




O fogo e a herpetofauna no Pantanal: observações durante e após os incêndios

Alejandro Valencia-Zuleta¹

 <https://orcid.org/0000-0003-2515-6709>


Aline Richter²

 <https://orcid.org/0000-0001-6385-153X>


Gabriela do Valle Alvarenga³

 <https://orcid.org/0000-0003-2633-1660>


Flavia Regina de Queiroz Batista²

 <https://orcid.org/0000-0002-0942-8420>


Leonardo Felipe Bairos Moreira⁴

 <https://orcid.org/0000-0002-2753-9933>

Bruna Arbo-Meneses²

 <https://orcid.org/0000-0002-8144-5786>


Ana Paula Gomes Lustosa²

 <https://orcid.org/0000-0002-0468-8637>


Christine Strüssmann⁵

 <https://orcid.org/0000-0001-9880-9489>

Carlos Roberto Abrahão²

 <https://orcid.org/0000-0002-5952-7929>

Lara Gomes Côrtes^{2,*}

 <https://orcid.org/0000-0001-9918-7589>

* Contato principal

¹ Universidade Federal de Goiás/UFG, Departamento de Ecologia, Laboratório de Herpetologia e Comportamento Animal, Goiânia/GO, Brasil. <alejandrovalencia08@gmail.com>.

² Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ICMBio, Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Répteis e Anfíbios/RAN, Goiânia/GO, Brasil. <aline.richter.bolsista@icmbio.gov.br, flavia.batista@icmbio.gov.br, brunameneses@gmail.com, ana-paula.lustosa@icmbio.gov.br, carlos.abrahaao@icmbio.gov.br, lara.cortes@icmbio.gov.br>.

³ Universidade Federal de Mato Grosso/UFMT, Programa de pós-graduação em ecologia, Campus Cuiabá, Cuiabá/MT, Brasil. <gabidovallea@hotmail.com>.

⁴ Instituto Nacional de Pesquisa do Pantanal/INPP, Campus da UFMT, Boa Esperança, Cuiabá/MT, Brasil. <leonardobm@gmail.com>.

⁵ Universidade Federal de Mato Grosso/UFMT, Faculdade de Medicina Veterinária, Boa Esperança, Cuiabá/MT, Brasil. <christrussmann@gmail.com>.

Recebido em 08/03/2024 – Aceito em 13/08/2024

Como citar:

Valencia-Zuleta A, Richter A, Alvarenga GV, Batista FRQ, Moreira LFB, Arbo-Meneses B, Lustosa APG, Strüssmann C, Abrahão CR, Côrtes LG. O fogo e a herpetofauna no Pantanal: observações durante e após os incêndios. *Biodivers. Bras.* [Internet]. 2024; 14(4): 1-21. doi: 10.37002/biodiversidadebrasileira.v14i4.2556

Palavras-chave: Áreas úmidas; anfíbios; répteis; emergências ambientais; monitoramento.

RESUMO – O Pantanal vem sofrendo diferentes ameaças ao longo dos anos, as quais têm alterado suas paisagens e prejudicado o pulso de inundação. Desde 2020, uma das maiores preocupações relativas à conservação de biodiversidade do bioma é a mudança do regime de fogo e os impactos dos grandes incêndios. O aumento na frequência e na intensidade de incêndios é uma das ameaças apontadas pela ciência como causa de declínio mundial das populações de anfíbios e répteis. O objetivo principal deste trabalho foi descrever os padrões observados na composição, distribuição e história natural das espécies de répteis e anfíbios amostrados durante e após os eventos de incêndio que vêm afetando o Pantanal desde 2020. Além disso, apontamos as dificuldades enfrentadas para estimar o impacto do fogo sobre a herpetofauna local e sugerimos aprimoramentos da metodologia utilizada. Os dados foram obtidos durante seis expedições, realizadas entre 2020 e 2023, em momentos hidrológicos distintos (seca e vazante) e em diferentes circunstâncias de amostragem: emergência e



monitoramento. Emergência compreende os registros feitos durante eventos de incêndio e consistiu na contagem de animais mortos; enquanto o monitoramento, aplicado em momentos sem fogo, consistiu na amostragem passiva e ativa de animais vivos. Para cada espécie registrada durante as amostragens buscamos na literatura informações complementares sobre a categoria de risco de extinção, *habitat* e hábitos. Considerando as expedições e as diferentes metodologias aplicadas, contabilizamos 1708 registros de 45 espécies nos municípios de Barão de Melgaço e Poconé. A riqueza e abundância de anfíbios e répteis responderam de formas diferentes em campanhas emergenciais e no monitoramento. Os anfíbios de grande porte com hábitos terrestres ou semifossoriais, assim como as serpentes aquáticas e semiaquáticas, foram os grupos com maior número de carcaças registradas após os incêndios. Durante o monitoramento, entretanto, avistamentos de serpentes aquáticas foram muito reduzidos. Nesse contexto, destacamos a importância de estudos de monitoramento de longo prazo com metodologias adequadas às condições hidrológicas, grupo taxonômico e ocorrência de incêndios. *Helicops boitata*, uma espécie de cobra d'água endêmica do Pantanal, foi registrada apenas durante a campanha de contagem de animais mortos nos incêndios de 2020, realizada na estação seca. A recorrência de grandes incêndios na região pode representar forte ameaça para essa e outras espécies com hábitos semelhantes. O monitoramento contínuo de áreas amostradas durante incêndios é de extrema importância para identificar espécies resilientes ou intolerantes ao fogo e fundamental para o desenvolvimento de medidas de conservação adequadas para cada grupo taxonômico.

Fire and herpetofauna in the Pantanal: observations during and post-fire events

Keywords: Wetlands; amphibians; reptiles; environmental emergencies; monitoring.

ABSTRACT – The Pantanal has faced different threats over the years, which have altered its landscapes and harmed the flood pulse. Since 2020, one of the foremost concerns regarding preserving the biome's biodiversity has been the change in the fire regime and the impacts of extensive fires. The increase in the frequency and intensity of fires is one of the threats identified by science as a cause of the global decline in amphibian and reptile populations. The main objective of this study was to describe the patterns observed in the composition, distribution, and natural history of reptile and amphibian species sampled during and post-fire incidents that have been affecting the Pantanal since 2020. Additionally, we point out the difficulties in estimating the impact of fire on the herpetofauna of the Pantanal and suggest improvements to the methodology used. Data were obtained during six expeditions carried out between 2020 and 2023, at different hydrological periods (dry and low water) and in different sampling circumstances: emergency and monitoring. Emergency refers to the records made during fire events and consists of counting dead animals, while monitoring, applied during free-fire periods, consists of passive and active sampling of live animals. For each species recorded during sampling, we sought complementary information in the literature regarding extinction risk category, habitat, and habits. Considering all the expeditions and the different methodologies, we documented 1708 records of 45 species in the municipalities of Barão de Melgaço and Poconé. The richness and abundance of amphibians and reptiles responded differently in emergency and monitoring campaigns. Large-bodied amphibians with terrestrial/semifossorial habits, as well as aquatic and semiaquatic snakes, were the groups with the highest number of deaths recorded after the fire. During monitoring, however, sightings of aquatic snakes were very low. In this context, we highlight the importance of long-term monitoring studies, with methodologies appropriate to the hydrological conditions, taxonomic group, and fire occurrence. *Helicops boitata*, a species of water snake endemic to the Pantanal, was recorded only during the campaign to count dead animals in the 2020 fires carried out during the dry season. The recurrence of large fires in the region may pose a serious threat to this and other

species with similar habits. Continuous monitoring of areas sampled during fires is extremely important to identify fire-resilient or intolerant species and is fundamental for the development of appropriate conservation measures for each taxonomic group.

El fuego y la herpetofauna del Pantanal: observaciones durante y después de los incendios

Palabras clave: humedales, anfibios, reptiles, emergencias ambientales, monitoreo.

RESUMEN – El Pantanal ha sufrido diferentes amenazas a lo largo de los años, las cuales han alterado sus paisajes y afectado el ciclo de inundaciones. Desde 2020, una de las mayores preocupaciones en términos de conservación de la biodiversidad de este bioma es el cambio en el régimen de incendios y los impactos de los grandes incendios. El aumento de la frecuencia e intensidad de los incendios se ha identificado como una de las amenazas que, según la ciencia, están contribuyendo al declive de las poblaciones de anfibios y reptiles. El objetivo principal de este estudio fue describir los patrones observados en la composición, distribución e historia natural de las especies de reptiles y anfibios del Pantanal, muestreados durante y después de los incendios ocurridos desde 2020. También, indicamos las dificultades encontradas al estimar el impacto del fuego en la herpetofauna del Pantanal y se proponen mejoras metodológicas para futuras investigaciones. Para obtener los datos, se utilizaron dos circunstancias de muestreo: emergencia y monitoreo. La emergencia comprendió recopilar informaciones durante eventos de incendio, consistiendo en el conteo de animales muertos, mientras que el monitoreo se realizó en periodos sin incendio, mediante muestreos pasivos y activos de animales vivos. Para cada especie registrada durante el muestreo, se recopilaron datos sobre la categoría de riesgo de extinción, hábitat y hábito. Considerando todas las expediciones y las diferentes metodologías, se documentaron 1708 registros de 45 especies en los municipios de Barão de Melgaço y Poconé. La riqueza y la abundancia de anfibios y reptiles respondieron de manera diferente a las campañas de emergencia y monitoreo. Los anfibios de gran tamaño con hábitos terrestres/semifosoriales, así como las serpientes acuáticas y semiacuáticas, fueron los grupos con mayor número de muertes registradas después del incendio. Durante el monitoreo, sin embargo, los avistamientos de serpientes acuáticas fueron muy reducidos. En este contexto, destacamos la importancia de estudios de monitoreo a largo plazo, con metodologías adecuadas a las condiciones hidrológicas, grupo taxonómico y ocurrencia de incendios. *Helicops boitata*, una especie de serpiente acuática endémica del Pantanal fue registrada únicamente durante la campaña de conteo de animales muertos en los incendios de 2020, realizada en la estación seca. La recurrencia de grandes incendios en la región puede representar una fuerte amenaza para esta y otras especies con hábitos similares. El monitoreo continuo de áreas muestreadas durante incendios es de extrema importancia para identificar especies resilientes o intolerantes al fuego y fundamental para el desarrollo de medidas de conservación adecuadas para cada grupo taxonómico.

Introdução

O Pantanal, a maior área úmida continental contínua do planeta, desempenha múltiplos serviços ecossistêmicos fundamentais para os ciclos hidrológicos e biogeoquímicos, incluindo: provisão; purificação e recarga hídrica; fontes e sumidouros de carbono, além de abrigar diversas espécies abundantes no bioma[1]. Embora seja

considerado um dos biomas brasileiros mais bem preservados, o Pantanal vem sofrendo diferentes ameaças ao longo dos anos, as quais têm alterado suas paisagens e prejudicado o pulso de inundação. Entre 1985 e 2022, a área destinada à agropecuária quase triplicou no Pantanal, chegando a mais de 2,2 milhões de hectares[2]. A hidrologia do Pantanal também está comprometida por um programa acelerado de construção de barragens na Bacia do

Alto Paraguai[3][4]. Essas mudanças na dinâmica do uso e cobertura do solo, associadas com as alterações climáticas, aceleram as mudanças no regime natural de fogo, tornando esses eventos mais frequentes e intensos[5], o que apresenta desafios ambientais e sociais urgentes.

