



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E EVOLUÇÃO



ISABELLA TAHYANA AVELAR BRAVO

# Estimando a sensibilidade dos *Xenarthra* ao fogo no Brasil

Goiânia, GO  
2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

### E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

#### 1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação     Tese     Outro\*: \_\_\_\_\_

\*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estado de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

#### 2. Nome completo do autor

Isabella Tahyana Avelar Bravo

#### 3. Título do trabalho

Estimando a sensibilidade de *Xenarthra* ao fogo no Brasil

#### 4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento  SIM     NÃO<sup>1</sup>

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **Isabella Tahyana Avelar Bravo**, **Discente**, em 10/10/2025, às 13:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Paulo De Marco Junior, Professor do Magistério Superior**, em 14/10/2025, às 07:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **5714999** e o código CRC **0F76168B**.

Referência: Processo nº 23070.050722/2025-43

SEI nº 5714999

ISABELLA TAHYANA AVELAR BRAVO



## Estimando a sensibilidade de *Xenarthra* ao fogo no Brasil

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás (UFG) como requisito para obtenção do título de Mestra em Ecologia e Evolução.

Área de Concentração: Ecologia e Evolução

Linha de Pesquisa: Biodiversidade, Conservação e Serviços Ecossistêmicos

Orientador: Prof. Dr. Paulo De Marco Júnior

Goiânia, GO

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Bravo, Isabella Tahyana Avelar  
Estimando a sensibilidade de *Xenarthra* ao fogo no Brasil  
[manuscrito] / Isabella Tahyana Avelar Bravo. - 2025.  
30 f.

Orientador: Prof. Dr. Paulo De Marco Júnior.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas (ICB), Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Goiânia, 2025.

Bibliografia. Anexos.  
Inclui gráfico, tabelas.

1. incêndios. 2. queimada prescrita. 3. regime do fogo. 4. mamíferos. I. De Marco Júnior, Paulo, orient. II. Título.

CDU 574



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 227 da sessão de Defesa de Dissertação de **Isabella Tahyana Avelar Bravo** que confere o título de **Mestra em Ecologia e Evolução, na área de concentração em Ecologia e Evolução.**

Aos **trinta dias do mês de setembro do ano de dois mil de vinte e cinco (30/09/2025)**, a partir das **08:00 horas**, via **Web conferência**, seguindo Resolução CONSUNI/UFG Nº 141 de 13 de maio de 2022 e orientações do Ofício Circular no. 34/2022/PRPG/UFG (SEI 23070.030951/2022-07), realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada **“Estimando a sensibilidade de Xenarthra ao fogo no Brasil”**. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, **Prof. Dr. Paulo De Marco Júnior (DECOL/ICB/UFG)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: **Dra. Caroline Corrêa Nobrega (Aliança da Terra)**, membro titular externo; **Profa. Dra. Adriana Bocchiglieri (CCBS/UFS)**, membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca não fizeram sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação tendo sido a candidata **aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo **Prof. Dr. Paulo De Marco Júnior**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos **trinta dias do mês de setembro do ano de dois mil de vinte e cinco (30/09/2025)**.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Paulo De Marco Junior, Professor do Magistério Superior**, em 08/10/2025, às 12:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Adriana Bocchiglieri, Usuário Externo**, em 08/10/2025, às 14:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Caroline Correa Nobrega, Usuário Externo**, em 09/10/2025, às 09:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **5680322** e o código CRC **2CF6FD8C**.

Referência: Processo nº 23070.050722/2025-43

SEI nº 5680322

## Sumário

<b>Agradecimentos</b> .....	8
<b>Apresentação</b> .....	9
<b>Resumo</b> .....	10
<b>Introdução</b> .....	11
<b>Métodos</b> .....	14
Visão geral.....	14
Informações sobre traços funcionais .....	15
Árvore filogenética.....	15
Modelo Linear .....	16
Abordagem ética.....	17
<b>Resultados</b> .....	17
Modelagem.....	17
Imputação .....	19
<b>Discussão</b> .....	21
<b>Literatura Citada</b> .....	26
<b>Anexos</b> .....	33

## **Agradecimentos**

Na minha visão, o processo de se fazer uma dissertação é moldado em várias camadas de emoções e pessoas. Vários momentos do meu crescimento na dissertação me mantiveram flutuando nas camadas mais profundas de sentimentos dentro da Isabella. A Jaqueline Cardoso Pires me perguntou “Por que você escolheu este curso?” e então me lembrei da minha versão criança que os olhos brilhavam de curiosidade ao ver o mundo. Quando fui crescendo, os olhos brilhavam de curiosidade para saber como o mundo funcionar e os livros se tornaram meus melhores amigos. Eu agradeço a Jaqueline por me tranquilizar em diversas situações e principalmente por me fazer essa pergunta. Sinto um imenso prazer em lembrar por quem comecei essa caminhada e por quem eu deveria concluí-la. Durante toda essa caminhada, tive o Cristiano Henrique Gonçalves Machado Filho ao meu lado que se mostrou ser a âncora que me manteve estável diante das ondas e que não conseguiria sem sua ajuda. O meu mais sincero agradecimento e admiração pela história da Rubia Silva Avelar e Maria Lucia da Silva que fizeram de tudo para garantir que eu ocupasse este lugar. Não posso deixar de dizer que o Paulo De Marco, que possui uma postura que vai além de um simples professor, sempre me incentivou e viu um potencial que muitas vezes não consigo ver. Obrigada pelo prazer em aceitar ser meu orientador. Por fim, agradeço a todos os amigos e companheiros do laboratório que estiveram muito presentes na minha vida e neste trabalho. Finalmente, agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado.

## **Apresentação**

O presente trabalho aborda o tema de vulnerabilidade dos Xenarthra ao fogo. A compreensão completa da vulnerabilidade depende dos parâmetros exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa. Realizamos uma abordagem de imputação para que o parâmetro sensibilidade ao fogo preencha lacunas que existem sobre as espécies nativas do Brasil. A presença do fogo é historicamente natural em vários ecossistemas, porém, as ações antrópicas têm intensificado a ocorrência de incêndios até em ambientes que não tinham a ocorrência do fogo. Assim, entender como o aumento da frequência do fogo afeta as espécies de Xenarthra se tornou um assunto recorrente em decisões de conservação. Este trabalho, portanto, apresenta informações importantes sobre a relação de traços das espécies e as respostas a exposição ao fogo. Este trabalho está formatado para a revista “Biological Conservation”.

