



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E ZOOLOGIA

Denise Ferreira de Carvalho

**Distribuição espacial do sapo-arlequim *Atelopus hoogmoedi* na Floresta Nacional de
Carajás, Pará, Brasil**

Florianópolis
2024

Denise Ferreira de Carvalho

Distribuição espacial do sapo-arlequim *Atelopus hoogmoedi* na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientador: Dr. Vítor de Carvalho Rocha
Coorientador: Prof. Dr. Selvino Neckel de Oliveira

Florianópolis
2024

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC. Dados inseridos pelo próprio autor.

Carvalho, Denise Ferreira de
Distribuição espacial do sapo-arlequim *Atelopus hoogmoedi* na Floresta Nacional de Carajá, Pará, Brasil / Denise Ferreira de Carvalho ; orientador, Vítor de Carvalho Rocha, coorientador, Selvino Neckel de Oliveira, 2024.

35 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. ocorrência. 3. abundância. 4. variáveis ambientais. 5. anfíbios. I. Rocha, Vítor de Carvalho. II. Oliveira, Selvino Neckel de . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Biológicas. IV. Título.

Denise Ferreira de Carvalho

Distribuição espacial do sapo-arlequim *Atelopus hoogmoedi* na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas e aprovado em sua forma final pelo Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 12 de dezembro de 2024

Profa. Dra. Daniela Cristina de Toni
Coordenadora do Curso

Banca examinadora

Dr. Vítor de Carvalho Rocha
Orientador

Prof. Dr. Selvino Neckel de Oliveira
Coorientador

Dra. Milena Wachlevski Machado
Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Dra. Caroline Batistim Oswald
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Prof. Dr. Paulo C. de Anchieta Garcia
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a minha família, meu pai Luiz, minha mãe Cleonice, meus irmãos William e Denis e minhas irmãs Lindalva e Daniela, o apoio de vocês durante todos esses anos foi de extrema importância para que eu conseguisse chegar até aqui. Obrigada por tudo!

Aos meus amigos Gustavo, Mário, Gabriel, Alice, Aline, Elô, Júlia, Rodrigo, Maira, Sérgio, que estiveram presentes antes e durante a minha graduação, nos altos e baixos sempre apoiando e celebrando cada conquista juntos!

Obrigada também aos meus colegas/amigos de LEAR que estiveram presentes comigo em campo, nas longas jornadas de estudo no laboratório, nas risadas e conversas durante as pausas, e nos bares e churrascos que fazíamos sempre que possível. Esse ano foi corrido e de muitos desafios, mas vocês não se negaram em me ajudar, então obrigada a todos vocês: Beatriz, Pedro, Gui, Anderson, Kauan, Satya, João, Lis, Luiz, Dani, Leonardo e Vanessa. Agradeço também ao meu colega de estágio Leo Wollf, e ao meu “chefe” no Hotel Plaza Guilherme Willrich por terem a paciência de tentar me ensinar sobre as aves que ocorrem na região.

Por último, agradeço ao meu orientador Vítor que foi um orientador que esteve presente em todo o processo do TCC, me explicando cada detalhe de cada etapa, e portanto foi fundamental para a construção do trabalho. Obrigada também ao professor Selvino, meu coorientador, que confiou na minha capacidade permitindo que eu me desenvolvesse dentro do Laboratório de Ecologia de Anfíbios e Répteis (LEAR).

RESUMO

O estudo sobre os padrões de distribuição e abundância das espécies é um dos focos centrais da ecologia de populações, sendo moldado por processos históricos, evolutivos e biogeográficos. Esses padrões também são influenciados por variáveis bióticas, como competição e predação, e abióticas, como precipitação e temperatura. Tais fatores contribuem para que as espécies apresentem distribuições que podem ser amplas ou restritas, dependendo de suas exigências ecológicas. Além disso, a distribuição geográfica das espécies pode ser afetada por mudanças climáticas sazonais, resultando em variações temporais, como as mudanças nas estações (seca para chuvosa). Os anfíbios, em particular, são especialmente sensíveis às variáveis abióticas devido às suas características fisiológicas, como a pele permeável e reprodução dependente de ambientes aquáticos ou de umidade adequadas. Este trabalho teve como objetivo compreender a distribuição espacial e os fatores que influenciam a abundância de *Atelopus hoogmoedi* bem como sua variação temporal na Floresta Nacional de Carajás, localizada no estado do Pará. Para isso, foram coletados dados em nove campanhas realizadas entre 2015 e 2023, com a instalação de 54 parcelas, sendo 30 em ambientes terrestres e 24 em riachos. A amostragem foi realizada nos períodos diurno e noturno, utilizando o método de busca ativa, com registros visuais e auditivos e também coleta de dados de variáveis ambientais no local de amostragem. Além disso, variáveis a nível de paisagem também foram extraídas de banco de dados online como Chelsa Climate e GEDI. Dessa forma, foi possível realizar uma análise com as variáveis locais e também a nível de paisagem utilizando as informações de presença da espécie. As análises revelaram que a espécie ocorre preferencialmente em margens de riachos de primeira e segunda ordem, sendo rara em áreas terrestres e não encontrada em riachos de terceira ordem. Variáveis como temperatura média anual do ar (nível de paisagem), temperatura do ar (local) e pH (local) demonstraram relação com a ocorrência e abundância da espécie, aumentando a probabilidade de detecção de indivíduos à medida que a temperatura aumenta e em riachos com pH menos ácidos (6-8). Já a sazonalidade da precipitação e a altura da vegetação não apresentaram influência significativa. Esses resultados são importantes para a compreensão das variáveis que afetam a distribuição de *Atelopus hoogmoedi* assim como quais ambientes a espécie prefere.

Palavras-chave: ocorrência; abundância; variáveis ambientais; anfíbios.

ABSTRACT

The study of species distribution and abundance patterns is one of the central focuses of population ecology, shaped by historical, evolutionary, and biogeographical processes. These patterns are also influenced by biotic variables, such as competition and predation, and abiotic variables, such as precipitation and temperature. These factors contribute to species exhibiting distributions that can be either broad or restricted, depending on their ecological requirements. Additionally, the geographical distribution of species can be affected by seasonal climatic changes, resulting in temporal variations, such as shifts between dry and wet seasons. Amphibians, in particular, are especially sensitive to abiotic variables due to their physiological characteristics, such as permeable skin and reproduction dependent on aquatic or adequately humid environments. This study aimed to understand the spatial distribution and the factors influencing the abundance of *Atelopus hoogmoedi*, as well as its temporal variation in the Carajás National Forest, located in the state of Pará, Brazil. To achieve this, data were collected during nine campaigns conducted between 2015 and 2023, with the installation of 54 plots, 30 in terrestrial environments and 24 in streams. Sampling was carried out during both day and night periods using the active search method, including visual and auditory records, along with the collection of environmental variable data at the sampling sites. Additionally, landscape-level variables were extracted from online databases such as Chelsa Climate and GEDI. This approach enabled the analysis of local and landscape-level variables using the species presence data. The analyses revealed that the species preferentially occurs along the margins of first- and second-order streams, being rare in terrestrial areas and absent in third-order streams. Variables such as annual mean air temperature (landscape level), air temperature (local level), and pH (local level) were found to be associated with the species' occurrence and abundance, increasing the likelihood of detecting individuals as temperature rises and in streams with less acidic pH (6-8). Conversely, precipitation seasonality and vegetation height did not show significant influence. These findings are important for understanding the variables that affect the distribution of *Atelopus hoogmoedi*, as well as identifying the environments preferred by the species.

Keywords: occurrence; abundance; environmental variables; amphibians

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	8
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	11
2.1.	ÁREA DE ESTUDO.....	11
2.2.	ESPÉCIE ALVO.....	12
2.3.	COLETA DE DADOS.....	12
2.4.	ANÁLISE DOS DADOS.....	14
3.	RESULTADOS.....	18
3.1.	GERAIS.....	18
3.2.	ANÁLISE DE OCORRÊNCIA E ABUNDÂNCIA A NÍVEL DE PAISAGEM.....	22
3.3.	ANÁLISE DE OCORRÊNCIA E ABUNDÂNCIA A NÍVEL LOCAL.....	25
4.	DISCUSSÃO.....	27
5.	CONCLUSÃO.....	29
	REFERÊNCIAS.....	30

1. INTRODUÇÃO

Os padrões de distribuição e abundância das espécies têm sido foco central dos estudos de ecologia de populações (Ricklefs e Relyea, 2021). Evidências apontam que, para vários organismos, seu padrão atual de distribuição pode ter sido moldado por fatores históricos, evolutivos, e ou processos biogeográficos (Rosen e Croizat, 1974). Processos como a dinâmica das barreiras geográficas podem ajudar na compreensão de como as espécies se organizaram no espaço e no tempo (Nelson e Platnick, 1981). Essa distribuição pode ser consequência de, por exemplo, processos vicariantes (Xavier *et.al.*, 2015). Entretanto, sabemos que os organismos não estão distribuídos de maneira uniforme pelo planeta (Wallace, 1876; MacArthur e Wilson, 1967).

De forma geral, as espécies podem apresentar ampla distribuição geográfica, como é o caso da onça-pintada (*Panthera onca* Linnaeus, 1758), que ocorre em todos os biomas brasileiros (Jędrzejewski *et al.*, 2018). Em contrapartida, também podemos encontrar espécies que possuem uma distribuição mais restrita, vivendo em áreas relativamente pequenas (Rocha *et al.*, 2011), que é o caso do entufado-baiano (*Merulaxis stresemanni* Sick, 1980), uma espécie endêmica da Mata Atlântica (Damasceno, 2011). Mas, mesmo espécies com distribuição espacial restrita podem apresentar populações distribuídas de forma heterogênea ao longo da paisagem. Essa heterogeneidade muitas vezes está relacionada às exigências ecológicas das espécies, fazendo com que suas populações ocorram apenas em locais específicos (Duellman e Trueb, 1994). Um exemplo é a espécie mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia* Linnaeus, 1766), com populações geralmente associadas às áreas de floresta de baixadas (Ruiz-Miranda *et al.*, 2019).

Os padrões de distribuição das espécies também podem sofrer variações temporais. Tais mudanças podem ocorrer por processos naturais que ocorrem ao longo do ano, como as mudanças de estações (Ricklefs e Relyea, 2021). Essas mudanças naturais são capazes de regular a disponibilidade de recursos devido às flutuações de variáveis ambientais, tais como a precipitação e a temperatura (Ricklefs e Relyea, 2021), ou influenciar no metabolismo e nas respostas fisiológicas dos organismos (Aschoff, 1984). O regime de precipitação pode influenciar a distribuição e abundância dos organismos que acompanham o ciclo seco e úmido (Alho, 2008). Um exemplo são algumas espécies de aves do Pantanal, que alteram a sua distribuição influenciada pelo regime de chuvas responsável pela manutenção das áreas

alagadas, da qual elas dependem (Pinho *et al.*, 2017). Já a temperatura do ambiente também pode limitar a distribuição dos organismos, bem como modular os padrões de atividade reprodutiva das espécies, como ocorre com algumas espécies que migram seguindo as mudanças naturais de temperatura que ocorrem ao longo do ano entre os hemisférios (Harrington *et al.*, 1986).

A distribuição e abundância das espécies também podem ser influenciadas pelos fatores bióticos como predação e competição (Soberón, 2007). A predação é capaz de limitar a abundância de populações e influenciar na distribuição espacial, causando uma flutuação no número de indivíduos em ciclos regulares (Ricklefs e Relyea, 2021). Sendo assim, os fatores bióticos podem contribuir para a estruturação de comunidades influenciando na variação temporal de ocorrência das espécies e abundância de indivíduos (Bertoluci e Rodrigues, 2002). Desse modo, existem condições que constituem um conjunto de tolerâncias e necessidades para cada espécie que limitam a sua distribuição e abundância (Ricklefs e Relyea, 2021). Portanto, para que uma espécie ocorra num determinado local é necessário que as variáveis ambientais, incluindo fatores bióticos e abióticos, sejam favoráveis e assim ela possa se estabelecer, sobreviver e reproduzir (Soberón, 2007).

