



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - ICB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA – PPGZOO

**Relação das variações climáticas regionais com assembleias de vertebrados na
Amazônia: perspectivas do monitoramento realizado por pesquisadores indígenas na
Bacia do Rio Negro**

Cláudia de Lima Souza

Manaus, Amazonas

Junho/2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - ICB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA – PPGZOO

Cláudia de Lima Souza

**Relação das variações climáticas regionais com assembleias de vertebrados na
Amazônia: perspectivas do monitoramento realizado por pesquisadores indígenas na
Bacia do Rio Negro**

Orientadora: Dr^a. Camila Cherem Ribas

Coorientador: Prof. Dr. Fabrício BeggiatoBaccaro

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Amazonas como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Zoologia.

Manaus, Amazonas

Junho/2023

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S729r Souza, Cláudia de Lima
Relação das variações climáticas regionais com assembleias de vertebrados na Amazônia: perspectivas do monitoramento realizado por pesquisadores indígenas na Bacia do Rio Negro / Cláudia de Lima Souza. 2023
45 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Camila Cherem Ribas
Coorientador: Fabricio Beggiato Baccaro
Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Mudanças climáticas. 2. Bacia do Rio Negro. 3. Variações climáticas e focos de fogos. 4. Agentes Indígenas de Manejo Ambiental. 5. Grupos funcionais. I. Ribas, Camila Cherem. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

AGREDICIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus orientadores, Camila e Fabricio. Logo de início que falou do projeto, Camila disse se tratava de desafio de fazer pesquisa intercultural e eu como gosto de desafio aceitei de imediato, por isso agradeço por ter me guiado nesse período, pelo apoio, pela paciência, disponibilidade, atenção, pela experiência de campo e por me proporcionar conhecer o trabalho dos AIMAs de perto, meu muito obrigado!

Ao meu coorientador Fabricio, que esteve conosco desde o início da ideia até a finalização dessa etapa, principalmente por seu fundamental na parte de estatística, fora o acolhimento no laboratório de Biologia Animal e pelas calorosas reuniões (e gotosa por conta das comidas), meu muito obrigado!

Meu muito obrigado aos Agentes Indígenas de Manejo Ambiental que foram os grandes responsáveis pela coleta desses dados na Bacia do Rio Negra e que realizam um trabalho que vale muito a pena ser valorizado e replicado.

Agradeço a Federação das Organizações Indígenas do Rio Negro (FOIRN) por disponibilizar os dados para uso do estudo. A Universidade Federal do Amazonas, o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia pela estrutura e apoio à realização deste trabalho. À FAPEAM por me conceder a bolsa de estudos.

Não poderia deixar de agradecer as meninas do laboratório (Aline, Talitha, Amanda, Juliana, Isabela, Erika) que tanto me ajudaram, auxiliaram e me amparavam nos momentos de tristeza, desânimo e desespero. Mas que me proporcionaram muitas alegrias, conversas, risadas e aprendizado. E aos meus colegas de turma de mestrado (Ciani, Lucas, Silas e Bryan) pelos calorosos domingos com um churrasquinho gotoso.

Meu muito obrigado a todas/os as/os professoras/es que tive durante a Pós-Graduação que apesar das disciplinas (a maioria) terem sido remotas contribuíram para meu aprendizado e elaboração da dissertação.

Agradeço imensamente ao meu Noivo Afonso que mesmo ficando longe fisicamente nesse período não mediu esforço para me apoiar, ajudar, compreender meus surtos de desespero e de maneira simples, sempre me retribui com seu carinho e amor, meu muito obrigado, meu amor!

Por fim a minha família, que me apoia e me incentiva, em especial minha mãe que é a grande responsável pelo que sou e minha maior inspiração

EPIGRAFE

“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei, se não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito”

ChicoXavier

RESUMO

Um dos assuntos mais debatidos na atualidade são as mudanças climáticas e suas consequências para a humanidade e a biodiversidade. As mudanças climáticas podem modificar o funcionamento dos ecossistemas alterando a abundância e ocorrência de organismos. A possibilidade de alguns grupos de espécies de animais da bacia do Rio Negro estarem sendo afetados pelas mudanças climáticas, com consequências diretas para as atividades de caça, pesca e agricultura dos povos indígenas e tradicionais, bem como para o equilíbrio dos ecossistemas locais, incentivou a elaboração desse trabalho. O objetivo principal foi verificar, por meio dos dados coletados pelos moradores indígenas locais, como as variações climáticas (pluviosidade e nível do rio) e focos de incêndio estão relacionadas ao registro de ocorrência de espécies de quelônios, aves e mamíferos na bacia do Rio Negro. Para isso utilizamos os dados coletados pelos Agentes Indígenas de Manejo Ambiental de 2017 a 2021, bem como dados de pluviosidade, nível de rio e focos de fogo para o mesmo período. As espécies registradas foram identificadas e agrupadas por grupo funcional de acordo com sua dieta. Utilizamos Modelos Lineares mistos para avaliar o grau de inclinação de retas de Regressões Lineares para estimar a relação entre os grupos funcionais e as variáveis preditoras. Foram identificadas um total de 78 espécies, distribuídas em 41 famílias e agrupadas em 5 grupos funcionais. Entre esses táxons, as aves se destacaram, apresentando o maior número de registros e sendo observados em todas as regiões estudadas. Encontramos uma relação positiva entre do grupo funcional de aves carnívoras e grupos de mamíferos herbívoros e frugívoros com o índice de pluviosidade, indicando que houve mais registros desses grupos durante os meses mais chuvosos. Os grupos de quelônios não apresentaram relação significativa com nenhuma variável preditoras utilizadas. Essa descoberta indica que alterações nos índices de chuva podem afetar a abundância de alguns grupos, levando a desequilíbrios no ecossistema caso as alterações ocorram em maior frequência e em taxas aceleradas. Este estudo indica que mesmo regiões ainda pouco afetadas pelo desmatamento estão sujeitas aos efeitos de mudanças climáticas antrópicas que atuam em taxas e padrões temporais acelerados. Assim, monitoramentos de longo prazo são essenciais para entender melhor a relação entre as variáveis preditoras e a riqueza dos grupos funcionais, e identificar possíveis padrões que possam ajudar as populações locais a enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas globais.

ABSTRACT

One of the most debated topics nowadays is climate change and its consequences for humanity and biodiversity. Climate change can alter the functioning of ecosystems by affecting the abundance and occurrence of organisms. The possibility of some groups of animal species in the Rio Negro basin being affected by climate change, with direct consequences for the hunting, fishing, and agriculture activities of indigenous and traditional peoples, as well as for the balance of local ecosystems, motivated the development of this study. The main objective was to investigate, through data collected by local indigenous residents, how climatic variations (precipitation and river level) and fire occurrences are related to the occurrence of species of turtles, birds, and mammals in the Rio Negro basin. For this purpose, we used data collected by the Indigenous Environmental Management Agents from 2017 to 2021, as well as data on precipitation, river level, and fire occurrences for the same period. The recorded species were identified and grouped according to their functional groups based on their diet. We used mixed-effects linear models to assess the slope of linear regressions to estimate the relationship between the functional groups and the predictor variables. A total of 78 species were identified, distributed across 39 families, and grouped into 5 functional groups. Among these taxa, birds stood out, having the highest number of records, and being observed in all studied regions. We found a positive relationship between the functional group of carnivorous birds and the herbivorous and frugivorous mammal groups with the precipitation index, indicating that more records of these groups occurred during the rainier months. The Chelonians groups did not show a significant relationship with any of the predictor variables used. This finding suggests that changes in rainfall patterns can affect the abundance of some groups, leading to imbalances in the ecosystem if these changes occur more frequently and at accelerated rates. This study indicates that even regions still relatively unaffected by deforestation are subject to the effects of anthropogenic climate change, which act at accelerated rates and temporal patterns. Therefore, long-term monitoring is essential to better understand the relationship between predictor variables and the richness of functional groups and to identify possible patterns that can help local populations cope with the challenges imposed by global climate change.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	1
LISTA DE TABELAS	2
1 INTRODUÇÃO.....	3
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	5
2.1 Area de estudo	5
2.2 Organização do banco de dados de registros de animais.....	7
2.3 Organização das variáveis ambientais e focos de incêndio.....	8
2.4 Análises dos dados	9
3 RESULTADOS	10
3.1 Variáveis ambientais	10
3.2 Registros de aves, mamíferos e quelônios.....	14
3.3 Relações das variáveis ambientais e fogo com os grupos funcionais	20
4 DISCUSSÃO.....	25
5 CONCLUSÃO.....	30
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa da distribuição das comunidades com atuação de AIMAs.....	6
Figura 2 - Mapa com a distribuição das comunidades com atuação de AIMAs e estações pluviométricas e fluviométricas.	6
Figura 3 - Pluviosidade mensal registrada por 27 estações distribuídas na Bacia do Rio Negro entre 2017 e 2021	11
Figura 4 - Diferença entre o nível médio mensal dos rios em diferentes calhas na Bacia do Rio Negro entre 2017 e 2021. Valores negativos indicam vazante e valores positivos enchente.....	12
Figura 5– Número de focos de incêndio sumarizados de um buffer de 20 km ao redor das comunidades focais na Bacia do Rio Negro entre 2017 e 2021.	13
Figura 6 - Número de registro mensais de aves por bacia e grupo funcional entre 2017 e 2021.	17
Figura 7 - Número de registro mensais de mamíferos por bacia e grupo funcional entre 2017 e 2021.	18
Figura 8 - Número de registro mensais de quelônios por bacia e grupo funcional entre 2017 e 2021.	19
Figura 9 - Valores dos coeficientes de inclinação da reta para o número de aves insetívoras, carnívoras, onívoras e frugívoras. Valores negativos de inclinação da reta estão representados em vermelho e positivos em azul. O asterisco representa relações significativas (* $P < 0,05$ e ** $P < 0,01$).	20
Figura 10- Valores dos coeficientes de inclinação da reta para o número de aves insetívoras, carnívoras, onívoras e frugívoras para a região do Içana e Tiquié. Valores negativos de inclinação da reta estão representados em vermelho e positivos em azul. O asterisco representa relações significativas (* $P < 0,05$ e ** $P < 0,01$).	21
Figura 11 - Valores dos coeficientes de inclinação da reta para o número de mamíferos por grupo funcional registrados pelos AIMAs. Valores negativos estão representados em vermelho e positivos em azul. O asterisco representa relações significativas (** $P < 0,01$).	22
Figura 12 - Valores dos coeficientes de inclinação da reta para o número de mamíferos por grupo funcional registrados pelos AIMAs. Valores negativos estão representados em vermelho e positivos em azul. O asterisco representa relações significativas (* $P < 0,05$ e ** $P < 0,01$).	23
Figura 13 - Valores dos coeficientes de inclinação da reta para o número de quelônios herbívoros e onívoros para as todas as regiões. Valores negativos estão representados em vermelho e positivos em azul. O asterisco representa relações significativas (* $P < 0,05$).	24
Figura 14 - Valores dos coeficientes de inclinação da reta para o número de quelônios herbívoros e onívoros para as todas as regiões. Valores negativos estão representados em vermelho e positivos em azul. O asterisco representa relações significativas (* $P < 0,05$).	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de comunidades e AIMAs por região do Alto Rio Negro.....	14
Tabela 2 - Sumário do agrupamento das famílias de aves, mamíferos e quelônios em grupos funcionais base na dieta.....	14
Tabela 3 - Número de famílias e registros totais por indivíduos (entre parênteses) de aves, mamíferos e quelônios registrados pelos AIMAS nas regiões monitoradas na bacia do Rio Negro.	16
Tabela 4 - Sumário dos valores do R^2 marginal e R^2 condicional dos modelos. O R^2 marginal representa a variação explicada pelas variáveis fixas e o R^2 condicional indica a quantidade de variação explicada pelas variáveis fixas e randômicas em conjunto.....	25

1 INTRODUÇÃO

Um dos assuntos mais debatidos na atualidade são as mudanças climáticas e suas consequências para a humanidade e a biodiversidade. Os resultados apresentados nos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), têm indicado cenários futuros preocupantes como consequência desses processos (IPCC 2021). Um exemplo disso é o aumento da temperatura global, cujos riscos, incluem a possibilidade de danos irreversíveis aos ecossistemas, a biodiversidade, a produção agrícola, entre outros, com impactos na economia e sociedade em geral (Marengo & Souza Jr. 2018).

Entretanto, as mudanças climáticas não envolvem apenas aumento da temperatura global, mas também alterações nos padrões de precipitação, sazonalidade e circulação atmosférica, além de aumentar a frequência de eventos climáticos extremos (IPCC 2021), como tempestades, ondas de calor, incêndios, furacões e tornados (Grimm *et al.* 2018). Em combinação, essas alterações ameaçam a biodiversidade e a resiliência dos ecossistemas naturais (Tylianakis *et al.* 2008; Albert *et al.* 2023), diminuindo a quantidade de habitats adequados e alterando as interações ecológicas entre espécies (Parmesan 2006; Soto-Corrêa *et al.* 2013; Pecllet *et al.* 2017). As mudanças climáticas também podem modificar o funcionamento dos ecossistemas alterando a abundância e ocorrência de grupos funcionais, ou seja, animais que compartilham características similares em uma comunidade (Blondel 2003).