Além disso, as mudanças climáticas têm alterado o regime de chuvas e causado o prolongamento de estações secas e o aumento das temperaturas máximas no Pantanal[6]. Nas últimas três décadas, os ambientes aquáticos da região sofreram uma redução notável[7]. Esse encolhimento, aliado a recorrentes ondas de calor, tem favorecido a propagação de incêndios. Os campos e savanas do Pantanal têm um histórico de incêndios sazonais, os quais originalmente se concentram na transição da estação seca para a chuvosa (i.e., incêndios sazonais provocados por raios). Contudo, ignições induzidas pelo homem (i.e., fogueiras, queima para limpeza de pastagens) podem acontecer ao longo de todo o ano, resultando em incêndios mais extremos dependendo das condições climáticas[8]. Considerando apenas o ano de 2020, a frequência de incêndios aumentou exponencialmente à medida que a acessibilidade humana expandiu, com 60 % dos focos de incêndio ocorrendo a 5 km de ferrovias, rios e rodovias [9]. A sinergia entre extremos climáticos, intensificação agrícola e outros estressores tem tornado os incêndios cada vez mais frequentes no bioma, o que representa forte ameaça para espécies sensíveis ao fogo[10]. Essas mudanças no regime de fogo são extremamente perigosas, sobretudo em ecossistemas com baixa resiliência ao fogo, como áreas úmidas em geral[11]. Tais alterações têm o potencial de prejudicar até mesmo espécies adaptadas e dependentes da presença regular do fogo[12][13].

Em 2020, grandes incêndios consumiram aproximadamente 40.000 km² do Pantanal brasileiro[14]. Esse foi o maior incêndio já registrado na história do bioma desde o início do monitoramento de focos de calor na região[15]. Um estudo utilizando a metodologia *distance sampling*[16], que permite estimar a densidade de animais ao longo de transectos, estimou que pelo menos dezessete milhões de vertebrados morreram afetados diretamente pelos incêndios naquele ano. Desses, cerca de 237 mil eram répteis, especialmente serpentes e lagartos, e cerca de dez milhões eram anfíbios[16]. Já um outro estudo, considerando a densidade conhecida das espécies no bioma, sugeriu que o número de vertebrados mortos direta ou indiretamente pelos incêndios em 2020 pode chegar aos 65 milhões[17].

No que diz respeito à herpetofauna, os mecanismos que levam ao declínio ou à sobrevivência das populações em decorrência das alterações ambientais causadas pelo fogo ainda são pouco compreendidos[10][18][19], especialmente na região neotropical. Em ecossistemas sujeitos a incêndios regulares, o fogo pode desempenhar um papel-chave na criação e manutenção da vegetação, na regeneração de *habitat* e no fornecimento de recursos para essas espécies[20]. No entanto, os incêndios podem variar em amplitude e intensidade[21]. Em grandes escalas e frequências, provocam a degeneração de *habitat* e grande mortalidade na fauna, afetando a sobrevivência e o comportamento das espécies[21][22]. Assim, alterações no regime de fogo podem ser ainda mais relevantes para anfíbios e répteis [12][18][23][24][25] – por conta da limitada capacidade de dispersão, estreita dependência e alta sensibilidade às perturbações do *habitat*[26].

Por esses motivos, agregar informações sobre mortalidade imediata em áreas recém queimadas, além dos registros de ocorrência das espécies é fundamental para compreender os impactos dos grandes incêndios sobre a herpetofauna e como as espécies estão distribuídas na planície. Contudo, também é um desafio complexo, pois demanda diferentes formas de estimar a diversidade em *habitat* e condições ambientais variadas. Este estudo teve como objetivo principal apresentar dados descritivos sobre i) número de espécimes de anfíbios e répteis mortos em áreas recém queimadas durante as campanhas emergenciais; ii) riqueza de espécies, abundância, *habitat*, hábitos e distribuição das espécies de répteis e anfíbios registrados nas campanhas entre os anos de 2020 e 2023; e, por fim, iii) dificuldades encontradas para obtenção dos dados, apresentando sugestões para o desenvolvimento de metodologias adequadas aos momentos hidrológicos distintos (seca e cheia) e em diferentes circunstâncias (presença ou ausência de fogo). Desta forma, buscamos contribuir com informações iniciais para o desenvolvimento de estratégias que permitam melhorar a compreensão do impacto do fogo sobre as espécies de répteis e anfíbios do Pantanal, em especial as espécies ameaçadas.

Material e Métodos

Área de estudo

O Pantanal é uma grande planície aluvial com cerca de 179 mil km², situada na depressão da Bacia do Alto Paraguai. Sua abrangência se estende aos

territórios do Paraguai (4%), da Bolívia (18%) e cerca de 150 mil km² no Brasil (78%) – nos estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso[27]. A região apresenta um pulso de inundação sazonal monomodal com variabilidade anual e plurianual[28], tendo períodos de seca (maio a setembro) e de chuvas (outubro a abril) bem definidos. A planície apresenta defasagem entre o início das chuvas e a cheia, boa parte devido à baixa declividade do local[29]. Essa defasagem corresponde ao período de enchente, enquanto o período de transição do final da cheia para a seca é conhecido como vazante[30].

A planície do Pantanal compreende um mosaico de vegetações associadas à áreas permanentemente aquáticas, áreas invadidas pela água apenas durante as cheias e áreas permanentemente terrestres (levemente elevadas), como os capões e as cordilheiras[31]. As áreas sujeitas à inundação sazonal variam quanto à cobertura vegetal, desde formações completamente desprovidas de cobertura, passando por campos limpos naturais (cobertos com

plantas herbáceas), áreas mistas com agrupamento de plantas herbáceas, arbustivas e árvores (e.g., campos de murundus, campo tomado por invasoras, como o canjical, pombeiral, algodão etc.), florestas mono específicas (e.g., cambarazal, carvoeiro) até florestas poliespecíficas com diferentes tolerâncias ao tempo de inundação[32].

Características da vegetação, bem como aspectos relacionados aos padrões de inundação, ao relevo, a processos de sedimentação e tipos de solos, entre outros, têm sido usadas para delimitar diferentes sub-regiões do Pantanal (e.g., [29][33]). O presente estudo foi realizado na porção setentrional da planície alagável do Pantanal brasileiro, nas imediações dos municípios de Poconé e de Barão de Melgaço (Figura 1). Paisagens e *habitat* característicos do Pantanal foram descritos e figurados, entre outros, em trabalhos como os de Campos Filho[34] e Costa e colaboradores[35], para áreas no município de Poconé, e por Cordeiro[36], para áreas alagáveis localizadas no município de Barão de Melgaço.

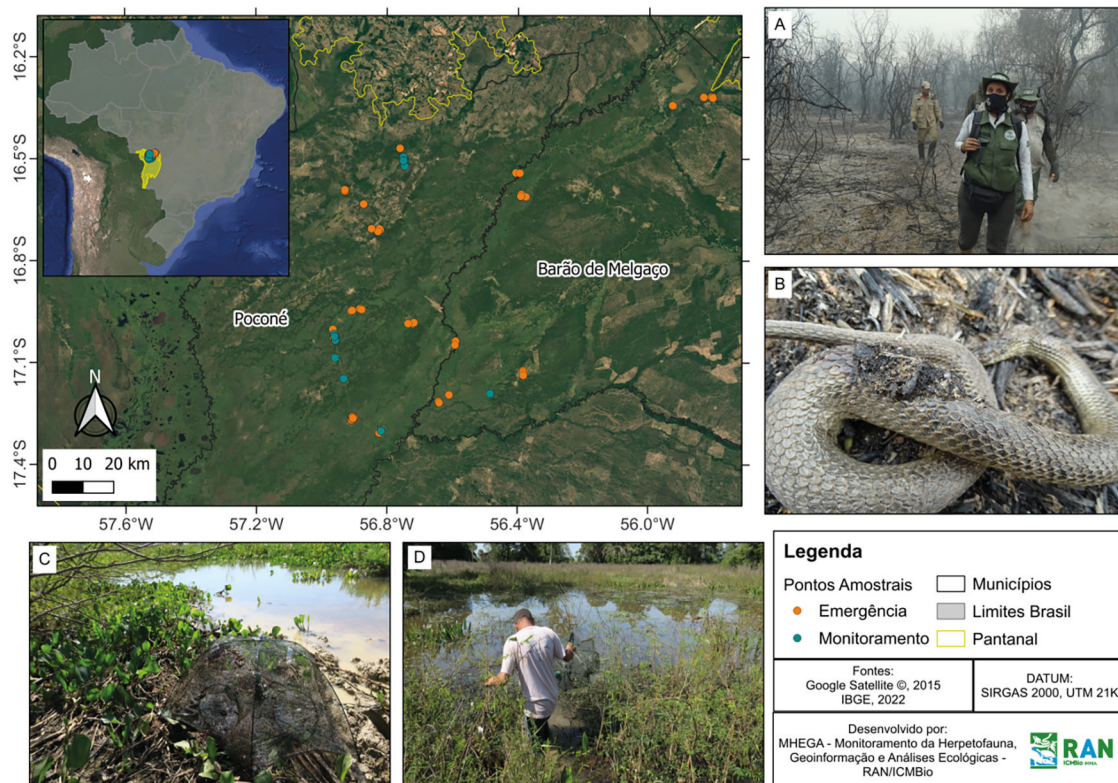


Figura 1 – Mapa da área de estudo indicando os pontos amostrados durante campanhas em circunstâncias de emergência e de monitoramento da fauna de anfíbios e répteis afetados por incêndios no Pantanal, municípios de Poconé e Barão de Melgaço, Mato Grosso, entre 2020 e 2023. (a) amostragens na emergência; (b) espécime de serpente queimada pelo fogo; (C-D) ilustram o uso de armadilhas de covo, um dos protocolos utilizados no monitoramento.

Amostragem da herpetofauna

Após o grande incêndio ocorrido em 2020[14], o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Répteis e Anfíbios (RAN) passou a coletar informações sobre a herpetofauna do Pantanal em duas circunstâncias distintas.

EMERGÊNCIA: amostragens do impacto direto do fogo foram realizadas durante a temporada de incêndios, em áreas com intervalo de até 72 horas da passagem do fogo. Essas áreas foram localizadas a partir de informações de focos de calor nos meses de junho a novembro obtidas por meio do satélite NPP-375, acessadas no banco de dados do Programa de Queimadas do INPE[37]. Para contabilizar os animais mortos nos incêndios, realizamos buscas a pé em transectos de até dois km de extensão e largura variável, utilizando a metodologia *distance sampling*[16][38]. Os transectos foram conduzidos por duas pessoas, uma responsável pela linearidade do trajeto, e outra por contabilizar e medir a distância perpendicular do animal morto até a linha do transecto (Figura 1A, B). Duas campanhas foram realizadas: a primeira entre os meses de setembro e outubro de 2020 e a segunda em agosto e setembro de 2021 (Tabela 1).