Estimando a sensibilidade de Xenarthra ao fogo no Brasil

Isabella Tahyana Avelar Bravo<sup>a</sup>, Paulo De Marco Júnior<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução. Theory, Metacommunity and Landscape Ecology Lab. Instituto de Ciências Biológicas V, Universidade Federal de Goiás, Goiás, Brasil. 74001-970

<sup>b</sup>Departamento de Ecologia – UFG, Brasil. Theory, Metacommunity and Landscape Ecology Lab. Instituto de Ciências Biológicas V, Universidade Federal de Goiás, Goiás, Brasil. 74001-970  
Autor para correspondência: e-mail [isabellatahyanabravo@gmail.com](mailto:isabellatahyanabravo@gmail.com).

## **Resumo**

Alterações climáticas e a perda da vegetação nativa têm se tornado cada vez mais evidentes em sistemas naturais. As consequências da interação desses fatores é a mudança no regime do fogo, com incêndios mais frequentes e intensos. Esses fatores provocam uma necessidade de entender como a biodiversidade responde a isso. Os mamíferos Xenarthra possuem uma limitação de locomoção e comportamento de uso de refúgios em situação de perigo, podendo ser um grupo sensível ao impacto do fogo. Esperamos que as preguiças e tamanduás representem o grupo mais afetado negativamente pelo fogo devido as suas dificuldades de locomoção. Além disso, o pelo espesso aumenta a probabilidade de que a exposição ao fogo leve à morte do indivíduo. Tatus possuem ninhadas grandes e utilizam tocas como refúgio e podem se intoxicar com a fumaça, refletindo o impacto negativo com a presença do fogo. Existem poucos estudos que permitem prever a sensibilidade das espécies brasileiras ao fogo. Para entender essa sensibilidade, foi realizada uma imputação para obter a estimativa do tamanho do efeito do fogo em 12 espécies de Xenarthra que possuem distribuição no Brasil. Os resultados mostraram que incêndios afetam negativamente todas as espécies estudadas e as queimadas prescritas positivamente as espécies de Xenarthra. Incêndios com intervalos menores impactam negativamente as populações e as queimadas prescritas com intervalos menores afetam positivamente as populações. Para as espécies que possuem maior número de filhotes por ano apresentaram uma estimativa de sensibilidade maior ao fogo.

**Palavras-chaves:** incêndios, queimada prescrita, regime do fogo, mamíferos.

## **Abstract**

The effects of climate change and the loss of native vegetation they are becoming increasingly evident in the natural systems. The consequences of the interaction of these factors is a change in fire regime, with more frequent and intense fire. The factors create a need to understand with biodiversity responds to this. The mammals Xenarthra have limited mobility and refuge use behavior, causing are group that is sensitive to the impact

of fire. We expect sloths and anteaters to be the group most negatively affected by fire due to their mobility difficulties. In addition, their thick fur increases the likelihood that exposure to fire will lead to death. Armadillos have large litters and use burrows as shelter, and can become intoxicated by smoke, reflecting the negative impact of fire. There are few studies that allow us to predict the sensitivity of Brazilian species to fire. To understand this sensitivity, an imputation was performed to estimate the size of the effect of fire on 12 species of *Xenarthra* that are distributed in Brazil. The results showed that fires negatively affect all species studied, while prescribed burns positively affect *Xenarthra* species. Fires with shorter intervals negatively impact populations, while prescribed burns with shorter intervals positively affect populations. Species with a higher number of offspring per year showed a higher estimated sensitivity to fire.

**Key words:** Fires, prescribed burns, fire regime, mammals

## **Introdução**

Alterações climáticas e a perda da vegetação nativa têm se tornado mudanças cada vez mais evidentes em sistemas naturais (Segan et al., 2016). Apesar de esforços de proteção e mitigação, tais mudanças têm provocado um aumento nas taxas de extinções de espécies (Di Marco et al., 2019). Além disso, alterações no uso do solo e mudanças climáticas são responsáveis também pela mudança no regime do fogo, provocando incêndios mais frequentes (Artés et al., 2019; Rabin et al., 2015). O fogo é utilizado para a limpeza das áreas no manejo agrícola e agropecuário, o que facilita a recorrência de fogo acidental devido à alta disponibilidade de biomassa seca (Simorangkir, 2006). Por exemplo, o Cerrado é um bioma brasileiro que evoluiu com a ocorrência do fogo, principalmente derivado de raios que acontecem no início da estação chuvosa (Miranda et al., 2009; Simon and Pennington, 2012). Nessa época, a vegetação possui umidade suficiente para que a intensidade e extensão do fogo não sejam altas (Ramos-Neto and Pivello, 2000). Além disso, o aumento na ocorrência do fogo também nas estações secas pode provocar impacto mesmo em espécies que são adaptadas a ele (Baltzer et al., 2021; Nolan et al., 2021). No ano de 2020, incêndios no Pantanal foram responsáveis pela queima de 39.030 km<sup>2</sup> e estima-se que cerca de 16 milhões de vertebrados foram mortos diretamente pelo fogo (Tomas et al., 2021). Na mesma época, houveram incêndios preocupantes em cerca de 97.000 km<sup>2</sup> na Austrália que habitat 832 espécies de vertebrados nativos (Ward et al., 2020). Embora os incêndios sejam comuns na natureza e vitais para a sobrevivência de algumas espécies (Pausas and Keeley, 2019), é alarmante o crescente número de grandes incêndios e a quantidade de áreas afetadas pelo fogo (Kelly et al., 2020).