Diversos estudos têm caracterizado a resposta das espécies às alterações climáticas, sendo que a maioria deles reportam efeitos negativos sobre a biodiversidade. Entre os vertebrados heterotérmicos, o aumento da temperatura afeta diretamente a termorregulação (Souza 2004), e no caso dos quelônios, a razão entre machos e fêmeas nas populações (Pereira Junior 2009). O aumento da temperatura também pode modificar padrões de abundância de vertebrados homeotérmicos. Por exemplo, alguns estudos já mostraram redução na abundância e tamanho de aves relacionados a alterações de temperatura e precipitação em escalas decadais (Stoufferet *et al.* 2021; Jirinecet *et al.* 2021). A morfologia de algumas espécies de mamíferos está mudando em resposta às mudanças climáticas e ao aquecimento climático associado (Rydinget *et al.* 2021).

A Bacia Amazônica representa a maior área contínua de floresta tropical do mundo, com elevados índices de precipitação (Silva Dias *et al.* 2022). No entanto, a quantidade e

frequência de chuvas não são iguais entre os meses do ano, resultando em um ciclo chuvoso e seco (Lopes & Piedade 2015). O regime anual de seca e cheia dos rios Amazônicos controla os ciclos biogeoquímicos, ritmos de crescimentos e ciclos de vida de muitas espécies (Junk 1997). Portanto, é de extrema importância compreender como a variação histórica no ciclo hidrológico e os eventos extremos afetam a biodiversidade na bacia amazônica. Entretanto, para isso é necessário monitoramento de longo prazo, tanto do ciclo hidrológico e dos eventos extremos, quanto da biodiversidade (Gonçalves *et al.* 2003).

O monitoramento de longo prazo da biodiversidade requer acesso regular a áreas remotas, e a disponibilidade de programas de monitoramento é essencial para esse fim. No caso da Amazônia, onde a biodiversidade é extremamente rica e as áreas de estudo podem ser vastas e remotas, a implementação de programas de monitoramento é um desafio. Apesar de programas de monitoramento existirem, como é o caso do Programa Monitora do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), sua abrangência espacial é restrita e concentrada em Unidades de Conservação (Magnusson *et al.* 2016). Para obter uma compreensão abrangente da biodiversidade e dos processos ecológicos em toda a região amazônica, é necessário expandir e diversificar os esforços de monitoramento. Isso envolve a colaboração entre diferentes instituições e grupos, incluindo pesquisadores indígenas e não indígenas, para estabelecer parcerias e implementar programas de monitoramento.

Dentre as sub-bacias Amazônicas, a bacia do Rio Negro concentra os maiores índices pluviométricos, além de uma diversificada vegetação, como floresta ombrófila densa (florestas de terra firme), floresta ombrófila densa aluvial (florestas de igapó) e campinarana ombrófila arborizada e florestada, incluindo campinas, campinaranas alagadas e chavascals (Radam Brasil 1976). A bacia do Rio Negro também concentra um dos maiores mosaicos de terras indígenas e áreas protegidas da Amazônia (Cabalzar 2010). Essa governança ambiental se expressa em políticas onde são culturalmente orientados e com metodologia participativa visando a conservação e o desenvolvimento sustentável, resguardando os benefícios ambientais (Cabalzaret *al.* 2020). O manejo da região é realizado através de pesquisa e monitoramento pelos Agentes Indígenas de Manejo Ambiental (AIMAs) em parceria com o Instituto Socioambiental.

O monitoramento realizado pelos AIMAs teve início em 2005 no rio Tiquié, expandindo-se em 2016 para diversas outras regiões da bacia do rio Negro (Cabalzar 2016; Cabalzaret *al.* 2020). O monitoramento ambiental e climático expressa o entendimento e preocupação dos povos do rio Negro em garantir o bem viver nas comunidades frente às

ameaças que as mudanças climáticas acarretam aos ciclos socioecológicos (Cabalar 2016; Cunha *et al.* 2021). Exemplos de consequências das mudanças climáticas já estão sendo observados na bacia do rio Negro, como a seca extrema de 2016 (Cabalar 2016), ocasionando incêndios (Cabalar & Alves 2017) e a cheia de 2021. Frente a essas condições e eventos climáticos extremos, nem todas as espécies podem se ajustar ou adaptar, e as mais sensíveis tendem a diminuir em abundância (Costa *et al.* 2020). A possibilidade de alguns grupos de espécies de animais da bacia do rio negro estarem sendo afetados pelas mudanças climáticas regionais, com consequências diretas para as atividades de caça, pesca e agricultura dos povos indígenas e tradicionais, bem como para o equilíbrio dos ecossistemas locais, incentivou a elaboração desse trabalho.

Este projeto tem como objetivo principal verificar, por meio dos dados coletados pelos AIMAs, como as variações climáticas (pluviosidade e nível do rio) e focos de incêndio estão relacionadas ao registro de ocorrência de espécies de quelônios, aves e mamíferos na bacia do Rio Negro. Este estudo visa colaborar com as comunidades locais para detectar e propor soluções para os problemas socioambientais decorrentes de eventos sazonais extremos, que podem se tornar mais comuns no futuro devido às mudanças climáticas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Area de estudo

O estudo foi realizado na bacia do Rio Negro que possui uma superfície total com cerca de 696.810 km², mais precisamente nas comunidades onde atuam Agentes Indígenas de Manejo Ambiental que realizam a coleta de dados (Figura 1). Com base na distribuição geográfica da atuação de AIMAs foram obtidos dados de estações meteorológicas selecionadas ao longo dos rios da bacia (Figura 2). As comunidades e estações meteorológicas se estenderam nos rios Tiquié, Içana, Uaupés, entorno de São Gabriel da Cachoeira e médio Rio Negro (entorno de Santa Isabel e Barcelos).

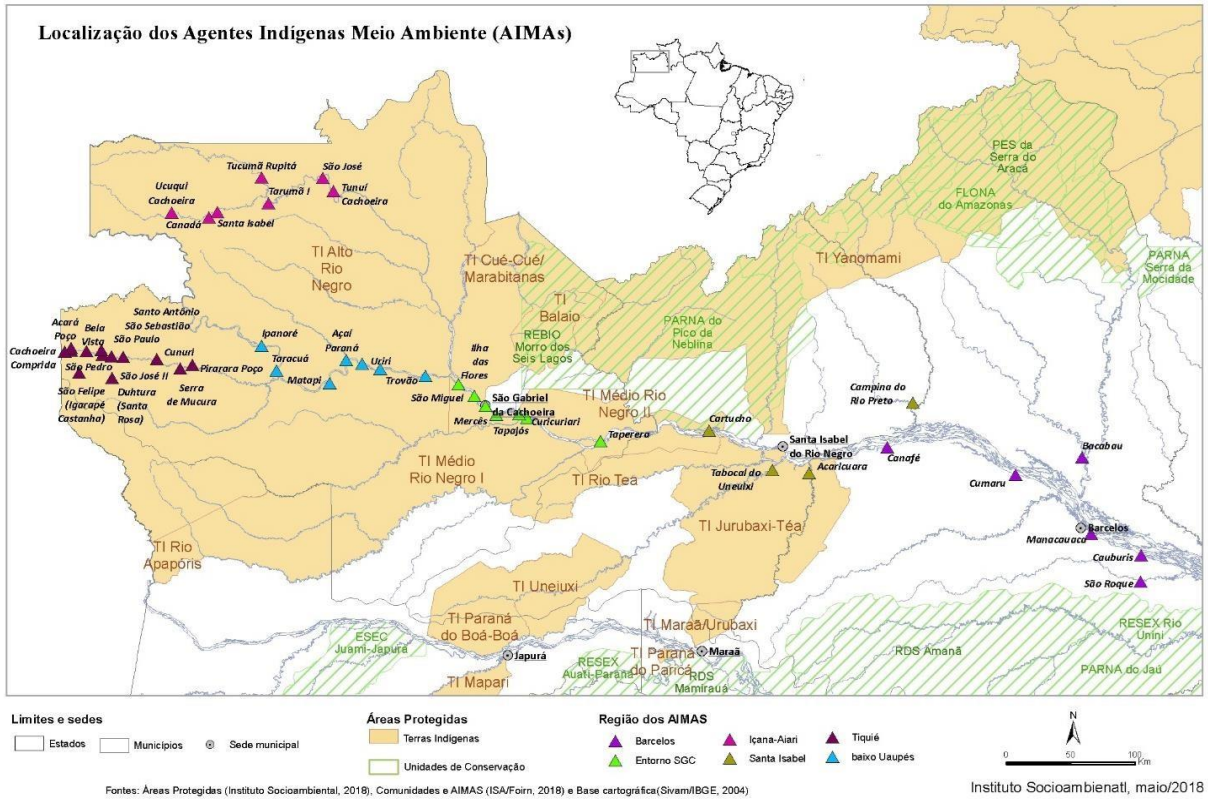


Figure 1: Mapa da distribuição das comunidades com atuação de AIMAs

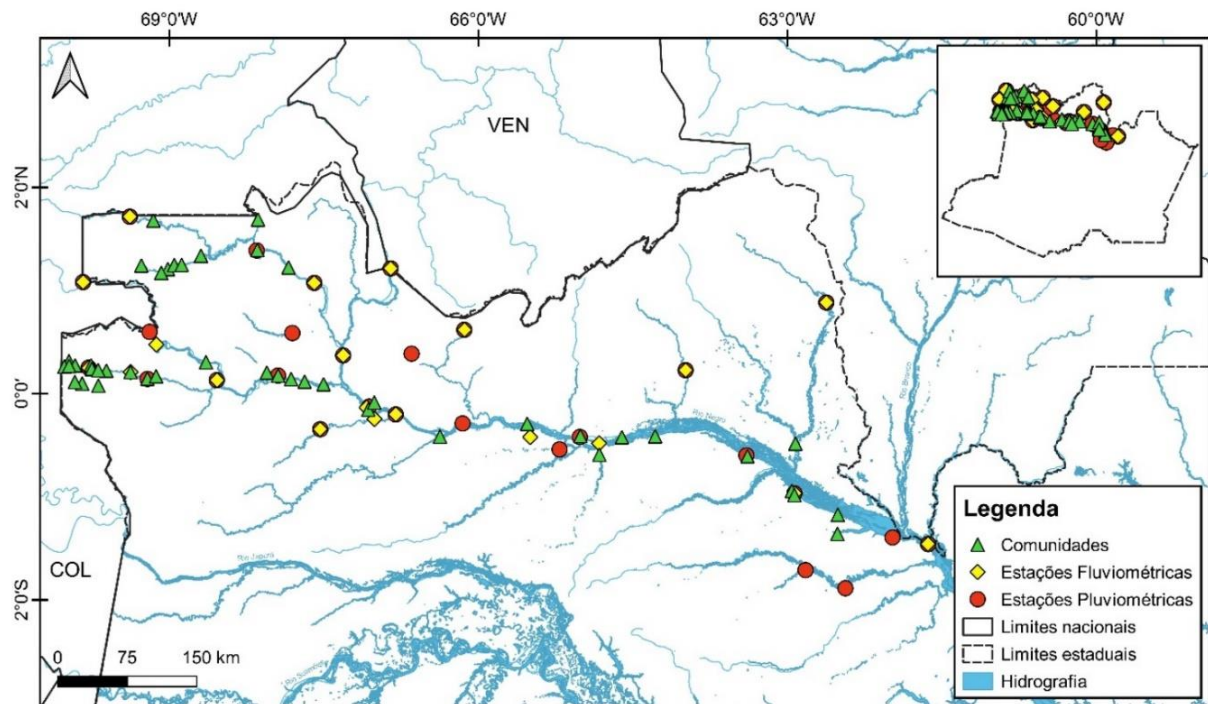


Figura 2 - Mapa com a distribuição das comunidades com atuação de AIMAs e estações pluviométricas e fluviométricas.

A região do médio e alto Rio Negro apresenta o clima mais chuvoso da Bacia Amazônica, com valores anuais médios entre 2.000 e 2.200 mm de precipitação, alcançando níveis maiores que 3.500 mm por ano (Zeidemann 2001). Na bacia do Rio Negro, de janeiro a julho as águas transbordam dos rios, lagos e riachos ou igarapés, e depois, começam a baixar até retornarem ao leito anterior no período de outubro a dezembro (Zeidemann 2001). A região também apresenta uma rica diversidade sociocultural incluindo 23 etnias pertencentes a quatro famílias linguísticas como Tukano Oriental, Maku, Aruak e Yanomami (Silva 2008).

2.2 Organização do banco de dados de registros de animais

O monitoramento pelos AIMAs tem ocorrido nas comunidades dos rios Tiquié, Içana, Uaupés, entorno de São Gabriel da Cachoeira e médio Rio Negro (Santa Isabel e Barcelos). Em cada comunidade, um AIMA realizava registros diários sobre eventos climáticos e diversidade de animais e plantas na sua região. Os registros foram realizados inicialmente em diários e posteriormente através de um formulário padronizado instalado na plataforma Open Data Kit (ODK), que permite a coleta de dados via celular ou tablet mesmo sem conexão à Internet. Esse formulário coleta informações ambientais, climáticas, registro de animais e plantas que em seguida são enviadas para um servidor online na sede do Instituto Socioambiental (ISA) no município de São Gabriel da Cachoeira e armazenadas em um sistema de arquivos em nuvem.