MONITORAMENTO: Na ausência de incêndios foram utilizadas duas abordagens para o monito-

ramento de ambientes terrestres e aquáticos. No ambiente aquático, utilizamos armadilhas tipo covão, que consiste em um método passivo para a captura de espécies de hábitos aquáticos e semiaquáticos. Os covões foram construídos em tela plástica, medindo cerca de 90 x 90 x 35 cm, com seis entradas, cada entrada com cerca de 5 cm de abertura de cada boca da armadilha (Figura 1C, D). No interior de cada armadilha, um cilindro de espuma (15 cm de comprimento x 3 cm raio) foi colocado para evitar a submersão total. As armadilhas foram distribuídas em oito pontos de amostragem, sendo quatro pontos de amostragem em áreas que foram queimadas nos anos de 2020 e 2021 e quatro pontos de em áreas não queimadas. Em cada ponto amostral foram instaladas cinco armadilhas de covão, distantes entre si por 500 m. Uma distância de 700 m foi mantida entre os pontos de amostragem de um mesmo tratamento (queimado ou não queimado). As armadilhas foram checadas e inspecionadas diariamente, sendo registrados todos os espécimes de répteis e anfíbios capturados. No ambiente terrestre, dois observadores utilizaram o método de busca ativa[39] por duas horas no período matutino e por duas horas no período noturno. O monitoramento usando essas metodologias foi realizado em quatro expedições (Tabela 1).

Tabela 1 – Expedições realizadas no Pantanal entre 2020 e 2023 para o registro de anfíbios e répteis durante circunstâncias de emergência ou monitoramento.

Estação	Data	Amostragem	Método de amostragem
Seca	Setembro/2020 e outubro/2020	Emergência	Transectos em áreas recém queimadas para contagem de animais mortos
Vazante	Maio/2021	Monitoramento	Busca ativa e armadilhas de covão para amostragem de animais vivos
Seca	Agosto/2021 e setembro/2021	Emergência	Transectos em áreas recém queimadas para contagem de animais mortos
Vazante	Junho/2022	Monitoramento	Busca ativa e armadilhas de covão para amostragem de animais vivos
Seca	Setembro/2022	Monitoramento	Busca ativa para amostragem de animais vivos
Vazante	Abril/2023	Monitoramento	Busca ativa e armadilhas de covão para amostragem de animais vivos

Para cada espécime encontrado foram registradas informações sobre localização (coordenadas geográficas e município), data, estação, método de amostragem, circunstâncias (emergência ou monitoramento), condição do espécime (vivo

ou morto), tipo de *habitat* e hábito. Também foi registrado se o local queimou ou não, e o tempo decorrido desde o incêndio. Registros ocasionais, realizados fora dos períodos e locais específicos de amostragem, complementam a lista de espécies

apresentada, mas não foram incluídos nas análises de dados. Essas informações estão descritas no Material Suplementar 1. Todos os espécimes foram identificados até o menor nível taxonômico possível. Alguns exemplares não puderam ser identificados no nível de espécie, devido à carbonização da carcaça. A nomenclatura das espécies seguiu as listas de anfíbios[40] e répteis[41] do Brasil.

Levantamento de dados secundários

Para cada espécie registrada durante as amostragens, foram levantados dados sobre a categoria de risco de extinção, o *habitat* e hábitos (Material Suplementar 2). A categoria de risco de extinção de cada espécie foi consultada no Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade (SALVE)[42]. Informações sobre *habitat* e hábito das espécies foram compiladas a partir de artigos científicos e dados inéditos informados por especialistas, posteriormente validados pela equipe de herpetólogos do RAN. O *habitat* de cada espécie foi posteriormente categorizado segundo a classificação de uso e cobertura do solo do MapBiomass[2]: floresta natural, savana, campos, rupícola, alagados ou pântanos, rio e lago, outra formação natural não florestal, floresta plantada, pastagem, lavoura temporária, lavoura perene, infraestrutura urbana, mosaico de agricultura e pastagem. Subsequentemente, essas classes foram reagrupadas em três categorias: (i) *habitat* nativos (N), quando a espécie ocorre em florestas naturais, savanas, campos, ambientes rupícolas e outras formações naturais não florestais; (ii) *habitat* rurais (R), quando ocorre em mosaicos de agricultura, lavouras perenes e temporárias, e pastagens; e (iii) *habitat* urbanos (U), quando ocorre entre a infraestrutura urbana. Já o hábito foi categorizado como: arborícola (AR), aquático (AQ), fossorial (FO), terrestre (TE), semiarborícola (SA), semiaquático (SQ) e semifossorial (SF).

Para cada ponto amostrado, o tempo da ocorrência dos incêndios foi classificado em três categorias, com base nas informações obtidas pelo satélite NPP-375, acessadas no banco de dados do Programa de Queimadas do INPE[37]. A categoria “atual” abrange áreas afetadas pelo fogo até 72 horas antes das amostragens, realizadas durante as campanhas emergenciais. A categoria “recente” inclui locais amostrados onde o fogo passou há pelos menos um ano. Por fim, a categoria “muito antigo” refere-se a áreas amostradas onde a passagem de fogo ocorreu há mais de vinte anos.

Análise de dados

Foi realizada uma análise descritiva dos dados obtidos, visando identificar as diferenças mais relevantes entre os registros realizados em circunstâncias distintas (emergência e monitoramento), bem como compreender a variação nos dados ao longo do tempo de amostragem. Além disso, realizou-se uma busca por pontos amostrais que se repetiram ao longo das coletas, com base em suas coordenadas geográficas, com o intuito de identificar possíveis locais adequados para a instalação de pontos de monitoramento fixo. Apenas dois pontos apresentaram repetição, sendo, então, escolhidos como base para a construção de um *buffer* de dez quilômetros ao redor de seus centroides. Esse *buffer* foi empregado para filtrar exclusivamente os pontos localizados dentro de sua área, assumindo a similaridade espacial das amostragens nesta região. Os dados filtrados foram utilizados para análise de autocorrelação espacial da ocorrência das espécies dentro de cada *buffer*, utilizando o teste de Mantel[43]. A significância do teste foi obtida através de 9.999 permutações. Para o cálculo da matriz de dissimilaridade das espécies, usamos o índice de Jaccard e os dados foram explorados no ambiente R[44]. Para as análises descritivas foram utilizados os pacotes *s*[45], *tidyverse*[46] e *ggplot2*[47] e, para o teste de Mantel, os pacotes *vegan*[48] e *geosphere*[49].

Resultados e Discussão

Ao longo do estudo foram realizados 1.707 registros de interesse, de 45 espécies, nos municípios de Barão de Melgaço e Poconé (Tabela 2). Também foram feitos quinze registros ocasionais, de quatro espécies (Tabela 2). *Cercosaura parkeri* foi registrada apenas de modo ocasional. Um lagarto, um anuro e duas serpentes não puderam ser identificados no nível de espécie (Tabela 2) devido à carbonização das carcaças. Sete indivíduos de anfíbios e cinco indivíduos de lagartos foram encontrados vivos (Tabela 2), em áreas recém queimadas, durante as campanhas de emergência.

Neste estudo, os répteis foram o grupo com maior número espécies (28, 62% da riqueza) e de registros (1.034, 61% do total de registros), em comparação com os anfíbios (dezessete espécies, 669 registros). Esse padrão segue o esperado com a riqueza da herpetofauna no Pantanal, onde se registra uma maior diversidade de répteis em

relação aos anfíbios[30][50][51], mas contrasta com a abundância registrada no bioma, onde anfíbios costumam ser mais abundantes do que os répteis[30]. No entanto, esse menor número de anfíbios registrados foi provavelmente um efeito direto do

fogo durante a emergência, sendo esse grupo mais facilmente consumido pelo fogo. Consideramos também os efeitos metodológicos e da temporalidade para a amostragem durante o monitoramento, que podem ter reduzido a capacidade de detecção de indivíduos.

Tabela 2 – Espécies de anfíbios e répteis registradas entre 2020 e 2023 durante amostragens de emergência e de monitoramento em áreas do Pantanal com e sem histórico recente de fogo nos municípios de Poconé e Barão de Melgaço, estado de Mato Grosso. Para cada espécie é indicado o número de registros de animais vivos e mortos em diferentes circunstâncias de amostragem: emergência (E), monitoramento (M) ou encontros ocasionais (EO); o método de amostragem: busca ativa (BA) e armadilhas de covão (AC); o hábito da espécie: aquático (AQ), arborícola (AR), fossorial (FO), semiaquático (SQ), semiarborícola (SA), semifossorial (SF) e terrestre (TE); e a categoria de risco de extinção do SALVE: menos preocupante (LC) e não avaliado (NA). O “*” indica a quantidade de registros de animais vivos, encontrados durante as campanhas de emergência.

	E	M	EO	Método	Hábito	Categoria
AMPHIBIA						
ANURA						
Indeterminado	1			BA	-	-
Bufonidae						
<i>Rhinella diptycha</i>	4	15		BA	TE	LC
Hylidae						
<i>Boana geographica</i>		2		BA	AR	LC
<i>Boana raniceps</i>		21		BA	AR	LC
<i>Lysapsus limellum</i>		6		BA	SQ	LC
<i>Osteocephalus taurinus</i>		6		BA	AR	LC
<i>Pseudis platensis</i>		28		BA	SQ	NA
<i>Scinax acuminatus</i>		3		BA	AR	LC
<i>Scinax nasicus</i>		15		BA	AR	LC
<i>Trachycephalus typhonius</i>		8		BA	AR	LC
Leptodactylidae						
<i>Leptodactylus elenae</i>		1		BA	SF, TE	LC
<i>Leptodactylus fuscus</i>		227		BA	SF, TE	LC
<i>Leptodactylus luctator</i>	6			BA	SF, TE	NA
<i>Leptodactylus macrosternum</i>	23	268		BA	SF, TE	LC
<i>Physalaemus albonotatus</i>		26		BA	TE	LC
<i>Pseudopaludicola motorzinho</i>		2		BA	SQ, TE	LC
Microhylidae						
<i>Chiasmocleis albopunctata</i>		1		BA	FO	LC