Fogo, incêndios e queimadas são alguns dos nomes utilizados, de forma geral, para identificar uma complexidade de situações que precisam ser convenientemente discriminadas para os objetivos desse trabalho. Os incêndios florestais podem ser definidos como o fogo que ocorre de forma descontrolada independente de qual seja o tipo de vegetação e pode ser iniciado de maneira natural ou antrópica (Lei nº14.944, de 2024; BRASIL, 2024). Já a queimada consiste no uso do fogo de maneira planejada, monitorada e controlada em áreas determinadas para objetivos específicos, sendo denominada prescrita (Lei nº14.944, de 2024; BRASIL, 2024). A compreensão dos efeitos do fogo em sistemas naturais depende dos fatores que integram o chamado “regime do fogo” que considera a **frequência, intensidade, sazonalidade, tamanho, tipo e severidade** do fogo (Gill, 1975; Kelly et al., 2020). Esses diferentes componentes do regime do fogo trazem consequências distintas em diferentes ambientes (Cordeiro Ramalho et al., 2024). Na floresta Amazônica, por exemplo, a ocorrência **frequente** do fogo pode tornar irreversível a regeneração florestal e contribuir para um processo de savanização do bioma (Drüke et al., 2023). A **intensidade do fogo** – definida como a altura em que as chamas atingem na vegetação - pode gerar mudanças na comunidade local (Pausas, 2019; Smith, 2000). Por outro lado, as espécies de plantas que co-evoluíram com o fogo estão adaptadas a uma **sazonalidade** (estação) determinada para a ocorrência do fogo e a mudança desse padrão pode desconectar as populações de seus ritmos anuais (p.ex. ciclos reprodutivos) e gerar fortes impactos na demografia da espécie (Ondei et al., 2021). Os incêndios que possuem **tamanhos** muito extensos podem eliminar áreas de refúgios que seriam usadas como abrigo pela fauna durante a passagem do fogo (Jager et al., 2021). Um ponto especialmente importante é que existem diferentes **tipos de fogo** que variam de acordo com a disponibilidade do material combustível: raízes e acúmulo de matéria orgânica facilitam os incêndios subterrâneos (Rein and Huang, 2021); vegetação rasteira e disponibilidade de folhas podem gerar incêndios superficiais (Flake et al., 2025); vegetação com árvores mais próximas e com folhas secas facilitam incêndios de copa que se alastram na copa das árvores (Kim et al., 2016); O incêndio total é quando se tem incêndio superficial e de copa ao mesmo tempo. Por fim, a **severidade** está diretamente relacionada ao número de mortes diretas pelo fogo e é relacionada à alta disponibilidade de material combustível (Wasserman and Mueller, 2023). Além de considerar os fatores que compõem o regime do fogo, também devemos entender que existem vegetações que são independentes, dependentes ou sensíveis a presença dele (Myers, 2006). A compreensão de que as alterações climáticas e o uso do solo são facilitadores para o aumento no regime do fogo destaca como os impactos ocorrem em diferentes tipos de vegetação e a biodiversidade (Wasserman and Mueller, 2023). Nesse sentido, o regime do fogo é um fator de atenção para a gestão da conservação ambiental

(Cleary et al., 2006). A gestão do fogo pode ajudar a evitar consequências para a biodiversidade, como extinções de espécies, porém, ela ainda é feita quase que exclusivamente com fogo na comunidade vegetal (Clarke, 2008). Dessa forma, a gestão não abrange a biodiversidade de forma adequada e possui a necessidade de informações de como a fauna responde aos regimes de fogo (Driscoll et al., 2010).

A compreensão dos componentes do quanto uma espécie está exposta ao impacto do fogo, o quanto ela é sensível a esse impacto e qual a sua capacidade adaptativa gera informações sobre a sua vulnerabilidade diante desse impacto (Adger, 2006). A exposição está ligada a fatores extrínsecos da espécie que pode ser medida pelo quanto a distribuição da espécie está sobreposta pelo impacto (De Marco et al., 2020). A capacidade adaptativa e a sensibilidade são medidas por fatores intrínsecos de cada espécie. A adaptação de uma espécie diante de um impacto depende de sua diversidade genética e plasticidade genética, entre outros. Já a sensibilidade pode depender dos seus níveis de tolerância fisiológicas e características da história natural de cada espécie (Williams et al., 2008). Apesar da vulnerabilidade possuir a complexidade desses componentes, a exposição tem sido mais usada em estudos de avaliação de impactos (Dawson et al., 2011). A necessidade de incluir mais componentes é necessária para que o direcionamento da conservação seja focado em alvos de espécies mais vulneráveis. Considerando a sensibilidade, podemos assumir que espécies diferentes possuem uma variação da resposta perante a presença do fogo, a depender de seus atributos funcionais que permitem diferentes estratégias de sobrevivência para a permanência de suas populações (Pausas, 2019; Radford et al., 2020). A compreensão das consequências dos incêndios também pode depender se o fogo atinge as espécies de forma direta, com a queima direta dos indivíduos, ou indireta com o aumento de exposição a predadores após a passagem do fogo (Tomas et al., 2021). Características diferentes influenciam se a espécie sobrevive ou não ao impacto direto e indireto do fogo. Por exemplo, diferenças na mobilidade influenciam a capacidade de fuga (Santos et al., 2014) e a ocupação de diferentes estratos do ambiente podem limitar o alcance do fogo nos indivíduos (Chia et al., 2016). Devido a isso, as espécies podem variar sua sensibilidade a diferentes regimes de fogo.

A superordem Xenarthra é um grupo de mamíferos que inclui as espécies de preguiças, tatus e tamanduás que usam diferentes estratégias de sobrevivência. É representada por 26 espécies com distribuição no território brasileiro, sendo cinco delas endêmicas (Abreu et al., 2024). Em sua maioria, possuem dependência de habitats florestais que geralmente não estão associados a queima frequente (Cochrane, 2003). No cenário atual, o fogo tem se tornado comum também em biomas que não são adaptados e pode ser uma ameaça as espécies (Alencar et al., 2015). Por exemplo, *Choloepus*

*didactylus* (Illiger, 1811) que sua distribuição está principalmente na Amazônia (Santos et al., 2024) e *Bradypus torquatus* (Illiger, 1811) endêmica da Mata Atlântica (Santos et al., 2024). Além disso, o hábito fossorial dos tatus, por exemplo, pode contribuir para que os representantes deste grupo não sejam atingidos diretamente pelo fogo ou pelas altas temperaturas, mas podem ser intoxicados pela fumaça (Desbiez et al., 2024). Já a limitação na locomoção, em geral, para o grupo auxilia na sua termorregulação, porém pode dificultar no comportamento de fuga necessário para escapar de incêndios (Silva et al., 2020). Considerando todos esses aspectos, o objetivo deste trabalho foi prever a sensibilidade das espécies do grupo Xenarthra ao fogo através das informações da biologia da espécie e da variação temporal do fogo. Foi testada a hipótese de que a sensibilidade das espécies ao fogo varia de menos afetada para mais afetada de acordo com suas características. O grupo das preguiças estão associados principalmente a ambientes que não possuem fogo natural, mas tem enfrentado mudanças nessa dinâmica. Portanto, nós esperamos que as preguiças sejam o grupo mais afetado negativamente pelo fogo, devido a sua dificuldade de locomoção e gestação longa, bem como seu cuidado parental longo. Esperamos também que as espécies de tamanduás sejam afetadas negativamente pela sua limitação na locomoção. Além disso, o pelo espesso dessas espécies aumenta a probabilidade de que a exposição ao fogo leve à morte do indivíduo. Alguns tatus possuem ninhadas grandes e utilizam tocas como refúgio e podem se intoxicar com a fumaça, favorecendo o impacto negativo com a presença do fogo. Para as espécies de tatus que geram menos filhotes, o cuidado parental longo pode dificultar a recuperação da população após serem afetados pelo fogo.