Para termos acesso parcial ao banco de dados foi encaminhado a Federação das Organizações Indígenas do Rio Negro (FOIRN) uma solicitação para acesso aos dados. A FOIRN autorizou o acesso e uso dos dados para o presente trabalho colaborativo, envolvendo os AIMAs, os coordenadores da FOIRN e pesquisadores do Instituto Socioambiental (ISA). A curadoria dos dados é realizada pelo ISA. Apesar do monitoramento ocorrer desde 2005, apenas a partir de 2017 ele passou a ser realizado via ODK, com planilhamento automático dos dados. Assim, para o presente trabalho foram utilizados apenas os registros de aves, mamíferos e quelônios realizados entre 2017 e 2021. Para utilização dos dados foi necessário extenso trabalho de tradução e padronização dos nomes das espécies, realizado em colaboração entre antropólogos, biólogos e pesquisadores indígenas.

Após padronização os dados do monitoramento diário de quelônios, aves e mamíferos entre 2017 e 2021 foram tabulados em planilhas eletrônicas, e foi feita triagem, conferência e padronização dos dados. A padronização dos dados incluiu a identificação do AIMA, data do registro, comunidade, região que pertencia a comunidade e espécies de animal observado. Os nomes das espécies de quelônios, aves e mamíferos foram revisados e padronizados pelos pesquisadores indígenas e não indígenas de forma colaborativa. Para controlar o possível efeito da incompatibilidade entre as espécies reconhecidas pelos AIMAs e pela comunidade científica não indígena, utilizamos agrupamentos mais gerais em grupos funcionais relacionados à dieta. Essa abordagem não só fornece respostas sobre possíveis processos ecossistêmicos, como também atenua possíveis erros de identificação, agrupando espécies que podem receber nomes distintos entre localidades e etnias.

2.3 Organização das variáveis ambientais e focos de incêndio

Os dados pluviométricos e fluviométricos foram baixados pelo Sistema de Informações Hidrológicas (HIDROWEB), uma ferramenta que a Agência Nacional de Águas (ANA) utiliza para disponibilizar os dados coletados nas estações meteorológicas. Segundo a Secretaria do estado do Amazonas (SEMA), o estado do Amazonas possui cerca de 188 estações pluviométricas em operação, sendo 36 na bacia do Rio Negro, além de 134 estações fluviométricas ativas no estado (SEMA, 2019).

Foram identificadas 49 estações (pluviométrica e fluviométricas) próximas às regiões de atuação dos AIMAs, incluindo as comunidades dos rios Tiquié, Içana, Uaupés, entorno de São Gabriel da Cachoeira, Barcelos e Santa Isabel. Em seguida foram baixados os dados de pluviosidade e cota de rio mensais para os anos de 2017 a 2021 para essas regiões tornando possível a sistematização dos dados em planilhas eletrônicas. Nas planilhas eletrônicas foram destacadas as seguintes informações: código, nome da estação, a localidade na qual está inserida, dados de localização geográfica (latitude e longitude), bem como os valores total mensal de precipitação e nível do rio.

Os dados de focos de fogo foram obtidos pelo monitoramento de queimadas realizado pelo INPE para o período de 2017 a 2021 para a área que abrange os municípios de Barcelos, Santa Isabel e São Gabriel da Cachoeira. Para obter o número de focos de incêndios sumarizado mensalmente para cada região monitorada pelos AIMAs (Tiquié, Içana, Uaupé, entorno de São Gabriel da Cachoeira, Barcelos e Santa Isabel) foram utilizados buffers de

20km ao redor de cada comunidade dessas regiões no QGIS 3.16. Em seguida foi sumarizada a quantidade de focos de incêndio ao longo de cada mês nos anos de 2017 a 2021. Posteriormente os dados foram transferidos para planilhas eletrônicas na qual foram destacadas as seguintes informações: nome da região, data, quantidade de focos de incêndio por mês e tamanho do buffer (20km).

2.4 Análises dos dados

Os números de registros por grupo funcional por táxon, foram agrupados por mês (soma dos registros) e por região (bacia de drenagem). Em todas as análises, a variável dependente (número de registros de espécies por grupos funcionais) e as variáveis independentes (precipitação, nível de rio e focos de fogo) foram sumarizadas por mês e por região (Barcelos, Santa Isabel, Entorno de São Gabriel, Uaupés, Tiquié e Içana).

Foram utilizados os dados totais mensais de precipitação para cada estação meteorológica localizada próxima às regiões de interesse. Como a escala das réguas de medição do nível dos rios varia entre as localidades, foi utilizada a diferença entre a média mensal recente (do mês focal) e a média mensal do mês anterior de cada rio. Com isso, valores negativos indicam a descida da água e valores positivos o aumento do nível do rio no referido mês. Para os focos de fogo foram usados a sumarização mensal das ocorrências com base nos buffers de 20 Km ao redor de cada comunidade nas regiões de interesse.

Os totais de registros mensais de cada grupo funcional foram as variáveis dependentes em modelos generalizados mistos (GLMMs). Nesses modelos as regiões, que representam comunidades com costumes e atividades mais similares e que em muitos casos foram monitoradas pelos mesmos AIMAs, e o AIMA, foram declaradas como variáveis randômicas. Dessa forma, os modelos controlaram possíveis vieses associados às comunidades e aos AIMAs. Em muitos casos monitoradas os mesmos AIMAs monitoraram a região por todo o período. As variáveis preditoras dos modelos foram os registros totais de chuva, a variação do nível do rio e número total de focos de incêndio sumarizados por mês para cada região. A distribuição dos resíduos de cada modelo foi avaliada utilizando o pacote DHARMA (Hartig 2016). Usamos a distribuição de resíduos que melhor se adequou para cada modelo. Os modelos foram ajustados utilizando o pacote glmmTMB. De forma complementar, optamos por verificar as diferentes relações testadas utilizando apenas as regiões do Içana e Tiquié que

se destacam pelo maior número de registro de forma mais uniforme ao longo do período estudado. Os gráficos foram gerados utilizando o pacote ggplot2 e todas as análises foram realizadas no programa R.

3 RESULTADOS

3.1 Variáveis ambientais

Os índices mais altos de precipitação foram observados entre março e junho, sendo que o ano de 2019 registrou os valores mais altos de precipitação no entono de São Gabriel, Içana e Uaupés, que chegaram a médias mensais de 500 a 600 mm. Barcelos e Santa Isabel apresentaram os períodos mais longos, entre julho e outubro, com precipitação mensal abaixo de 200 mm, especialmente em 2018 (Figura 3). Referente à variação no nível médio mensal do rio, observamos que o nível do rio diminui consistentemente entre julho e outubro em todas as regiões, com mais variação nas regiões Tiquié e Uaupés (Figura 4). Já os focos de incêndio foram mais intensos entre janeiro e abril, com destaque para as regiões de Barcelos e Içana que apresentaram mais de 100 focos em 2019 (Figura 5).

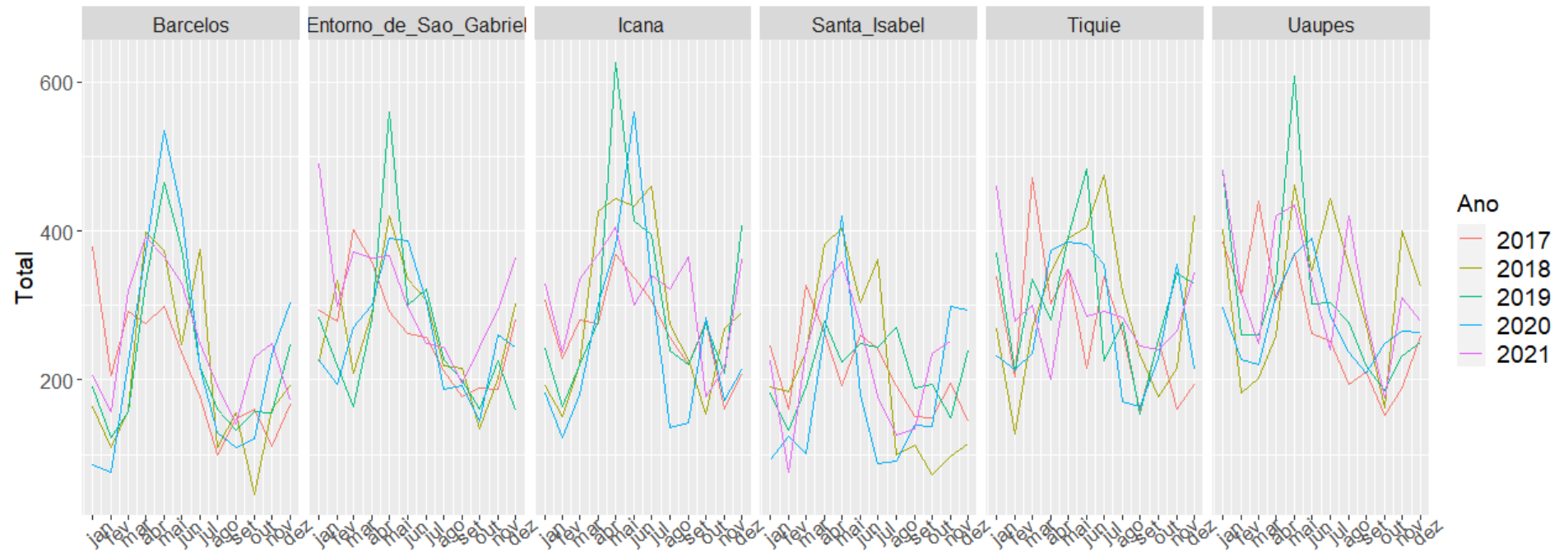


Figura 3 - Pluviosidade mensal registrada por 27 estações distribuídas na Bacia do Rio Negro entre 2017 e 2021

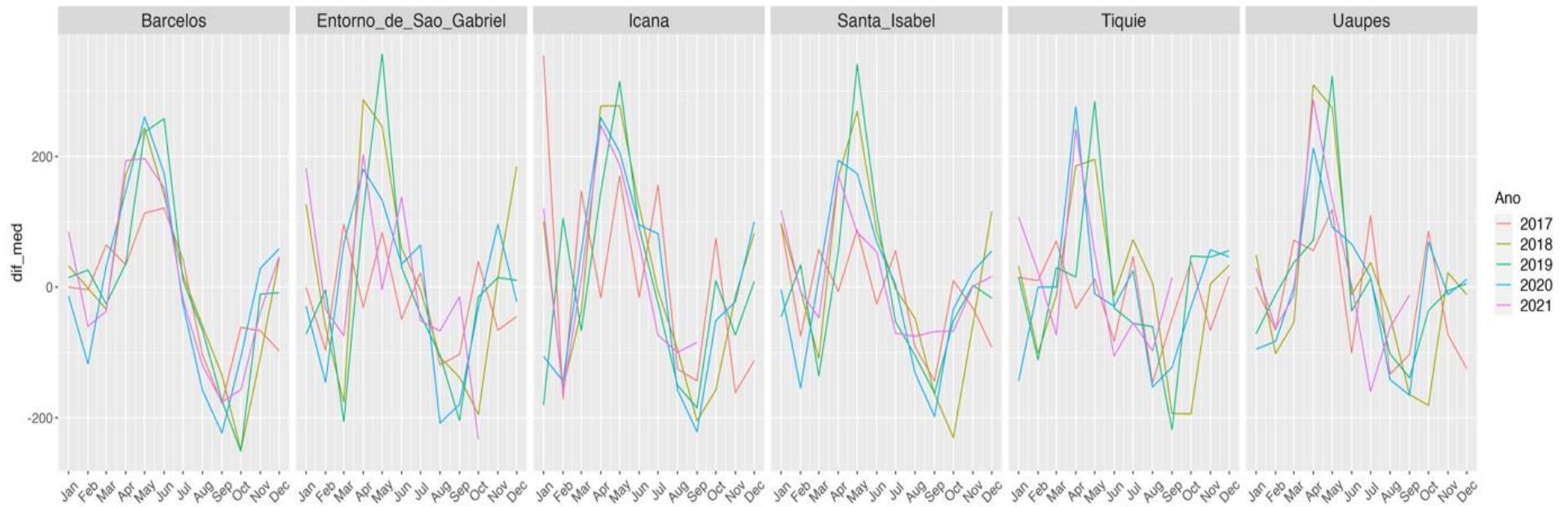


Figura 4 - Diferença entre o nível médio mensal dos rios em diferentes calhas na Bacia do Rio Negro entre 2017 e 2021. Valores negativos indicam vazante e valores positivos enchente.