Entender os padrões de distribuição e abundância das espécies e os processos por trás dos mesmos pode nos auxiliar a entender melhor o uso do habitat, bem como mensurar possíveis riscos aos quais podem estar sujeitas, possibilitando determinar regiões prioritárias para sua conservação e na criação de planos de ação mais eficientes. (Guisan *et al.*, 2013). Esse aspecto é particularmente relevante para os anfíbios, grupo de vertebrados com maior número de espécies com algum grau de ameaça de extinção (Luedtke *et al.*, 2023). Anfíbios anuros tendem a apresentar padrões de distribuição e atividade reprodutiva fortemente associados às variações dos fatores abióticos (Ferrante *et al.*, 2023). Tal associação pode ser explicada por suas características fisiológicas, presença de pele permeável e seus hábitos reprodutivos, e em temperaturas mais quentes, por exemplo, é frequentemente observado o pico reprodutivo para a maioria das espécies (Duellman e Trueb, 1994).

Dentre os anfíbios anuros, o gênero *Atelopus* é um dos mais ameaçados, com várias espécies sofrendo processos de extinções e declínios populacionais ao longo dos últimos anos (Libras *et al.*, 2006). Na Amazônia brasileira ocorrem quatro espécies de *Atelopus*: *Atelopus flavescens* Duméril e Bibron, 1841, *Atelopus franciscus* Lescure, 1974, *Atelopus manauensis* Jorge, Ferrão e Lima, 2020, e *Atelopus hoogmoedi* Lescure, 1974 (Segalla *et al.*, 2021). *A. flavescens* e *A. franciscus* possuem distribuição restrita à calha norte do rio Amazonas,

estando associadas às áreas próximas a riachos, e estão categorizadas como pouco preocupantes quanto ao grau de ameaça (IUCN, 2024). Já *A. manauensis* é endêmica do Brasil, apresentando a menor distribuição geográfica das espécies brasileiras, sendo encontrada nas proximidades da cidade de Manaus (Jorge *et.al.*, 2020). Dentre as espécies de *Atelopus* que ocorrem no Brasil, é a única considerada ameaçada, sendo classificada como Em Perigo (IUCN, 2024). Por fim, *A. hoogmoedi* (Figura 1) é a espécie, que também ocorre no Brasil, que possui a maior distribuição geográfica, ocorrendo nos estados do Amazonas, Amapá e Pará, bem como na Guiana, Guiana Francesa e Suriname (Figura 2). É classificada com grau de ameaça menos preocupante (IUCN, 2024), e sua distribuição atual é disjunta, apresentando populações ocorrendo na calha norte do rio Amazonas (Suriname, Guiana, Guiana Francesa, norte do Amazona e Amapá), e na calha sul do rio, principalmente na região sul do Pará e Amazonas (Silva *et al.*, 2020).



Figura 1: *Atelopus hoogmoedi* registrado na FLONA de Carajás apresentando manchas dorsolaterais de cor amarela. Foto: Vítor de Carvalho Rocha.

Embora considerada de ampla distribuição geográfica, ainda pouco conhecemos sobre os padrões de distribuição e abundância de *A. hoogmoedi*. No estado do Amapá, por exemplo, a espécie não foi encontrada em floresta aberta ou áreas com alta sazonalidade climática (Sanches, 2022). Entre os fatores locais conhecidos por influenciar positivamente a

abundância de *A. hoogmoedi* está o pH menos ácido, assim como para *A. manauensis* (Jorge *et al.*, 2020), e altitudes superiores a 100 metros (Sanches, 2022). Também já fora identificado que os machos de *A. hoogmoedi* ocupam permanentemente as margens de riachos ao longo do ano, enquanto que as fêmeas ocupam o interior da floresta, migrando para os riachos apenas no período reprodutivo (Luger *et al.*, 2009). Tais dados sugerem que a altitude, tipo de vegetação e precipitação são os principais fatores limitantes para a ocorrência de *A. hoogmoedi* (Sanches, 2022). Porém, toda essa informação é proveniente de populações que habitam a calha norte do Amazonas. Uma vez que as populações da calha sul do rio Amazonas apresentam diferenças genéticas expressivas quando comparadas com aquelas da calha norte (Silva *et al.*, 2020), é possível que estas populações possam também apresentar diferenças no padrão de uso de ambiente e de suas exigências ecológicas.

O presente trabalho propõe então avaliar os padrões de distribuição espacial e temporal de populações de *A. hoogmoedi* que ocorrem ao sul do rio Amazonas, e identificar possíveis fatores associados à sua ocorrência e variação de abundância. Especificamente buscou-se avaliar (I) Quais ambientes os indivíduos de *A. hoogmoedi* ocorre preferencialmente; (II) Como a ocorrência de indivíduos nas áreas estudadas varia ao longo dos anos; e (III) Como a ocorrência e abundância de indivíduos nas áreas estudadas varia espacialmente e temporalmente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho foi desenvolvido na Floresta Nacional de Carajás (FLONA Carajás), localizada na região sudeste do estado do Pará (Figura 2). Os pontos de maior elevação, conhecido como canga, possuem vegetação herbácea e arbustiva de aparência xerofílica crescendo sobre formação geológica rica em minério de ferro (Andrino *et al.*, 2020). As áreas de canga são cercadas por encostas e vales com predominância de floresta ombrófila densa montana e submontana que corresponde a 95% da fitofisionomia da FLONA de Carajás (ICMBio, 2016). A estação seca ocorre entre maio e outubro, com precipitação média inferior a 60 mm nos meses mais secos, enquanto a estação chuvosa se estende de novembro a abril. As temperaturas médias anuais variam entre 21°C e 22°C (Martins *et al.*, 2012).

2.2 ESPÉCIE ALVO

Atelopus hoogmoedi pertence à família Bufonidae, e até o ano de 2005 era considerada como uma subespécie: *Atelopus pulcher hoogmoedi* (Lescure, 1974) ou *Atelopus spumarius hoogmoedi* (Lescure e Marty 2000), sendo elevada à categoria de espécie (Lötters *et al.*, 2005). A espécie possui atividade diurna, com os machos sendo encontrados geralmente sob a serapilheira, iniciando a vocalização por volta das 07:00 cessando por volta das 15:00 (Costa-Campos e Carvalho, 2018). Assim como grande parte das espécies do gênero, os girinos de *A. hoogmoedi* se desenvolvem em substratos arenosos ou aderidos a rochas dos riachos (Karraker *et al.*, 2006). Os machos de *A. hoogmoedi* são considerados territorialistas e podem ser encontrados ocupando áreas de florestas densas às margens de riachos (Luger *et al.*, 2009). Em um estudo realizado no Suriname durante a estação chuvosa, foi observado que a maioria dos machos podiam ser encontrados empoleirados durante o dia e a noite, em alturas variando de zero a 1,73 metros acima do solo. Enquanto as fêmeas, por sua vez, parecem preferir ocupar áreas mais no interior da floresta (Luger *et al.*, 2009). O período reprodutivo de *A. hoogmoedi* é apontado como sendo durante a estação seca, uma vez que foram observadas fêmeas migrando para as margens dos riachos, onde os machos se encontravam (Luger *et al.*, 2009). Contrapondo o observado por Luger *et al.* (2009) no Suriname e Nicolai *et al.* (2017) na Guiana, o estudo realizado por Sanches (2022) indicou que o período reprodutivo das populações de *A. hoogmoedi* encontradas no estado do Amapá ocorre nos períodos de maior precipitação, uma vez que foi onde os machos foram observados em intensa atividade de vocalização.

2.3 COLETA DE DADOS

Os dados de abundância de *Atelopus hoogmoedi* foram coletados em 54 parcelas, distribuídas ao longo de um gradiente altitudinal, variando de 273 até 743 metros. As parcelas foram distribuídas no interior da floresta, das quais 24 foram alocadas ao longo das margens de riachos (parcelas de riacho), e 30 a uma distância mínima de 250 m do riacho mais próximo (parcelas terrestres). Cada parcela possui 250 metros de comprimento por 10 metros de largura, e foram alocadas a uma distância mínima de 500 metros entre si (Figura 2).

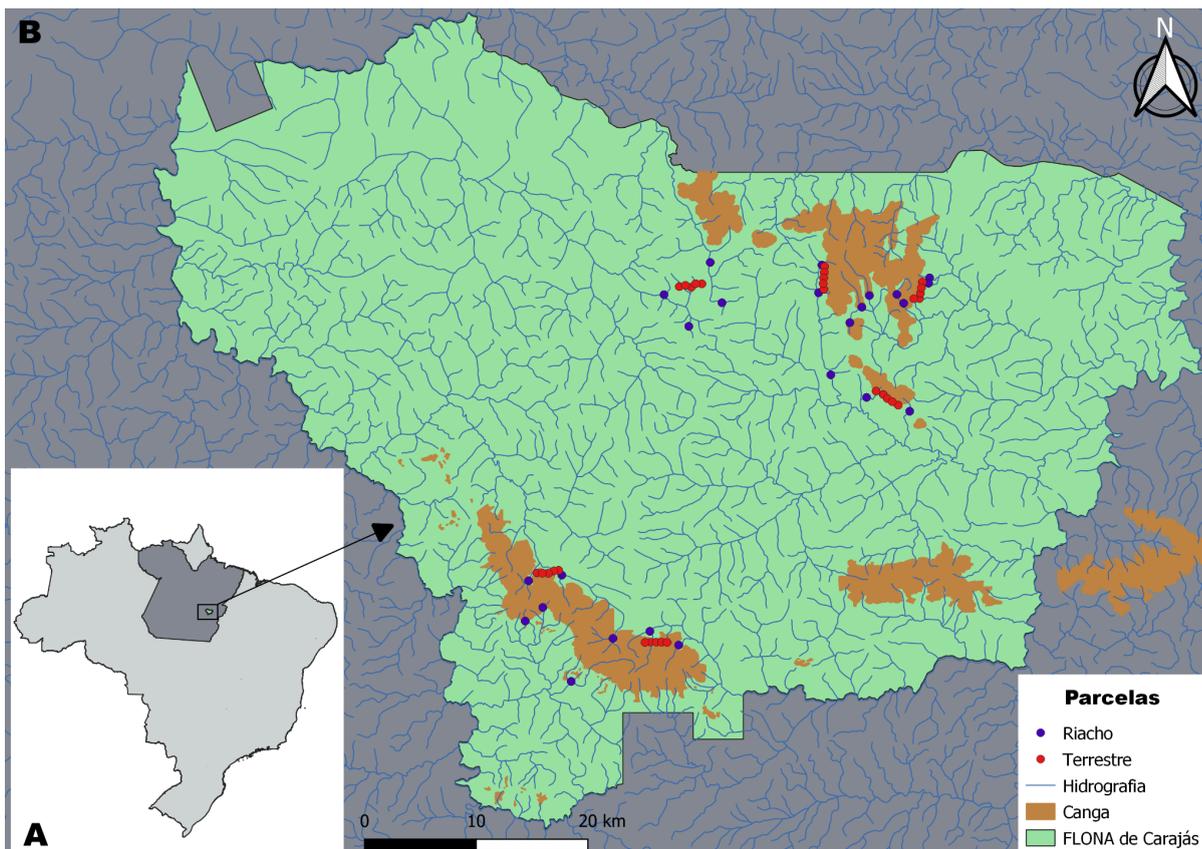


Figura 2: Localização geográfica da Floresta Nacional de Carajás (A) com a distribuição das 54 parcelas (B). Em verde a área que compreende a FLONA de Carajás, que possui mais de 95% de área com floresta ombrófila. Em marrom as áreas de canga com vegetação herbácea-arbustiva e maior elevação da FLONA. As parcelas de riacho estão na cor azul e as parcelas terrestres na cor vermelha.