Phyllomedusidae				BA		
<i>Pithecopus azureus</i>	7*			BA	AR	LC
REPTILIA						
CROCODYLIA						
Alligatoridae						
<i>Caiman yacare</i>	7	548		BA	SQ	LC
SQUAMATA						
SAURIA						
Indeterminado	1			BA	-	-
Anolidae						
<i>Norops meridionalis</i>	3*			BA	SA	LC
Diploglossidae						
<i>Ophiodes</i> sp.	1			BA	FO	NA
Gymnophthalmidae						
<i>Cercosaura parkeri</i>			2		SF, TE	LC
Iguanidae						
<i>Iguana iguana</i>	2	5		BA	AR	LC
Polychrotidae						
<i>Polychrus acutirostris</i>	1			BA	AR	LC
Scincidae						
<i>Copeoglossum nigropunctatum</i>	1	3		BA	SF	LC
<i>Manciola guaporicola</i>	3 (1*)			BA	SF	LC
Teiidae						
<i>Ameiva ameiva</i>	3	213		BA	TE	LC
<i>Dracaena paraguayensis</i>	2	1		BA	SQ	LC
<i>Salvator merianae</i>	1	6		BA	TE	LC
<i>Tupinambis matipu</i>	2 (1*)	52	8	BA	TE	LC
Tropiduridae						
<i>Tropidurus torquatus</i>		21		BA	AR	LC
SERPENTES						
Indeterminado	2			BA	-	-
Boidae						
<i>Eunectes notaeus</i>	16	2		AC, BA	SQ	LC

Colubridae						
<i>Chironius laurenti</i>	1	1		BA	SA	LC
<i>Chironius quadricarinatus</i>		2	1	BA	AR	LC
<i>Leptophis marginatus</i>	1	1		BA	AR	LC
Dipsadidae						
<i>Dryophylax chaquensis</i>	2			BA	SA	LC
<i>Helicops boitata</i>	6			BA	SQ	LC
<i>Helicops leopardinus</i>	61	11	4	AC, BA	AQ	LC
<i>Hydrodynastes gigas</i>	3			BA	SQ	LC
<i>Hydrops caesurus</i>	1	1		BA	AQ	LC
<i>Philodryas olfersii</i>		2		BA	SA	LC
<i>Pseudoboa nigra</i>	3	1		AC, BA	TE	LC
<i>Pseudoeryx plicatilis</i>	30	1		AC, BA	SQ	LC
Typhlopidae						
<i>Amerotyphlops brongersmianus</i>	1			BA	FO	LC
Viperidae						
<i>Bothrops mattogrossensis</i>	1			BA	TE	LC
TESTUDINES						
Chelidae						
<i>Acanthochelys macrocephala</i>	1	2		BA	SQ, TE	LC
Testudinidae						
<i>Chelonoidis carbonarius</i>	2	6		BA	TE	LC
Número de espécies	29	34	4			
Número de registros	199	1508	15			

A ordem Anura apresentou o maior número de espécies registradas, totalizando dezessete, seguida pela subordem Serpentes, com catorze espécies, e pela subordem Sauria, com onze espécies (Figura 2a). Por outro lado, as ordens Testudinata e Crocodylia apresentaram a menor diversidade, com apenas duas e uma espécie registrada, respectivamente (Figura 2). Entre os anfíbios, um total de cinco famílias foram registradas (Figura 2b), sendo que

Hylidae (oito espécies) e Leptodactylidae (seis espécies) apresentaram o maior número de espécies – um padrão comum ao longo de levantamentos no Pantanal[52][50][53][54][55][30]. Já entre os répteis, quinze famílias foram registradas (Figura 2b), sendo Dipsadidae (oito espécies) a mais representativa, o que também é um padrão esperado, uma vez que é um dos grupos mais diversos no Pantanal[50][30].

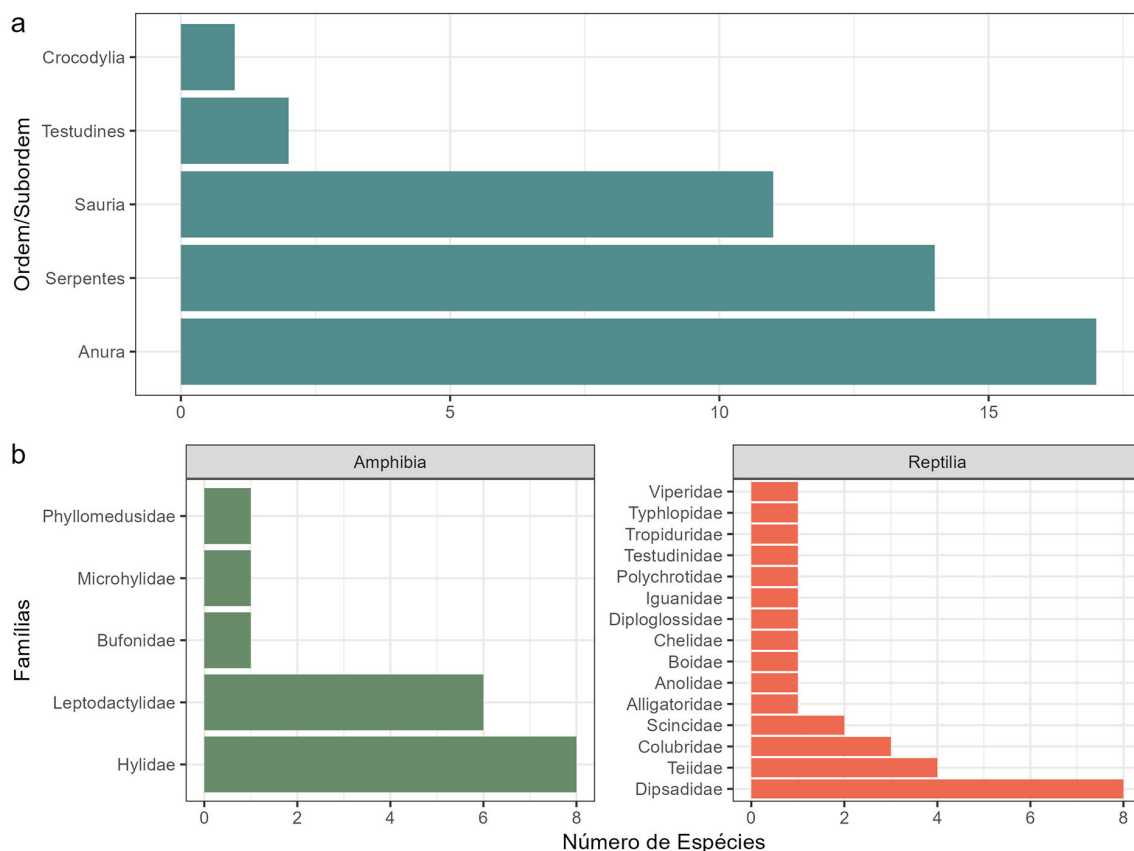


Figura 2 – Distribuição do número de espécies por ordem/subordem (a) e por família de anfíbios e répteis (b) registrados durante as amostragens de emergência e monitoramento realizadas no Pantanal entre 2020 e 2023.

Em relação às amostragens, foram observadas diferenças na composição dos grupos e na frequência dos registros, bem como nos *habitat* e hábitos das espécies encontradas tanto no monitoramento quanto na emergência (Figura 3-5). Durante a emergência, os registros de serpentes foram mais frequentes, enquanto anuros, crocodilianos, lagartos e quelônios foram mais comuns durante o monitoramento (Figura 3a).

Durante a emergência, houve menor número de famílias (três, 60%) e de espécies (quatro, 23,5%) entre os anfíbios, comparado ao monitoramento (cinco famílias, 83%; quinze espécies, 88%) (Figura 3b-c). Os indivíduos das espécies *Rhinella diptycha* (Bufonidae), *Leptodactylus luctator* e *L. macrosternum* (Leptodactylidae) foram encontrados exclusivamente mortos durante a emergência, enquanto *Pithecopus azureus* (Phyllomedusidae) foi a única espécie com indivíduos sobreviventes na área queimada (Figura 3b-c). Destaca-se que as espécies com indivíduos mortos são de grande porte, podendo atingir comprimentos superiores a 100 mm[56][57], o que provavelmente facilitou sua observação durante a emergência. Durante os incêndios, a detecção de

anfíbios mortos é dificultada devido ao seu pequeno tamanho corporal e à possibilidade de estarem em locais de difícil acesso, como buracos, fendas ou mesmo cobertos pelas cinzas[16], bem como devido à possível predação. Embora indivíduos de *P. azureus* tenham sido encontrados vivos durante as amostragens emergenciais, é desconhecido se sobreviveram ou morreram, pois não houve acompanhamento dos indivíduos.

Em contraste, durante o monitoramento, houve maior riqueza e abundância de anfíbios na área de estudo (Figura 3b-c). Esse padrão era esperado, pois as amostragens não foram limitadas aos locais com passagem do fogo, como na emergência, e foram realizadas em locais próximos a corpos de água, onde as condições climáticas e os *habitat* são mais favoráveis para a atividade e reprodução dos anfíbios[30][52]. Essas características temporais e espaciais facilitaram a detecção visual e acústica dos anfíbios durante o monitoramento, principalmente aqueles com reprodução contínua e prolongada[30][58]. Embora o número de espécies tenha sido maior nessa circunstância, duas das espécies registradas na

região foram exceções: *L. luctator* e *P. azureus*, que, encontradas na emergência, não foram registradas durante o monitoramento. A ausência dessas espécies pode ser atribuída a questões associadas à metodologia implementada, período de amostragem, assim como de identificação taxonômica. Por exemplo, *L. luctator* pode ter sido confundida com *L. macrosternum*, uma espécie irmã[56], resultando em erro ou dificuldade na identificação. Por outro lado, *P. azureus*, que exibe uma coloração verde e tem tamanho corporal pequeno[55], pode dificultar sua detecção no meio da vegetação, especialmente por não estar em período reprodutivo durante as amostragens do monitoramento[58].

Entre os répteis, amostragens feitas durante a emergência registraram um maior número de famílias (14, 93%) e espécies (25, 89%) para a área de estudo quando comparado com o monitoramento (dez famílias, 67%; dezenove espécies, 68%) (Figura 3b, d). Na emergência houve nove espécies registradas exclusivamente, cinco serpentes: *Amerotyphlops brongersmianus*, *Bothrops matrogrossensis*, *Dryophylax chaquensis*, *Helicops boitata* e *Hydrodynastes gigas*, todas com indivíduos mortos; e quatro lagartos: *Ophiodes* sp. e *Polychrus acutirostris*, com indivíduos mortos, e *Norops meridionalis* e *Manciola guaporicola* com indivíduos mortos e vivos (Tabela 2). Já no monitoramento, três espécies foram encontradas exclusivamente, sendo duas serpentes, *Chironius quadricarinatus* e *Philodryas olfersii*, e um lagarto, *Tropidurus torquatus*. A diferença entre ambas as amostragens pode ser explicada pelas características intrínsecas do fogo na emergência,

que afetou predominantemente espécies aquáticas/semiaquáticas, terrestres e fossoriais (Tabela 2) – em alguns casos de difícil detecção durante amostragens convencionais, como a busca ativa aqui implementada. Embora alguns répteis possam apresentar abundância no Pantanal[59][30], uma grande parte das espécies pode exibir baixa densidade e/ou ocupar micro *habitat* de difícil amostragem requerendo o uso de diferentes técnicas de levantamento e/ou esforço grande de tempo para inventariar completamente uma área[60].