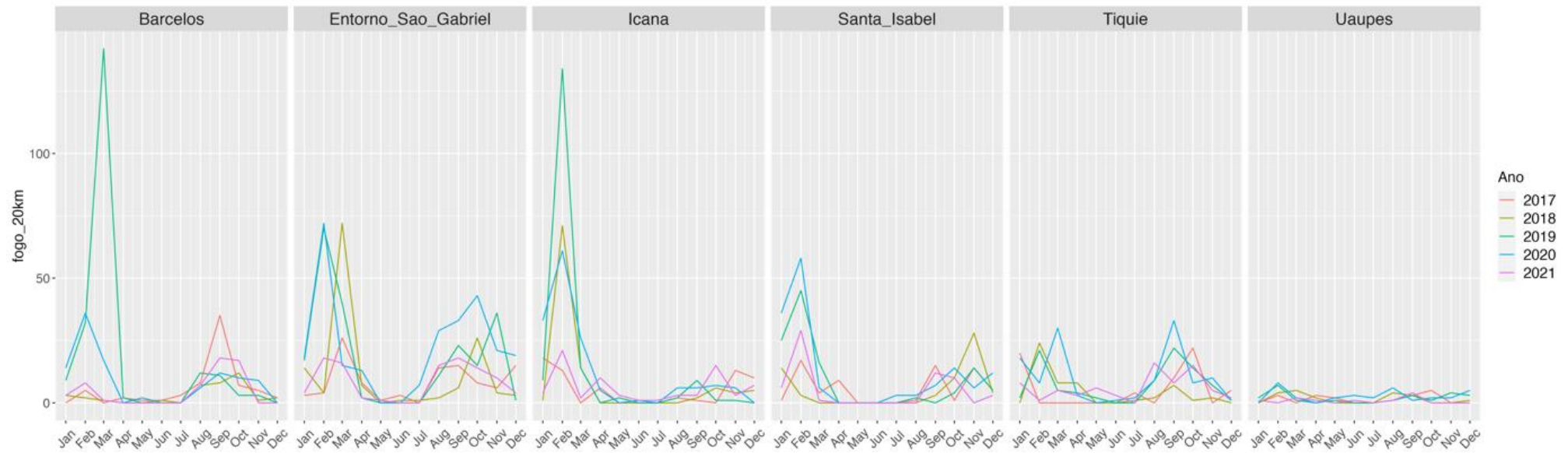


Figura 5– Número de focos de incêndio sumarizados de um buffer de 20 km ao redor das comunidades focais na Bacia do Rio Negro entre 2017 e 2021.

3.2 Registros de aves, mamíferos e quelônios

Durante os anos de 2017 a 2021, 63 Agentes Indígenas de Manejo Ambiental distribuídos em 49 comunidades realizam o monitoramento na Bacia do Rio Negro. O maior número de comunidades e maior número de AIMAs concentraram-se nas regiões Tiquié (31%, 29%) e Içana (24%, 27%) (Tabela 1). No ano de 2020 apenas Içana, Tiquié e Uaupés realizaram registros de vertebrados devido a pandemia de SARs COV2.

Tabela 1 - Número de comunidades e AIMAs por região do Alto Rio Negro.

Região	Comunidades	AIMAs
Tiquié	15	18
Içana	12	17
São Gabriel	6	6
Uaupés	6	6
Barcelos	5	8
Santa Isabel	5	8

Identificamos um total de 78 espécies, distribuídas em 39 famílias e agrupadas em 5 grupos funcionais relacionados à dieta (Tabela 2), sendo que algumas famílias aparecem em mais de um grupo funcional. Foram identificadas um total de 22 famílias de aves, 14 de mamíferos e três de quelônios (Tabela 3)

Tabela 2- Sumário do agrupamento das famílias de aves, mamíferos e quelônios em grupos funcionais base na dieta.

Táxon	Grupo Funcional	Família
		Accipitridae
		Alcedinidae
		Anhingidae
		Ardeidae
		Cathartidae
		Ciconiidae
		Cuculidae
		Laridae
		Strigidae
		Threskiornithidae
		Cracidae
		Psittacidae
Ave	Frugívora	Ramphastidae
		Tyrannidae

	Insetívora	Caprimulgidae Hirundinidae Anatidae Cracidae Icteridae
	Onívora	Picidae Psophiidae Ramphastidae Tinamidae
Mamífero	Carnívoro	Felidae Mustelidae Aotidae Atelidae Cebidae
	Frugívoro	Dasyproctidae Mustelidae Tapiridae
	Herbívoro	Caviidae Cebidae Cervidae Cuniculidae Tapiridae
	Onívoro	Cebidae Dasypodidae Pitheciidae Procyonidae Tayassuidae
	Quelônio	Carnívoro Herbívoro Onívoro

As regiões do Tiquié e Içana registraram o maior número de famílias para todos os táxons analisados (Tabela 2). Por outro lado, a região de Santa Isabel apresentou o menor número de registros de famílias, destacando a variações na distribuição e diversidade das famílias de aves, mamíferos e quelônios nas diferentes regiões da bacia do Rio Negro.

Tabela 3 - Número de famílias e registros totais por indivíduos (entre parênteses) de aves, mamíferos e quelônios registrados pelos AIMAS nas regiões monitoradas na bacia do Rio Negro.

Região	Aves	Mamíferos	Quelônios
Içana	22 (1718)	14 (479)	3 (90)
Tiquié	21 (3032)	14 (2676)	3 (27)
São Gabriel	16 (131)	12 (75)	2 (28)
Uaupés	15 (110)	8 (38)	1 (25)
Barcelos	15 (90)	7 (31)	2 (47)
Santa Isabel	11 (63)	8 (19)	1 (37)

Foram definidos 4 grupos funcionais de aves (carnívoros, frugívoros, onívoros, insetívoros) (Tabela 2), sendo registrados no período estudado (2017 a 2021), especialmente para as regiões do Tiquié e Içana (Figura 6).

Foram definidos quatro grupos funcionais de mamíferos (carnívoros, frugívoros, herbívoros e onívoros) (Tabela 2). A região do Tiquié apresentou o maior número de registros, especialmente para os grupos funcionais de frugívoros e herbívoros nos anos de 2018, 2019 e 2021 (Figura 7) Por outro lado, a região de Uaupés registrou o menor número de ocorrências desses grupos.

Os quelônios foram agrupados em três grupos funcionais com base na dieta, sendo eles carnívoros, herbívoros e onívoros (Tabela 2). Observamos uma menor quantidade de registros para os quelônios em todas as regiões as espécies (Figura 8). Verificou-se que os herbívoros e onívoros foram mais frequentemente registrados em todas as calhas. Por outro lado, os carnívoros foram observados apenas na região do entorno de São Gabriel e somente durante alguns meses do ano de 2017.

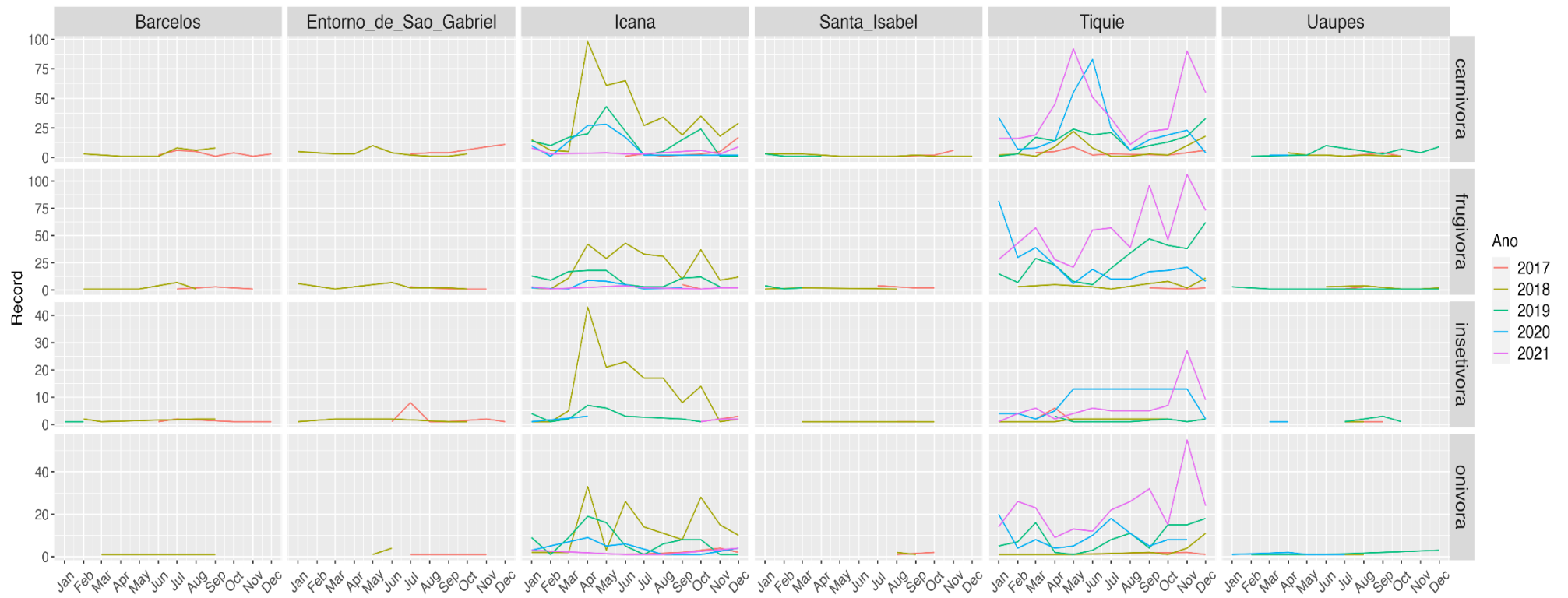


Figura 6 - Número de registro mensais de aves por bacia e grupo funcional entre 2017 e 2021.

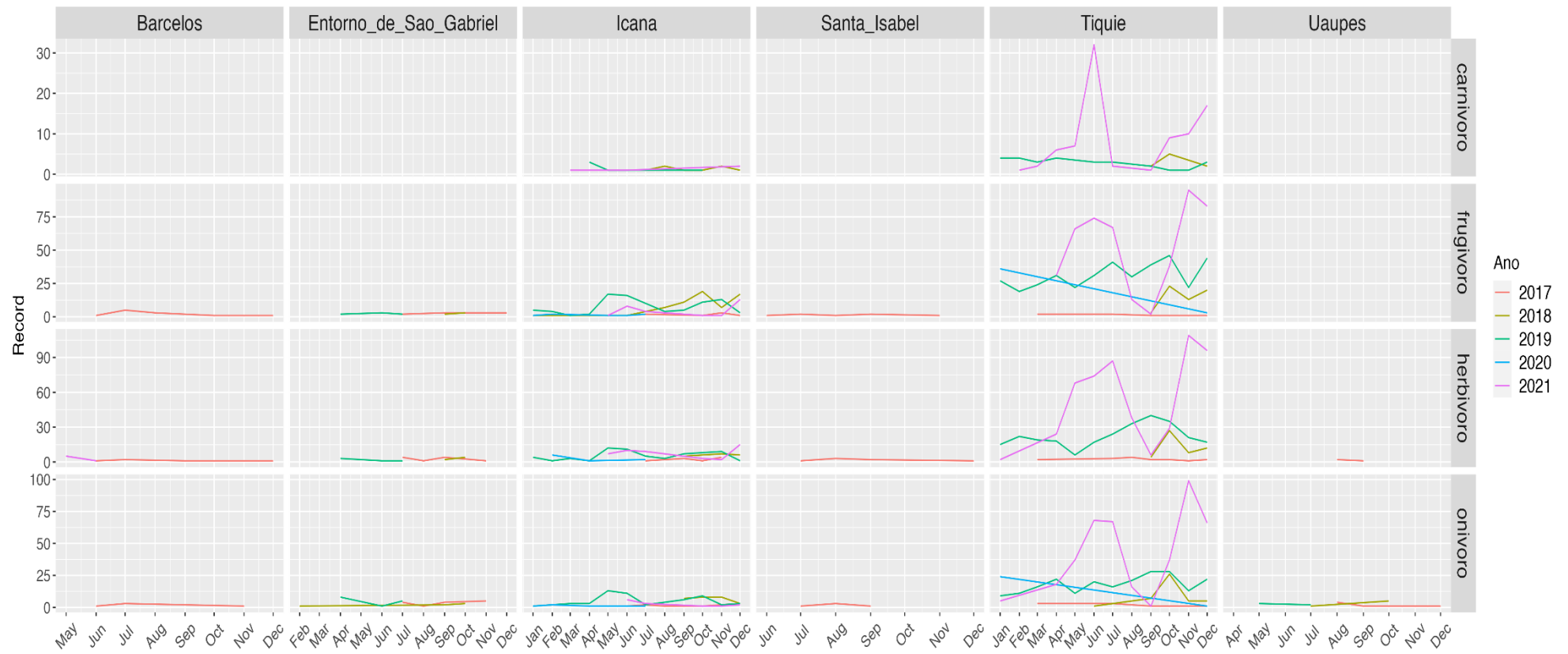


Figura 7- Número de registro mensais de mamíferos por bacia e grupo funcional entre 2017 e 2021.