As amostragens foram realizadas em campanhas anuais por nove anos, entre 2015 e 2023, sempre durante a estação chuvosa que corresponde aos meses de novembro a abril (Martins et al. 2012). Porém, nem todas as 54 parcelas foram amostradas todos os anos. Entre os anos de 2015 a 2019 todas as 54 parcelas foram amostradas. A partir de 2020, apenas as 24 parcelas alocadas às margens dos riachos puderam ser amostradas. Para localizar os indivíduos de *A. hoogmoedi*, cada parcela foi amostrada em cada ano tanto no período diurno (16h e 18:30h), quanto no período noturno (entre 19:15h e 22h), utilizando-se do método de busca ativa visual e registros auditivos (Crump e Scott, 1994).

Adicionalmente, foram coletadas informações acerca das características físico químicas das parcelas alocadas nos riachos. Sendo elas: pH, temperatura do riacho,

sazonalidade da precipitação, precipitação do mês de amostragem, precipitação do dia da amostragem, temperatura média anual, temperatura do ar, umidade do ar e altitude da parcela. Quando alguma das variáveis não foi possível de ser medida em determinada amostragem, o seu valor foi considerado como o valor médio dos anos anteriores à medida faltante.

Além das variáveis a nível local, também foram coletadas informações ambientais a nível de paisagem para cada uma das 54 parcelas. Primeiramente foram extraídas 19 variáveis bioclimáticas do banco de dados Chelsa Climate (resolução espacial de 1km; Karger *et al.*, 2017), sendo elas: temperatura média anual (bio01), amplitude média diária (bio02), isothermalidade (bio03), sazonalidade da temperatura (bio04), temperatura máxima do mês mais quente (bio05), temperatura mínima do mês mais frio (bio06), amplitude anual de temperatura (bio07), temperatura média do trimestre mais chuvoso (bio08), temperatura média do trimestre mais seco (bio09), temperatura média do trimestre mais quente (bio10), temperatura média do trimestre mais frio (bio11), precipitação anual (bio12), precipitação do mês mais chuvoso (bio13), precipitação do mês mais seco (bio14), sazonalidade da precipitação (coeficiente de variação; bio15), precipitação do trimestre mais chuvoso (bio16), precipitação do trimestre mais seco (bio17), precipitação do trimestre mais quente (bio18) e precipitação do trimestre mais frio (bio19). Também foram extraídas informações de 11 características do solo de cada parcela. Para isso foi utilizada a base de dados SoilGrids (resolução espacial de 250 metros), sendo elas: densidade aparente da fração de terra fina (bdod), capacidade de troca catiônica do solo (cec), fração volumétrica de fragmentos grosseiros (> 2mm; cfvo), proporção de partículas de argila (<0,002 mm) na fração da terra fina (clay), total de nitrogênio (nitrogen), pH do solo (phh2o), proporção de partículas de areia (>0,05/0,063 mm) na fração de terra fina (sand), proporção de partículas de silte (> 0,002 mm e <0,05/0,063 mm) na fração de terra fina (silt), conteúdo de carbono orgânico do solo na fração de terra fina (soc), densidade de carbono orgânico (ocd) e estoque de carbono orgânico (ocs) (Poggio *et al.*, 2021). Por fim, também foram utilizados dados de altura da cobertura vegetal (vh) para cada parcela. A informação de altura da vegetação foi extraída do banco de dados Global Ecosystem Dynamics Investigation (GEDI), que possui dados de medição das florestas e topografia mundial, gerados a partir da Estação Espacial Internacional (ISS), com resolução espacial de 30 metros (Potapov *et al.*, 2021).

2.4 ANÁLISE DOS DADOS

Primeiramente foi analisada a preferência do tipo de ambiente utilizado pelo *Atelopus hoogmoedi*. Para isso foi utilizado o somatório das abundâncias observadas ao longo dos anos em que cada parcela foi amostrada. Utilizamos então o teste de Wilcoxon para avaliar possíveis diferenças entre os valores de abundância observados entre os ambientes na beira de riachos e os terrestres. Como *A. hoogmoedi* foi mais abundante em determinado ambiente, as demais análises foram realizadas considerando apenas aquele ambiente com maior número de registros. Especificamente para as parcelas em riachos, também avaliamos possíveis diferenças em relação à ordem dos riachos amostrados, uma vez que as parcelas foram alocadas em riachos de primeira (13 parcelas), segunda (oito parcelas) e terceira ordem (três parcelas). Similarmente ao que foi realizado para os tipos de ambiente também aplicou-se o teste de Wilcoxon para as ordens dos riachos. Em seguida, avaliou-se como a abundância de *A. hoogmoedi* variou ao longo dos anos amostrados. Para isso foram considerados os valores de abundância observados em cada parcela em cada ano amostrado. Utilizou-se então um Modelo Aditivo Generalizado (GAM), uma vez que essa abordagem permite a identificação de relações não lineares entre as variáveis (Wood, 2010).

Por fim, foi avaliado como a ocorrência e a variação de abundância de *A. hoogmoedi* estaria associada às variações das características ambientais. Para isso usamos o somatório da abundância ao longo dos anos em todas as parcelas. Com a informação de presença da espécie foi possível então analisar se existe uma relação da ocorrência e abundância da espécie com as variáveis locais coletadas ao longo das nove campanhas e também com as variáveis a nível de paisagem que foram extraídas dos bancos de dados Chelsa Climate, GEDI e ISRIC. Para isso, utilizou-se também o modelo GAM. Todas as análises estatísticas foram realizadas no ambiente R, versão 4.4.2.

A escolha das variáveis para os modelos foi feita utilizando o Fator de Inflação de Variância (VIF), usando o método de VIFstep a cada etapa que uma variável é excluída a etapa seguinte recalcula o valor de VIF. Assim, foi possível excluir do modelo as variáveis independentes que estivessem com valores altos de multicolinearidade, quando o valor foi superior a cinco (Marquardt, 1970). Esse processo foi primeiramente aplicado para as variáveis locais e em seguida para variáveis de paisagem (Tabela 1; Figura 3). Em seguida verificamos as possíveis correlações através do coeficiente ρ de Spearman, e quando o valor de correlação foi igual ou maior que 0,70 as variáveis foram retiradas dos modelos (Tabela 2; Figura 4). Ao final do processo as variáveis locais pH, temperatura do ar e sazonalidade da precipitação foram selecionadas para o modelo. Para as análises a nível de paisagem, as

Figura 3: Valores de correlação das variáveis a nível local. As cores estão indicando os valores de correlação de Spearman, sendo os tons mais claros indicando baixa correlação, e os números dentro das células estão indicando o valores de ρ da correlação.

VIFstep (Variáveis de paisagem)							
Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3		Etapa 4	
Variáveis	VIF	Variáveis	VIF	Variáveis	VIF	Variáveis	VIF
bdod	1.215503	bdod	1.487974	bdod	1.180177	bdod	1.066.054
cec	2.051157	cec	2.476001	cec	1.563198	cec	1.234.453
clay	2.392635	clay	4.251940	clay	1.626000	ocs	1.486793
ocs	1.813039	nitrogen	8.286057	nitrogen	2.333274	phh2o	1.181019
phh2o	1.958015	ocs	5.106834	ocs	2.255724	salt	1.538151
salt	1.661371	phh2o	2.384846	phh2o	1.550424		
vh	1.672073	salt	2.027579	salt	1.612426		
bio15	2.441517	vh	1.774077				
pet_penman_mean	1.285052	bio01	4.229448				
		bio15	5.928289				

Tabela 2: Valores de multicolinearidade apresentando através do Fator de Inflação de Variância (VIFstep). Quanto mais próximo a 3 maior é a colinearidade daquela variável. A análise pelo VIF para as variáveis a nível de paisagem foi feita em quatro etapas, e em cada um das etapas foi realizada a combinação de variáveis para identificar quais apresentavam a menor colinearidade entre elas.

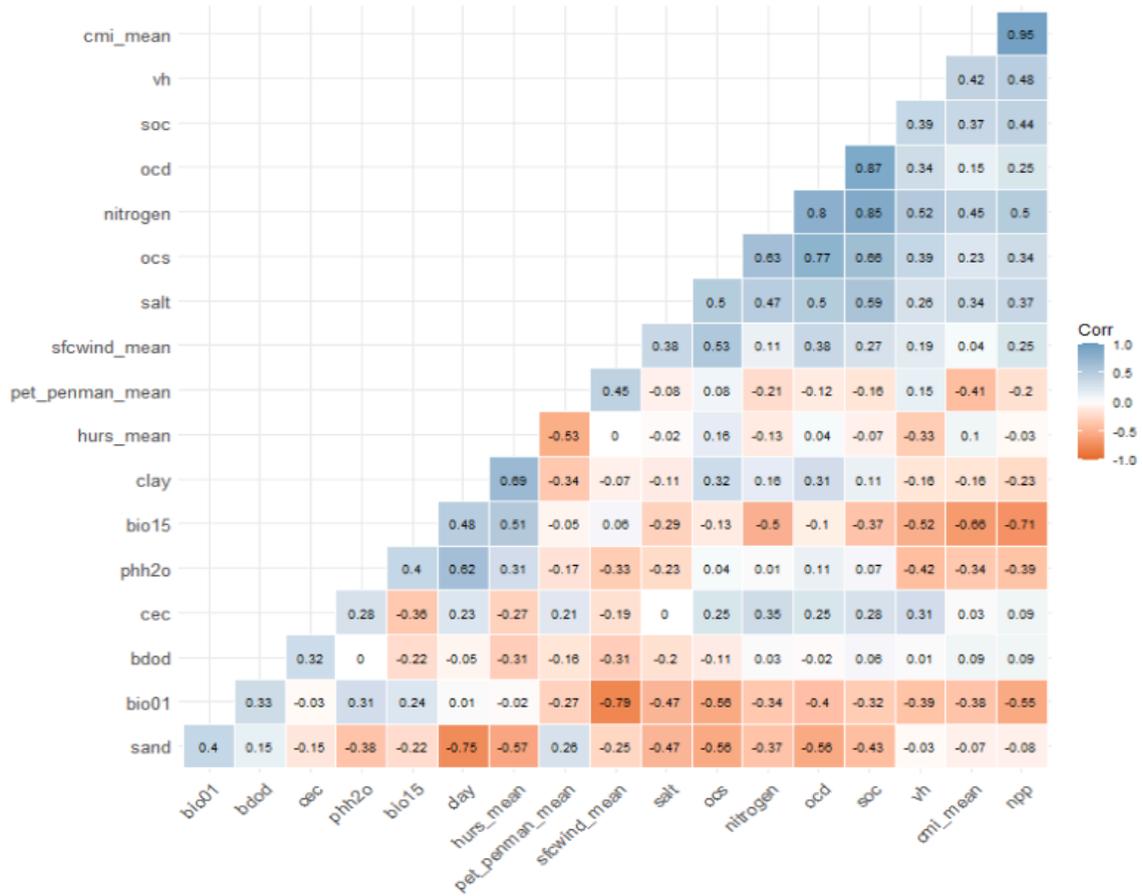


Figura 4: Valores de correlação das variáveis a nível de paisagem. As cores estão indicando os valores de correlação de Spearman, sendo os tons mais claros indicando baixa correlação, e os números dentro das células estão indicando o valores de ρ da correlação.

