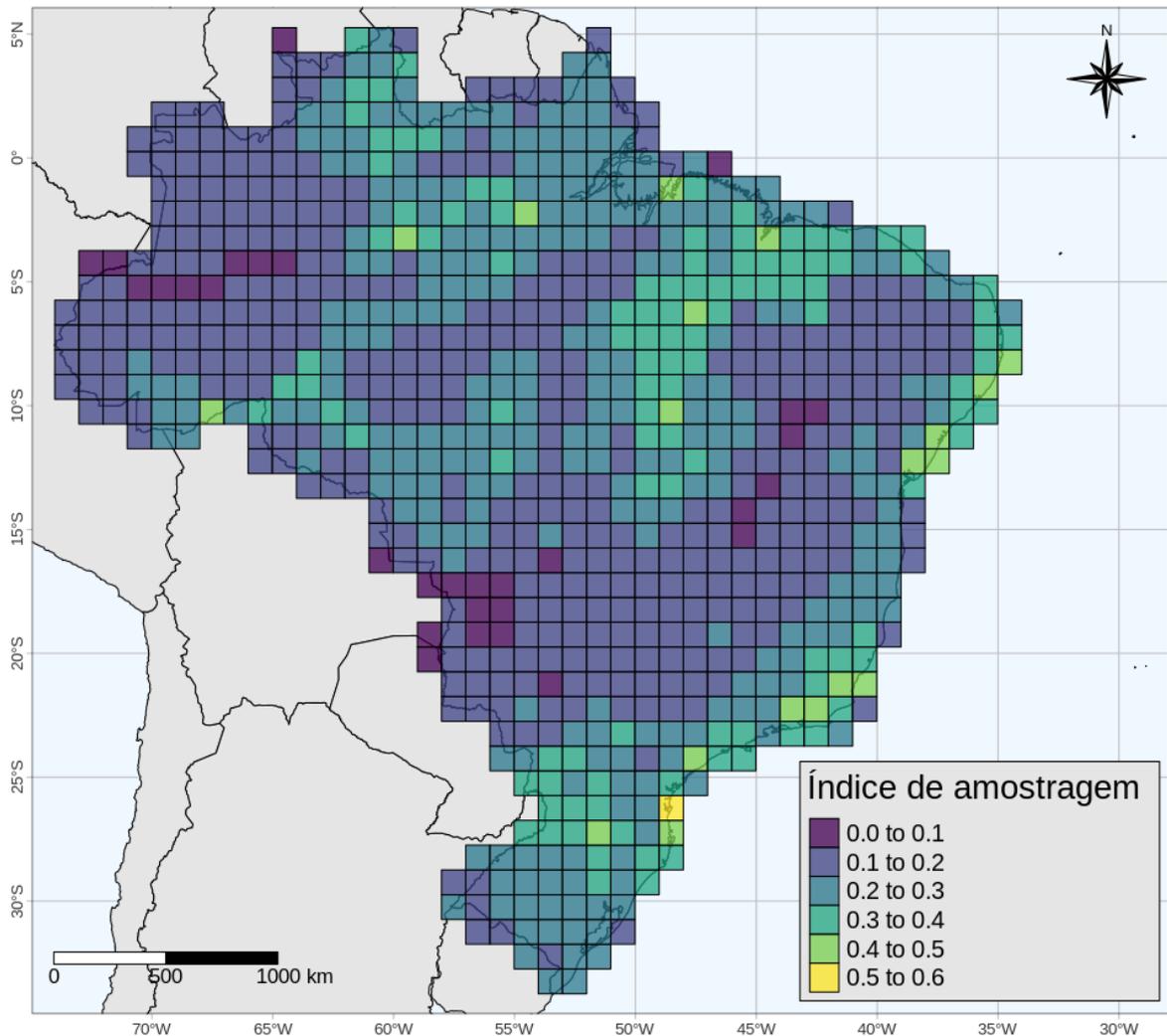


**Figura 16** – Distância média de estradas por gride.

Por fim, os resultados da indicação de áreas prioritárias para amostragem mostraram áreas com maior quantidade de espécies e próximas a estradas concentram-se junto às rodovias da região Norte do país, como BR 163 e BR 174, nos estados do Maranhão, Tocantins, Pará, Amapá, Amazonas, Rondônia, Acre e no Centro-Oeste no Mato Grosso. Esses resultados evidenciam que essas áreas apesar de provavelmente serem altamente impactadas antropicamente, ainda podem conter alta diversidade de espécies desse grupo e serem áreas altamente propícias para amostragem

Na porção da Mata Atlântica, os resultados indicaram o litoral da região Sudeste e Nordeste como sendo os mais interessantes para amostragem desse grupo, considerando essas

duas características. Apesar disso, grande parte dessas áreas encontram-se em porções de floresta que podem ser difíceis de acessar como a Serra do Mar. Entretanto, áreas mais interioranas da região Sul e Sudeste, e as regiões litorâneas do Nordeste configuram excelente pontos para amostragem, pois possuem diversas estradas e concentram grandes centros de pesquisa.



**Figura 17** - Áreas prioritárias para amostragem, sendo as quadrículas roxas os pontos que necessitam de mais amostragem e as amarelas os que estão relativamente bem amostrados.

## 5 Discussão

Nosso trabalho compilou informações sobre as ocorrências de 36 espécies *Gymnophiona* conhecidas para o Brasil, além de compilar informações de sinônimas das mesmas, não encontrando informações para sete das espécies atualmente descritas. Entretanto,

foi possível a construção de modelos de distribuição de espécies para apenas nove espécies, principalmente aquelas que possuíam uma distribuição ampla. Esse fato retrata de forma clara a grande falta de informações disponíveis para o conhecimento da distribuição desse grupo. Nossos resultados para as áreas prioritárias para amostragem revelaram que há dois grandes padrões de diversidade de espécies, um concentrado na região amazônica e outro ao longo do Bioma da Mata Atlântica. Além disso, nossas observações demonstraram que as áreas com maior quantidade de espécies e próximas às estradas concentram-se junto às rodovias da região Norte do país, como BR 163 e BR 174, nos estados do Maranhão, Tocantins, Pará, Amapá, Amazonas, Rondônia, Acre e no Centro-Oeste no Mato Grosso; e no litoral da região Sul, Sudeste e Nordeste para o Bioma da Mata Atlântica.