Dentre os répteis encontrados na emergência, as serpentes abrangeram o maior número de espécies (doze espécies, 70%) e de registros de indivíduos mortos (127 registros, 77%), sendo *Helicops leopardinus* (n=61), *Pseudoeryx plicatilis* (n=30) e *Eunectes notaeus* (n=16) as espécies com o maior número (Tabela 2). Embora a riqueza e abundância na região e no bioma possam explicar, em parte, o número de espécies e registros de serpentes[51][59], os *habitat* onde foram localizados os incêndios, o formato do corpo, o tamanho corporal e a coloração pode, também, ter influenciado a maior detecção das serpentes. Em contraste com as serpentes, indivíduos vivos de três espécies de lagartos, *Manciola guaporicola*, *Norops meridionalis* e *Tupinambis mantipu*, foram registrados durante a emergência, o que poderia sugerir, apesar da baixa abundância observada, que os incêndios podem favorecer alguns répteis, aumentando a incidência da radiação solar devido a modificação da estrutura vegetal e consequentemente a qualidade de *habitat*[61].

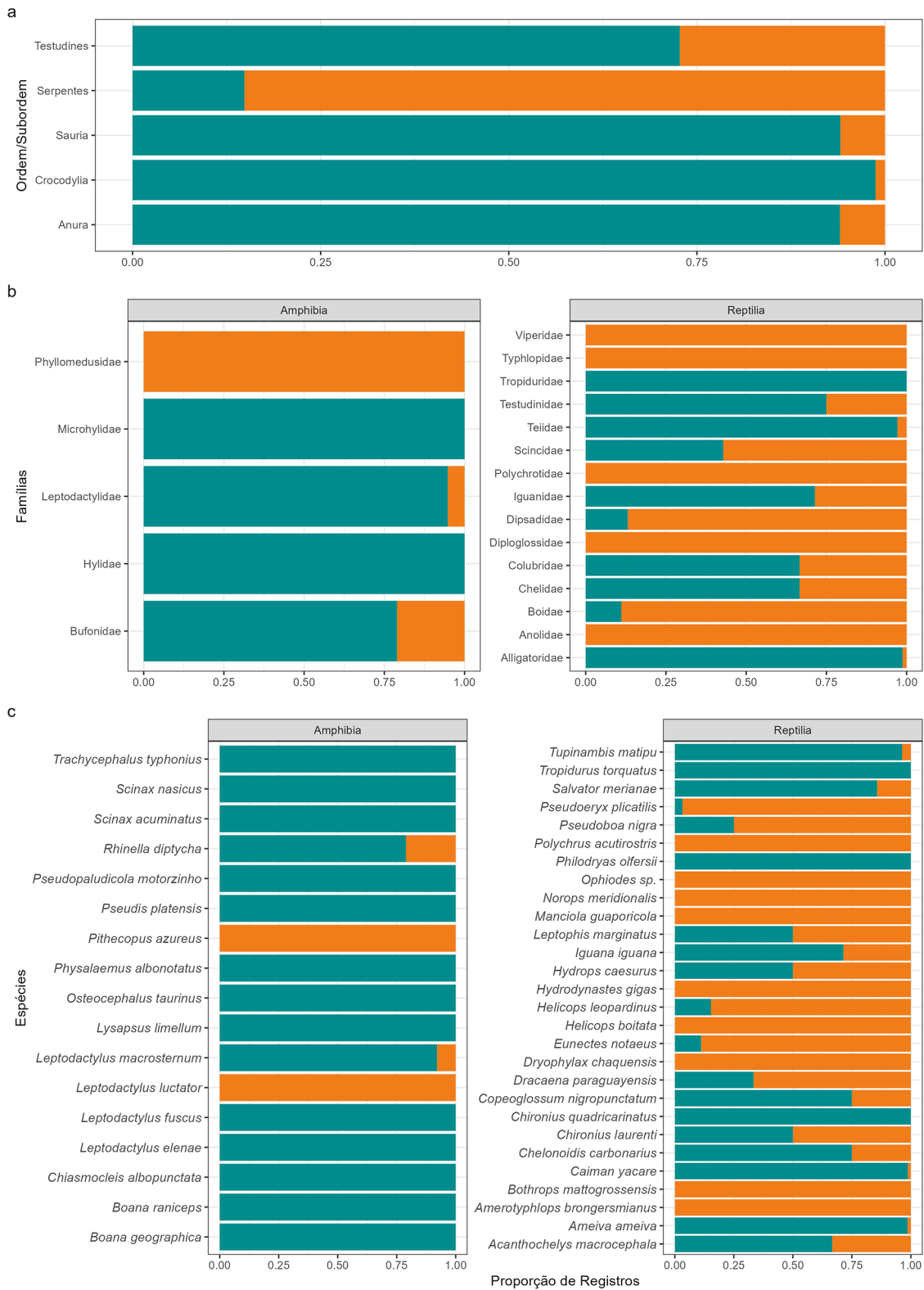


Figura 3 – Distribuição da proporção dos registros de ocorrência para ordens/subordens (a), famílias (b) e espécies de anfíbios e répteis (c) amostrados entre as campanhas de monitoramento e emergência no Pantanal entre 2020 e 2023.

Em relação aos tipos de *habitat* utilizados pelas espécies, podemos observar que durante as emergências foram encontrados proporcionalmente mais indivíduos que usam exclusivamente *habitat* nativos (Figura 4). Tal resultado pode indicar que incêndios de grandes proporções tendem a afetar de

uma forma mais severa organismos que dependem estritamente de *habitat* nativos, corroborando com trabalhos que sugerem uma vulnerabilidade aumentada para espécies com menor plasticidade de *habitat*[62].

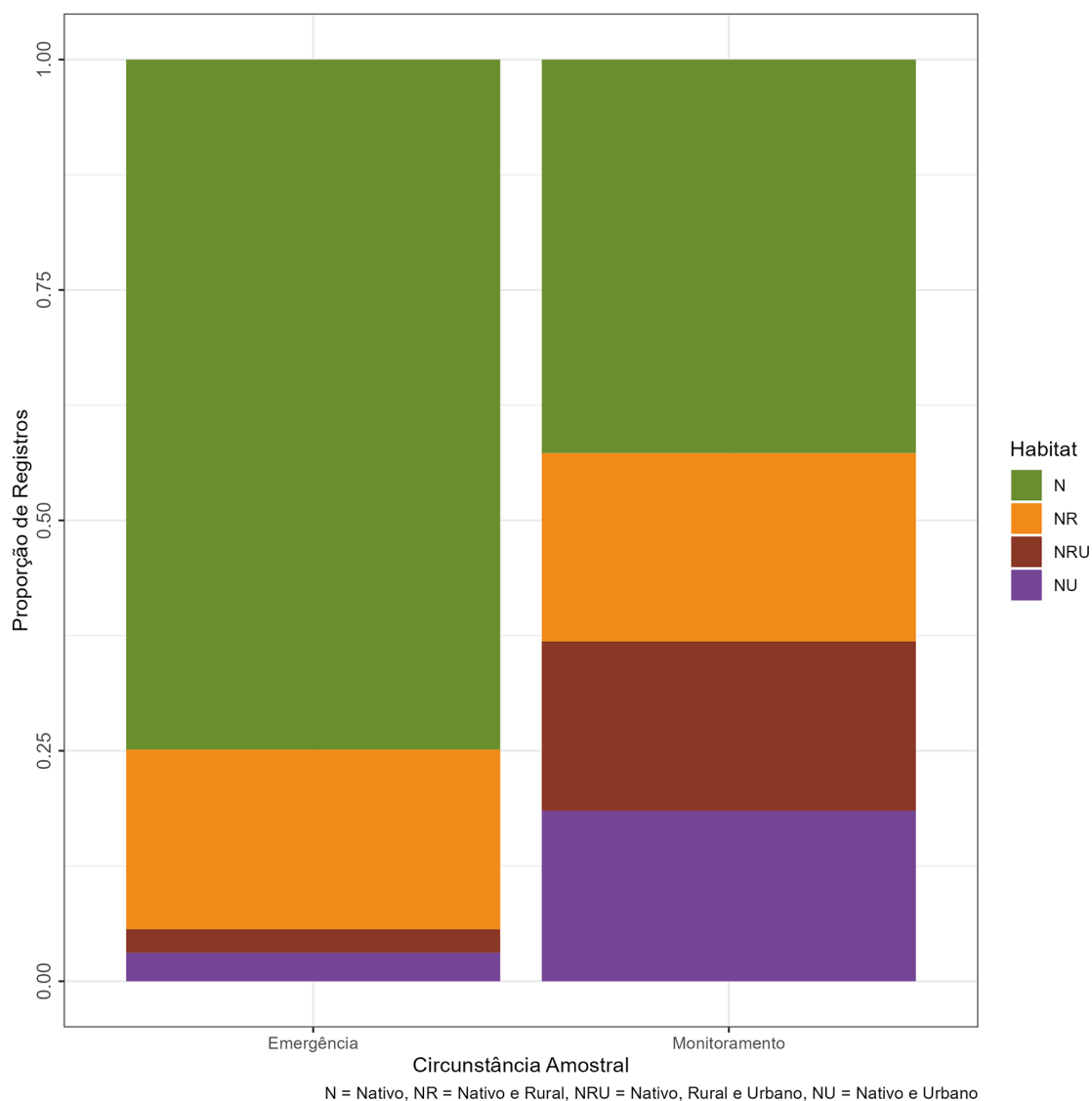


Figura 4 – Proporção dos registros de ocorrência da herpetofauna por tipo de *habitat* ocupado entre as circunstâncias de amostragem (emergência e monitoramento) no Pantanal. As classes de *habitat* nativo (N), rural (R) e urbano (U) são baseadas nos mapas de uso e cobertura de solo do Mapbiomas. Os *habitat* nativos compreendem: alagados ou pântanos, savana, campos, outra formação natural não florestal, rupícola, floresta natural, rio e lago. Os *habitat* rurais compreendem: mosaico de agricultura e pastagem, lavoura temporária e pastagem, e *habitat* urbano compreende a infraestrutura urbana.

Quando avaliados os hábitos das espécies registradas fica evidente que há uma variação no hábito ecológico de acordo com o tipo de amostragem, evidenciando a dinâmica de substituição das espécies

ao longo da emergência e do monitoramento. Durante a emergência, foram mais observados para os anfíbios organismos semifossoriais/terrestres e arborícolas, enquanto os répteis foram na maioria

aquático ou semiaquático (Figura 5). Entretanto, no monitoramento, há uma redução nos encontros de anfíbios arborícolas e répteis aquáticos (Figura 5).