3. RESULTADOS

3.1 GERAIS

Nas nove campanhas foram registrados 74 indivíduos de *A. hoogmoedi* em onze das 54 parcelas amostrais, sendo 6 indivíduos nas parcelas terrestres e 68 indivíduos nas parcelas de riacho. Nas parcelas de riacho a abundância variou de zero a 19 indivíduos, enquanto que nas parcelas terrestres variou de zero a três indivíduos (Figura 5), indicando uma diferença significativa na abundância entre esses dois ambientes ($W = 452.5$, $p\text{-value} = 0.02283$). Por esse motivo, apenas as parcelas de riacho foram consideradas nas próximas análises e construção dos modelos.

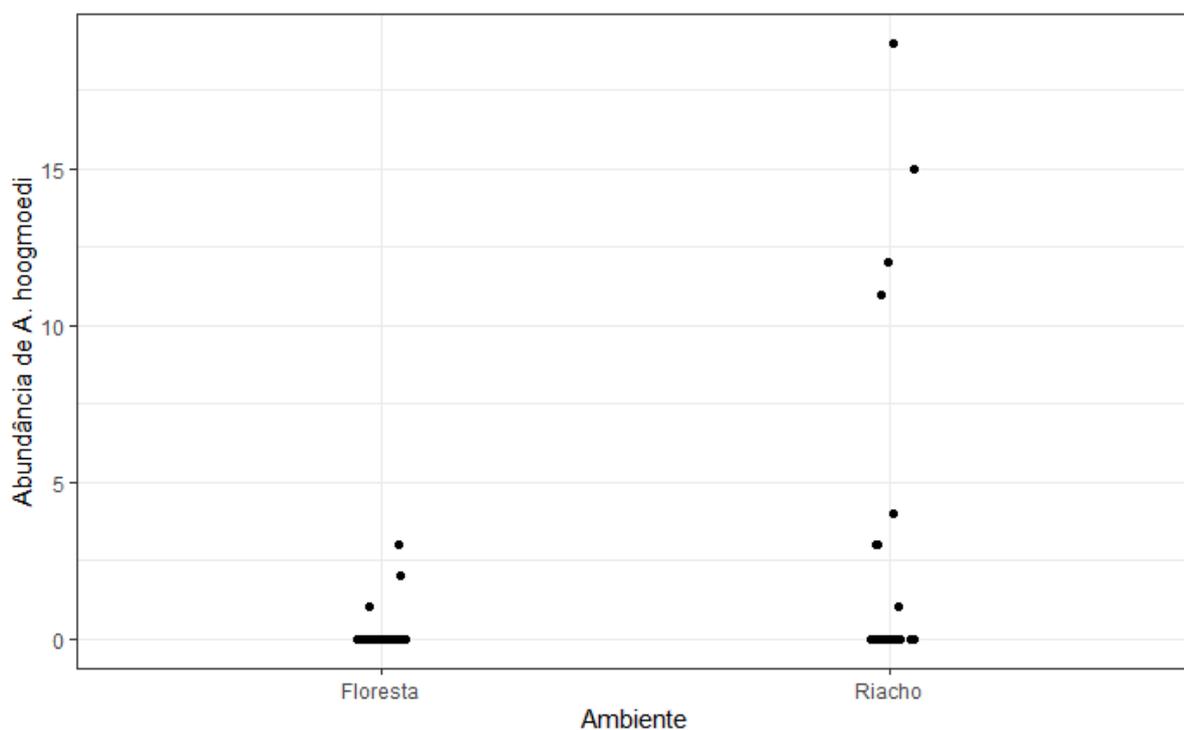


Figura 5: Abundância acumulada de *A. hoogmoedi* ao longo do período amostral nas parcelas as margens de riacho e terrestres, na Floresta Nacional de Carajás. As parcelas de riacho foram amostradas em nove ocasiões e as terrestres em cinco ocasiões.

Os riachos onde os indivíduos foram encontrados são de primeira e segunda ordem localizados dentro da floresta ombrófila (Figura 6). 34 indivíduos foram registrados nas parcelas de primeira ordem (13 parcelas), e 32 indivíduos foram registrados nas parcelas de segunda ordem (oito parcelas). O teste de Wilcoxon não apresentou diferença significativa entre eles ($W = 27$, $p\text{-value} = 0.6134$). Para os riachos de terceira ordem (três) não houve registros de indivíduos.

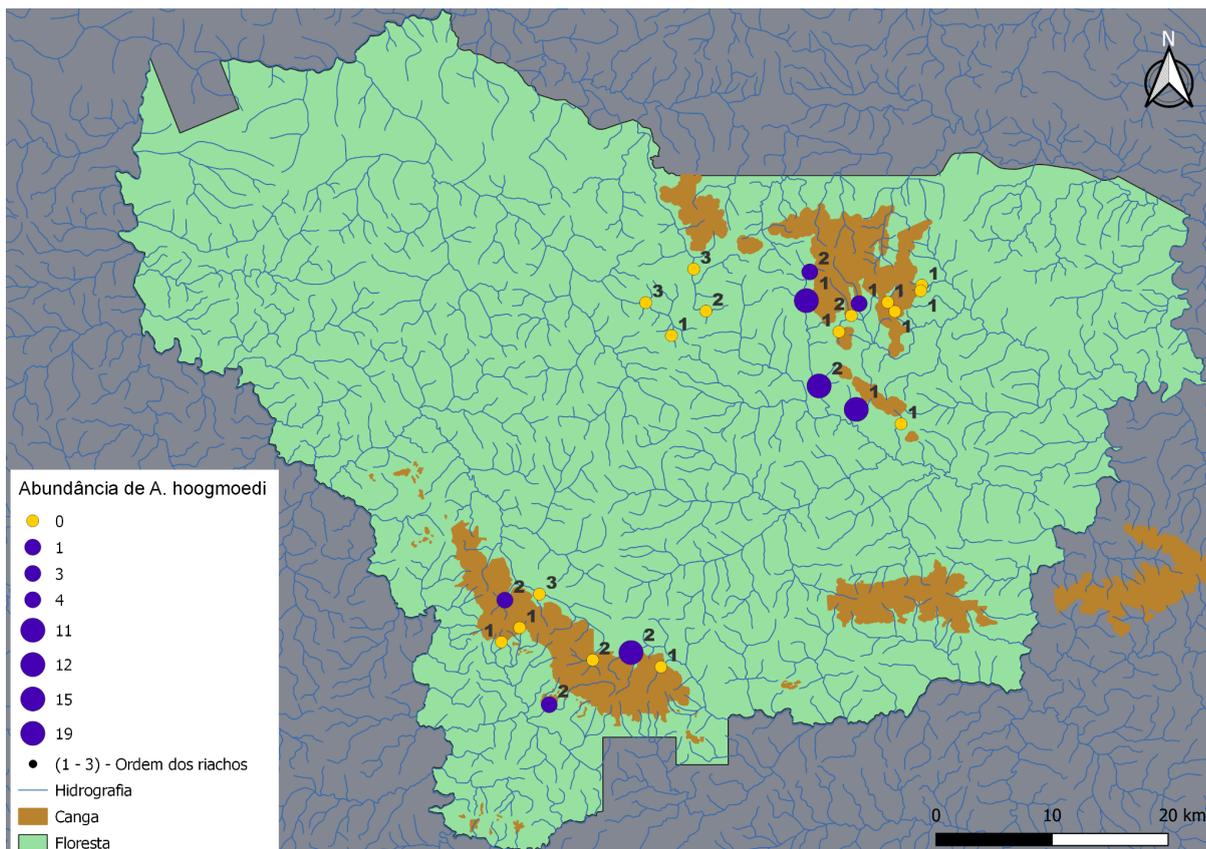


Figura 6: Distribuição espacial das 24 parcelas de riacho, com a abundância total registrada em cada uma das parcelas ao longo de todas as campanhas. As parcelas na cor amarela não tiveram registro de indivíduos. As parcelas na cor azul tiveram registro de indivíduos (1-19). O número indicado ao lado de cada parcela indica a ordem dos riachos.

As parcelas de riacho apresentaram uma abundância total de 68 indivíduos distribuídos ao longo de todos os anos de amostragem. Sendo o ano de 2016 com maior número de registros total (11) e o ano de 2020 com o menor número total (2), entre todas as parcelas (Figura 7). A parcela N802WA apresentou o maior número total de registros (19; Figura 8). Analisando a abundância por parcela e por ano, houve uma variação de parcelas com registro de indivíduos entre (2-4) e quantidade de indivíduos registrados por parcela por ano entre 1-5. (Figura 9).

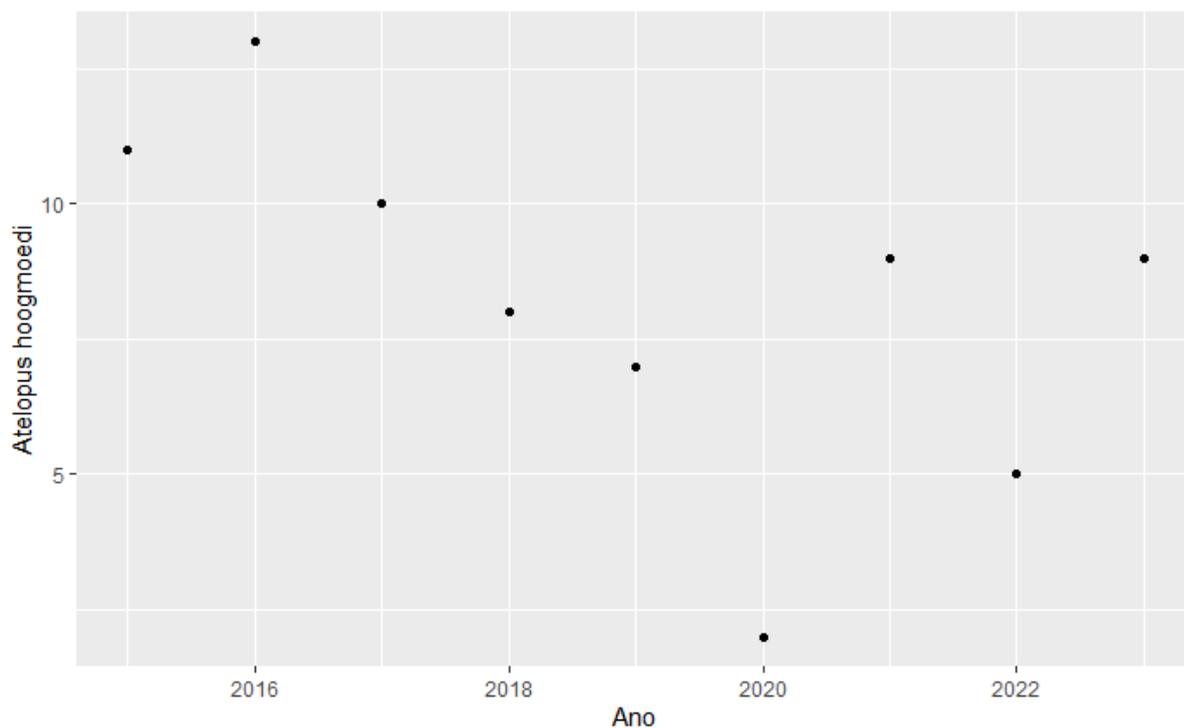


Figura 7: Abundância total de *A. hoogmoedi* por ano amostrado na FLONA de Carajás, com o ano de 2016 apresentando o maior valor total (16) e o ano de 2020 o menor valor total (2).