## **Métodos**

### **Visão geral**

Nossa abordagem nesse trabalho foi baseada em replicar o estudo de Pocknee et al. (2023), incluindo as informações das espécies brasileiras para determinar sua sensibilidade ao fogo. Não existem muitos estudos sobre o efeito do fogo sobre as espécies brasileiras de Xenarthra que pudessem ser incorporados à estratégia original de Pocknee et al. (2023). Devido a isso, nós utilizamos os dados de história natural e traços funcionais de Xenarthra brasileiros para imputar as estimativas de sua sensibilidade a partir da regressão com os dados originais da metanálise. Essa abordagem parte da premissa de que os processos que determinam a sensibilidade das espécies é o mesmo para as espécies brasileiras e os mamíferos avaliados em escala mundial no estudo original. No entanto, além de incorporar os dados de espécies brasileiras, nós refizemos o

modelo estatístico original de forma a considerar melhor algumas variáveis que podem ter efeito importante para as espécies nativas.

### **Informações sobre história natural**

Utilizamos os dados reunidos por uma metanálise feita por Pocknee et al. (2023) relacionando os traços funcionais dos mamíferos em como eles respondem ao fogo. A esse banco de dados base foram adicionados os dados de história natural de 12 espécies de Xenarthra de acordo com a disponibilidade de dados de história natural. Visando a atualização e padronização dos nomes científicos, foi utilizado o site Mammal Diversity Database ([www.mammaldiversity.org](http://www.mammaldiversity.org)) para consultar as sinonímias e comparar qual nome corresponde as espécies que estão na lista Sociedade Brasileira de Mastozoologia (Abreu et al., 2024). Em especial, utilizou-se o banco de dados PanTHERIA para reunir as informações de história natural (“jovens por ano”, “hábito fossorial” e “distribuição geográfica”) para ser o mais fiel possível ao modelo original da metanálise (Pocknee et al., 2023). Devemos ressaltar que a variável “Fossorial” presente neste banco de dados considera qualquer espécie terrestre como possuindo o hábito fossorial mesmo que ela não use túneis e tocas. Isso acaba inflando o número de espécies que são consideradas como fossorial pelo banco de dados, mas que na verdade não possuem esse hábito. Apesar de ser um fator de confusão, optamos por manter a classificação feita para que seja o mais similar possível ao modelo original. Também utilizamos as fichas de Avaliação do Risco de Extinção da Fauna Brasileira realizada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) para complementar as informações da história natural. No caso de uma espécie ter sido subdividida em mais de uma, consideramos que os dados do PanTHERIA poderiam ser replicados para as novas espécies.

### **Árvore filogenética**

Adicionamos no modelo linear uma árvore filogenética (disponível em: [www.vertlife.org](http://www.vertlife.org)) afim de controlar a autocorrelação filogenética que pode ser encontrada em espécies mais próximas filogeneticamente. Baixamos 1000 hipóteses da árvore filogenética no mesmo site do modelo original, no entanto, não foi especificado no modelo original como foi feita uma árvore consenso (Pocknee et al. 2023). Nesse estudo, nós fizemos o consenso com as árvores que possuíam pelo menos 50% de semelhança através do pacote *ape* com a função *consensus*. Dessa forma, obtivemos apenas uma árvore filogenética que representava todas as espécies da meta-análise

original e também as espécies de *Xenarthra*. Após fazer a árvore consenso, nós ajustamos as distâncias entre os ramos pelo método Grafen (Grafen, 1989).

## Modelo Linear

Fizemos um modelo linear de efeitos mistos nos dados reunidos por Pocknee et al. (2023) para determinar o tamanho de efeito ao relacionar as variáveis dos estudos com as características das espécies. O tamanho de efeito (variável dependente) no modelo original é calculado como  $g$  de Hedges (Hedges, 1981) através da média e desvio padrão dos artigos coletados na metanálise. Usamos a função *gls* do pacote *nlme* no programa R (versão 4.0.1) através da interface RStudio (versão 1.3.959) para a construção do modelo linear. Para entender quais variáveis intrínsecas das espécies e extrínsecas do ambiente são importantes para responder o objetivo do modelo original, foi feita uma seleção de modelos com o critério de informação de Akaike (AICc). Devido a essa seleção, o modelo original determinou que as variáveis mais importantes para determinar as respostas dos mamíferos ao fogo estão detalhadas na Tabela 1. Importante observar que o modelo que fizemos foi ajustado com os dados originais revisados e que para as espécies de *Xenarthra* foram utilizados os dados da história natural apenas no processo de predição do modelo para esse novo conjunto de espécies, dentro do processo de imputação. Nós refizemos o mesmo modelo da metanálise mantendo as variáveis e transformações logarítmicas e a forma como foi feita a equação (Equação 1). Em relação ao modelo original, nós incluímos a nova árvore filogenética, que inclui as espécies de *Xenarthra*, e optamos por retirar a variável “Ameaça ao fogo” pois reconhecemos que é difícil sua replicação ter sido feita a partir da opinião dos especialistas. Assim o modelo final seguiu esse procedimento mantendo as variáveis “Intervalo de fogo” e “Tipo de fogo” que foram usadas na metanálise original. Nas predições e processo de imputação para as espécies de *Xenarthra* nós optamos por utilizar as categorias Prescrito e Incêndio para a variável “Tipo de fogo” e manter apenas um, dois e cinco anos para a variável “Intervalo de fogo” por representar mais o mais realista possível as características de grandes incêndios no Cerrado (Cordeiro Ramalho et al., 2024).

Equação 1.

$$\text{tamanho do efeito de Hedges} = \log(\text{jovem por ano}) + \text{fossorial} + \text{tipo de fogo} + \log(\text{distribuição da espécie}) + \log(\text{intervalo do fogo}) + \text{fossorial} * \text{tipo de fogo} + \log(\text{intervalo do fogo}) * \text{tipo de fogo}$$

Tabela 1. Descrição das variáveis utilizadas no modelo linear da metanálise original para prever a resposta das espécies de mamíferos ao fogo.

Variáveis	Descrição
<b><i>Intrínseca</i></b>	
Jovens por ano	Número médio de ninhadas por ano multiplicado pelo tamanho médio das ninhadas
Fossorial	Se a espécie possui hábitos fossoriais ou não (1;0)
Distribuição geográfica	Área total de extensão global da distribuição da espécie (km <sup>2</sup> )
Ameaça ao fogo	Dado obtido por opinião de especialistas considerando que o fogo é ou não uma ameaça para a espécie (1;0)
<b><i>Extrínseca</i></b>	
Intervalo do fogo	Intervalo de tempo (anos) desde o incêndio
Tipo de fogo	Incêndio florestal ou Queimada prescrita

### **Abordagem ética**

Programas de inteligência artificial foram utilizados exclusivamente para auxiliar na criação de scripts no R.