Além disso, destaca-se a maior proporção de répteis aquáticos e fossoriais encontrados mortos na emergência, indicando que as espécies com este tipo de *habitat* são vulneráveis à passagem do fogo (Figura 5). Esses resultados contradizem hipóteses de que espécies fossoriais poderiam se enterrar rapidamente, bem como proposições de que espécies que utilizam recursos hídricos teriam vulnerabilidade reduzida ao fogo[62], trazendo maior complexidade ao se avaliar os impactos do fogo sobre a herpetofauna deste bioma. A alta mortalidade desses grupos no Pantanal sugere uma maior vulnerabilidade provavelmente associada à perda ou baixos níveis dos corpos de água e à combustão latente que afeta

os horizontes superficiais do solo[63][64]. A presença do fogo neste tipo de paisagem, cujas condições climáticas extremas registradas em 2020 favoreceram a ocorrência de fogo subterrâneo nos campos inundáveis, um importante refúgio durante o período de seca, afetou áreas que não tinham contato com o fogo e atingiu espécies provavelmente sensíveis e intolerantes ao fogo[10][15]. Neste contexto em que incêndios de grandes proporções podem se tornar mais frequentes, sabe-se que as mudanças no regime de fogo são extremamente críticas para a sobrevivência de alguns grupos taxonômicos, ameaçando mais de mil espécies de animais à extinção no mundo todo[25]. Isso torna urgente o aumento do conhecimento acerca do efeito do fogo sobre a fauna para que seja possível o desenvolvimento de manejos adequados para conservação dessas espécies.

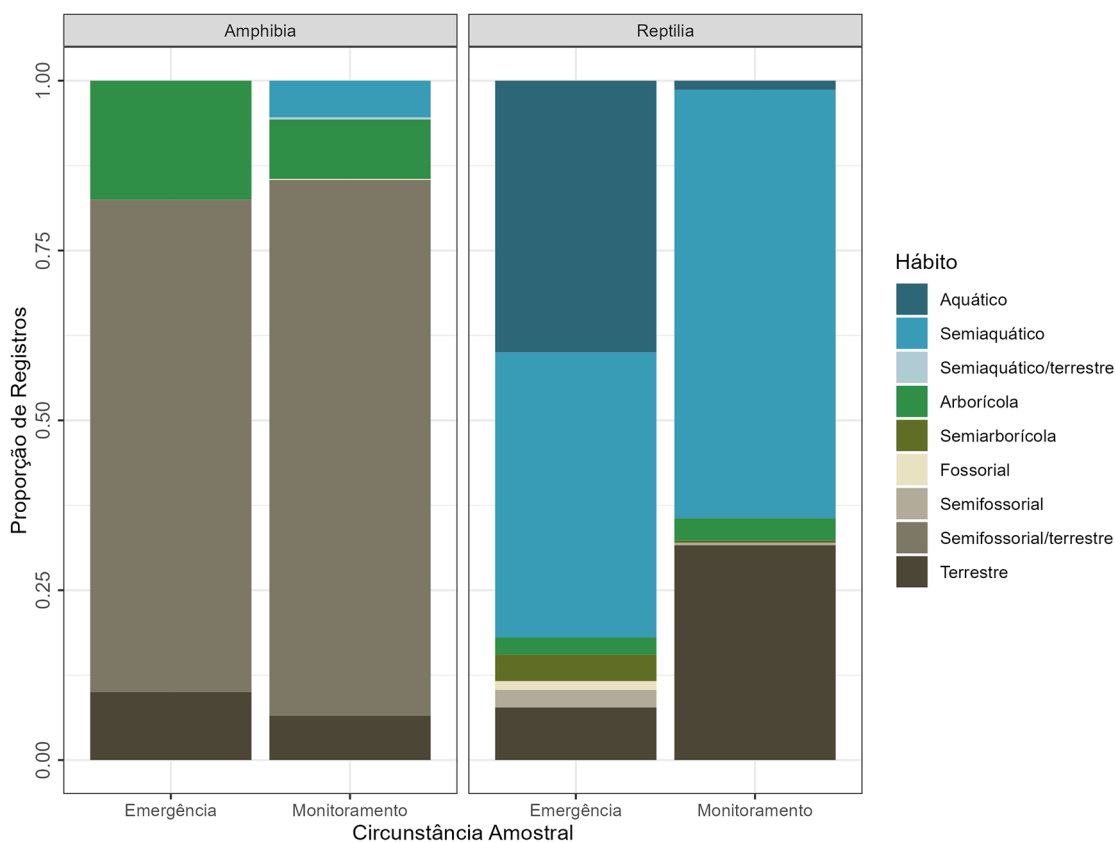


Figura 5 – Proporção dos registros por tipo de hábito ecológico para as espécies de répteis e anfíbios documentadas nas diferentes circunstâncias de amostragem no Pantanal.

Durante as emergências, foram registrados 102 indivíduos de répteis e anfíbios em 2020 (22 em Barão de Melgaço e oitenta em Poconé) e 93 indivíduos em 2021 (nove em Barão de Melgaço e 84

em Poconé). Já no monitoramento, foram registradas respectivamente 222, 490 e 796 indivíduos para os anos de 2021, 2022 e 2023, sendo que apenas nove registros são para Barão de Melgaço em 2023 e os

demais são referentes ao município de Poconé. Além disso, 1.041 registros de monitoramentos foram feitos em locais onde os incêndios eram muito antigos e 467 em locais de incêndio recente. Considerando os municípios, Poconé teve mais registros e espécies de répteis e anfíbios (1.663 indivíduos e 45 espécies)

do que Barão de Melgaço (quarenta indivíduos e dez espécies), mas foram realizadas somente três campanhas nesse último município. A Figura 6 mostra a distribuição espacial dos pontos amostrais, evidenciando sua distribuição temporal e por tempo de passagem do fogo.

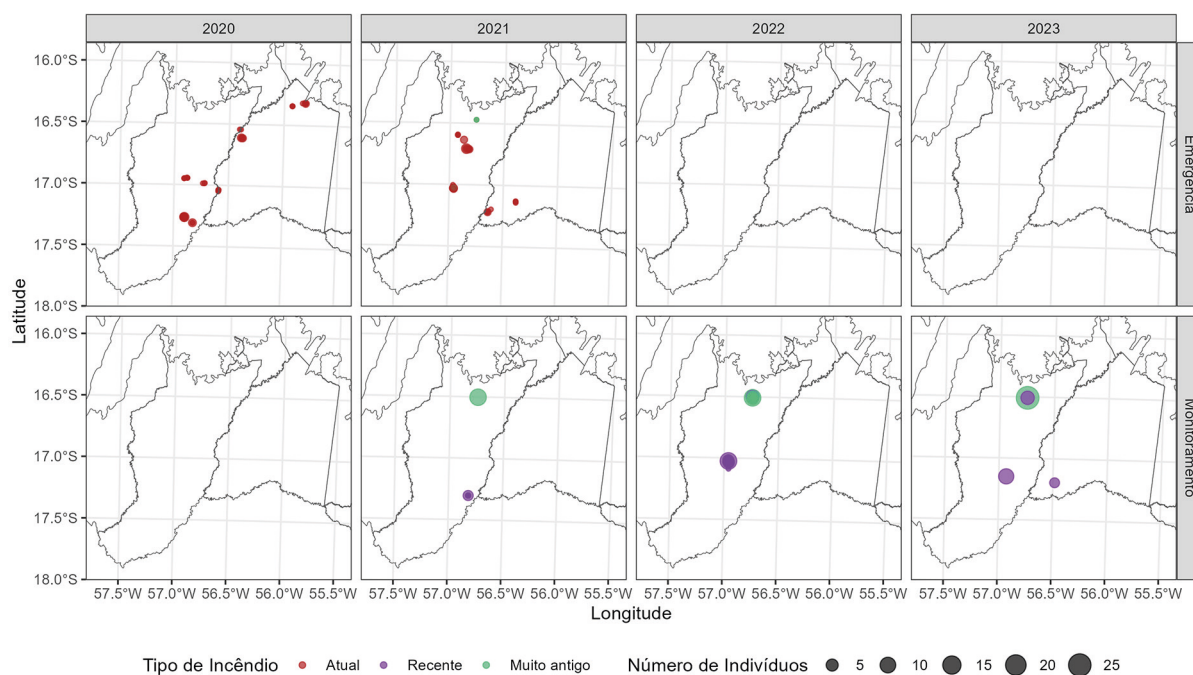


Figura 6 – Classificação dos pontos de amostragem nos municípios de Poconé e Barão de Melgaço, estado de Mato Grosso, ao longo dos anos de acordo com o tempo de passagem do fogo (atual, recente, muito antigo) e separados entre as circunstâncias de amostragem. O tamanho das bolhas indica o número de registros de ocorrência total (transformado pela raiz quadrada) por local amostrado.

Considerando o *buffer* de 10 km ao redor dos dois locais de amostragem que mais se repetiram ao longo dos anos, foram retidos 73 dos 260 pontos de amostragem, que estão localizados somente no município de Poconé (Figura 7). Desse novo subconjunto de pontos, o *pool* de espécies caiu para

39 espécies, porém ainda representam 87% dos registros totais. O *buffer* B1, localizado mais ao norte, reteve apenas dez pontos de amostragem, porém concentrou trinta espécies e 1.116 registros (66% do total), enquanto o *buffer* B2, localizado mais ao sul, reteve 63 pontos amostrais, mas apenas 21 espécies e 268 registros (16% do total) da herpetofauna.

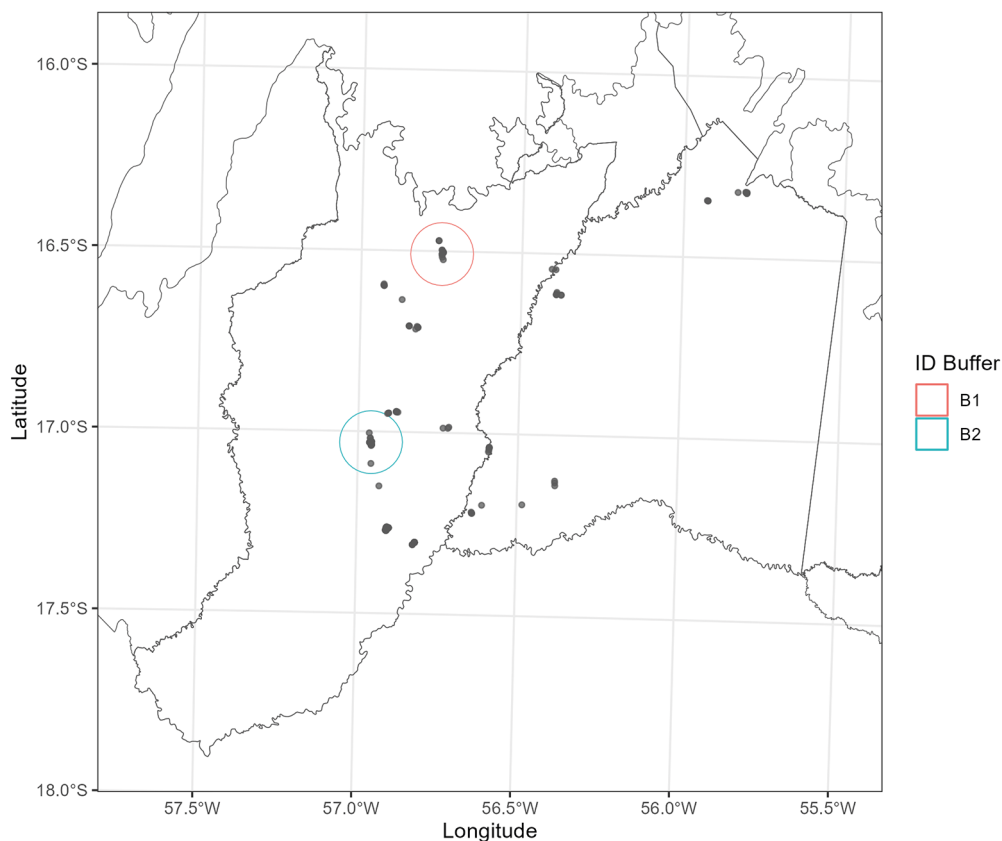


Figura 7 – Inserção dos pontos amostrais na área dos *buffers* de 10 km. Os municípios indicados são Poconé (esquerda) e Barão de Melgaço (direita), ambos do estado do Mato Grosso.