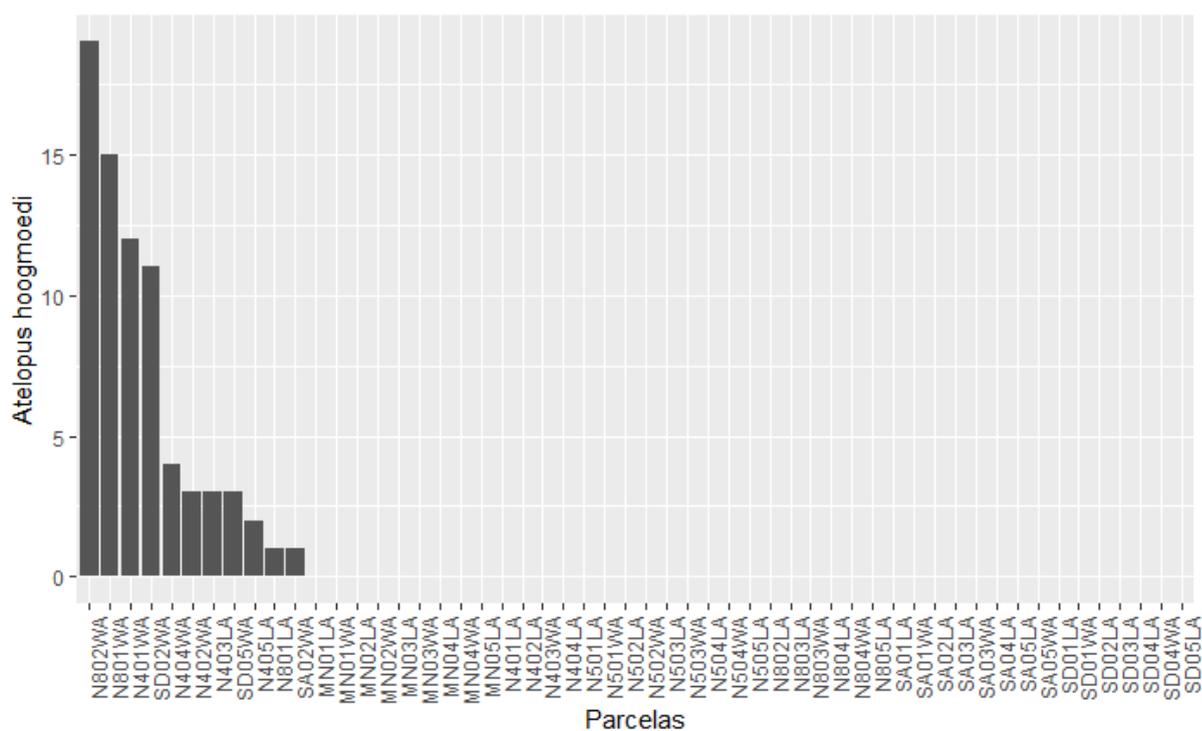


Figura 8: Abundância total de *A. hoogmoedi* por parcela em todos os anos de amostragem na FLONA de Carajás. A parcela N802WA apresentando o maior número total (19).

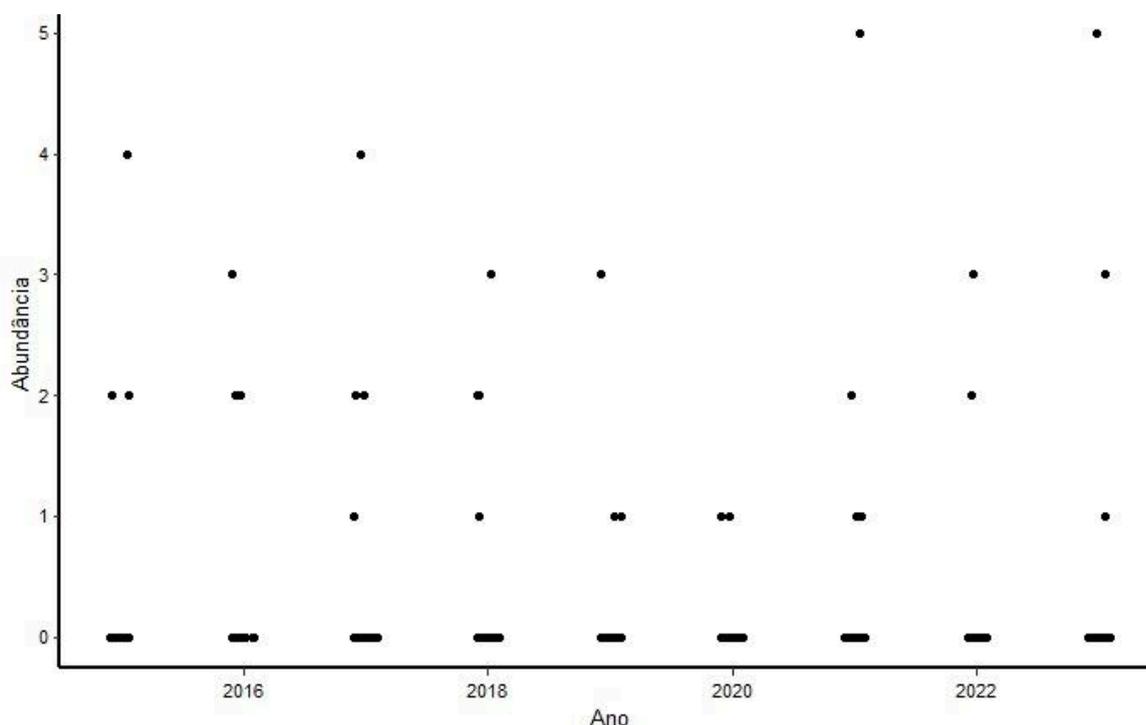


Figura 9: Abundância de *A. hoogmoedi* por parcela e em cada ano amostrado. Com uma variação de parcelas com registro de indivíduos entre 2-4 e quantidade de indivíduos registrado por parcela por ano variando entre 1-5 indivíduos.

3.2 ANÁLISE DE OCORRÊNCIA E ABUNDÂNCIA A NÍVEL DE PAISAGEM

Os primeiros modelos foram gerados com as variáveis a nível de paisagem bio01 (temperatura média anual do ar), bio15 (sazonalidade da precipitação) e vh (altura da cobertura vegetal), extraídos da plataforma Chelsa Climate e GEDI. Usamos os dados de presença de indivíduos, e os dados das variáveis foi a média registrada na estação chuvosa ao longo de todas as campanhas. O modelo gerado não apresentou nenhuma relação de ocorrência e abundância com as variáveis sazonalidade da precipitação (bio15) e altura da cobertura vegetal (vh) (Figura 10 e 11; Tabela 3 e 4). Entretanto, a variável temperatura média anual do ar (bio01) possui uma relação com a ocorrência e abundância da espécie (Figura 10 e 11; Tabela 3 e 4).

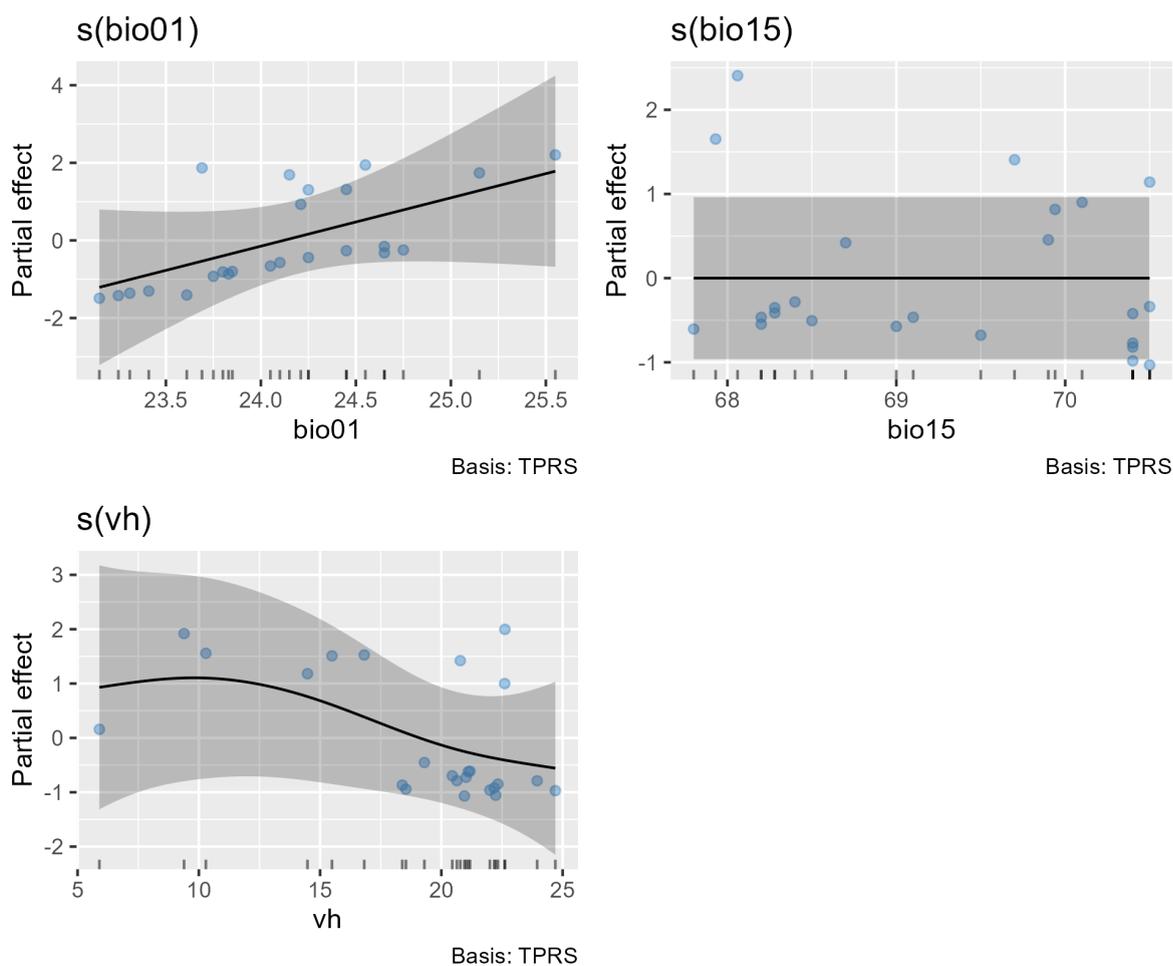


Figura 10 - Modelo de ocorrência de *A. hoogmoedi* para as variáveis bio01 (temperatura média anual do ar), bio15 (sazonalidade da precipitação) e vh (altura da cobertura vegetal). Indicando uma relação apenas com a variável bio01.

Termos paramétricos				
Intercepto	Estimado	Erro padrão	z	P
	-0.8119	0.4911	-1.653	0.0982
Termos de suavização				
	GLE	GLR	Chi-quadrado	p
(bio01)	7.388e-01	4	2.113	0.0798
(bio15)	9.069e-06	4	0.000	0.4932
(vh)	9.125e-01	4	1.846	0.1248

Tabela 3 – Resultados do modelo aditivo generalizado utilizado para avaliar a relação da ocorrência de *A. hoogmoedi* com as variáveis a nível de paisagem bio01, bio15 e vh. GLE: grau de liberdade efetivo; GLR: grau de liberdade referência.