### **Resultados**

#### **Modelagem**

Ao refazermos o modelo linear misto original, as variáveis “Jovens por ano”, “Tipo de fogo” e a interação entre “Tipo de fogo” com “Intervalo do fogo” possuem efeito do fogo sob as espécies de mamíferos globais (Tabela 2). O modelo misto mostrou uma interação entre as variáveis extrínsecas “Tipo de fogo” e “Intervalo do fogo”. Essa interação é positiva para incêndios com intervalo de tempo mais longo e negativo para queima prescrita com intervalo de tempo mais longo (Figura 1). Além disso, das variáveis não implicadas na interação, apenas a variável “Jovens por ano” teve efeito. Esse efeito sugere que quanto mais filhotes mais a espécie é afetada negativamente pelo fogo (Figura 2).

Tabela 2. Coeficientes das variáveis do modelo linear da resposta dos mamíferos Xenartra ao fogo. \* se refere a p-valor menor que 0.05.

	Estimativa	Erro-Padrão	P-Valor
Intercepto	4.313	2.123	0.044
log(jovem por ano)	-0.578	0.271	0.035*
Fossorial	0.952	0.659	0.151
Tipo-incêndio	-2.217	0.771	0.005*
log(distribuição geográfica)	-0.229	0.135	0.092
log(intervalo de fogo)	-0.139	0.210	0.509
Fossorial:Tipo-incêndio	-0.321	0.763	0.675
Tipo-incêndio:log(intervalo de fogo)	0.783	0.276	0.005*

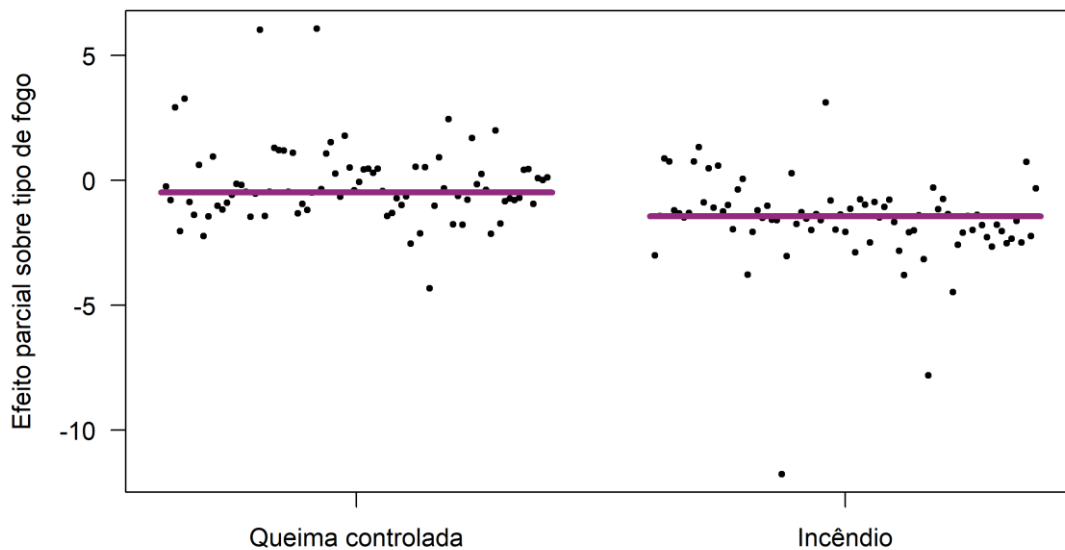


Figura 1. Visualização do efeito isolado da interação entre “Tipo de fogo” e “Intervalo de fogo” sobre a variável dependente (tamanho do efeito de Hedges) no modelo linear misto.

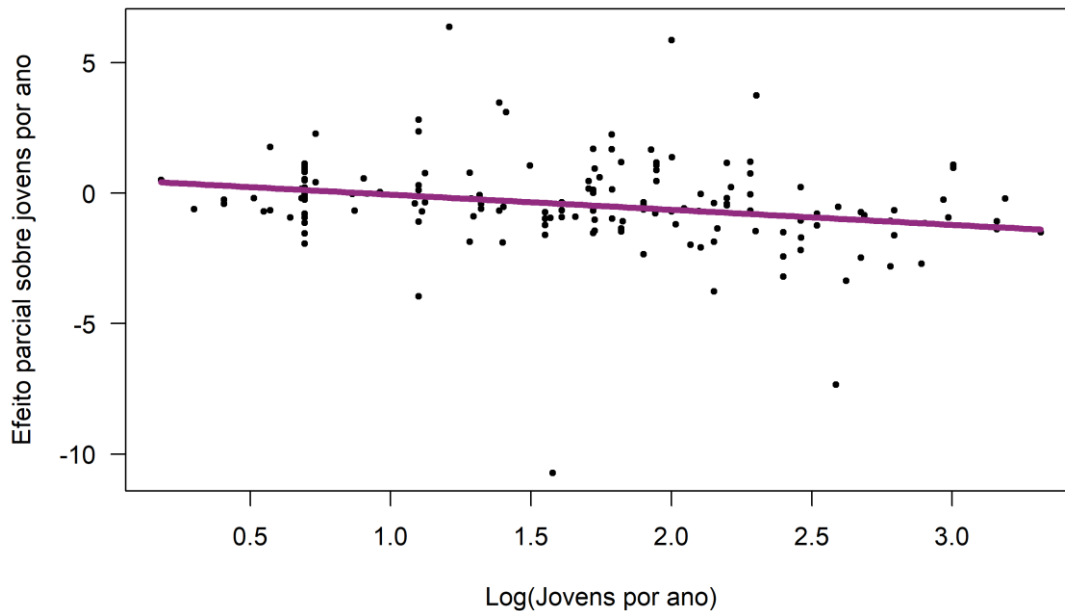


Figura 2. Efeito isolado da variável “Jovens por ano” sobre a variável dependente (tamanho do efeito de Hedges) no modelo linear misto.

### Imputação

As estimativas que fizemos a partir do modelo linear global indicam que para as espécies de tatus que tem mais filhotes são afetadas negativamente pelo fogo. Existe pouca variação nos dados de preguiças e nenhuma variação no número de filhotes dos tamanduás, impossibilitando a identificação de efeito (Figura 3). Considerando apenas a variável “Tipo de fogo”, a estimativa mostrou que o fogo prescrito possui um tamanho de efeito positivo para os *Xenarthra* e o incêndio um efeito negativo (Figura 4).