O teste de Mantel indicou que há uma autocorrelação entre os pontos amostrais e, assim, a similaridade na composição de espécies tende a diminuir conforme se aumenta a distância geográfica[43]. No entanto, os pontos filtrados no *buffer* B1 apresentaram uma menor autocorrelação entre si do que os pontos do *buffer* B2, alcançando uma significância limiar ($B1_{Mantel} = 0.411$, $p = 0.049$; $B2_{Mantel} = 0.165$, $p = 0.001$) (Material Suplementar 3). Essa menor autocorrelação em B1 deve-se ao maior distanciamento entre os pontos, com uma distância mediana de aproximadamente 1.400 m, enquanto para B2 a distância mediana foi de 535 m. Considerando que as amostragens em B2 concentram mais pontos de coleta na emergência, essa autocorrelação já era esperada, pois os transectos são definidos conforme a linha de fogo se move pela paisagem. Já no monitoramento, é possível estabelecer transectos com distância predefinida, mantendo a independência amostral entre os pontos. Caso as campanhas de monitoramento continuem, recomenda-se a

continuidade em locais já amostrados que respeitam uma distância mínima de 1,5 a 2 km, como utilizado em outros estudos com anfíbios e répteis no entorno do Pantanal[65]. Além disso, é recomendável complementar com a seleção de outros locais de forma aleatória dentro do *buffer*, abrangendo diferentes fitofisionomias da região e buscando um monitoramento mais representativo e heterogêneo.

O Pantanal, com suas planícies de inundação e forte sazonalidade, traz inúmeros desafios para a amostragem da herpetofauna, impondo metodologias mais adequadas conforme as estações do ano. No período de cheia, o acesso pode ser complicado, a busca ativa se torna mais complexa e a utilização de armadilha pitfall é limitada a áreas mais elevadas. Durante a seca, a prioridade são as emergências ambientais, com protocolo já bem definido por meio de transectos com busca ativa, mas que possuem sucesso reduzido em áreas alagadas. Adicionalmente, a detecção de carcaças de animais pequenos é reduzida nas buscas ativas no pós-fogo. Assim, se por

um lado a utilização de metodologias diferentes traz um levantamento mais amplo da herpetofauna de uma determinada região, por outro lado, esses dados podem não permitir uma comparação direta das metodologias, devido principalmente as diferenças no esforço amostral. Deste modo, faz-se necessário a definição ainda mais robusta de protocolos específicos para emergências ambientais e monitoramento, possibilitando comparações futuras.

Ressalta-se ainda que as regiões indicadas para continuidade de campanhas de monitoramento estão dentro da área de distribuição potencial de *Helicops boitata* (Material Suplementar 4). *Helicops boitata* é uma serpente aquática, endêmica do bioma, que ocupa exclusivamente campos inundáveis e que devido ao aumento de eventos de incêndios de grande extensão e à sua distribuição restrita, estará ameaçada de extinção em uma nova avaliação. *H. boitata* foi registrada somente na metodologia de emergência durante a contagem de animais mortos em 2020, não sendo mais observada nas campanhas de monitoramento posteriores. Entretanto, a espécie é semiaquática, possui hábitos noturnos e pode se enterrar, dificultando também a obtenção de avistamentos. Assim, há necessidade de projetos específicos para amostragem dessa espécie, permitindo a obtenção de estimativas populacionais e dados mais robustos sobre o estado de conservação dela. Por exemplo, a busca desse grupo em estudos de DNA ambiental poderá auxiliar a reduzir problemas de detecção. Outra possibilidade são projetos de ciência cidadã com a participação da comunidade local para o aprimoramento das armadilhas de covo utilizadas no monitoramento, uma vez que é sabido que a pesca de isca realizada na região comumente amostra serpentes aquáticas.

Conclusão

Implementar diversas metodologias, como amostragens em circunstâncias emergenciais e de monitoramento, é essencial para conhecer os efeitos do fogo nos ambientes naturais. Ressaltamos também a importância das pesquisas para se conhecer as espécies de anfíbios e répteis que ocorrem nas áreas que são acometidas por esses eventos, informação que poderá ajudar a estabelecer o impacto do fogo nas comunidades. Compreender as respostas das populações às diferentes pressões ambientais é de extrema importância para conservação das espécies em um bioma de grande complexidade como o Pantanal. Destacamos que anfíbios e répteis

responderam de maneira diferente em campanhas em circunstâncias emergenciais e de monitoramento, em parte por características intrínsecas do fogo, assim como limitações metodológicas no levantamento de espécies no monitoramento. Espécies mais acometidas pelos incêndios nas emergências apresentaram grande porte e hábitos terrestres/semifossoriais para os anfíbios, enquanto nos répteis, as serpentes aquáticas e semiaquáticas representaram o grupo com maior número de registros. Nesse contexto, um monitoramento direcionado para esses grupos deve ser conduzido, especialmente com a espécie *Helicops boitata*, para detectar possíveis efeitos do fogo em suas populações.

Neste trabalho, fizemos algumas análises visando mostrar importantes resultados alcançados, bem como a introdução de uma discussão de aprimoramento metodológico que é essencial para a continuidade do projeto de mensuração dos impactos do fogo sobre a herpetofauna do Pantanal. Esperamos que os dados apresentados possam contribuir para a elaboração de estratégias de conservação mais assertivas para a conservação da biodiversidade deste bioma.

Agradecimentos

AVZ recebeu o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) durante o período como bolsista do RAN (processo: 50532/2023-0) e atualmente recebe apoio do Programa de Apoio à Fixação de Jovens Doutores em Brasil pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) em parceria com CNPq (processo: 150812/2023-0). AR recebe apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (processo: 351723/2023-4). GVA agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado (processo: 88887.609466/2021-00). Os autores gostariam de agradecer também aos técnicos ambientais Jose Geraldo Silva e Deusdede Inocêncio pelo auxílio prestado durante as expedições de coleta, a Coordenação de Pesquisa e Gestão da Informação sobre Biodiversidade (COPEG/ICMBio) pelos recursos disponibilizados e gestão do projeto “Impactos do fogo sobre a biodiversidade do Pantanal”, e a Luiz Vicente da Silva Campos Filho (Pouso Alegre Lodge), ONG Panthera Brasil, Gloria e Tutu pelo apoio logístico durante as amostragens.

Referências

1. Junk WJ. Current state of knowledge regarding South America wetlands and their future under global climate change. *Aquat Sci.* 2013; 75: 113-31.
2. Mapbiomas Project. Collection 8 of the Annual Land Cover and Land Use Maps of Brazil (1985-2022) [Internet]. 2023 [citado 7 de março de 2024]. Recuperado de: <https://brasil.mapbiomas.org>
3. Ely P, Fantin-Cruz I, Tritico HM, Girard P, Kaplan D. Dam-induced hydrologic alterations in the rivers feeding the Pantanal. *Front Environ Sci.* 2020; 8: 1-17.
4. Peluso LM, Mateus L, Penha J, Bailly D, Cassemiro F, Suárez Y, et al. Climate change negative effects on the Neotropical fishery resources may be exacerbated by hydroelectric dams. *Sci Total Environ.* 2022; 828: 154485.
5. Duane A, Castellnou M, Brotons L. Towards a comprehensive look at global drivers of novel extreme wildfire events. *Clim Change.* 2021; 165: 43.
6. Calim Costa M, Marengo JA, Alves LM, Cunha AP. Multiscale analysis of drought, heatwaves, and compound events in the Brazilian Pantanal in 2019-2021. *Theor Appl Climatol.* 2023; 155: 661-77.
7. Smaniotto NP, Moreira LFB, Semedo TBF, Carvalho F, Quintela FM, Nunes A V et al. When drought matters: Changes within and outside Protected Areas from the Pantanal ecoregion. *Wetlands.* 2024; 44: 45.
8. Hantson S, Andela N, Goulden ML, Randerson JT. Human-ignited fires result in more extreme fire behavior and ecosystem impacts. *Nat Commun.* 2022; 13: 1-8.
9. Magalhães Neto N, Evangelista H. Human activity behind the unprecedented 2020 wildfire in Brazilian wetlands (Pantanal). *Front Environ Sci.* 2022; 10: 888578.
10. Moreira LFB, Smaniotto NP, Ceron K, Santana DJ, Ferreira VL, Strüssmann C et al. Ashes still smoking: the influence of fire and land cover on Pantanal ecoregion amphibians. *Amphibia-Reptilia.* 2023; 45: 11-20.
11. Bowman DMJS, Balch JK, Artaxo P, Bond WJ, Carlson JM, Cochrane MA et al. Fire in the earth system. *Science (80-).* 2009; 324: 481-484.
12. Tingley R, Macdonald SL, Mitchell NJ, Woinarski JCZ, Meiri S, Bowles P et al. Geographic and taxonomic patterns of extinction risk in Australian squamates. *Biol Conserv.* 2019; 238: 108203.
13. Kramer A, Jones GM, Whitmore SA, Keane JJ, Atuo FA, Dotters BP et al. California spotted owl habitat selection in a fire-managed landscape suggests conservation benefit of restoring historical fire regimes. *For Ecol Manage.* 2021; 479: 118576.
14. Libonati R, DaCamara CC, Peres LF, Sander de Carvalho LA, Garcia LC. Rescue Brazil's burning Pantanal wetlands. *Nature.* 2020; 588: 217-9.
15. Garcia LC, Szabo JK, Roque F de O, Pereira A de MM, da Cunha CN, Damasceno-Júnior GA et al. Record-breaking wildfires in the world's largest continuous tropical wetland: Integrative fire management is urgently needed for both biodiversity and humans. *J Environ Manage.* 2021; 293: 112870.
16. Tomas WM, Berlinck CN, Chiaravalloti RM, Faggioni GP, Strüssmann C, Libonati R et al. Distance sampling surveys reveal 17 million vertebrates directly killed by the 2020's wildfires in the Pantanal, Brazil. *Sci Rep.* 2021; 11: 1-8.
17. Berlinck CN, Lima LHA, Pereira AMM, Carvalho EAR, Paula RC, Thomas WM et al. The pantanal is on fire and only a sustainable agenda can save the largest wetland in the world. *Brazilian J Biol.* 2022; 82: 2-3.
18. dos Anjos AG, Solé M, Benchimol M. Fire effects on anurans: What we know so far? *For Ecol Manage.* 2021; 495: 119338.
19. Santos JL, Sitters H, Keith DA, Geary WL, Tingley R, Kelly LT. A demographic framework for understanding fire-driven reptile declines in the "land of the lizards". *Glob Ecol Biogeogr.* 2022; 31: 2105-19.
20. Drummond L de O, Moura FR, Pires MRS. Impact of fire on anurans of rupestrian grasslands (Campos rupestres): A case study in the serra do espinhaço, Brazil. *Salamandra.* 2018; 54: 1-10.
21. Arruda F V., Izzo TJ, Teresa FB, Camarota F. Different burning intensities affect cavity utilization patterns by arboreal ants in a tropical savanna canopy. *Ecol Indic.* 2020; 116: 106493.
22. Garcês A, Pires I. The hell of wildfires: The impact on wildlife and its conservation and the role of the veterinarian. *Conservation.* 2023; 3: 96-108.
23. Böhm M, Collen B, Baillie JEM, Bowles P, Chanson J, Cox N et al. The conservation status of the world's reptiles. *Biol Conserv.* 2013; 157: 372-85.
24. Geyle HM, Tingley R, Amey AP, Cogger H, Couper PJ, Cowan M, et al. Reptiles on the brink: identifying the Australian terrestrial snake and lizard species most at risk of extinction. *Pacific Conserv Biol.* 2021; 27: 3.
25. Kelly LT, Giljohann KM, Duane A, Aquilué N, Archibald S, Batllori E et al. Fire and biodiversity in the Anthropocene. *Science (80-).* 2020; 370: 1-17.
26. Russell KR, Lear DH Van, Guynn DC. Prescribed fire effects on herpetofauna: review and management implications. *Wildl Soc Bull.* 1999; 27: 374-84.