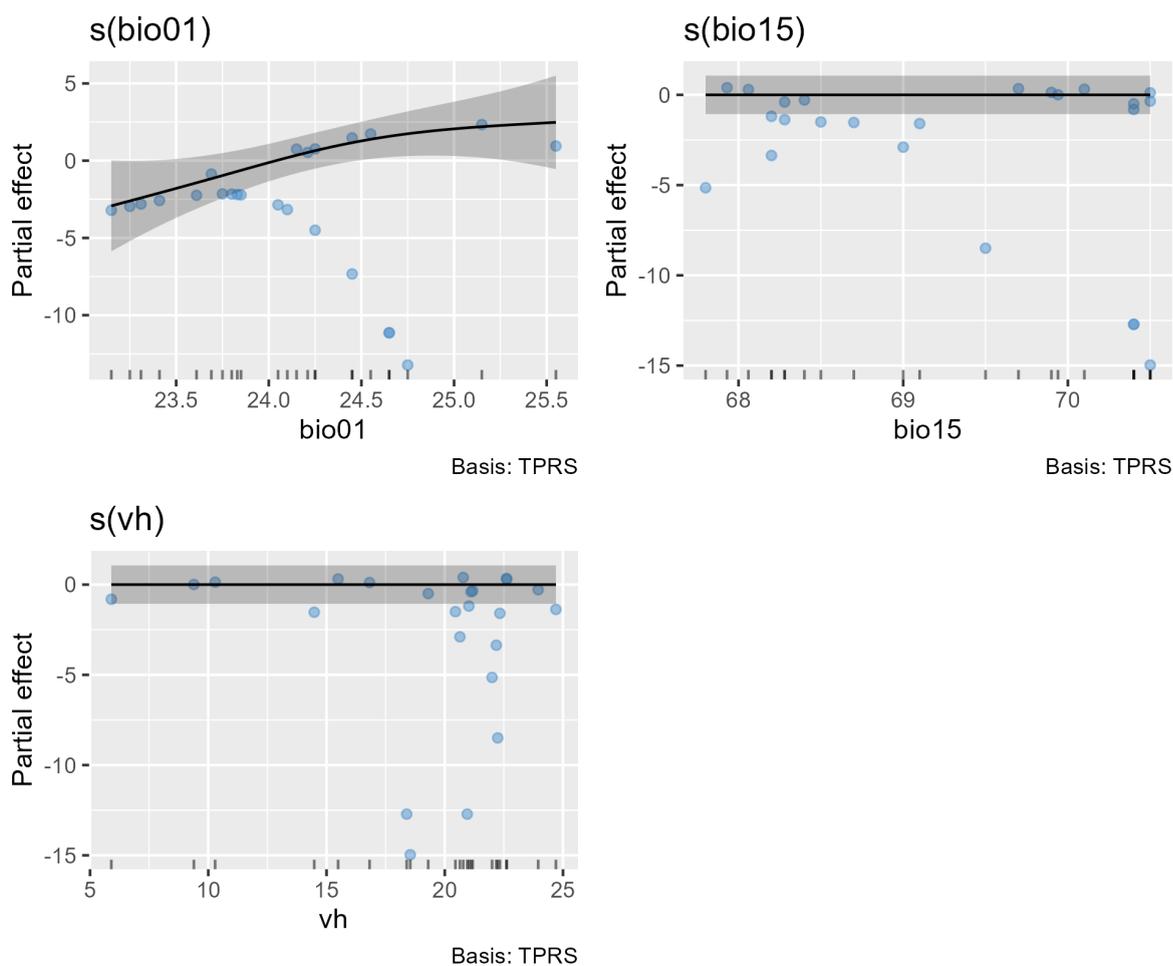


Figura 11 - Modelo de abundância de *A. hoogmoedi* para as variáveis bio01 (temperatura média anual do ar), bio15 (sazonalidade da precipitação) e vh (altura da cobertura vegetal). Indicando uma relação apenas com a variável bio01.

Termos paramétricos				
Intercepto	Estimado	Erro padrão	<i>z</i>	<i>P</i>
	0.1479	0.5428	0.272	0.785
Termos de suavização				
	GLE	GLR	Chi-quadrado	<i>p</i>
(bio01)	1.455e+00	4	7.676	0.00574
(bio15)	6.060e-06	4	0.000	0.94882
(vh)	2.793e-05	4	0.000	0.99335

Tabela 4 – Resultados do modelo aditivo generalizado utilizado para avaliar a relação da abundância de *A. hoogmoedi* com as variáveis a nível de paisagem bio01, bio15 e vh. GLE: grau de liberdade efetivo; GLR: grau de liberdade referência.

3.3 ANÁLISE DE OCORRÊNCIA E ABUNDÂNCIA A NÍVEL LOCAL

Para os modelos a nível local, foram usados os dados das variáveis coletadas diretamente nas parcelas durante as campanhas. Em ambos os modelos, analisando a ocorrência e abundância da espécie em relação a sazonalidade da precipitação (seasonal rainfall), não identificamos relação com essa variável. Para as variáveis temperatura do ar (air temperature) e pH os modelos indicaram relação com a ocorrência e abundância de *A. hoogmoedi* (Figura 12 e 13; Tabela 5 e 6).

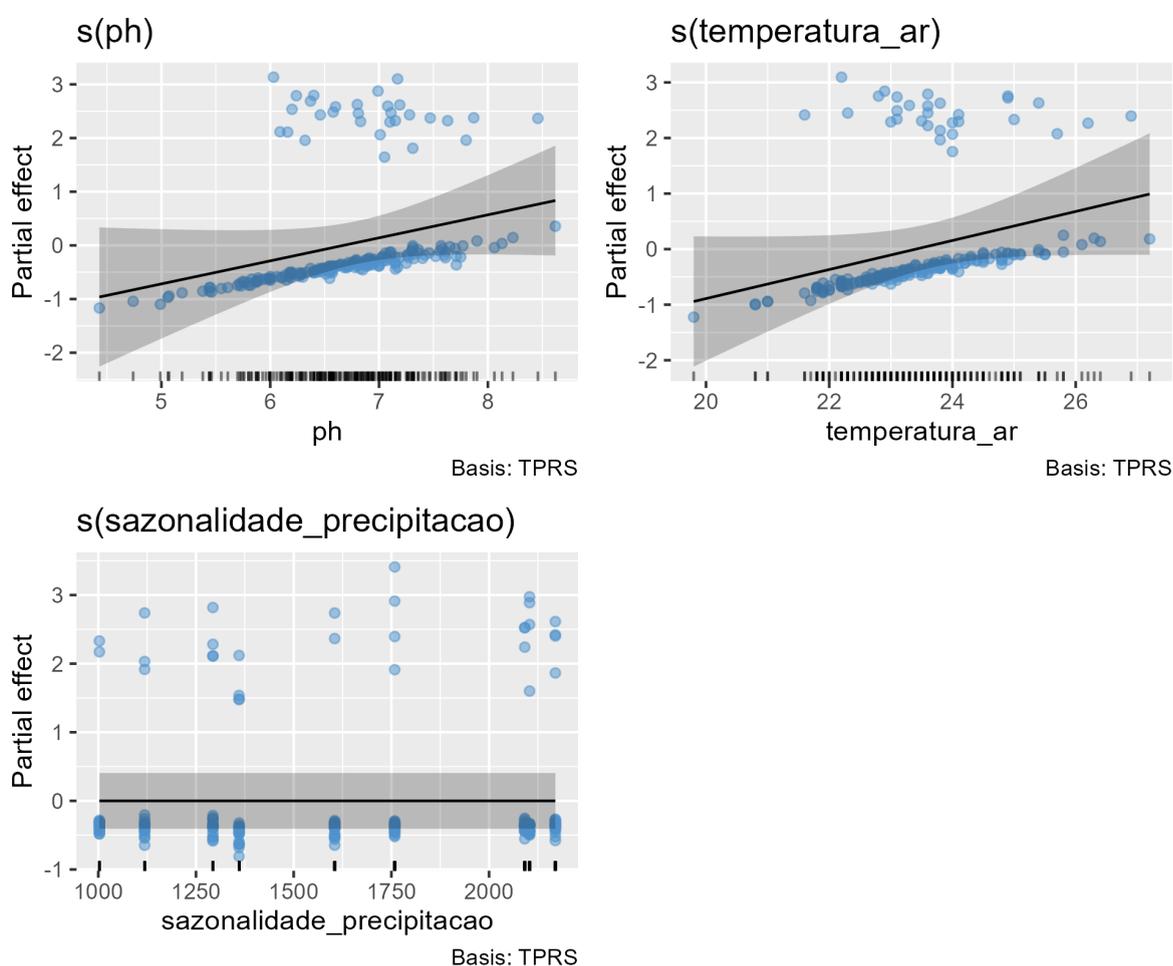


Figura 12: Modelos de ocorrência de *A. hoogmoedi* para as variáveis pH, temperatura do ar (air temperature) e precipitação anual (seasonal rainfall). Indicando uma relação com as variáveis pH e temperatura do ar.

Termos paramétricos				
Intercepto	Estimado	Erro padrão	z	P
	-1.862	0.207	-8.999	<2e-16
Termos de suavização				
	GLE	GLR	Chi-quadrado	ρ
(ph)	7.288e-01	4	2.623	0.0571
(air_temperature)	7.663e-01	4	3.199	0.0404
(anual_rainfall)	5.833e-05	4	0.000	0.8236

Tabela 5 – Resultados do modelo aditivo generalizado utilizado para avaliar a relação da ocorrência de *A. hoogmoedi* com as variáveis a nível local pH, temperatura do ar (air temperature) e sazonalidade da precipitação (seasonal rainfall). GLE: grau de liberdade efetivo; GLR: grau de liberdade referência.

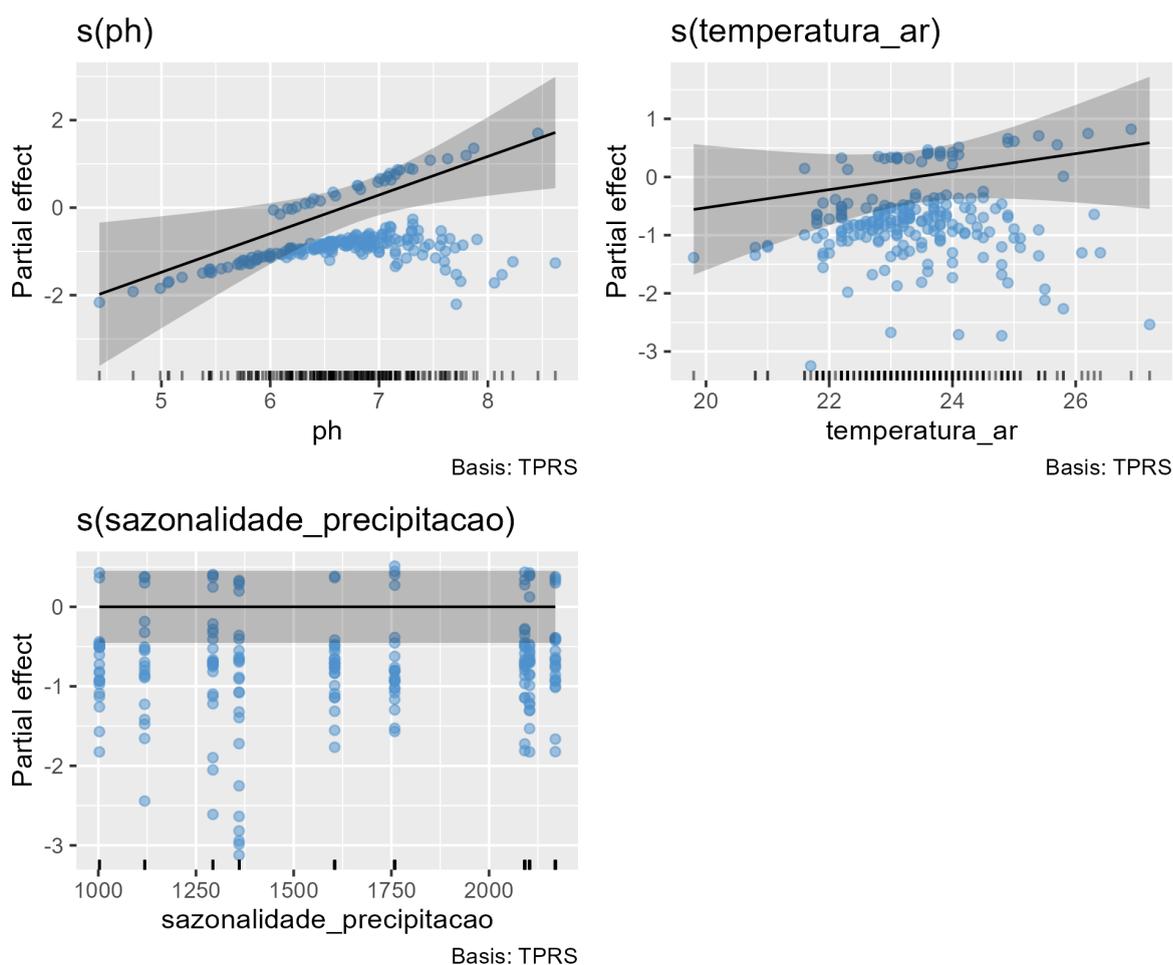


Figura 13: Modelos de abundância de *A. hoogmoedi* para as variáveis pH, temperatura do ar (air temperature) e sazonalidade da precipitação (seasonal rainfall). Indicando uma relação

com as variáveis pH e temperatura do ar.