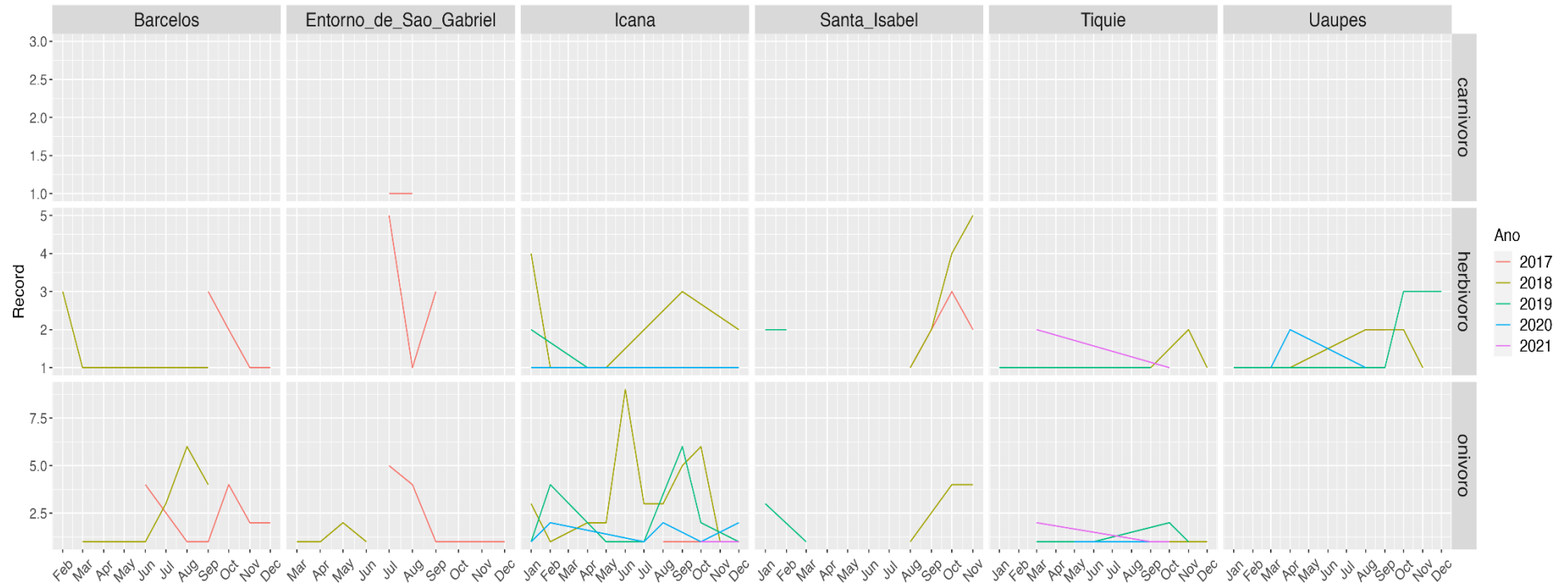


Figura 8 - Número de registro mensais de quelônios por bacia e grupo funcional entre 2017 e 2021.

3.3 Relações das variáveis ambientais e fogo com os grupos funcionais

Identificamos um efeito significativo da chuva total sobre o registro de aves carnívoras ($b= 0,072$, $p = 0,002$). Para os demais grupos não foi detectado efeito significativo, apesar de existirem tendências positivas da quantidade de chuva para todos os grupos funcionais de aves (Figura 9). Olhando o recorte do Tiquié mais Içana (locais com maior número de registros), a chuva passa a ter um efeito mais fraco. O preditor mais relevante para essas regiões foi a quantidade de focos de incêndio, apresentando relações negativas com o número de registros de aves insetívoras e omnívoras (Figura 10).

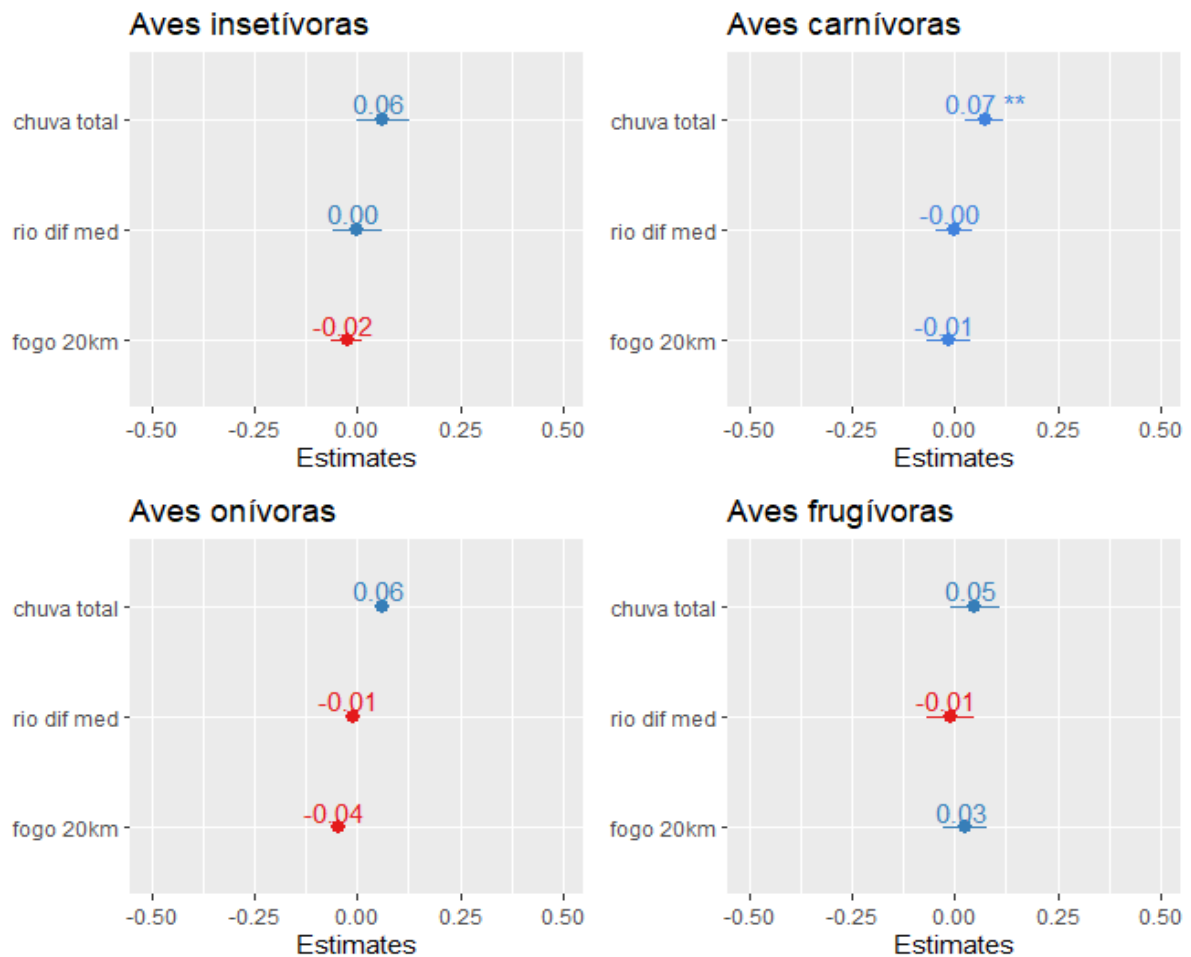


Figura 9 - Valores dos coeficientes de inclinação da reta para o número de aves insetívoras, carnívoras, onívoras e frugívoras. Valores negativos de inclinação da reta estão representados em vermelho e positivos em azul. O asterisco representa relações significativas (* $P < 0,05$ e ** $P < 0,01$).

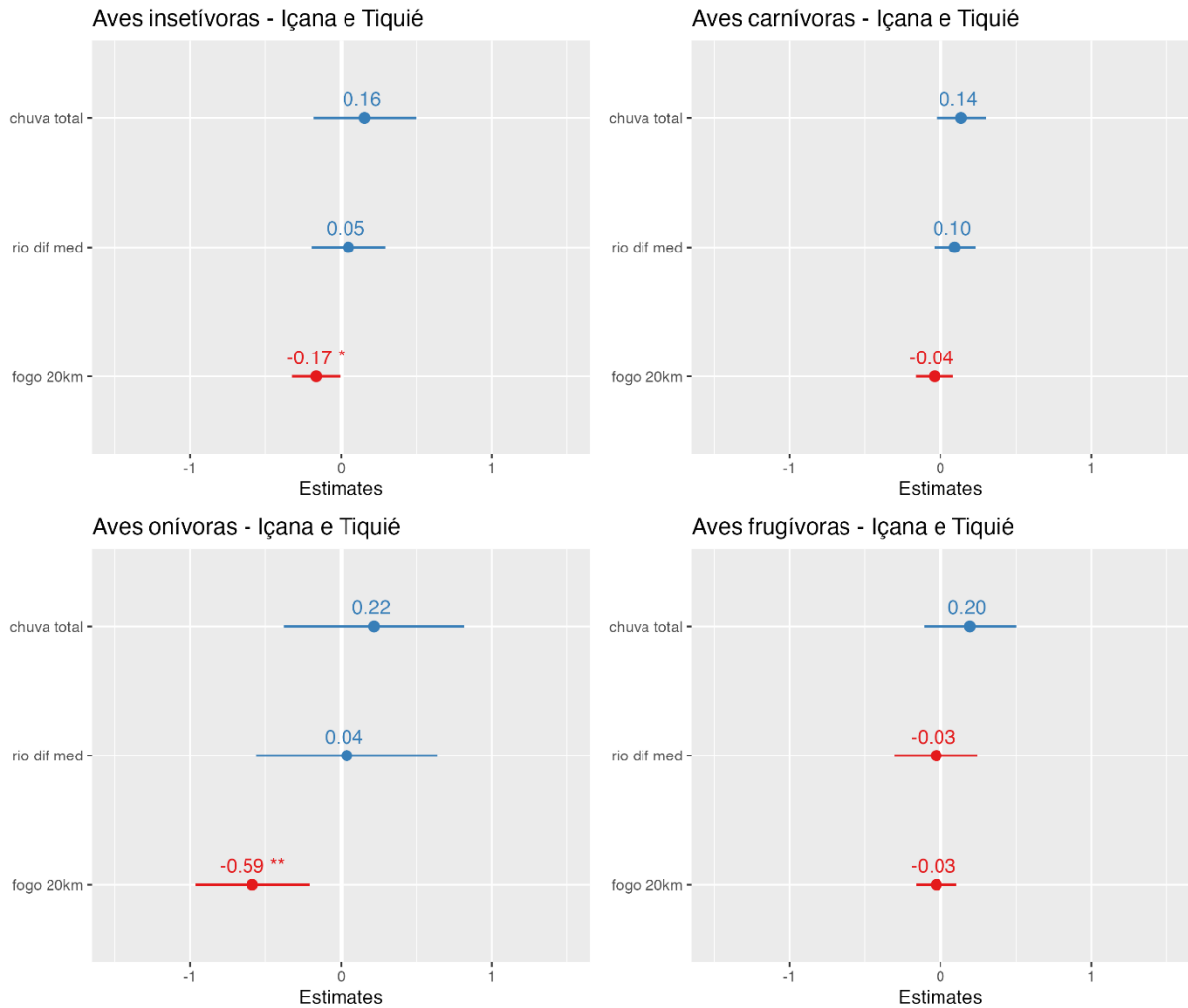


Figura 10- Valores dos coeficientes de inclinação da reta para o número de aves insetívoras, carnívoras, onívoras e frugívoras para a região do Içana e Tiquié. Valores negativos de inclinação da reta estão representados em vermelho e positivos em azul. O asterisco representa relações significativas (* $P < 0,05$ e ** $P < 0,01$).

Identificamos também uma relação significativa entre o registro de mamíferos frugívoros ($b = 0,261$, $p = 0,005$), e herbívoros ($b = 0,303$, $p = 0,004$) com a chuva total. Para os demais grupos não foi detectado uma relação significativa (Figura 11). Para a região do Içana e Tiquié também identificamos relações positivas entre o registro de mamíferos frugívoros e herbívoros com a chuva total mensal (Figura 12).