Os modelos de distribuição de espécies, apesar de terem tido em sua grande maioria valores de AUC maiores de 0,75, demonstrando serem estatisticamente pertinentes para considerar seus resultados, em sua grande maioria extrapolaram a distribuição das espécies, principalmente em relação às espécies: *Caecilia tentaculata*, *Siphonops hardyi* e *Typhlonectes compressicauda*, evidenciando a necessidade do uso de limites específicos para cada espécie, para tentar melhorar a distribuição das espécies (BARVE et al., 2011). Além disso, a inclusão de variáveis específicas relacionadas às espécies de Gymnophiona deve melhorar consideravelmente as predições dos modelos, dado as necessidades específicas dessas espécies. Variáveis como tipo de solo SoilGrids (<https://soilgrids.org/>; HENGL et al., 2017) para espécies com hábitos fossoriais e variáveis de ecossistemas de água doce, disponíveis no EarthEnv (<https://www.earthenv.org/streams>; DOMISCH; AMATULLI; JETZ, 2015) aumentariam muito a capacidade preditiva dos modelos.

Os resultados obtidos da análise de áreas prioritárias revelaram que regiões como a Amazônia Legal em sua porção mais ocidental, na altura entre os rios Amazonas e Japurá, necessita de um melhor esforço de amostral. Apesar dos grides demonstrarem que é uma região relativamente diversa, essa diversidade ainda pode estar subestimada. Por se tratar do bioma que apresenta maior adequabilidade para boa parte das espécies que modelamos, apresentar regiões com núcleos urbanos menores, bem como a dificuldade maior de acesso, por conta da ausência de malha rodoviária, acreditamos que essa área necessita de mais atenção por parte dos herpetólogos.

Outras áreas próximas, como a região do Médio Rio Negro e do Alto Rio Negro, são igualmente problemáticas na defasagem amostral, sendo ambas as regiões, diversas vezes indicadas como adequadas para as espécies que modelamos e ocorrem no bioma amazônico.

Uma outra região que indicamos ser deficiente nos esforços amostrais, no número de espécies catalogadas e aparenta possuir difícil acesso, é a região do Vale do Javari, os arredores dos rios Jutaí, Biá e Juruá (na sua porção amazônica). Essa região deve estar subestimada em relação à quantidade de registros. Outros estados, como Rondônia, norte do Mato Grosso, Tocantins, sul e sudoeste do Pará, Roraima, Acre, Amapá e Mato Grosso do Sul devem receber uma dedicação amostral maior, principalmente pela rápida mudança no uso do solo e a exploração de recursos minerais, já comuns e difundidas em boa parte destes estados (AZEVEDO-RAMOS; GALATTI, 2002). Através destas práticas, as possibilidades de gerar perda de habitat às *Gymnophiona* amazônicas aumentam.

Além disso, em Roraima, na região de Manaus do estado do Amazonas, Pará e Amapá, encontramos a maior riqueza de espécies amazônicas que fazem parte das cecílias, conseguindo atingir números entre 8 a 10 espécies diferentes. Sendo assim, há maiores chances de encontrarmos espécies ainda não descritas para o grupo ou populações não conhecidas na região. Essa diversidade também está relacionada à presença de centros de pesquisa e pessoas qualificadas que trabalham com o grupo na Amazônia. O que acaba por influir na busca e no sucesso de encontro destes animais por parte dos pesquisadores da região. Centros como o Museu Paraense Emílio Goeldi e o Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas impulsionam os trabalhos da herpetofauna na Amazônia, principalmente nos grides indicados com maiores diversidades, o que influi diretamente nos nossos resultados (MACIEL; HOOGMOED, 2011a). Além disso, essas regiões de alta diversidade, apresentam maior acessibilidade e mais centros urbanos, o que pode facilitar o trabalho em campo dos pesquisadores e a logística de custos das viagens. Em tempos de pouco aporte financeiro, estar próximo das áreas de estudo faz diferença para o sucesso da amostragem.

Algumas das áreas que podemos indicar como prioritárias para futuras amostragens são próximas do Rio São Manuel, ao norte do Mato Grosso. São áreas pouco amostradas e distantes de rodovias e a quantidade de espécies nos grides correspondentes são relativamente altas. É uma região potencialmente interessante e que pode trazer algumas novidades (FRAGA; MOTT, 2011). Além disso, a área está iniciando um momento de sofrer com as pressões oriundas da antropização. Há uma área igualmente inexplorada que está situada entre a região do Rio Purus e o Rio Juruá, no estado do Amazonas, entre o médio Juruá e o baixo Juruá (AZEVEDO-RAMOS; GALATTI, 2002). Além disso, não há rodovias próximas, o que nos leva a crer na existência de um vazio amostral nas regiões de Deni e Hi Merimã. A região do Alto Juruá, próximo a Cruzeiro do Sul, no Acre, também necessita de maiores esforços amostrais para o

grupo das cecílias, ainda se sabe pouco sobre as populações existentes no Acre, principalmente na sua porção mais ocidental.

Uma das questões que devem ser futuramente abordadas, é levar em consideração o transporte via sistemas fluviais, e a distância desses grides amostrais dos rios, que na Amazônia são frequentemente utilizados como meio de transporte, principalmente nas regiões mais periféricas da Amazônia (KUWAHARA; NETO; ABENSUR, 2012). Sendo assim, ao olhar apenas para rodovias, no caso da Amazônia brasileira, podemos estar subestimando a acessibilidade de algumas regiões demarcadas no nosso mapa, algo a se corrigir em trabalhos futuros.

A diagonal seca é um contrassenso quando pensamos no que foi inicialmente discutido, pois ela está envolvida por uma malha rodoviária suficientemente vasta, tornando a região bastante acessível, assim como existem centros urbanos mais populosos e centros de pesquisa de relevância nacional com pessoas preparadas para empregar excursões científicas de coleta. No entanto, mesmo com todo esse amálgama que defendemos ser características necessárias para uma melhor e mais extensa amostragem das cecílias brasileiras, a diagonal seca ainda apresenta uma riqueza baixa de espécies por gride. Analisando os dados que coletamos, isso pode estar relacionado aos baixos índices amostrais na região e a inadequabilidade do habitat para a grande maioria das cecílias do Brasil. Este padrão pode ser justificado pela rigorosa sazonalidade dos biomas presentes, tendo estações secas rigorosas e longas. Ainda assim, são necessárias maiores incursões pelo sertão do Brasil, principalmente nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Piauí, Ceará, Pernambuco, Paraíba, Bahia e Rio Grande do Norte. Ainda que não apresentem novas espécies para a ciência, amostrar de forma mais adequada estes estados pode elucidar muitas questões biogeográficas e taxonômicas que envolvem o grupo. O interior de Minas Gerais, ao norte, guarda consigo a área tipo de uma espécie já não mais vista, *Chthonerpeton perissodus*, por exemplo, que foi encontrada no Rio Pandeiros (NUSSBAUM; WILKINSON, 1987), coincidentemente, em uma região pouco amostrada e com baixa diversidade de espécies. Até então, *C. perissodus* é um dos exemplos de endemismo do Brasil (FROST, 2019).