Termos paramétricos				
Intercepto	Estimado	Erro padrão	z	P
	-1.3685	0.2311	-5.922	3.19e-09
Termos de suavização				
	GLE	GLR	Chi-quadrado	p
(ph)	8.842e-01	4	6.861	0.00522
(air_temperature)	5.600e-01	4	1.178	0.14662
(anual_rainfall)	1.932e-05	4	0.000	0.94486

Tabela 6 – Resultados do modelo aditivo generalizado utilizado para avaliar a relação da abundância de *A. hoogmoedi* com as variáveis a nível local ph, air temperatura e anual rainfall. GLE: grau de liberdade efetivo; GLR: grau de liberdade referência.

4. DISCUSSÃO

Em trabalhos desenvolvidos por Noonan e Gaucher (2005), que analisou o padrão de distribuição de *A. hoogmoedi*, foi indicado que a sua ocorrência é limitada a riachos de áreas de encostas e planícies de floresta ombrófila. Porém, já é conhecido que para a espécie *A. hoogmoedi* apenas os machos ocupam as áreas de riacho ao longo de todo ano (Sanches, 2022; Luger, 2009; Nicolai, 2017). As fêmeas podem ser encontradas em ambientes terrestres no interior da floresta a certa distância de riachos quando estão fora do período reprodutivo, e migram para as margens dos riachos durante a época de reprodução (Luger *et al.*, 2009). Neste trabalho observamos que seis indivíduos foram encontrados nas parcelas terrestres e 68 em riacho. Através do teste de Wilcoxon identificamos uma diferença significativa de abundância entre esses dois ambientes, indicando uma preferência da espécie pelo ambiente de riacho. Contudo os 6 indivíduos encontrados nas parcelas terrestres não foram sexados, por esse motivo não é possível inferir que eram fêmeas.

Os indivíduos foram registrados apenas em riachos de primeira ordem (34) e segunda ordem (32). e altas densidades em riachos de primeira ordem já foi identificado para a espécie *A. manauensis* (Jorge *et al.*, 2020). Em nosso trabalho, apenas três das 24 parcelas estavam em riachos de terceira ordem, mas nenhum indivíduo foi encontrado nessas três parcelas. No entanto, para populações de *A. hoogmoedi* no estado do Amapá as maiores densidades de indivíduos foram associados a riachos de terceira e quarta ordem, com maior vazão e

velocidade da água (Sanches, 2022). Para os machos, estar presente em margens de riacho durante todo o ano pode ser desvantajoso em caso de enchentes repentinas (Luger *et al.*, 2009). Entretanto, riachos de primeira e segunda ordem apresentam um volume de água e velocidade da correnteza menor (Faria, 2014), e na estação chuvosa, período em que a coleta de dados foi realizada, os indivíduos fazem uso de poleiros mais altos o que pode ser também uma proteção contra as enchentes repentinas (Luger *et al.*, 2009).

Na análise de abundância de *A. hoogmoedi* ao longo dos anos amostrados, não encontramos nenhuma variação temporal nas parcelas. Em florestas da Costa Rica, *Atelopus* sp (cf *varius*) parece se distribuir de forma agregada nas margens de riachos durante a estação seca, período reprodutivo, e ficar mais dispersos durante a estação chuvosa (Crump, 1986). Porém, em estudo realizado no Suriname com populações de *A. hoogmoedi*, foi observado que os machos apresentam fidelidade ao local com uma distribuição agrupada na estação chuvosa, que é fora do período reprodutivo (Luger *et. al.*, 2009).

Foi possível observar nas análises que variável bio01 (temperatura média anual do ar) e a variável temperatura do ar (air temperature), estiveram relacionadas com a ocorrência e abundância de indivíduos, à medida que a temperatura aumenta. O grupo *Atelopus* possui uma alta sensibilidade às temperaturas elevadas, mas as espécies do gênero que ocupam áreas amazônicas mais baixas passaram por um processo de adaptação a temperaturas altas (Noonan; Gaucher 2005). Essas adaptações foram impulsionadas pelos períodos glaciais que levaram a mudanças na distribuição partindo de terras mais altas em direção às terras mais baixas e áreas de planície. E isso seria possível devido a uma associação com uma constância na precipitação que favorece uma condição térmica ideal (Noonan e Gaucher, 2005), mas em nossos modelos *A. hoogmoedi* da FLONA de Carajás não apresentou associação com as variáveis de precipitação anual a nível de paisagem e local. Diferente do que foi observado por Sanches (2022) que identificou a precipitação como fatores limitantes para ocorrência de indivíduos da espécie no Amapá.

Esperávamos que nossos modelos indicassem uma influência com a variável altura da cobertura vegetal (vh). Uma vez que a vegetação oferece um microclima ideal principalmente para espécies de hábito diurno, proporcionando proteção às altas temperaturas do dia (Scheffers *et al.*, 2014). Essa cobertura também garante uma menor entrada de radiação solar que, em excesso, pode afetar o desenvolvimento dos indivíduos (Blaustein; Kiesecker, 2002), o que pode ser uma problema para espécies que utilizam esses ambientes para a oviposição. Mas os nossos resultados não indicaram essa relação. Acreditamos que variáveis de densidade

da vegetação possam ser uma opção de teste, ao invés de altura da cobertura vegetal, uma vez que para populações da calha norte do Rio Amazonas, a densidade da vegetação indicou uma relação com a ocorrência e abundância de indivíduos (Sanches, 2022; Ringler, 2022), o que também foi observado para a espécie *A. manauensis* que ocorre na área de Manaus (Jorge *et al.*, 2020).

Nos modelos gerados usando a variável pH a ocorrência e abundância da espécie esteve associada a pH menos ácido (6.3 - 8.46), o que foi identificado para populações estudadas por Sanches (2022) no estado do Amapá, onde a variável pH também indicou uma possível relação com a abundância da espécie onde as maiores densidades foram registradas em riachos menos ácidos (4.6 - 6.8). A relação com a variável pH também foi identificada por Jorge *et al.* (2020) para a espécie *Atelopus manauensis*. Grande parte das espécies do gênero se reproduz e deposita seus ovos em áreas de riacho onde os girinos se desenvolvem (Luger, 2009; Ringler, 2022) e segundo Barth e Wilson (2010) riachos com pH mais ácidos podem diminuir a taxa e o tempo de eclosão dos ovos e além de afetar o tempo de desenvolvimento dos girinos.

5. CONCLUSÃO

O trabalho demonstrou que a ocorrência e abundância da população de *A. hoogmoedi* da Floresta Nacional de Carajás, é influenciada pelas variáveis de temperatura média anual do ar, temperatura do ar e pH. O que indica uma maior probabilidade de detecção e abundância de indivíduos à medida que a temperatura aumenta e em riachos com pH menos ácidos. Mas não esteve relacionada com as variáveis de altura da vegetação e precipitação anual, diferente do esperado, já que estudos conduzidos para populações da calha norte do rio presumiu-se que vegetação e precipitação seriam fatores limitantes para a ocorrência da espécie. Também identificamos uma preferência pelo ambiente de riachos de primeira e segunda ordem, e nenhum registro para as três parcelas em riachos de terceira ordem. Em contrapartida, o estudo realizado no Amapá, que também foi conduzido durante a estação chuvosa, as maiores densidades da espécie foram registradas em riachos de terceira e quarta ordem.

Portanto, o estudo trouxe uma melhor compreensão sobre a população ao sul do rio Amazonas. Permitindo identificar os fatores que são capazes de influenciar a sua ocorrência e abundância, indicando locais de preferência dos indivíduos, ajudando a entender melhor o seu padrão de distribuição na Floresta Nacional de Carajás e assim possibilitando mensurar os

impactos que ela pode estar exposta devido às Mudanças Climáticas (Guisan *et al.*, 2013). A FLONA de Carajás está localizada na região sudeste do Bioma Amazônico, região próxima ao limite com o bioma Cerrado, e áreas que são afetadas por pastagem, fogo e seca (Science Panel for the Amazon, 2021) sendo uma das principais fontes amazônica de emissão de gases do efeito estufa para a atmosfera (Flores *et al.*, 2024), apresentando assim uma taxa de aquecimento duas vezes maior que a região ocidental do bioma (Science Panel for the Amazon, 2021), e a temperatura média na estação seca está 2°C mais quente do que há 40 anos (Flores *et al.*, 2024). Mostrando que essas populações não estão livres dos riscos que as outras espécies do gênero enfrentam (Lötters *et al.*, 2023).

REFERÊNCIAS

ALHO, C. J. R. **Biodiversity of the Pantanal: response to seasonal flooding regime and to environmental degradation.** *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, v. 68, n. 4, p. 957-966, nov. 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1519-69842008000500005>. Acesso em: 05 nov. 2024.

ANDRINO, Caroline Oliveira *et al.* **Iron islands in the Amazon: investigating plant beta diversity of canga outcrops.** *Phytokeys*, Sofia, v. 165, n. 1, p. 1-25, 28 out. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3897/phytokeys.165.54819>. Acesso em: 05 nov. 2024.

ASCHOFF, J. **Circadian timing.** *Annals of the New York Academy of Sciences*, New York, v. 423, n. 1, p. 442-468, 1984. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1984.tb23452.x>. Acesso em: 05 nov. 2024.

BARTH, B. J.; WILSON, R. S. **Life in acid: interactive effects of pH and natural organic acids on growth, development and locomotor performance of larval striped marsh frogs (*Limnodynastes peronii*).** *Journal of Experimental Biology*, Cambridge, v. 213, n. 8, p. 1293-1300, 15 abr. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1242/jeb.028472>. Acesso em: 07 nov. 2024.

BERTOLUCI, Jaime *et al.* **Utilização de habitats reprodutivos e micro-habitats de vocalização em uma taxocenose de anuros (Amphibia) da Mata Atlântica do sudeste do Brasil.** *Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)*, São Paulo, v. 42, n. 11, p. 287-297, nov. 2002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0031-10492002001100001>. Acesso em: 20 jun. 2024

BLAUSTEIN, Andrew R.; KIESECKER, Joseph M. **Complexity in conservation: lessons from the global decline of amphibian populations.** *Ecology Letters*, Oxford, v. 5, n. 4, p. 597-608, jul. 2002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1461-0248.2002.00352.x>. Acesso em: 25 jun. 2024.

COSTA-CAMPOS, Carlos Eduardo; CARVALHO, Thiago Ribeiro de. **The advertisement call of the Hoogmoed's harlequin toad *Atelopus hoogmoedi* Lescure, 1974 from northern**

Brazil (Anura, Bufonidae). *Zootaxa*, Auckland, v. 4521, n. 1, p. 141-144, nov. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.4521.1.11>. Acesso em: 30 mar. 2024.