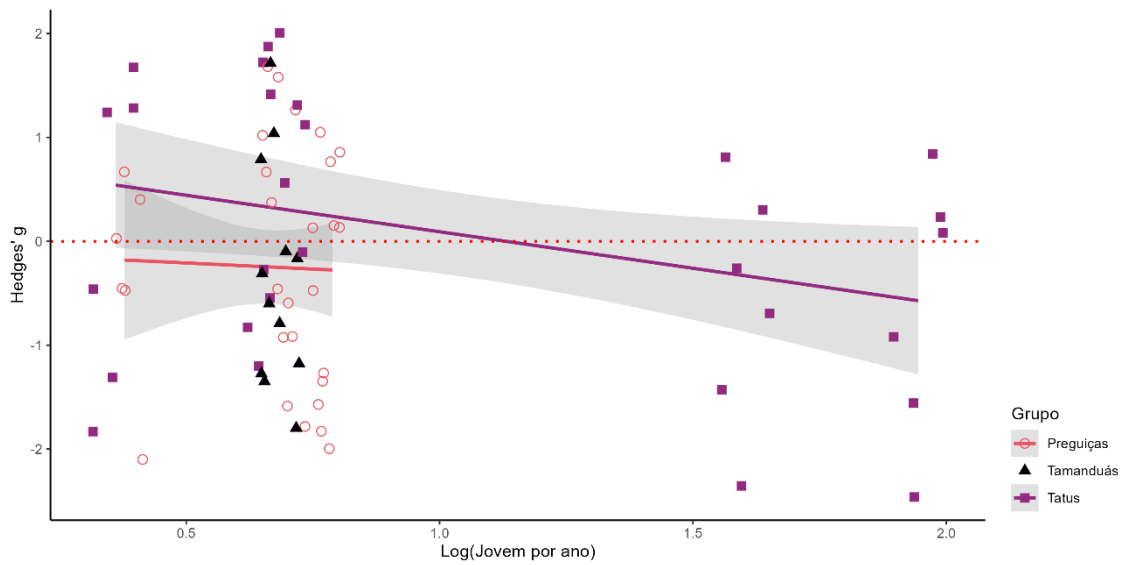


Figura 3. Relação entre a estimativa do tamanho do efeito de Hedges e o logaritmo da variável “Jovens por ano” separado por grupo de preguiças, tamanduás e tatus.

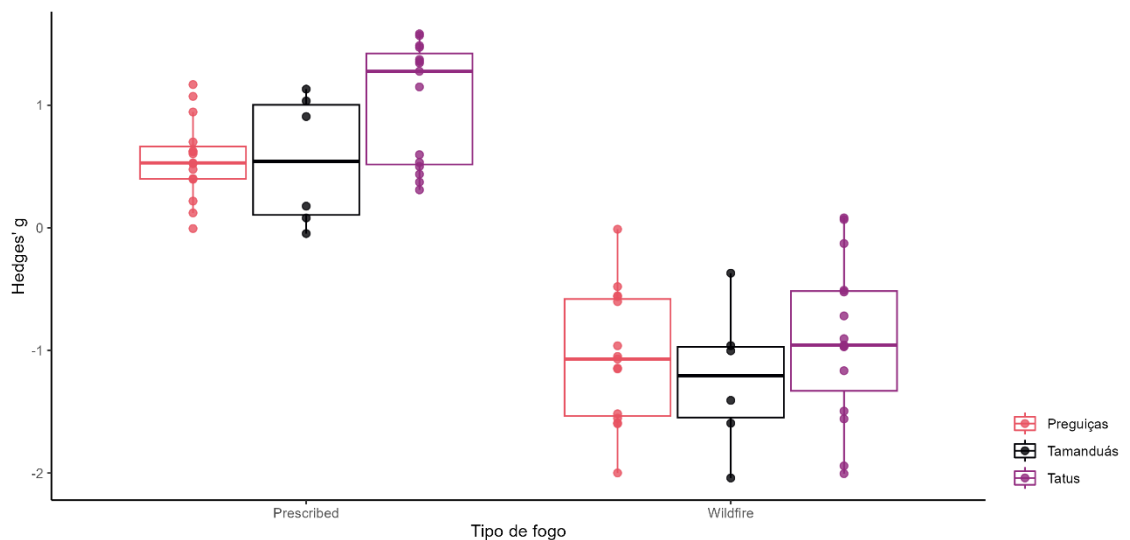


Figura 4. Relação entre a estimativa do tamanho do efeito de Hedges e a variável “Tipo de fogo” separado por grupo de preguiças, tamanduás e tatus.

Todos os Xenarthra tiveram uma estimativa de sensibilidade negativa ao fogo quando se trata de incêndios (Figura 5). Para o fogo prescrito, a estimativa da sensibilidade baseada no tamanho do efeito de Hedges  $g$  foi positiva com um padrão de intervalo entre o fogo de cinco anos, dois anos e um ano. As espécies mais sensíveis ao fogo foram o *Tamandua tetradactyla* (Linnaeus, 1758), *Dasypus novemcinctus* (Linnaeus, 1758), *Bradypus variegatus* (Schinz, 1825) e *Dasypus septemcinctus* (Linnaeus, 1758).

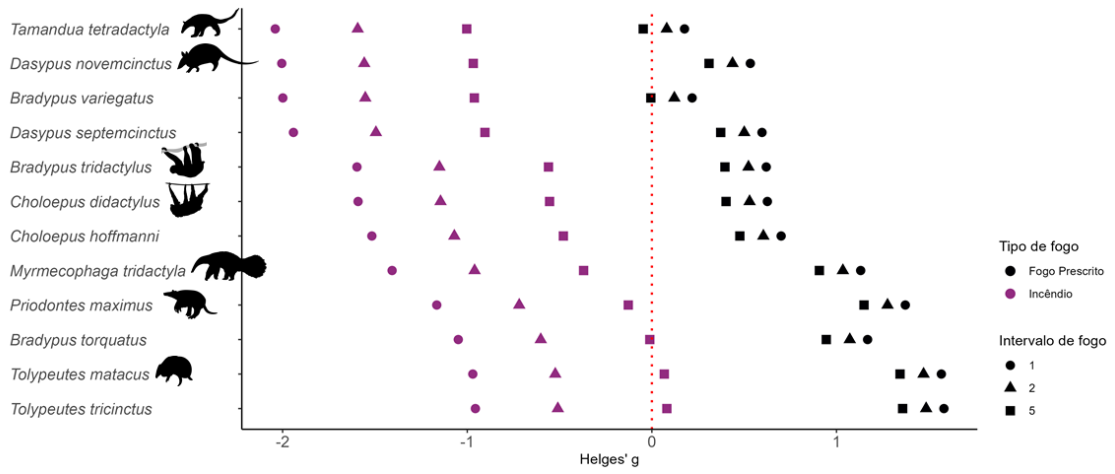


Figura 5. Estimativa do tamanho do efeito do fogo para as populações das espécies de Xenarthra divididas em cenários de fogo prescrito e incêndios. Também separado em diferentes intervalos de retorno de fogo.