Na Mata Atlântica, temos a diversidade média entre 4-6 espécies para toda a faixa litorânea, com aumento sutil da diversidade nos grides presentes nas regiões Sudeste e Nordeste, na altura de São Paulo e Rio de Janeiro, Sergipe e Alagoas, respectivamente. Apesar de bastante degradada, a Mata Atlântica ainda possui um alto número de espécies, para o táxon das Gymnophiona, equivalente aos da floresta Amazônica. Entretanto, a Mata Atlântica é

detentora de inúmeras espécies endêmicas, como: *Siphonops hardyi*, *Mimosiphonops vermiculatus*, *Siphonops leucoderus*, *Chthonerpeton arii*, *Luetkenotyphlus insulanus*, *Luetkenotyphlus fredii*, *Chthonerpeton viviparum*, entre outras. O Brasil é o país que apresenta a maior taxa de endemismo na América. Ao todo, das 42 espécies, 26 são exclusivas do nosso país, sendo boa parte delas conhecidas por poucos exemplares (FROST, 2019). Concentrar amostragens em áreas que contemplem a Mata atlântica ainda se faz necessário, pois espécies ainda estão sendo encontradas e descritas, como o caso da *Luetkenotyphlus fredii*, no estado do Espírito Santo (MACIEL et al., 2019), mesmo com a presença dos maiores centros urbanos do país, as melhores e mais extensas rodovias, e uma grande quantidade de pessoas qualificadas para trabalhar com pesquisa em herpetologia. Essa conformação de grande riqueza se dá não apenas pelo clima propício, mas pela diversidade de fitofisionomias presentes no bioma e na disponibilidade de variação altitudinal na região, o que acaba promovendo a diversificação (REIS et al., 2015; RICKLEFS; HE, 2016). Esse fator da variação altitudinal também pode ser preponderante para a diversidade indicada em Roraima e no Amapá (DUELLMAN; HOOGMOED, 1984; AZEVEDO-RAMOS; GALATTI, 2002; MORAES et al., 2017).

## 6 Conclusões

Ao observarmos nossos modelos, percebemos que apesar de alguns erros devido aos limites amplos, as distribuições das espécies estão devidamente ajustadas e sugestões promissoras de novas áreas para encontrar os animais modelados estão presentes. Analisando alguns trabalhos, encontramos diversos pontos de ocorrência para algumas das espécies que estão no contexto do nosso trabalho, ainda assim, não os utilizamos, pois não foram coordenadas disponíveis de forma que nos fornecessem certeza, pelo menos aproximada, de que eram pontos onde realmente os animais foram encontrados. A maioria dos pontos pareciam ser aproximações grosseiras, que para o intuito das literaturas até então feitas, faz sentido, pois corrobora a ideia da área de ocorrência das espécies. Contudo, nosso trabalho diz respeito de adequabilidade de habitat e a promoção de novos ambientes adequados, ao usar pontos como esses, nosso trabalho perderia acurácia e objetivo. Para futuros passos, se faz necessário um inventário além da literatura e banco de dados online. Viajar para coleções no Brasil, podem trazer acréscimos substanciais para as amostras das espécies. Outra necessidade seria estabelecer parcerias e contribuições com outros pesquisadores que trabalham com o grupo das *Gymnophiona*.

Com os nossos mapas, encontramos áreas com maior diversidade destes animais e

delimitamos regiões com potencial nos ideais conservacionistas para o grupo das Gymnophiona brasileiras. Os grids com maior riqueza de cecílias podem representar locais de interesse para demarcação de áreas destinadas a preservação destes animais e dos demais grupos presentes na área. Apesar dos locais que delimitamos como potenciais para a ocorrência das espécies, melhores métodos de amostragem e coleta para cecílias, com enfoque nas fossoriais e terrestres, se faz crucial, já que não há métodos eficientes até o momento (MACIEL et al., 2011a).

Dessa forma, nossos resultados podem direcionar futuros esforços amostrais para facilitar o encontro desses organismos em campo. Além disso, esses resultados podem ainda auxiliar na conservação desse grupo no Brasil e, também, devido à sua provável alta sensibilidade às alterações antrópicas, como alteração no uso da terra e mudanças climáticas.

## 7 Referências

- ACOSTA-GALVIS, A. R.; LASSO, C. A.; MORALES-BETANCOURT, M. A. Nuevo registro del cecílido *Typhlonectes compressicauda* (Duméril & Bibron 1841) (Gymnophiona: Typhlonectidae) en la Amazonia colombiana. **Biota Colombiana**, v.15, n.1, pp.188-123, 2014.
- ALMEIDA, J. P. F. A.; NASCIMENTO, F. A. C.; TORQUATO, S.; LISBOA, B. S.; TIBURCIO, I. C. S.; PALMEIRA, C. N. S.; LIMA, M. G.; MOTT, T. Amphibians of Alagoas State, northeastern Brazil. **Herpetology Notes**, v.9, pp.123-140, 2016.
- ALMEIDA-GOMES, M.; SIQUEIRA, C. C.; BORGES-JÚNIOR, V. N. T.; VRCIBRADIC, D.; FUSINATTO, L. A.; ROCHA, C. F. D. Herpetofauna of the Reserva Ecológica de Guapiaçu (REGUA) and its surrounding areas, in the state of Rio de Janeiro, Brazil. **Biota Neotropica**, v.14, n.3, pp.1-15, 2014.
- ALVES, I. A. M.; ZOCCA, C. Z.; TONINI, J. F. R.; GARBIN, M. L.; FERREIRA, R. B. *Siphonops hardyi* (Hardy's Caecilian) Predation. **Herpetological Review**, v.49, n.4, pp.722, 2018.
- AMORIM, F. O.; SILVA, G. L.; ALMEIDA, G. V. L.; SANTOS, E. M. Novos registros de *Siphonops paulensis* Boettger, 1892 (Gymnophiona: Siphonopidae) para o estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v.38, n.1, pp.39-46, 2016.
- ARAÚJO, C. O.; CONDEZ, T. H.; BOVO, R. P.; CENTENO, F. C.; LUIZ, A. M. Amphibians and reptiles of the parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP: an Atlantic Forest remnant of Southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v.10, n.4, pp.257-274, 2010.
- ARAÚJO, M. B.; NEW, M. Ensemble forecasting of species distributions. **Trends in Ecology and Evolution**, v.22, n.1, pp.42-47, 2007.
- AZEVEDO-RAMOS, C.; GALATTI, U. Patterns of amphibian diversity in Brazilian Amazon: conservation implications. **Biological Conservation**, v.103, pp.103-111, 2002.
- BARRIO-AMORÓS, C. L.; RODRÍGUEZ, C. M. Herpetofauna del Ramal de Calderas, Andes de Venezuela. In: RIAL, A.; SEÑARIS, J. C.; LASSO, C. A.; FLORES, A. L. (Eds.), **Rapid assessment of the biodiversity of the Ramal Calderas, Venezuelan Andes**. RAP Bulletin of Biological Assessment, 2010, v.56, pp.1-183.
- BARVE, N. et al. The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. **Ecological Modelling**, v.222, pp.1810-1819, 2011.