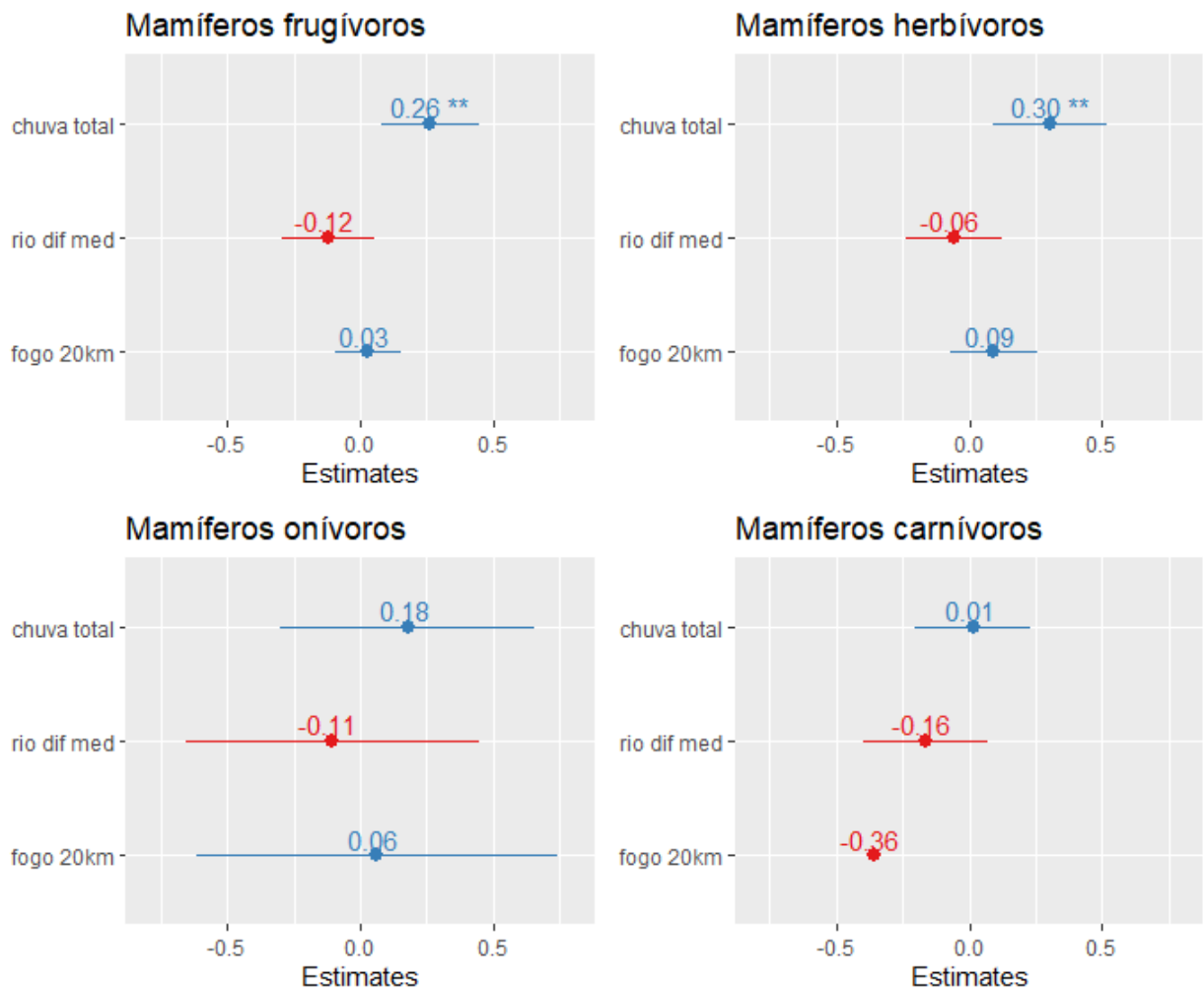


Figura 11 -Valores dos coeficientes de inclinação da reta para o número de mamíferos por grupo funcional registrados pelos AIMAs. Valores negativos estão representados em vermelho e positivos em azul. O asterisco representa relações significativas (** P<0,01).

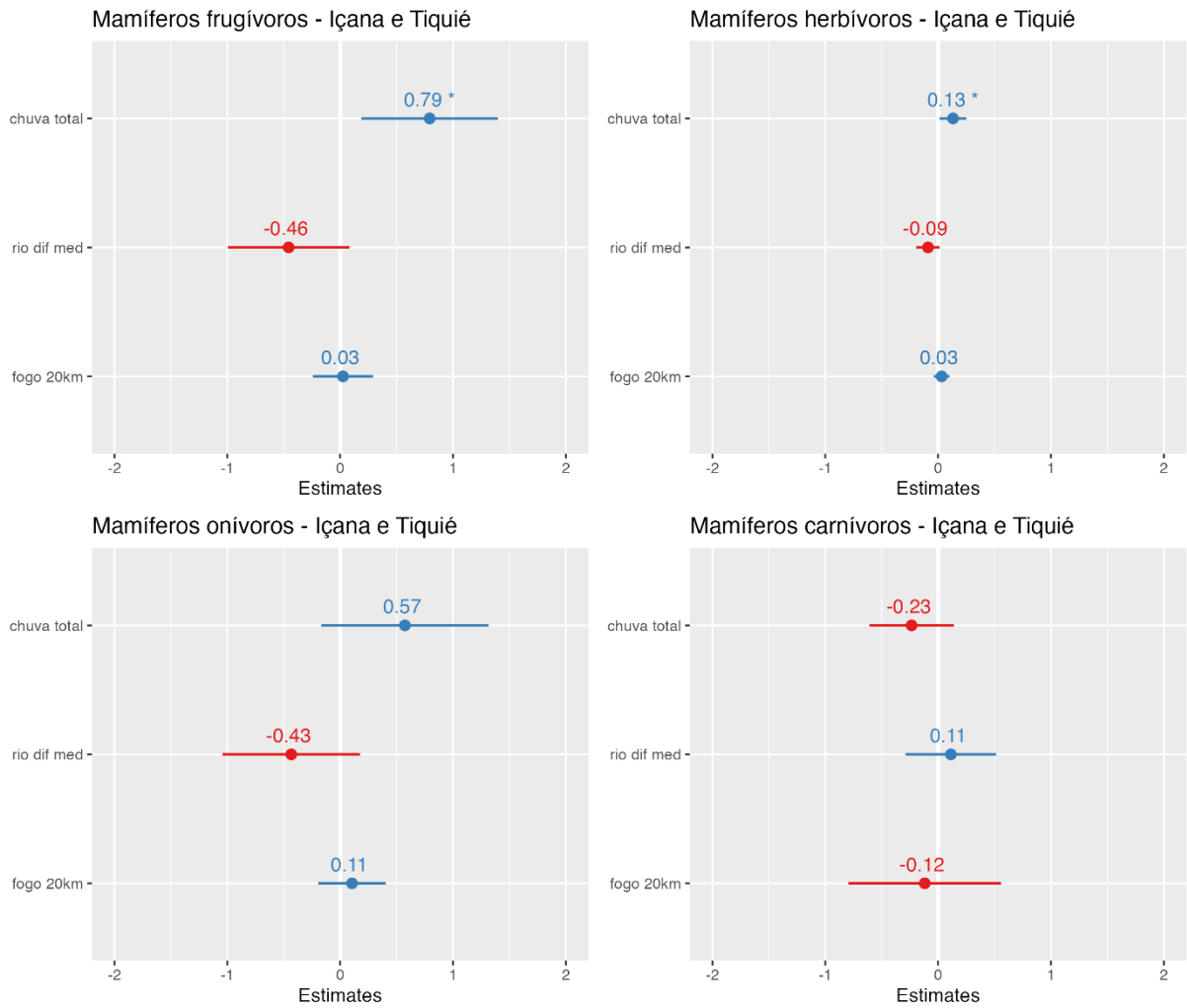


Figura 12 -Valores dos coeficientes de inclinação da reta para o número de mamíferos por grupo funcional registrados pelos AIMAs. Valores negativos estão representados em vermelho e positivos em azul. O asterisco representa relações significativas (* $P < 0,05$ e ** $P < 0,01$).

Encontramos uma tendência de relação negativa entre o número de registros de quelônios e todas as variáveis preditoras (Figura 13 e 14), porém as relações foram significativas apenas para a diminuição da ocorrência de quelônios herbívoros com aumento de focos de incêndio e da variação do nível do rio. O modelo explicou pouco da variação dos dados, R^2 marginal foi de 0,07 e o R^2 Condicional foi de 0,07 para os grupos de todas as regiões da Bacia do rio negro.

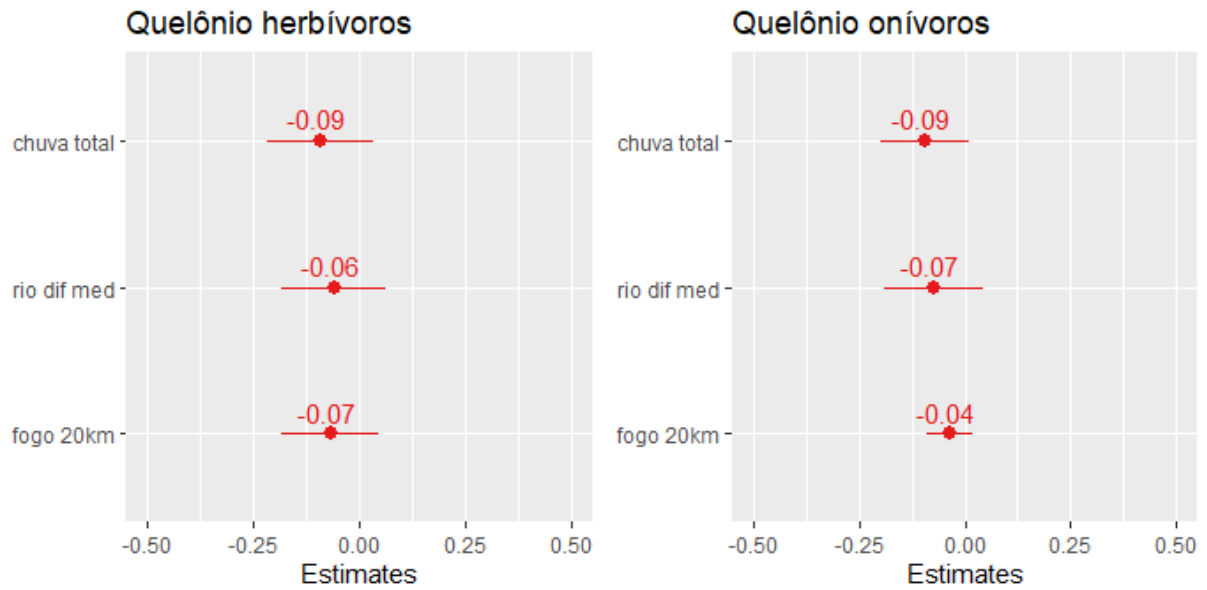


Figura 13 -Valores dos coeficientes de inclinação da reta para o número de quelônios herbívoros e onívoros para as todas as regiões. Valores negativos estão representados em vermelho e positivos em azul. O asterisco representa relações significativas (* $P < 0,05$).

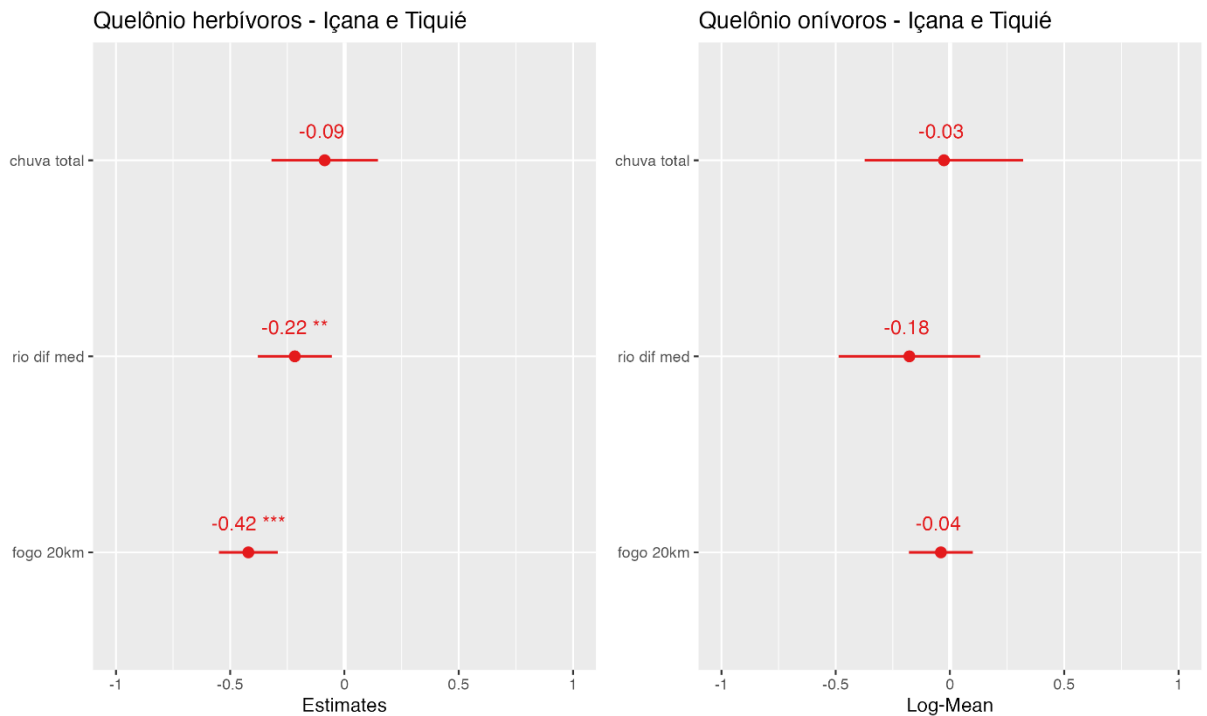


Figura 14 -Valores dos coeficientes de inclinação da reta para o número de quelônios herbívoros e onívoros para as todas as regiões. Valores negativos estão representados em vermelho e positivos em azul. O asterisco representa relações significativas (* $P < 0,05$).