## Discussão

Nesse trabalho buscamos reduzir as lacunas de conhecimento sobre a sensibilidade de espécies brasileiras ao fogo, a partir da imputação desse efeito em relação aos dados e modelos existentes. As estimativas da imputação possuem a premissa de que os mesmos processos que acontecem no modelo existente também acontecem para as espécies brasileiras em relação ao fogo. Todas as espécies foram sensíveis aos incêndios, mas com efeitos positivos para queimadas prescritas. Ao considerarmos os incêndios, a ocorrência anual é mais prejudicial para as espécies e menos prejudicial ao ocorrer em intervalos de cinco anos. O aumento de incêndios em extensão e frequência deve ser particularmente prejudicial aos *Xenarthra* apesar da variação comportamental e ecológica que se pode observar no grupo (Silva et al., 2020). Por outro lado, considerando o intervalo de retorno da queimada prescrita um resultado intrigante é que valores de cinco anos apresentam menos efeitos do que a queimada anual, o que merece uma discussão mais aprofundada. Ao considerarmos as informações de ninhadas, o grupo dos tatus e preguiças são mais sensíveis com a presença do fogo. Algumas espécies de tatus podem chegar a ter 12 filhotes por ninhada (Silva et al., 2024), sendo o grupo com o maior tamanho do efeito em relação ao fogo. O grupo das preguiças possuem limitações na locomoção o que pode ser intensificado com a presença de filhotes aumentando sua sensibilidade ao fogo (Lewton and Dingwall, 2016). Podemos entender que é necessário mais recurso para a criação de mais filhotes, podendo ser escasso após a passagem do fogo (Dickman and Happold, 2022).

A análise geral de sensibilidade ao fogo nos mamíferos demonstra a relevância do tipo de incêndio (naturais ou manejados) e da frequência sobre essas espécies. A projeção desse resultado para os *Xenarthra*, no entanto, precisa considerar que essas espécies estão associadas a diferentes tipos de vegetação e, conseqüentemente, a diferentes regimes do fogo. As regiões florestais possuem pouco ou nenhuma presença do fogo natural e com o aumento da perda e fragmentação de habitat são impulsionadores para incêndios ocorrerem (Alencar et al., 2015). Para as preguiças que estão predominantemente na região da Amazônia e na Mata Atlântica, algumas populações já estão isoladas entre si podendo dificultar a permanência das espécies a longo prazo (Santos et al., 2024). Nessa situação, a perda de indivíduos provocadas pelo fogo pode gerar extinções locais devido a sua reprodução lenta e o aumento na frequência do fogo (Silva et al., 2020). No caso dos tatus e tamanduás, que são encontrados também no Cerrado é esperado uma convivência histórica com a presença do fogo natural. Porém, o aumento no número de incêndios provocados por ações humanas e em períodos que não costumavam ter fogo, pode representar efeitos negativos consistentes a essas populações (Silva et al., 2020). É

importante observar que o impacto da época do fogo – uma variável essencial para compreender o efeito do fogo nessas populações (González et al., 2022) – não pode ser deduzido de nossas análises já que essa variável não está contemplada no estudo original. Por fim, as alterações no uso do solo favorecem a alta disponibilidade de vegetação seca e a propagação de incêndios (Gutiérrez-Vélez et al., 2014). No entanto, nosso modelo mostra um efeito positivo da queimada prescrita, que, apesar de não haver estar incorporado no modelo a época da queimada como fator, pode representar uma alternativa para evitar grandes incêndios. A queimada prescrita é uma estratégia de prevenção aplicada geralmente no início da estação seca para diminuir as chances de ter incêndios em larga escalas (Lei nº14.944, de 2024; BRASIL, 2024). No entanto, os incêndios naturais no Cerrado ocorrem principalmente no início da época chuvosa (Simon & Pennington, 2012; Miranda et al., 2009), quando as descargas elétricas tendem a ser mais abundantes e seria mais provável o início da ignição. Essa diferença de época pode ter um papel extremamente negativo em toda a dinâmica do sistema e na persistência de espécies dependendo da sua época de reprodução. Assim, apesar de parecer uma boa estratégia, deve ser feito com planejamento adequado considerando a vegetação, condições meteorológicas e o horário (Lei nº14.944, de 2024; BRASIL, 2024). Esse método tem sido aplicado em unidades de conservação e deve ser planejado para cada área considerando sua biodiversidade e especificidade.

Ao considerarmos o tamanho das ninhadas, o grupo dos tatus é o mais sensível ao fogo e, logo em seguida, o grupo das preguiças. O grupo dos tamanduás foi o único que não possui variação para que uma tendência pudesse ser detectada. Os resultados sugerem que as espécies que possuem mais filhotes são mais sensíveis ao fogo. Em parte, isso pode ser resultado de questões demográficas intrínsecas: espécies com mais filhotes podem atingir mais rapidamente tamanhos populacionais maiores e facilitar a detecção de efeitos negativos. Essa questão, de caráter metodológico, é difícil de ser avaliada com os dados coletados, mas merece ser considerada em estudos futuros. Não existem informações muito claras de como o fogo pode afetar os filhotes e o cuidado parental dos Xenarthra, mas sabemos que os tatus podem ser intoxicados pela fumaça ao se abrigarem nas suas tocas ou até mesmo serem mortos por queimaduras e doenças secundárias após a passagem do fogo (Desbiez et al., 2024). Além disso, as espécies brasileiras não possuem sazonalidade reprodutiva muito definida o que pode gerar dificuldades em entender como o fogo pode afetá-las (Bonato et al., 2008; Desbiez et al., 2020). Sugerimos algumas hipóteses de como o fogo pode estar associado as ninhadas dos grupos. Os tatus são dependentes do uso de tocas (Carter et al., 2016) e o cuidado parental pode variar entre espécies (Desbiez et al., 2024; Silva et al., 2024). Os filhotes de tatus só passam a trocar

de tocas a partir de 4 semanas de vida (Jean Desbiez et al., 2022) e após a passagem do fogo os recursos se tornam escassos nas áreas, o que dificulta em manter muitos filhotes nesse período. Por outro lado, as preguiças possuem locomoção limitada e ao carregar seus filhotes pode dificultar no contexto com a passagem do fogo. Apesar de não ter sido associado a sensibilidade dos tamanduás com o número de filhotes, devemos ressaltar que é uma espécie que carrega o filhote nas costas (Gaudin et al., 2018) e isso pode prejudicar sua locomoção que já é limitada. Além de também possuir a pelagem grossa como as preguiças, que é altamente inflamável ao ter contato com o fogo (Gaudin et al., 2018).