- BERTOLUCI, J.; CANELAS, M. A. S.; EISEMBERG, C. C.; PALMUTI, C. F. S.; MONTINGELLI, G. G. Herpetofauna da Estação Ambiental de Peti, um fragmento de Mata Atlântica do estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v.9, n.1, pp.147-155, 2009.
- BITTENCOURT-SILVA, G. B.; WILKINSON, M. First record of predation on the caecilian *Microcaecilia unicolor* (Duméril, 1863). **Herpetology Notes**, v.11, pp.641-644, 2018.
- BORGES-NOJOSA, D. M.; CASTRO, D. P.; LIMA, D. C.; BEZERRA, C. H.; MACIEL, A. O.; HARRIS, D. J. Expanding the known range of *Caecilia tentaculata* (Amphibia: Gymnophiona) to relict mountain forests in northeastern Brazil: linking Atlantic forest to the Amazon? **Salamandra**, v.53, n.3, pp.429-434, 2017.
- BRAUN, P. C.; BRAUN, C. A. S. Lista prévia dos anfíbios do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia Série Zoologia**, v.56, pp.121-146, 1980.
- BREIMAN, L. Random Forests. **Machine Learning**, v.45, pp.5-32, 2001.
- CARAMASCHI, U; POMBAL JR, J. P. *Potamotyphlus kaupii*. **Herpetological Review**, v.31, n.1, pp.49, 2000a.
- CARAMASCHI, U; POMBAL JR, J. P. *Typhlonectes compressicauda*. **Herpetological Review**, v.31, n.1, pp.49, 2000b.
- CARPENTER, G.; GILLISON, N. A.; WINTER, J. DOMAIN: a flexible modeling procedure for mapping potential distributions of animals and plants. **Biodiversity and Conservation**, v.2, n.6, pp.667-680, 1993.
- CHAMBERLAIN, S. **Package spocc: Interface to Species Occurrence Data Sources**. R package version 0.9.0. 2018. Vienna, Austria: R foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=spocc>>
- CINTRA, C. E. D.; SILVA, H. L. R.; GONÇALVES, F. A.; SILVA-JR, N. J. Geographic distribution of *Potamotyphlus kaupii*. **Herpetological Review**, v.41, n.2, pp.242, 2010.
- CINTRA, C. E. D.; SILVA, H. L. R.; SILVA-JR, N. J. Herpetofauna, Santa Edwiges I and II hydroelectric power plants, state of Goiás, Brazil. **Check list**, v.5, n.3, pp.570-576, 2009.
- CONDEZ, T. H.; SAWAYA, R. J.; DIXO, M. Herpetofauna dos remanescentes de Mata Atlântica da região de Tapiraí e Piedade, SP, sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v.9, n.1, pp.157-185, 2009.
- CORREIA, L. L.; NUNES, P. M. S.; GAMBLE, T.; MACIEL, A. O.; MARQUES-SOUZA, S.; FOUQUET, A.; RODRIGUES, M. T.; MOTT, T. A new species of *Brasilotyphlus* (Gymnophiona: Siphonopidae) and a contribution to the knowledge of the relationship between *Microcaecilia* and *Brasilotyphlus*. **Zootaxa**, v.4527, n.2, pp.186-196, 2018.
- DA SILVA, F. F. G.; MOTT, T.; GAREY, M. V.; VITULE, J. R. S. *Chthonerpeton viviparum* Parker & Wettstein, 1929 (Amphibia, Gymnophiona, Typhlonectinae) in Pará state, Brazil and the first record of predation of this species by *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) (Actinopterygii, Erythrinidae). **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v.2, n.3, pp.261-262, 2007.
- DE MARCO, P.; NÓBREGA, C. C. Evaluating colinearity effects on species distribution models: An approach based on virtual species simulation. **Plos One**, v.13, n.9, e0202403, 2018.
- DE LA RIVA, I.; KÖHLER, J.; LÖTTTERS, S.; REICHLER, S. Ten years of research on Bolivian amphibians: updated checklist, distribution, taxonomic problems, literature and iconography. **Revista Española de Herpetología**, v.14, pp.19-164, 2000.
- DE LA RIVA, I. Lista preliminar comentada de los anfíbios de Bolivia, con datos sobre su distribución. **Bollettino del Museo regionale di Scienze naturali**, v.8, n.1, pp.261-319, 1990.
- DINIZ-FILHO, J. A. F.; BINI, L. M.; RANGEL, T. F.; LOYOLA, R. D.; HOF, C.; NOGUÉS-BRAVO, D.; ARAÚJO, M. B. Partitioning and mapping uncertainties in