De maneira em geral, uma menor parte da variação dos dados foi explicada pelas variáveis ambientais e focos de fogo (R^2 marginais) (Tabela 4). A maior parte da variação dos dados foi alcançada nos modelos com as variáveis randômicas (calha do rio e AIMAs - R^2 condicionais), indicando que uma parte importante da variação dos dados está associada a calha e aos AIMAs.

Tabela 4- Sumário dos valores do R^2 marginal e R^2 condicional dos modelos. O R^2 marginal representa a variação explicada pelas variáveis fixas e o R^2 condicional indica a quantidade de variação explicada pelas variáveis fixas e randômicas em conjunto.

Grupo funcional	R^2 marginal	R^2 condicional
Aves insetívoras	0,10	0,27
Aves carnívoras	0,04	0,31
Aves onívoras	0,04	0,34
Aves frugívoras	0,01	0,29
Mamíferos frugívoros	0,04	0,40
Mamíferos herbívoros	0,05	0,31
Mamíferos onívoros	0,02	0,21
Mamíferos carnívoros	0,03	0,07
Quelônios herbívoros	0,07	0,07
Quelônio onívoros	0,14	0,24

4 DISCUSSÃO

Neste estudo, foi realizada uma análise dos dados coletados pelos AIMAs para investigar a relação entre as variações ambientais e climáticas (pluviosidade, variação do nível do rio, e focos de fogo) com os registros de ocorrência de espécies de quelônios, aves e mamíferos na bacia do Rio Negro. Os resultados revelaram padrões distintos para cada grupo. Por exemplo, observamos uma relação positiva entre a precipitação e o número de registros para os grupos de aves e mamíferos, ao contrário do que foi visto para quelônios em que a relação foi negativa, principalmente para as regiões com maior quantidade de registros (Içana e Tiquié). Houve relação significativa positiva entre registros de aves carnívoras, mamíferos frugívoros e mamíferos herbívoros e precipitação. Por outro lado, a relação significativa negativa entre registros de aves insetívoras, aves onívoras e quelônios herbívoros com a ocorrência de focos de incêndio só foi observada nas análises restritas às regiões com maior número de registros (Içana e Tiquié).

Pesquisas anteriores destacaram a importância dos conhecimentos e práticas indígenas na preservação e reprodução da grande diversidade ambiental da Amazônia. Os povos indígenas possuem uma visão detalhada e única dos ecossistemas e dos ciclos de vida que os envolvem, acumulando um vasto conhecimento tradicional sobre a relação entre os seres vivos e o ambiente em que vivem (Cabalzaret *al.*, 2020). No entanto, pesquisas colaborativas, interculturais e interdisciplinares envolvendo pesquisadores não indígenas podem fortalecer ainda mais esses conhecimentos e práticas indígenas. Ao combinar os saberes tradicionais com as abordagens analíticas aplicadas pelos pesquisadores não indígenas, é possível obter uma comunicação intercultural mais completa e aprofundada dos ecossistemas amazônicos e das mudanças que ocorrem ao longo do tempo.

Quelônios, aves e mamíferos são indicadores da qualidade dos ecossistemas, desempenhando um papel importante na avaliação e monitoramento ambiental. A presença ou ausência desses grupos em um determinado local pode fornecer informações valiosas sobre a saúde do ambiente e os possíveis efeitos nas funções ecossistêmicas (Engelbrecht 2010; McGeochet *al.* 2011). Eles atuam como polinizadores, dispersores de sementes, predadores de pragas e participantes essenciais nos ciclos de nutrientes. Além disso os quelônios, aves e mamíferos fazem parte da dieta, além de estarem associados a cultura local.

Ao longo dos 5 anos de monitoramento, incluindo o período da pandemia de SARs-COV2, o número de Agentes Indígenas de Monitoramento Ambiental entre as regiões variou bastante. Essa variação na coleta de dados dos AIMAs teve um impacto direto na quantidade de espécies e famílias registradas para cada grupo animal. Em particular, como as regiões do Tiquié e Içana apresentavam um maior número de comunidades e um maior número de AIMAs, um maior número de espécies e famílias de todos os grupos foram registradas nessas áreas. Apesar dos nossos modelos terem controlado possíveis efeitos do número de AIMAs por região, essa desigualdade de observação entre os diferentes locais e ao longo dos meses pode gerar viés de informação, comprometendo a capacidade de monitorar, detectar e influenciar as mudanças nas regiões menos monitoradas (Stephenson *et al.* 2022).

A diversidade de espécies e grupos observados em nosso estudo revela a riqueza biológica da região. Entre esses táxons, as aves se destacaram, apresentando o maior número de registros e sendo observados em todas as regiões estudadas. Por outro lado, observamos que os mamíferos e quelônios apresentavam lacunas nos registros, com regiões em que não foram observados alguns grupos. Na região amazônica, as aves se destacam por sua diversidade em comparação a outros grupos de vertebrados (Marine *et al.* 2005). Além disso, as aves têm a capacidade de se deslocar por grandes distâncias, conectando áreas distintas e

podendo ser observadas em diferentes ambientes (Lundberg & Moberg 2003). Esses achados evidenciam a importância das aves como indicadores da biodiversidade ecológica, tanto pela sua diversidade quanto pela sua capacidade de ocupar diferentes habitats.

Foi observado que algumas regiões, como o entorno de São Gabriel, Içana e Uaupés, apresentaram índices de precipitação superiores a 500 mm durante o período de março a junho, mesmo período em que os rios nessas regiões tiveram as maiores médias de subida do nível de água. Outro fato interessante é que nos meses de janeiro, em todos os anos do estudo, foram observados altos índices de focos de fogo nessas regiões. É importante ressaltar que, nesse mesmo período, as regiões não apresentaram índices altos de chuva e as médias de subida da água dos rios foram baixas. Essa situação pode ser atribuída ao fato de que, durante as épocas de menor precipitação, a vegetação se torna mais seca e suscetível a incêndios (Dias 2008). Esses padrões evidenciam a importância de compreender como os fatores climáticos, como a chuva e a seca, afetam a dinâmica de ocorrência de incêndios florestais. A seca pode contribuir para a manifestação de incêndios, especialmente quando combinada com vegetação seca e altas temperaturas.

Em nosso estudo, encontramos uma relação significativa entre o grupo funcional de aves carnívoras e o índice de chuva, indicando que houve mais registros desse grupo durante os meses mais chuvosos. A chuva é um indicador importante de alta disponibilidade de alimentos e do período reprodutivo para as aves (Mezquida & Marone 2003; Houston 2013). Além disso, apenas nas regiões de Tiquié e Içana, identificamos uma relação negativa significativa entre os focos de incêndio e os registros de aves, indicando que quanto maior a incidência de incêndios, menor foi o número de registros de aves nessas regiões. Os incêndios podem causar alterações drásticas nas propriedades do solo (Certini 2005; Silva & Batalha 2008) e nas características da vegetação (Moreira *et al.* 2003, Cianciaruso *et al.* 2010), o que afeta diretamente a composição da fauna. É sabido que o fogo pode aumentar ou limitar a disponibilidade de recursos específicos em cada ambiente (Fulé *et al.* 2004, Morrison *et al.* 2006), o que acaba por influenciar os níveis populacionais de diferentes espécies, incluindo as aves (Ubaid 2014). Nossos resultados sugerem que tanto a chuva quanto os incêndios desempenham papéis importantes na distribuição e abundância das aves. A disponibilidade de alimentos e a qualidade do habitat são fatores cruciais para essas aves, e as mudanças induzidas pelo clima e pelos incêndios têm influenciado em sua sobrevivência.

Nossos resultados sugerem que tanto a chuva quanto os incêndios desempenham papéis importantes na distribuição e abundância das aves. A disponibilidade de alimentos e a

qualidade do habitat são fatores cruciais para essas aves, e as mudanças induzidas pelo clima e pelos incêndios têm influenciado em sua sobrevivência. Mesmo sendo uma região muito úmida, os ecossistemas do alto Rio Negro parecem ser sensíveis a diminuição de precipitação e alterações na duração da estação mais seca, que propicia ocorrência de incêndios. Menos precipitação e seca prolongada podem, portanto, levar a redução de abundância de aves, indicando menor produtividade dos ecossistemas.

Os regimes de chuvas também exerceram uma influência significativa nos registros dos grupos funcionais de mamíferos, tanto para herbívoros quanto para frugívoros, com mais registros nos anos mais chuvosos em todas as regiões e avaliando apenas as regiões de Tiquié e Içana. Durante o período chuvoso, ocorre maior produção de frutos, modificando a disponibilidade de recursos para alguns grupos de mamíferos (Vivo 2008). Nessa época, também há maior disponibilidade de água (Maestri & Marinho 2014). No entanto, a situação é diferente durante a época de seca, quando a cobertura vegetal é menos densa, o que permite uma melhor visibilidade dos animais e, por consequência, aumenta a possibilidade de predação (Schaik & Brockman 2005). Essas informações destacam a importância de considerar os efeitos sazonais, especialmente os regimes de chuvas, ao estudar a ecologia e comportamento dos grupos funcionais de mamíferos, uma vez que as variações climáticas têm um impacto direto na disponibilidade de recursos e nas possibilidades entre as espécies.

Os grupos de quelônios apenas apresentaram relação significativa com as variáveis preditoras de variação de nível do rio e focos de fogo quando foram realizadas análises apenas das regiões Içana e Tiquié, que concentram o maior número de registros. O menor registro de quelônios herbívoros em meses em que houve diminuição mais rápida do nível do rio e em meses que concentraram mais focos de incêndio de novo mostra uma sensibilidade da fauna à diminuição da disponibilidade de água nos ecossistemas do alto Rio Negro. No entanto, de acordo com Stephenson e seus colaboradores (2022), é comum que muitos dos táxons que apresentam falta de dados em uma pesquisa sejam aqueles considerados mais raros ou menos carismáticos, embora desempenhem um papel fundamental no funcionamento de um ecossistema. Portanto, a ausência de relação dos grupos de quelônios com variáveis as preditores neste estudo destaca a necessidade de maior atenção e esforço na coleta de dados desses animais, pois eles desempenham um papel importante no ecossistema, mesmo que sua presença possa passar despercebida.

Usamos o R^2 condicional para verificar quanto de variância total do modelo foi explicada pelas variáveis fixas (chuva, nível de rio e focos de fogo) e pelas variáveis randômicas (região e AIMA). Praticamente para todos os modelos, valores mais altos do R^2

condicional foram encontrados. Isso pode indicar que cada região apresenta abundância distinta dos grupos estudados e responde de maneira única a variações ambientais. Além disso, as diferentes regiões são ocupadas por etnias diferentes, que podem possuir diferentes formas de interpretar e observar a natureza.

Este estudo representa um marco significativo ao analisar quantitativamente, pela primeira vez, os dados sobre ocorrência de aves, mamíferos e quelônios coletados pelos Agentes indígenas de manejo Ambiental (AIMAs) na região do alto e médio Rio Negro, na Bacia do Rio Negro, no período de 2017 a 2021. Esses dados resultam de uma pesquisa colaborativa para analisar dados de monitoramento ambiental e climático realizado pelos AIMAs. A região do alto e médio Rio Negro apresenta níveis de precipitação muito altos e boa parte da região se encontra protegida por Terras Indígenas demarcadas ou em demarcação e algumas Unidades de Conservação (RAISG). Esse cenário indica resiliência potencial frente a mudanças de uso da terra e mudanças climáticas.

No entanto, as análises baseadas no monitoramento de longo prazo realizadas pelos AIMAs mostram que os ecossistemas do alto e médio Rio Negro passam por transformações relacionadas com a disponibilidade de água, com a abundância da fauna sendo afetada positivamente pelo aumento de precipitação e negativamente pela ocorrência de incêndios. Só foi possível detectar essas tendências graças ao monitoramento de longo prazo realizado pelos AIMAs. Apesar de ainda pouco conhecida pelos pesquisadores não indígenas, estudos indicam que a região do alto e médio Rio Negro é dominada por terrenos arenosos e de baixa fertilidade e biomassa, aparentemente bastante suscetíveis a diminuição na precipitação e ao aumento da duração dos períodos mais secos (Walker *et al* 2019).

Sendo assim o monitoramento realizado pelos AIMAs mostra que a região precisa ser continuamente monitorada para detectar mudanças na abundância de animais causada por mudanças climáticas globais que possam comprometer os modos de vida das populações locais. Atualmente modelos climáticos globais são ainda muito incertos sobre os efeitos das mudanças climáticas globais sobre a variação na precipitação na Amazônia (Murphy *et al.*, 2019; Ribas *et al* 2022), e mais estudos nesse sentido são necessários para aumentar a previsibilidade e garantir a manutenção dos modos de vida das populações indígenas e ribeirinhas que habitam esses ecossistemas frágeis em um equilíbrio delicado.

A abordagem adotada reflete o reconhecimento e o respeito pelo conhecimento e as preocupações das comunidades indígenas em relação ao seu bem-estar diante das ameaças que enfrentam, especialmente no contexto das mudanças climáticas (Cabalar 2016;

Cabalzaret *al.* 2020). Os AIMAs, com base em seus ciclos anuais de conhecimento e práticas tradicionais, desempenharam um papel fundamental na coleta de dados ambientais e climáticos, fornecendo informações valiosas sobre as condições locais e as tendências ao longo do tempo.