CRUMP, Martha L. **Homing and site fidelity in a Neotropical frog, *Atelopus varius* (Bufonidae).** *Copeia*, Lawrence, v. 1986, n. 2, p. 438-444, 9 maio 1986. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2307/1445001>. Acesso em: 17 nov. 2024.

CRUMP, M. A.; SCOTT JR., N. J. **Visual encounter surveys.** In: HEYER, W. R.; DONNELLY, M. A.; McDIARMID, R. W.; HAYEK, L. A. C.; FOSTER, M. S. (org.). *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians*. Washington: Smithsonian Institution Press, 1994. p. 84-92.

DAMASCENO, Sueli Souza. **Distribuição, biologia e estimativa populacional do entufado-baiano (*Merulaxis stresemanni*) (Passeriformes, Rhinocryptidae), uma espécie criticamente em perigo de extinção da Mata Atlântica.** 2011. 53 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Biomas Tropicais, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

DUELLMAN, William E.; TRUEB, Linda. *Biology of Amphibians*. 2. ed. [S. l.]: The Johns Hopkins University Press, 1994. 670 p.

FARIA, Antonio Paulo. **Transporte de sedimentos em canais fluviais de primeira ordem: respostas geomorfológicas.** *Revista Brasileira de Geomorfologia*, [S.l.], v. 15, n. 2, p. 191-2002, 18 ago. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v15i2.410>. Acesso em: 12 nov. 2024.

FERRANTE, Lucas *et al.* **Climate change in the Central Amazon and its impacts on frog populations.** *Environmental Monitoring and Assessment*, [S.l.], v. 195, n. 12, p. 1-13, 7 nov. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-023-11997-x>. Acesso em: 05 abr. 2024

FLORES, Bernardo M. *et al.* **Critical transitions in the Amazon forest system.** *Nature*, [S.l.], v. 626, n. 7999, p. 555-564, 14 fev. 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s41586-023-06970-0>. Acesso em: 14 out. 2024.

GUISAN, Antoine *et al.* **Predicting species distributions for conservation decisions.** *Ecology Letters*, Oxford, v. 16, n. 12, p. 1424-1435, 17 out. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/ele.12189>. Acesso em: 23 ago. 2024.

HARRINGTON, Brian A. *et al.* **Observations of Common Terns in Southern Brazil, 29 April-3 May 1984.** *Journal of Field Ornithology: General Notes*, [S.l.], v. 57, n. 3, p. 222-224, dez. 1986

BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de pesquisa da Floresta Nacional de Carajás.** Brasília, DF: *ICMBio*, 2016. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-e-biomas/amazonia/lista-de-ucs/flona-de-carajas/arquivos/plano_de_pesquisa_flona_carajas_-_06-09-2017_-_final_2.pdf. Acesso: 20 jun., 2024.

IUCN. 2024. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2024-2. <https://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 20 jun. 2024.

JĘDRZEJEWSKI, Włodzimierz *et al.* **Estimating large carnivore populations at global scale based on spatial predictions of density and distribution – Application to the jaguar (*Panthera onca*)**. *PLoS One*, [S.l.], v. 13, n. 3, p. 1-25, 26 mar. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0194719>. Acesso em: 29 nov. 2024

JORGE, Rafael Filgueira *et al.* **Urban growth threatens the lowland Amazonian Manaus harlequin frog which represents an evolutionarily significant unit within the genus *Atelopus* (Amphibia: Anura)**. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, [S.l.], v. 58, n. 4, p. 1195-1205, 18 jun. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/jzs.12390>. Acesso em: 07 abr. 2024.

KARRAKER, N. E.; RICHARDS, C. L.; ROSS, H. L. **Reproductive ecology of *Atelopus zeteki* and comparisons to other members of the genus**. *Herpetological Review*, v. 37, p. 284-287, 2006.

KARGER, Dirk Nikolaus *et al.* **Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas**. *Scientific Data*, [S.l.], v. 4, n. 1, p. 1-20, 5 set. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/sdata.2017.122>. Acesso em: 23 out. 2024.

LESCURE, Jean. **Présence d'une sous-espèce d'*Atelopus pulcher* (Amphibien, Anoure) dans les Guyanes: *Atelopus pulcher hoogmoedi***. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle*, [S.l.], v. 3, n. 144, p. 997-1005, jun. 1973..

LESCURE, Jean; MARTY, Christian. **Les Espèces: ordre des anoures**. In: LESCURE, Jean; MARTY, Christian (org.). *Atlas des Amphibiens de Guyane*. [S.l.]: Muséum National d'Histoire Naturelle, 2000. p. 54-55.

LIBRAS, J. Alan *et al.* **Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming**. *Nature*, [S.l.], v. 439, n. 7073, p. 161-167, jan. 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/nature04246>. Acesso em: 03 abr. 2024.

LÖTTTERS, Stefan *et al.* **Ongoing harlequin toad declines suggest the amphibian extinction crisis is still an emergency**. *Communications Earth & Environment*, [S.l.], v. 4, n. 1, p. 1-8, 11 nov. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s43247-023-01069-w>. Acesso em: 18 abr. 2024.

LUEDTKE, Jennifer A. *et al.* **Ongoing declines for the world's amphibians in the face of emerging threats**. *Nature*, [S.l.], v. 622, n. 7982, p. 308-314, 4 out. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s41586-023-06578-4>. Acesso em: 05 abr. 2024.

LUGER, Martina *et al.* **Site fidelity, home range behaviour and habitat utilization of male harlequin toads (*Amphibia: Atelopus hoogmoedi*) from Suriname: relevant aspects for conservation breeding**. *Salamandra: German Journal of Herpetology*, Rheinbach, v. 45, n. 4, p. 211-218, nov. 2009.

MACARTHUR, Robert H.; WILSON, Edward O. **The theory of island biogeography**.

Princeton: Princeton University Press, 1967. 203 p.

MARQUARDT, Donald W. **Generalized inverses, ridge regression, biased linear estimation, and nonlinear estimation.** *Technometrics*, [S.l.], v. 12, n. 3, p. 591-612, ago. 1970. Informa UK Limited. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/00401706.1970.10488699>. Acesso em: 02 dez. 2024.

MARTINS, F. D. *et al.* **Ações para conservação.** In: MARTINS, F. D. *et al.* (ed.). *Fauna da Floresta Nacional de Carajás: estudos sobre vertebrados terrestres*. São Paulo: Nitro Imagens, 2012. p. 196-229.

NICOLAI, Michaël P. J. *et al.* **Preliminary observations on the circadian variation in site fidelity in *Atelopus hoogmoedi* (Lescure, 1974) (Anura, Bufonidae).** *Amphibian & Reptile Conservation*, Bruxelas, v. 11, n. 1, p. 45-50, jan. 2017.

NOONAN, Brice P.; GAUCHER, Philippe. **Phylogeography and demography of Guianan harlequin toads (*Atelopus*): diversification within a refuge.** *Molecular Ecology*, [S.l.], v. 14, n. 10, p. 3017-3031, 3 ago. 2005. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-294x.2005.02624.x>. Acesso em: 02 jul. 2024.

PINHO, João Batista de *et al.* **Migration patterns and seasonal forest use by birds in the Brazilian Pantanal.** *Bird Conservation International*, [S.l.], v. 27, n. 3, p. 371-387, 18 maio 2017. Cambridge University Press (CUP). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1017/s0959270916000290>. Acesso em: 25 jul. 2024.

PLATNICK, Norman I.; NELSON, Gareth. **Composite areas in vicariance biogeography.** *Systematic Zoology*, [S.l.], v. 33, n. 3, p. 328-335, set. 1984. Oxford University Press (OUP). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2307/2413078>. Acesso em: 13 nov. 2024.

POGGIO, Laura *et al.* **SoilGrids 2.0: producing soil information for the globe with quantified spatial uncertainty.** *Soil*, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 217-240, 14 jun. 2021. Copernicus GmbH. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5194/soil-7-217-2021>. Acesso em: 26 mai. 2024.

POTAPOV, Peter *et al.* **Mapping global forest canopy height through integration of GEDI and Landsat data.** *Remote Sensing of Environment*, [S.l.], v. 253, n. 1, p. 2-11, fev. 2021. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2020.112165>. Acesso em: 26 mai. 2024.

ROCHA, Carlos Eduardo Falavigna da. *et al.* (ed.). **Revista da Biologia: volume especial biogeografia.** 2. ed. São Paulo: USP, 2011. 62 p.

RICKLEFS, Robert; RELYEA, Rick. **Introdução | Ecologia, evolução e método científico: organismos diferentes desempenham papéis distintos nos sistemas ecológicos.** In: RELYEA, Rick; RICKLEFS, Robert. *A economia da natureza.* 8. ed. [S.l.]: Guanabara Koogan, 2021.

RINGLER, Max *et al.* **Male life history of a harlequin toad population in French Guiana.** *Salamandra: German Journal of Herpetology*, [S.l.], v. 58, n. 3, p. 171-186, ago. 2022.

ROSEN, Donn Eric; CROIZAT, Leon. **Space, time, form: the biological synthesis.** *Systematic Zoology*, [S.l.], v. 23, n. 2, p. 288-290, jun. 1974. JSTOR. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2307/2412140>. Acesso em: 28 jul. 2024.

RUIZ-MIRANDA, Carlos R. *et al.* **Estimating population sizes to evaluate progress in conservation of endangered golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia*).** *PLOS One*, [S.l.], v. 14, n. 6, p. 1-18, 5 jun. 2019. Public Library of Science (PLoS). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0216664>. Acesso em: 04 ago. 2024.

SANCHES, Patrick Ribeiro. **Alguns fatores ambientais relevantes na determinação de áreas adequadas para a conservação de *Atelopus hoogmoedi* Lescure, 1974 (Anura: Bufonidae) no Escudo das Guianas.** 2022. 55 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Biologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2022.

SCHEFFERS, Brett R. *et al.* **Microhabitats reduce animal's exposure to climate extremes.** *Global Change Biology*, [S.l.], v. 20, n. 2, p. 495-503, 19 nov. 2013. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.12439>. Acesso em: 19 set. 2024.

SEGALLA, Magno V. *et al.* **List of Brazilian amphibians.** *Herpetologia Brasileira*, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 136-136, 30 abr. 2021. Zenodo. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5281/ZENODO.4716176>. Acesso em: 27 out. 2024.

SILVA, G.W.B. da. *et al.* **A candidate species currently classified as *Atelopus hoogmoedi* (Anura: Bufonidae) in the eastern Amazon, Pará, Brazil.** *Genetics and Molecular Research*, [S.l.], v. 21, n. 1, p. 1-10, mar. 2020. Genetics and Molecular Research. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4238/gmr18392>. Acesso em: 12 abr. 2024.

SOBERÓN, Jorge. **Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species.** *Ecology Letters*, [S.l.], v. 10, n. 12, p. 1115-1123, 10 set. 2007. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01107.x>. Acesso em: 11 abr. 2024.

Wallace, Alfred R. *The geographical distribution of animals*. London: Macmillan, 1876.

WOOD, Simon N. **Fast Stable Restricted Maximum Likelihood and Marginal Likelihood Estimation of Semiparametric Generalized Linear Models.** *Journal of The Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology*, [S.l.], v. 73, n. 1, p. 3-36, 14 set. 2010. Oxford University Press (OUP). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9868.2010.00749.x>. Acesso em: 30 mar. 2024.

XAVIER, Ariane Lima; GUEDES, Thaís Barreto; NAPOLI, Marcelo Felgueiras. **Biogeography of Anurans from the Poorly Known and Threatened Coastal Sandplains of Eastern Brazil.** *Plos One*, [S.l.], v. 10, n. 6, p. 1-18, 5 jun. 2015. Public Library of Science (PLoS). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0128268>. Acesso em: 15 out. 2024.