- ensembles of forecasts of species turnover under climate change. **Ecography**, v.32, n.6, pp.897-906, 2009.
- DNIT. Bases de estradas estaduais e federais. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2018. Disponível em: <<http://servicos.dnit.gov.br/vgeo/>>.
- DOAN, T. M.; ARRIAGA, W. A. Microgeographic Variation in species composition of the herpetofaunal communities of Tambopata Region, Peru. **Biotropica**, v.34, n.1, pp.101-117, 2002.
- DOURADO, A. C. M.; MONTEIRO-JUNIOR, C. R.; MACIEL, A. O. New record and geographic distribution map of *Microcaecilia taylori* Nussbaum and Hoogmoed, 1979 (Amphibia: Gymnophiona: Siphonopidae) with notes on size and natural history. **Check list**, v.7, n.6, pp.845, 2011.
- DUELLMAN, W. E. The Biology of an Equatorial Herpetofauna in Amazonia Ecuador. **The University of Kansas Museum of Natural History, Miscellaneous Publications**, v.65, pp.1-352, 1978.
- DUELLMAN, W. E.; HOOGMOED, M. S. The taxonomy and phylogenetic relationships of the hyloid frog genus *Stefania*. **Miscellaneous Publications, Museum of Natural History**, v.75, pp:1-39, 1984.
- DUELLMAN, W. E.; TRUEB, L. **Biology of amphibians**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1994.
- DUNN, E. R. The American caecilians. **Bulletin of Museum of Comparative Zoölogy**, v.91, pp.437-540, 1942.
- EXBRAYAT, J. M. An Anatomical feature of caecilian amphibians: the lengthening of the body and organs. **Journal of Anatomy Forecast**, v.1003, n.1, pp.1-2, 2018.
- EXBRAYAT, J. M.; RAQUET, M. Vertebrate evolution: The strange case of Gymnophionan amphibians. In: PONTAROTTI, P. (Eds.), **Evolutionary Biology: Concept, Modeling, and Application**. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009, pp.71-89.
- FARIA, H. A. B.; MOTT, T. Geographic distribution of caecilians (Gymnophiona, Amphibia) in the state of Mato Grosso, Brazil with a new state record for *Caecilia mertensi* Taylor 1973. **Herpetology Notes**, v.4, pp.053-056, 2011.
- FEIO, R. N.; CARAMASCHI, U. Aspectos zoogeográficos dos Anfíbios do Médio Rio Jequitinhonha, nordeste de Minas Gerais, Brasil. **Revista Ceres**, v.42, n.239, pp.53-61, 1995.
- FERNÁNDEZ, J. E. G. Anfíbios colectados por la Comisión Científica del Pacífico (entre 1862 y 1865) conservados en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid. **Graellsia**, v.62, n.1, pp.111-158, 2006.
- FERREIRA, R. B.; SILVA-SOARES, T.; RÖDDER, D. Amphibians of Vitória, an urban area in south-eastern Brazil: first approximation. **Salamandra**, v.46, n.4, pp.187-196, 2010.
- FORLANI, M.C.; BERNARDO, P. H.; HADDAD, C. B. F.; ZAHER, H. Herpetofauna do Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v.10, n.3, pp.265-309, 2010.
- FRAGA, R.; SANTOS-JÚNIOR, A. P.; SOUZA, E.; KAWASHITA-RIBEIRO, R. A.; RIBEIRO, S.; MACIEL, A. O. Notes on the poorly known caecilian *Nectocaecilia petersii* (Gymnophiona: Typhlonectidae) of the Brazilian Amazon. **Phyllomedusa**, v.17, n.2, pp.289-293, 2018.
- FREITAS, M. A.; ABEGG, A. D.; DIAS, I. R.; MORAES, E. P. F. Herpetofauna from Serra da Jiboia, an Atlantic Rainforest remnant in the state of Bahia, northeastern Brazil. **Herpetology Notes**, v.11, pp.59-72, 2018.
- FREITAS, M. A.; SILVA, T. F. S. **Guia ilustrado: A herpetofauna das Caatingas e áreas de altitudes do Nordeste brasileiro**. Pelotas, USEB, 2007.

- FROST, D. R. **Amphibian Species of the World: an Online Reference**, Version 6.0 (20 janeiro 2019). New York: American Museum of Natural History, 2019. Disponível em: <<http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.php>>
- GAYER, S. M. P.; KRAUSE, L.; GOMES, N. Lista preliminar dos anfíbios da Estação Ecológica do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.5, n.3, pp.419-425, 1988.
- GIRI, V.; WILKINSON, M.; GOWER, D. J. A new species of *Gegeneophis* Peters (Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae) from southern Maharashtra, India, with a key to the species of the genus. **Zootaxa**, v.351, n.1, pp.1-10, 2003.
- GOWER, D. J.; WILKINSON, M. Conservation biology of caecilian amphibians. **Conservation Biology**, v.19, n.1, pp.45-55, 2005.
- GUDYNAS, E.; WILLIAMS, J. D.; AZPELICUETA, M. M. Morphology, ecology and biogeography of the South American caecilian *Chthonerpeton indistinctum* (Amphibia: Gymnophiona: Typhlonectidae). **Zoologische Mededelingen**, v.62, n.2, pp.5-28, 1988.
- GUISAN, A.; EDWARDS, T. C.; HASTIE, T. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. **Ecological Modelling**, v.157, n.2-3, pp.89-100, 2002.
- GUISAN, A.; RAHBEK, C. SESAM—a new framework integrating macroecological and species distribution models for predicting spatio-temporal patterns of species assemblages. **Journal of Biogeography**, v.38, n.8, pp.1433-1444, 2011..
- GUISAN, A.; THUILLER, W. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. **Ecology Letters**, v.8, pp.993-1009, 2005.
- GUISAN, A.; THUILLER, W.; ZIMMERMANN, N. E. **Habitat Suitability and Distribution Models**: with applications in R. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.
- HADDAD, C. B. F.; TOLEDO, L. F.; PRADO, C. P. A.; LOEBMANN, D.; GASPARINI, J. L.; SAZIMA, I. **Guia dos anfíbios da Mata Atlântica**: diversidade e biologia. São Paulo: Anolis Books Editora, 2013.
- HEDGES, S. B.; NUSSBAUM, R. A.; MAXSON, L. R. Caecilian Phylogeny and biogeography inferred from mitochondrial DNA sequences of the 12S rRNA and 16S rRNA genes (Amphibia: Gymnophiona). **Herpetological monographs**, v.7, pp.64-76, 1993.
- HEER, T.; LANARI, L. *LUETKENOTYPHLUS BRASILIENSIS* (São Paulo Caecilian). **Herpetological Review**, v.29, n.4, pp.244, 1998.
- HEYER, W. R.; MCDIARMID, R. W.; DONNELLY, M. A.; HAYEK, L. C.; FOSTER, M. **Measuring and monitoring biological diversity**: standard methods for amphibians. Washington, DC: Smithsonian Institution, 1994.
- HIJMANS, R. J.; PHILIPS, S.; LEATHWICK, J.; ELITH, J. **Package dismo: Species Distribution Modeling**. R package version 1.1-4. 2017. Vienna, Austria: R foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=dismo>>
- HIJMANS, R. J.; ETEN, J. V.; SUMNER, M.; CHENG, J.; BEVAN, A.; BIVAND, R.; Busetto, L.; CANTY, M.; FORREST, D.; GHOSH, A.; GOLICHER, D.; GRAYM J.; GREENBER, J. A.; HIEMSTRA, P.; GEOSCIENCES, I. M. A.; KARNEY, C.; MATTIUZZI, M.; MOSHER, S.; NOWOSAD, J.; PEBESMA, E.; LAMIGUEIRO, O. P.; RACINE, E. B.; ROWLINGSON, B.; SHORTRIDGE, A.; VENABLES, B.; WUEEST, R. **Package raster: Geographic Data Analysis and Modeling**. R package version 2.8-13. 2018. Vienna, Austria: R foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=raster>>
- HOOGMOED, M. S.; MACIEL, A. O.; CORAGEM, J. T. Discovery of the largest lungless tetrapod, *Atretochoana eiselti* (Taylor, 1968) (Amphibia: Gymnophiona: Typhlonectidae),