5 CONCLUSÃO

Nossos resultados reforçam a noção de que a participação conjunta de povos indígenas e não indígenas no monitoramento pode fornecer informações cruciais para identificar problemas socioambientais decorrentes de variações climáticas em diferentes regiões. Esses povos, que vivenciam de perto essas mudanças, desempenham um papel fundamental nesse processo. No nosso estudo, ao adotar uma abordagem intercultural na análise de dados de monitoramento, observamos uma sensibilidade de alguns grupos funcionais de aves, mamíferos e quelônios a mudanças ambientais.

Observamos que a chuva desempenha um papel significativo para a ocorrência da fauna. Essa descoberta é alarmante, pois indica que alterações nos índices de precipitação e na sazonalidade podem afetar os ecossistemas locais, que são ecologicamente frágeis. Essa informação serve como um alerta sobre a importância de monitorar e preservar o equilíbrio climático, a fim de garantir o equilíbrio dos ecossistemas e a abundância de grupos da fauna regional, essencial para a vida das populações tradicionais indígenas e ribeirinhas. Essa é uma região que requer mais investigação para entender completamente a relação entre o clima e a biodiversidade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albert, J.S.; Carnaval, A.C., Flantua, S.G.A., Lohmann, L.G.; Ribas, C.C.; Riff, D.; Carrillo, J.D.; Fan, Y.; Figueiredo, J.J.P.; Guayasamin, J.M.; Hoorn, C.; Melo, G.H.; Nascimento, N.; Quesada, C.A.; Ulloa, C.U.; Val, P.; Arieira, P.; Encalada, AC.; Nobre, C. Human impacts outpace natural processes in the Amazon. *Science*, 379:1-9.

Blondel, J. 2003. Guildas ou grupos funcionais: isso importa? *Oikos*, 100(2), 223–231.

Cabalzar, A. (Org.) 2010. *Manejo do mundo: conhecimentos e práticas dos povos indígenas do Rio Negro*, ISA - Instituto socioambiental, São Paulo; FOIRN - Federação das Organizações Indígenas do Rio Negro, São Gabriel da Cachoeira, AM, 240p.

Cabalzar, A. 2016. *Ciclos anuais no Rio Tiquié: pesquisas colaborativas e manejo ambiental no noroeste amazônico*. Instituto Socioambiental; São Gabriel da Cachoeira, AM, 67p.

Cabalzar, A.; Alves, R. 2017. Verão extremo em Barcelos. Aru, revista de pesquisa intercultural da bacia do rio Negro, *Amazonia*, ano 1:1

Cabalzar, A.; Pimenta, N. C.; Dzoodzo, J. C, Alves, R.A. 2020. Ciclos anuais e mudanças ambientais e climáticas no Rio Negro Experiências de pesquisas colaborativas. *Revista de divulgação científica*, 2179-1287.

Certini, G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia* 143: 1-10.

Cianciaruso, M.V., Silva, I.A. e Batalha, M.A. 2010. Aboveground biomass of functional groups in the ground layer of savannas under different fire frequencies. *Australian Journal of Botany*, 58: 169-174.

Costa, F. R. C.; Zuanon, J.; Baccaro, F. B.; Almeida, J. S.; Menger, J. D. S.; Souza, J. L. P.; Castilho, C. V. D. 2020. Effects of climate change on central Amazonian forests: a two decades synthesis of monitoring tropical biodiversity. *Oecologia Australis*, 24: 317-335.

Cunha, M.C.; Magalhães, S.B.; Adams, C. 2021. *Povos tradicionais e biodiversidade no Brasil: contribuições dos povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais para a biodiversidade, políticas e ameaças*. Laure Emperaire (Ed), São Paulo, 278 p.

Dias, G.F. 2008. *Queimadas e incêndios florestais: cenários e desafios: subsídios para a educação ambiental*. Brasília: MMA, Ibama, 2008. 32 p.

Engelbrecht, I.A. 2010. Invertebrate species inventories in protected area management: are they useful? *African Entomology*, 18:235-245.

Fulé, P.Z., Cocke, A.E., Heinlein, T.A. e Covington, W.W. 2004. Effects of an intense prescribed fire: is it ecological restoration? *Restoration Ecology* 12(2): 220-230.

- Gonçalves, L. J. M.; Araújo, S. R. V.; Lima, A. M.M.; Rocha, E. J. P. 2013. *Estimativa da distribuição da precipitação pluviométrica e de vazões mínimas de referência para as bacias dos rios branco e negro*. In. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.
- Grimm, I. J.; Alcantara, L. C. S.; Sampaio, C. A. C., 2018. O turismo no cenário das mudanças climáticas: impactos, possibilidades e desafios. *Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo*, 12(3), 1-22.
- Hartig, F. 2017. *DHARMA: residual diagnostics for hierarchical (multi-level/mixed) regression models* R.package version 0.1, 5(5).
- Houston, W.A. 2013. Breeding cues in a wetland-dependent Australian passerine of the seasonally wet-dry tropics. *Austral Ecology*, 38: 617-626
- IPCC. 2021. *INTERGOVERNMENTAL PANEL CLIMATE CHANGE - Special Report on Emissions Scenarios*. Relatório. Cambridge. 608 p.
- Jirinec, V.; Burner, R. C.; Amaral, B. R.; Bierregaard Jr, R. O.; Arellano, G. F.; Hernández-Palma, A.; Johnson, E.I.; Lovejoy, T. E.; Powell, L. L.; Rutt, C. L.; Wolfe, J. D.; Stouffer, P. C. 2021. Morphological consequences of climate change for resident birds in intact Amazonian rainforest. *Science Advances*, 7(743), 12.
- Junk W.J. 1997. The Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsing System. *Springer*: 548
- Lopes, A.; Piedade, M.T.F. 2015. *Conhecendo as aéreas úmidas amazônicas: uma viagem pelas várzeas e igapós*. Ed. INPA, Manaus. 164 p
- Lundberg, J.; Moberg. 2003. Mobile Link Organisms and Ecosystem Functioning: Implications for Ecosystem Resilience and Management, *Ecosystems*, 6: 0087–0098
- Maestri, R.; Marinho, J. R. 2014. Singing in the rain. Rainfall and moonlight affect daily activity patterns of rodents in a Neotropical forest. *Acta Theriologica*, 59(3), 427-433.
- Magnusson, W. Ernest; Ishikawa, N. K.; Lima, A. P; Dias, D. V.; Costa, F. M; Holanda, A. S.S; Santos, G. G. A; Freitas, M. A; Rodrigues, D.; Pezzini, F. F, Barreto, M. R; Baccaro, F. B; Emilio, T.; Vargas-Isla, R. 2016. A linha de véu: a biodiversidade brasileira desconhecida. *Parcerias. Estratégicas*, 21(42), 45-60.
- Marengo, J.A.; Souza Jr, C. 2018. *Mudanças Climáticas: impactos e cenários para a Amazônia*. Relatório Greenpeace.
- Marine, M. A.; Garcia F. I. 2005. Conservação de Aves no Brasil. *Megadiversidade*, 1 (1): 95-102.
- McGeoch, M.A.; Sithole, H.; Samways, M.J.; Simaika, J.P.; Pryke, J.S., Picker M, Uys C.; Armstrong, A.J.; Dippenaar-Schoeman, A.S.; Engelbrecht, I.A.; Braschler B.; Hamer M. 2011. Conservation and monitoring of invertebrates in terrestrial protected areas. *Koedoe*, 53:1-13.
- Mezquida, E.T; Marone, L. 2003 Comparison of the reproductive biology of two *Poospiza* Warbling-finches of Argentina in wet and dry Years. *Ardea*, 91: 251-262.

- Mezquida, E.T; Marone, L. 2003 Comparison of the reproductive biology of two *Pooipiza* Warbling-finches of Argetina in wet and dry Years.*Ardea*,91: 251-262.
- Moreira, F., Delgado, A., Ferreira, S., Borralho, R., Oliveira, N., Inácio, M., Silva, J.S. e Rego, F. 2003.Effects of prescribed fire on vegetation structure and breeding birds in young *Pinus pinaster* stands of northern Portugal. *Forest Ecology and Management* 184: 225-237.
- Morrison, L.M., Marcot, B.G. e Mannan, R.W. 2006. *Wildlife-habitat relationships: concepts and applications*. 3ª ed. Island Press, Washington.181p.
- Murphy, J.M., Harris, G.R., Sexton, D.M.H., Kendon, E.J., Bett, P.E., Clark, R.T. & Yamazaki, K. 2019. *UKCP18 land projections: Science report*. Met Office technical reports, 191.
- Parmesan, C. 2006. **Ecological and Evolutionary responses to recent climate change**. Annual Review of Ecology.*Evolution, and Systematics*, v. 37, pp. 637-669.
- Pecl, G. T.; Araújo, M. B.; Bell, J. D.; Blanchard, J.; Bonebrake, T.; Willians, S. E. 2017. Biodiversity redistribution under climate change: impacts on ecosystems and human well-being. *Science*, 355(1389),1-9.
- Pereira Júnior, P.D. 2009. Aspectos Ecológicos da Determinação Sexual em Tartarugas.*Acta Amazônica*, 39(1), 139 – 154.
- RADAM Brasil. 1976. *Levantamento de Recursos Naturais: Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação, Uso Potencial da Terra*. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral, 1973-1981.
- Ryding, S; Klaassen, M.; Tattersall, G.J.; Gardner, J.L.; Symonds, M.R. 2021.Shape-shifting: changing animal morphologies as a response to climatic warming.*Trends in Ecology & Evolution*, 31:1036-1048
- Schaik, C. P. V.; Brockman, D. K. 2005. Seasonality in primate ecology, reproduction, and life history: An overview. In D. Brockman & C. Schaik (Eds.), Seasonality in Primates: Studies of Living and Extinct Human and Non-Human Primates. *Cambridge Studies in BiologicalandEvolutionaryAnthropology*, 3: 3-20.
- SEMA. 2019. *Plano estadual de recursos hídricos do amazonas -diagnóstico, prognóstico e cenáriosfuturos dos recursos hídricos do estado*. 259p.
- Silva, A.L.2008. Animais medicinais: conhecimento e uso entre as populações ribeirinhas do rio Negro, Amazonas, Brasil. *Ciências Humanas*, 3(3), 343-357.
- Silva, B.C.; Leal, I.T.L.; Gama, V.T.P.; Lobato, J.C.S.; Martins, L.G.; Alfaia, J.G.P.; Alfaia, A.C.P.; Pereira, A.N.S. 2002. Diagnóstico do consumo de quelônios (Testudines) no município de Abaetetuba Pará: Implicações para a conservação de espécies.*Research, Society andDevelopment*, 11(7), 1-10.
- Silva, D.M. e Batalha, M.A. 2008. Soil–vegetation relationships in cerrados under diferente fire frequencies. *Plant Soil*,311: 87-96.

- Soto-Correa, J. C.; Sáenz-Romero, C.; Linding-Cineros, R.; De La Barrera, E. 2013. The neotropical shrub *Lupinus elegans*, from temperate forests, may not adapt to climate change. *Plant Biology*, 15:607-610.
- Stephenson, P.J.; Londoño-Murcia, M.C.; Borges, P.A.V.; McMullan-Fisher, S.; Meeuwig, J.J.; Unter, K.M.M.; Walls, J.L.; Burfield, I.J.; Correa, D.C.V.; Geller, G.N.; Roesler, I.; Rovero, F.; Sharma, Y.P.; Wiwardhana, N.W. 2022. Measuring the Impact of Conservation: The Growing Importance of Monitoring Fauna. *Flora and Funga, Diversity* 14(10), 824.
- Stouffer, P. C.; Jirinec, V.; Rutt, C. L.; Bierregaard Jr, R. O.; Hernandez-Palma, A.; Johnson, E.I.; Midway, S.R.; Powell, L.L.; Wolfe, J. D.; Lovejoy, T.E. 2021. Long-term change in the avifauna of undisturbed Amazonian rainforest: ground-foraging birds disappear and the baseline shifts. *Ecology Letters*, 24:186–195.
- Tylianakis, J. M.; Didham, R. K.; Bascompte, J.; Wardle, D. A. 2008. Global change and species interactions in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 11:1351-1363.
- Ubaid, F.K. 2014. *Efeitos do Fogo Sobre Comunidades De Aves No Pantanal Mato-Grossense*. Tese de doutorado. Instituto de Biociências de Botucatu. Brasil. 121p.
- Vivo, M. 2008. *Mamíferos e mudanças climáticas*. In: Bucheridge, M.S. (org.) Rima (Ed.) *Biologia e mudanças climáticas no Brasil*, p. 207-223.
- Walker, W.S.; Gorelik, S.R.; Baccini, A.; Aragon-osejo, J.L.; Josse, C.; Meyer, C.; Macedo, m.n.; e outros. 2020. The role of forest conversion, degradation, and disturbance in the carbon dynamics of Amazon indigenous territories and protected áreas. *PNAS*, 117(6), 3015 – 3025.
- Zeidemann, V. K. 2001. *O rio de águas negras*. IN: Oliveira, A. A.; Daly, D. Companhia das Letras: UNIP, São Paulo. Floresta do Rio Negro, 337p.