27. Tomas WM, Roque F de O, Morato RG, Medici PE, Chiaravalloti RM, Tortato FR et al. Sustainability Agenda for the Pantanal Wetland: Perspectives on a Collaborative Interface for Science, Policy, and Decision-Making. *Trop Conserv Sci.* 2019; 12: 1-30.
28. Assine ML, Merino ER, Do Nascimento Pupim F, de Azevedo Macedo H, dos Santos MGM. The Quaternary alluvial systems tract of the Pantanal Basin. *Brazilian J Geol.* 2015; 45: 475-89.
29. Hamilton SK, Sippel SJ, Melack JM. Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing. *Arch fur Hydrobiol.* 1996; 137: 1-23.
30. Strüssmann C, Prado CPA, Ferreira VL, Ribeiro RAK. Diversity, ecology, management and conservation of amphibians and reptiles of the Brazilian Pantanal: a review. In: Junk WJ, Da Silva CJ, Nunes da Cunha C, Wantzen KM, organizadores. *Pantanal Ecol Biodivers Sustain Manag a large Neotrop Seas Wetl.* Sofia, Moscow: Pensoft Publishers; 2011. p. 127-41.
31. da Cunha CN, Junk WJ. Composição florística de capões e cordilheiras: localização das espécies lenhosas quanto ao gradiente de inundação no Pantanal de Poconé, MT – Brasil. In: Dantas M, Catto JB, Resende EK de (orgs.). *An do II Simpósio sobre Recur Nat e Sócio-economicos do Pantanal Manejo e Conserv.* Corumbá - MS: EMBRAPA; 1999. p. 387-405.
32. Junk WJ, Bayley PB, Sparks RE. The flood pulse concept in River-Floodplain systems. In: Dodge DP (org.). *Proc Int Large River Symp. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 106; 1989. p. 110-27.
33. da Silva J dos SV, de Moura Abdon M. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas sub-regiões. *Pesqui Agropecu Bras.* 1998; 33: 1703-1711.
34. Campos Filho LVS. *Tradição e Ruptura: Cultura e ambientes pantaneiros.* Cuiabá, MT: Entrelinhas; 2002.
35. Costa CP da, Cunha CN da, Costa SC. Caracterização da flora e estrutura do estrato arbustivo-arbóreo de um cerrado no Pantanal de Poconé/MT. *Biota Neotrop.* 2010; 10: 61-73.
36. Cordeiro JLP. Estrutura e heterogeneidade da paisagem de uma unidade de conservação no nordeste do pantanal (RPPN SESC Pantanal), Mato Grosso, Brasil: efeitos sobre a distribuição e densidade de antas (*Tapirus terrestris*) e de cervos-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*). Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2004.
37. INPE. Banco de dados de queimadas do INPE [Internet]. Programa Queimadas do INPE. 2024 [citado 7 de março de 2024]. Recuperado de: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>
38. Burnham KP, Anderson DR, Laake JL. Estimation of density from line transect sampling of biological populations. *J R Stat Soc Ser A.* 1981; 144: 369.
39. Martins M, Oliveira ME. Natural history of snakes in forest of the Manaus region, Central Amazonia, Brazil. *Herpetol Nat Hist.* 1998; 6: 78-150.
40. Segalla M V, Berneck B, Canedo C, Caramaschi U, Gonçalves Cruz CA, Garcia PC et al. List of Brazilian Amphibians. *Herpetol Bras.* 2021; 10: 121.
41. Guedes TB, Entiauspe-Neto OM, Costa HC. Lista de répteis do Brasil: atualização de 2022. *Herpetol Bras.* 2023; 12: 56-161.
42. ICMBio. Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade – SALVE [Internet]. ICMBio. 2024 [citado 7 de março de 2024]. Recuperado de: <https://salve.icmbio.gov.br/>
43. Legendre P, Legendre L. *Numerical ecology.* 3rd ed. Amsterdam: Elsevier; 2012.
44. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing [Internet]. Vienna, Austria; 2023. Recuperado de: <https://www.r-project.org/>
45. Pebesma E. Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. *R J.* 2018; 10: 439.
46. Wickham H, Averick M, Bryan J, Chang W, McGowan L, François R et al. Welcome to the Tidyverse. *J Open Source Softw.* 2019; 4: 1686.
47. Wickham H. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis* [Internet]. New York: Springer-Verlag; 2016. Recuperado de: <https://ggplot2.tidyverse.org>
48. Oksanen J, Simpson G, Blanchet F, Kindt R, Legendre P, Minchin P et al. *vegan: community ecology package* [Internet]. R package; 2022. Recuperado de: <https://cran.r-project.org/package=vegan>
49. Hijmans R. *geosphere: spherical trigonometry* [Internet]. R package; 2022. Recuperado de: <https://cran.r-project.org/package=geosphere>
50. Strüssmann C, Ribeiro RAK, Ferreira VL, Béda A de F. Herpetofauna do Pantanal brasileiro. In: Nascimento L, Oliveira M, organizadores. *Herpetol no Bras II. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Herpetologia;* 2007. p. 66-84.
51. Ferreira VL, Terra J de S, Piatti L, Delatorre M, Strüssmann C, Béda AF et al. Répteis do Mato Grosso do Sul, Brasil. *Iheringia – Ser Zool.* 2017; 107: 1-13.
52. Pansonato A, Mott T, Strüssmann C. Anuran amphibians' diversity in a northwestern area of the Brazilian Pantanal. *Biota Neotrop.* 2011; 11: 77-86.

53. Silva-Alves VD, Neves MO, Seba M de FR, Dos Santos Filho M, da Silva DJ. Amphibian Diversity: Where everything starts to flood, Cáceres Municipality, North Pantanal, Central-West Brazil. *Pap Avulsos Zool.* 2023; 63: 0-4.
54. Souza FL, Martins FI, Raizer J. *Habitat* heterogeneity and anuran community of an agroecosystem in the Pantanal of Brazil. *Phyllomedusa.* 2014; 13: 41-50.
55. Uetanabaro M, Prado CP de A, Rodrigues D de J, Gordo M, Campos Z. Guia de campo dos anuros do Pantanal e planaltos de entorno. 1a ed. Ed. UFMS. Campo Grande/MS - Cuiabá/MT: Editora UFMS - Editora UFMT; 2008.
56. Magalhães FM, Lyra ML, Carvalho TR, Baldo D, Bruschetti F, Burella P et al. Taxonomic review of South American Butter frogs: Phylogeny, biogeographic patterns, and species delimitation in the *Leptodactylus latrans* species group (Anura: Leptodactylidae). *Herpetol Monogr.* 2020; 34: 1-48.
57. Vaz-Silva W, Maciel NM, Nomura F, Morais AR de, Batista VG, Santos DL et al. Guia de identificação das espécies de anfíbios (Anura e Gymnophiona) do estado de Goiás e do Distrito Federal, Brasil Central. *Zoologia: Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia;* 2020.
58. Prado CP d. A, Uetanabaro M, Haddad CFB. Breeding activity patterns, reproductive modes, and habitat use by anurans (Amphibia) in a seasonal environment in the Pantanal, Brazil. *Amphibia-Reptilia.* 2005; 26: 211-21.
59. Strüssmann C, Sazima I. The snake assemblage of the Pantanal at Pocone, Western Brazil: Faunal composition and ecological summary. *Stud Neotrop Fauna Environ.* 1993; 28: 157-68.
60. Oda FH, Ávila RW, Drummond LDO, Santos DL, Gambale PG, Guerra V, et al. Reptile surveys reveal high species richness in areas recovering from mining activity in the Brazilian Cerrado. *Biologia (Bratisl).* 2017; 72: 1194-210.
61. Keyser PD, Sausville DJ, Ford WM, Schwab DJ, Brose, Patrick H. Prescribed fire impacts to amphibians and reptiles in shelterwood-harvested oak-dominated forests. *Va J Sci.* 2004 55: 159-68.
62. Batista EKL, Figueira JEC, Solar RRC, de Azevedo CS, Beirão MV, Berlinck CN et al. In case of fire, escape or die: A trait-based approach for identifying animal species threatened by fire. *Fire.* 2023; 6: 1-21.
63. Lovich JE, Quillman M, Zitt B, Schroeder A, Green DE, Yackulic C et al. The effects of drought and fire in the extirpation of an abundant semi-aquatic turtle from a lacustrine environment in the southwestern USA. *Knowl Manag Aquat Ecosyst.* 2017; 418: 18.
64. Jordaan PR, Steyl JCA, Hanekom CC, Combrink X. Fire-associated reptile mortality in Tembe Elephant Park, South Africa. *Fire Ecol.* 2020; 16: 4-9.
65. Uetanabaro M, Souza FL, Landgref-Filho P, Beda AF, Brandão RA. Anfíbios e répteis do Parque Nacional da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Biota Neotrop.* 2007; 7: 279-89.

Biodiversidade Brasileira – BioBrasil.
Fluxo Contínuo e Edição Temática:
Ecologia do Fogo e Conservação do Bioma Pantanal
n.4, 2024

<http://www.icmbio.gov.br/revistaelectronica/index.php/BioBR>

Biodiversidade Brasileira é uma publicação eletrônica científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que tem como objetivo fomentar a discussão e a disseminação de experiências em conservação e manejo, com foco em unidades de conservação e espécies ameaçadas.

ISSN: 2236-2886