- in its natural habitat in Brazilian Amazonia. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, v.6, n.3, pp.241-262, 2011.
- KARATZOGLU, A.; SMOLA, A.; HORNIK, K.; ZEILEIS, A. Kernlab - An S4 Package for Kernel Methods in R. *Journal of Statistical Software*, v.11, n.9, pp.1-20, 2004.
- KOKUBUM, M. N. C.; MENIN, M. Geographic Distribution of *SIPHONOPS PAULENSIS* (Boettger's Caecilian). *Herpetological Review*, v.32, n.1, pp.53, 2001.
- KUWAHARA, N.; NETO, J. C. L.; ABENSUR, T. C. Modelagem de previsão da navegabilidade em rios da Amazônia: ferramenta web de suporte aos usuários do transporte aquaviário. *Journal of Transport Literature*, v.6, n.3, pp.60-89, 2012.
- LEHR, E. New records for Amphibians and Reptiles from Departamentos Pasco and Ucayali, Peru. *Herpetological Review*, v.32, n.2, pp.130-132, 2001.
- LEMA, T.; MARTINS, L. A. **Anfíbios do Rio Grande do Sul**: Catálogo, Diagnose, Distribuição e Iconografia. Porto Alegre: ediPUCRGS, 2011.
- LEUTNER, B.; HORNING, N.; SCHWALB-WILMANN, J.; HIJMANS, R. J. **Package RStoolbox: Tools for Remote Sensing Data Analysis**. R package version 0.2.4. 2019. Vienna, Austria: R foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=RStoolbox>>
- LIAW, A.; WIENER, M. Classification and Regression by randomForest. *R News*, v.2, pp.18-22, 2002.
- LIMA-RIBEIRO, M. S.; DINIZ-FILHO, J. A. F. **Modelos ecológicos e a extinção da megafauna**: clima e homem na América do Sul. São Carlos, SP: Editora Cubo, 2013.
- LOEBMANN, D.; HADDAD, C. F. B. Amphibians and reptiles from a highly diverse area of the Caatinga domain: composition and conservation implications. *Biota Neotropica*, v.10, n.3, pp.227-256, 2010.
- LYNCH, J. D. 2006. The Amphibian fauna in the Villavicencio region of eastern Colombia. *Caldasia*, v.28, n.1, pp.135-155, 2006.
- LYNCH, J. D. Una aproximación a las culebras ciegas de Colombia (Amphibia: Gymnophiona). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, v.23, pp.317-337, 1999.
- MACIEL, A. O.; CASTRO, T. M.; STURARO, M. J.; SILVA, I. E. C.; FERREIRA, J. G.; SANTOS, R.; RISSE-QUAIOTO, B.; BARBOZA, B. A.; OLIVEIRA, J. C. F.; SAMPAIO, I.; SCHNEIDER, H. Phylogenetic systematics of the Neotropical caecilian amphibian *Luetkenotyphlus* (Gymnophiona: Siphonopidae) including the description of a new species from the vulnerable Brazilian Atlantic Forest. *Zoologischer Anzeiger*, v.281, pp.76-83, 2019.
- MACIEL, A. O.; COSTA, H. C.; DRUMMOND, L. O.; GOMES, J. O.; D'ANGIOLELLA, A. Rediscovery of *Siphonops annulatus* (Mikan, 1820) (Amphibia: Gymnophiona: Siphonopidae) in the state of Pará, Brazil, with an update geographic distribution map, and notes on size and variation. *Check List*, v.9, n.1, pp.106-110, 2013a.
- MACIEL, A. O.; GOMES, J. O.; COSTA, J. C. L.; ANDRADE, G. V. Diet, microhabitat use, and an analysis of sexual dimorphism in *Caecilia gracilis* (Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae) from a riparian forest in the Brazilian Cerrado. *Journal of Herpetology*, v.46, n.1, pp.47-50, 2012.
- MACIEL, A. O.; HOOGMOED, M. S. A new species of *Microcaecilia* (Amphibia: Gymnophiona: Siphonopidae) from the Guianan region of Brazil. *Zootaxa*, v.3693, pp.387-394, 2013.
- MACIEL, A. O.; HOOGMOED, M. S. Notes on the vertebrates of northern Pará, Brazil: a forgotten part of the Guianan region, III. A new species of *Microcaecilia* (Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais*, v.6, pp.67-72, 2011a.

- MACIEL, A. O.; HOOGMOED, M. S. Taxonomy and distribution of caecilian amphibians (Gymnophiona) of Brazilian Amazonia, with a key to their identification. **Zootaxa**, v.2984, pp.1-53, 2011b.
- MACIEL, A. O.; LEITE, J. M.; LEITE, R. R. S.; LEITE, J. R. S. A.; CASCON, P. A new species of *Chthonerpeton* Peters 1880 (Amphibia: Gymnophiona: Typhlonectidae) from the State of Piauí, Northeastern Brazil. **Journal of Herpetology**, v.49. n.2, pp.308-313, 2015.
- MACIEL, A. O.; MOTT, T.; HOOGMOED, M. S. A second species of *Brasilotyphlus* (Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae) from Brazilian Amazonia. **Zootaxa**, v.2226, pp.19-27, 2009a.
- MACIEL, A. O.; SAMPAIO, M. I. C.; HOOGMOED, M. S.; SCHNEIDER, H. Description of Two New Species of *Rhinatrema* (Amphibia: Gymnophiona) from Brazil and the Return of *Epicrionops niger* to *Rhinatrema*. **South American Journal of Herpetology**, v.13, n.3, pp.287-299, 2018.
- MACIEL, A. O.; SANTANA, D. J.; SILVA, E. T.; FEIO, R. N. Amphibia, Gymnophiona, Caeciliidae, *Siphonops hardyi* Boulenger, 1888: Distribution extension, new state record and notes on meristic data. **Check List**, v.5, n.4, pp.919-921, 2009b.
- MACIEL, A. O.; SILVA, B. V. M.; NASCIMENTO, F. A. C.; BORGES-NOJOSA, D. M.; LIMA, D. C. First records of *Chthonerpeton arii* Cascon and Lima-Verde, 1994 (Amphibia: Gymnophiona: Typhlonectidae) out of the type locality. **Check List**, v.9, n.4, pp.818-819, 2013b.
- MALAGOLI, L. Anfíbios do município de São Paulo: histórico, conhecimento atual e desafios para conservação. In: MALAGOLI, L. R.; BAJESTEIRO, F. B.; WHATELY, M. (Eds.), **Além do concreto**: contribuições para a proteção da biodiversidade paulistana. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2008, pp.206-233.
- MEASEY, G. L.; GOWER, D. J.; OOMEN, O. V.; WILKINSON, M. Diet of the fossorial caecilian *Gegeneophis ramaswamii* (Amphibia; Gymnophiona; Caeciliidae) in southern India. **C. R. Biologies**, v.327, pp.65-76, 2004.
- MEASEY, G. J.; DI-BERNARDO, M. Estimating juvenile abundance in a population of the semiaquatic caecilian, *Chthonerpeton indistinctum* (Amphibia: Gymnophiona: Typhlonectidae), in southern Brazil. **Journal of Herpetology**, v.37, n.2, pp.371-373, 2003.
- MEASEY, G. J.; GOWER, D. J.; OOMMEN, O. V.; WILKINSON, M. Quantitative surveying of endogeic limbless vertebrates - a case study of *Gegeneophis ramaswamii* (Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae) in southern India. **Applied Soil Ecology**, v.23, n.1, pp.43-53, 2003.
- MIRANDA, J. P.; MATOS, R. F.; SCARPA, F. M.; ROCHA, C. F. D. New record and distribution extension of *Siphonops paulensis* (Gymnophiona: Siphonopidae) in the state of Maranhão, Northeastern Brazil. **Herpetology Notes**, v.6, pp.327-329, 2013.
- MOODIE, G. E. E. Observations on the life history of the caecilian *Typhlonectes compressicaudus* (Duméril and Bibron) in the Amazon Basin. **Can. J. Zool.**, v.56, pp.1005-1008, 1978.
- MORAES, L. J. C. L.; ALMEIDA, A. P.; FRAGA, R.; ROJAS, R. R.; PIRANI, R. M.; SILVA, A. A. A.; CARVALHO, V. T.; GORDO, M.; WERNECK, F. P. Integrative overview of the herpetofauna from Serra da Mocidade, a granitic mountain range in northern Brazil. **Zookeys**, v.715, pp.103-159, 2017.
- MOTT, T.; MOURA, M. R.; MACIEL, A. O.; FEIO, R. N. Morphological variation and geographical distribution of *Luetkenotyphlus brasiliensis* (Gymnophiona: Siphonopidae). **Phyllomedusa**, v.10, n.2, pp.153-163, 2011.
- NAIMI, B.; HAMM, N. A. S.; GROEN, T. A.; SKIDMORE, A. K.; TOXOPEUS, A. G.

- Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling. **Ecography**, v.37, n.2, pp.191-203, 2014.
- NETELER, M.; BOWMAN, M. H.; LANDA, M.; METZ, M. GRASS GIS: A multi-purpose open source GIS. **Environmental Modelling & Software**, v.31, pp.124-130, 2012.
- NIX, H. A biogeographic analysis of Australian Elapid snakes. *In*: LONGMORE, R. (Eds.), **Snakes: Atlas of Elapid snakes of Australia**. Canberra: Bureau of Flora and Fauna, 1986, pp.4-10.
- NUSSBAUM, R. A.; HOOGMOED, M. S. Surinam caecilians, with notes on *Rhinatrema bivittatum* and the description of a new species of *Microcaecilia* (Amphibia, Gymnophiona). **Zoologische Mededelingen**, v.54, pp.217-235, 1979.
- NUSSBAUM, R. A.; PFRENDER, M. E. Revision of the African caecilian genus *Schistometopum* Parker (Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae). **Miscellaneous Publications Museum of Zoology, University of Michigan**, n.187, pp.1-32, 1998.
- NUSSBAUM, R. A.; WILKINSON, M. A new genus of lungless tetrapod: a radically divergent caecilian (Amphibia: Gymnophiona). **Proceedings of the Royal Society London Biological Sciences**, v.261, n.1362, pp. 331-335, 1995.
- NUSSBAUM, R. A.; WILKINSON, M. On the classification and phylogeny of caecilians (Amphibia: Gymnophiona), a critical review. **Herpetological Monographs**, v.3, pp.1-42, 1989.
- NUSSBAUM, R. A.; WILKINSON, M. Two new species of *Chthonerpeton* (Amphibia: Gymnophiona: Typhlonectidae) from Brazil. **Occasional papers of the Museum of Zoology, the University of Michigan**, n.716, pp.1-15, 1987.
- OLIVEIRA, U. et al. The strong influence of collection bias on biodiversity knowledge shortfalls of Brazilian terrestrial biodiversity. **Diversity and Distributions**, v.22, pp.1232-1244, 2016.
- OOMMEN, O. V.; MEASEY, G. J.; GOWER, D. J.; WILKINSON, M. Distribution and abundance of the caecilian *Gegeneophis ramaswamii* (Amphibia: Gymnophiona) in southern Kerala. **Current Science Bangalore**, v.79, n.9, pp.1386-1389, 2000.
- PEARSON, R. G.; RAXWORTHY, C. J.; NAKAMURA, M.; PETERSON, A. T. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. **Journal of Biogeography**, v.34, n.1, pp.102-117, 2007.
- PÉFAUR, J. E.; PÉREZ, R.; SIERRA, N.; GODOY, F. Density reappraisal of caeciliids in the Andes of Venezuela. **Journal of Herpetology**, v.21, n.4, pp.335-337, 1987.
- PETERSON, A. T.; SOBERÓN, J.; PEARSON, R. G.; ANDERSON, R. P.; MARTÍNEZ-MEYER, E.; NAKAMURA, M.; ARAÚJO, M. B. **Ecological Niches and Geographic Distributions**. Monographs in Population Biology 49. New Jersey: Princeton University Press, 2011.
- PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; DUDIK, M.; SCHAPIRE, R. E.; BLAIR, M. E. Opening the black box: an open-source release of Maxent. **Ecography**, v.40, n.7, pp.887-893, 2017.
- QIAO, H.; SOBERÓN, J.; PETERSON, A. T. No silver bullets in correlative ecological niche modelling: insights from testing among many potential algorithms for niche estimation. **Methods in Ecology and Evolution**, v.6, n.10, pp.1126-1136, 2015.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. 2019. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>
- REICHLE, S.; KÖHLER, J. Geographic distribution of *Caecilia marcusii*. **Herpetological Review**, v.27, n.4, pp.208, 1996.
- REIS, T. S.; CIAMPI-GUILLARDI, M.; BAJAY, M. M.; SOUZA, A. P.; SANTOS, F. A. M. Elevation as a barrier: Genetic structure for an Atlantic rain forest tree (*Bathysa australis*)

- in the Serra do Mar mountain range, SE Brazil. **Ecology and Evolution**, v.5, pp.1919-1931.
- RICKLEFS, R. E.; HE, F. Region effects influence in local tree species diversity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.113, pp.674-679, 2016.
- SAMPAIO, P. R. M.; SILVA, M. N.; MATOS, S. A.; MATOS, L. R. A.; ACOSTA, M. First report of predation by a caiman (*Paleosuchus trigonatus*, Crocodylia: Alligatoridae) on a caecilian (*Caecilia marculsi*, Gymnophiona: Caeciliidae). **Salamandra**, v.49, n.4, pp.227-228, 2013.
- SANTANA, D. O.; DE-CARVALHO, C. B.; FREITAS, E. B.; NUNES, G. S. S.; FARIA, R. G. First record of *Siphonops paulensis* Boettger, 1892 (Gymnophiona: Siphonopidae) in the state of Sergipe, northeastern Brazil. **Check list**, v.11, n.1, pp.1-3, 2015.
- SCHLÜTER, A.; ICOCHEA, J.; PEREZ, J. M. Amphibians and Reptiles of the lower Río Lullapichis, Amazonian Peru: update species list with ecological and biogeographical notes. **Salamandra**, v.40, n.2, pp.141-160, 2004.
- SCHWARTZ, E. F.; STUCCHI-ZUCCHI, A.; SCHWARTZ, C. A.; SALOMÃO, L. C. Skin secretion of *Siphonops paulensis* (Gymnophiona, Amphibia) forms voltage-dependent ionic channels in lipid membranes. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.36, pp.1279-1282, 2003.
- SEGALLA, M. V.; CARAMASCHI, U.; CRUZ, C. A. G.; GRANT, T.; HADDAD, C. F. B.; GARCIA, P. C. A.; BERNECK, B. V. M.; LANGONE, J. A. Brazilian Amphibians: List of Species. **Herpetologia Brasileira**, v.5, n.3, pp.34-46, 2016.
- SILVA, H. R.; BRITTO-PEREIRA, M. C.; CARAMASCHI, U. A new species of *Chthonerpeton* (Amphibia: Gymnophiona: Typhlonectidae) from Bahia. **Zootaxa**, v.381, pp.1-11, 2003.
- SILVA, M. C.; OLIVEIRA, R. H.; ÁVILA, R. W.; GAIOTTI, M. G. Geographic Distribution of *Siphonops paulensis*. **Herpetological Review**, v.47, n.2, pp.243, 2016.
- SILVA-JR, N. J.; CINTRA, C. E. D.; SILVA, H. L. R.; COSTA, M. C.; SOUZA, C. A.; PACHÊCO-JÚNIOR, A. A.; GONÇALVES, F. A. Herpetofauna, Ponte de Pedra Hydroelectric Power Plant, states of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul, Brazil. **Check List**, v.5, n.3, pp.518-525, 2009.
- SOUZA, I. F.; SILVA, H. L. R.; SILVA-JR, N. J. Geographic Distribution of *Siphonops paulensis*. **Herpetological Review**, v.33, pp.146-147, 2002.
- TAYLOR, E. H. **Caecilians of the World**. Lawrence, Kansas, University Kansas Press, 1968.
- TENNEKES, M. tmap: Thematic Maps in R. **Journal of Statistical Software**, v.84, n.6, pp.1-39, 2018.
- TONINI, J. F. R.; CARÃO, L. M.; PINTO, I. S.; GASPARINI, J. L.; LEITE, Y. L. R.; COSTA, L. P. Non-volant tetrapods from Reserva Biológica de Duas Bocas, State of Espírito Santo, Southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v.10, n.3, pp.339-351, 2010.
- VALDUJO P.H.; CAMACHO, A.; RECORDER, R. S.; TEIXEIRA, M. Jr.; GHELLERE, J. M. B.; MOTT, T.; NUNES, P. M. S.; NOGUEIRA, C.; RODRIGUES, M. T. Anfíbios da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, região do Jalapão, Estados do Tocantins e Bahia. **Biota Neotropica**, v.11, pp.251-262, 2011.
- VANCINE, M. H.; DUARTE, K. S.; SOUZA, Y. S.; GIOVANELLI, J. G. R.; MARTINS-SOBRINHO, P. M.; LÓPEZ, A.; BOVO, R. P.; MAFFEI, F.; LION, M. B.; RIBEIRO-JR, J. W.; BRASSALOTI, R.; COSTA, C. O. R.; SAWAKUCHI, H. O.; FORTI, L. R.; CACCIALI, P.; BERTOLUCI, J.; HADDAD, C. F. B.; RIBEIRO, M. C. ATLANTIC AMPHIBIANS: a data set of amphibian communities from the Atlantic Forest of South America. **Ecology**, v.99, n.7, pp.1692, 2018.
- VAZ-SILVA, W.; GUEDES, A. G.; AZEVEDO-SILVA, P. L.; GONTIJO, F. F.;

- BARBOSA, R. S.; ALOÍSIO, G. R.; OLIVEIRA, F. C. G. Herpetofauna, Espora Hydroelectric Power Plant, state of Goiás, Brazil. **Check List**, v.3, n.4, pp.338–345, 2007.
- VERDADE, V. K.; SCHIESARI, L. C.; BERTOLUCI, J. A. Diet of Juvenile Aquatica Caecilians, *Typhlonectes compressicauda*. **Journal of Herpetology**, v.34, n.2, pp.291-293, 2000.
- VIGLE, G.O. The Amphibians and Reptiles of the Estación Biológica Jatun Sacha in the lowland rainforest of Amazonian Ecuador: a 20-year Record. **Breviora**, v.513, pp.1-30, 2008.
- VITT, L. J.; CALDWELL, J. P. **Herpetology**: an introductory biology of amphibians and reptiles (4th ed.). London: Academic press, 2013.
- VON MAY, R.; SIU-TING, K.; JACOBS, J. M.; MÜLLER, M. M.; GAGLIARDI, G.; RODRÍGUEZ, L. O.; DONNELLY, M. A. Species diversity and Conservation status of Amphibians in Madre de Dios, southern Peru. **Herpetological Conservation and Biology**, v.4, n.1, pp.14-29, 2009.
- WAKE, M. H. Tailless Caecilians (Caeciliidae). In: HUTCHINS, M.; DUELLMAN, W. E.; SCHLAGER, N. (Eds.), **Grzimek's Animal Life Encyclopedia**: Amphibians. Farmington Hills: Gale Group, 2003, v.6, pp.435-441.
- WICKHAM, H. **Package tidyverse: Easily Install and Load the 'Tidyverse'**. R package version 1.2.1. 2018. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=tidyverse>>
- WILKINSON, M.; ANTONIAZZI, M. M.; JARED, C. A new species of *Microcaecilia* Taylor, 1968 (Amphibia: Gymnophiona: Siphonopidae) from Amazonian Brazil. **Zootaxa**, v.3, pp.425-431, 2015.
- WILKINSON, M.; KUPFER, A.; MARQUES-PORTO, R.; JEFFKINS, H.; ANTONIAZZI, M. M.; JARED, C. One hundred million years of skin feeding? Extended parental care in a Neotropical caecilian (Amphibia: Gymnophiona). **Biology Letters**, v.4, n.4, pp.358-361, 2008.
- ZHANG, P.; WAKE, M. H. A mitogenomic perspective on the phylogeny and biogeography of living caecilians (Amphibia: Gymnophiona). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v.53, pp.479-491, 2009.

---

Lucas de Souza Almeida  
(Orientado)

---

Maurício Humberto Vancine  
(Coorientador)

---

Célio Fernando Baptista Haddad  
(Orientador)