As estimativas que fizemos para o grupo de Xenarthra foi feita a partir de uma metanálise global (Pocknee et al., 2023) e que pode não refletir o cenário real das espécies. Apesar da tentativa de englobar a maior parte das espécies de mamíferos, o artigo teve apenas 15 espécies que ocorrem no Brasil e nenhuma delas é da superordem Xenarthra. Além disso, dos 35 artigos reunidos, 22 são de estudos feitos no Estados Unidos e na Austrália. As limitações da nossa imputação são representadas pelas discrepâncias nos regimes de fogo entre florestas temperadas e tropicais com suas diferentes composições da comunidade. Além disso, a pouca representação de estudos no Brasil gera uma lacuna nos regimes de fogo que ocorrem em diferentes vegetações nativas, bem como o déficit de representação das linhagens que englobam a diversidade dos mamíferos brasileiros. Os estudos de como o efeito do fogo afetada a biodiversidade tem se concentrado principalmente em plantas e em áreas com menor incidência de fogo (Arruda et al., 2018). No Cerrado, apenas 8% dos estudos relacionados ao efeito do fogo são direcionados para mamíferos (Arruda et al., 2018) e em escala global apenas 4% são feitos nos trópicos (González et al., 2022). Outro fator de atenção é o número pequeno de representantes de cada linhagem que possuem dados experimentais de campo sobre a abundância e fogo reunidos na metanálise (Pocknee et al., 2023). Para que as conclusões sejam mais precisas sobre os Xenarthra brasileiros em diferentes tipos de vegetação e seus regimes de fogo deve ser feito mais estudos experimentais de campo. É importante observar que, para entrar na metanálise o artigo deveria apresentar dados de abundância de espécies antes e depois do impacto do fogo, além de informações sobre o próprio fogo. Esse desenho experimental é essencial para se avaliar adequadamente o efeito do fogo. Na verdade, considerando que muitos outros fatores podem afetar o tamanho populacional (e.g. sazonalidade, mudanças climáticas, mudanças de uso do solo da escala de efeito da espécie, etc), um modelo mais apropriado deveria também conter um controle temporal. Esse modelo experimental ideal, também conhecido como *BACI* (before-after control intervention) (Christie et al., 2019), é o único capaz de controlar efetivamente esses efeitos. Existe uma grande carência de estudos como esse, rigorosamente

planejados para o estudo do fogo. Por outro lado, é mais comum que a ocorrência de um incêndio em uma área onde estudos de longa duração estão sendo desenvolvidas (e.g. áreas do programa PELD, Programa de Estudos de Longa Duração - CNPq) sejam usadas oportunisticamente nesses estudos. Mesmo assim, não existem ainda estudos controlados apresentando estimativas populacionais como as exigidas para a metanálise para *Xenarthra* em território nacional. É importante considerar que, considerando a sensibilidade do grupo, evidenciada nesse estudo, uma agenda que inclua esse tipo de delineamento seja conduzida no país.

## Literatura Citada

- Alencar, A.A., Brando, P.M., Asner, G.P., Putz, F.E., 2015. Landscape fragmentation, severe drought, and the new Amazon forest fire regime. *Ecol. Appl.* 25, 1493–1505. <https://doi.org/10.1890/14-1528.1>
- Anacleto, T.C.S.; Chiarello, A.G. 2024. *Priodontes maximus*. Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - SALVE. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio. Disponível em: <https://salve.icmbio.gov.br> - Acesso em: 10 de mar. de 2025.
- Arruda, F.V.D., Sousa, D.G.D., Teresa, F.B., Prado, V.H.M.D., Cunha, H.F.D., Izzo, T.J., 2018. Trends and gaps of the scientific literature about the effects of fire on Brazilian Cerrado. *Biota Neotropica* 18. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2017-0426>
- Artés, T., Oom, D., De Rigo, D., Durrant, T.H., Maianti, P., Libertà, G., San-Miguel-Ayanz, J., 2019. A global wildfire dataset for the analysis of fire regimes and fire behaviour. *Sci. Data* 6, 296. <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0312-2>
- Baltzer, J.L., Day, N.J., Walker, X.J., Greene, D., Mack, M.C., Alexander, H.D., Arseneault, D., Barnes, J., Bergeron, Y., Boucher, Y., Bourgeau-Chavez, L., Brown, C.D., Carrière, S., Howard, B.K., Gauthier, S., Parisien, M.-A., Reid, K.A., Rogers, B.M., Roland, C., Sirois, L., Stehn, S., Thompson, D.K., Turetsky, M.R., Veraverbeke, S., Whitman, E., Yang, J., Johnstone, J.F., 2021. Increasing fire and the decline of fire adapted black spruce in the boreal forest. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 118, e2024872118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2024872118>
- Brasil. Lei nº 14.944, de 31 de julho de 2024. Institui a Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo e altera as Leis nº 7.735/1989; nº 12.651/2012; nº 9.605/1998. Diário Oficial da União, Seção 1, 1 de agosto de 2024.
- Bonato, V., Martins, E.G., Machado, G., da-Silva, C.Q., Dos Reis, S.F., 2008. Ecology of the Armadillos *Cabassous unicinctus* and *Euphractus sexcinctus* (Cingulata: Dasypodidae) in a Brazilian Cerrado. *J. Mammal.* 89, 168–174. <https://doi.org/10.1644/06-MAMM-A-187.1>
- Carter, T.S., Superina, M., Leslie, D.M., 2016. *Priodontes maximus* (Cingulata: Chlamyphoridae). *Mamm. Species* 48, 21–34. <https://doi.org/10.1093/mspecies/sew002>
- Chia, E.K., Bassett, M., Leonard, S.W.J., Holland, G.J., Ritchie, E.G., Clarke, M.F., Bennett, A.F., 2016. Effects of the fire regime on mammal occurrence after

- wildfire: Site effects vs landscape context in fire-prone forests. *For. Ecol. Manag.* 363, 130–139. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.12.008>
- Christie, A.P., Amano, T., Martin, P.A., Shackelford, G.E., Simmons, B.I., Sutherland, W.J., 2019. Simple study designs in ecology produce inaccurate estimates of biodiversity responses. *J. Appl. Ecol.* 56, 2742–2754. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13499>
- Clarke, M.F., 2008. Catering for the needs of fauna in fire management: science or just wishful thinking? *Wildl. Res.* 35, 385. <https://doi.org/10.1071/WR07137>
- Cleary, D.F.R., Priadjati, A., Suryokusumo, B.K., Menken, S.B.J., 2006. Butterfly, seedling, sapling and tree diversity and composition in a fire-affected Bornean rainforest. *Austral Ecol.* 31, 46–57. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2006.01542.x>
- Cochrane, M.A., 2003. Fire science for rainforests. *Nature* 421, 913–919. <https://doi.org/10.1038/nature01437>
- Cordeiro Ramalho, A.H., Fiedler, N.C., Machado Dias, H., Machado De Oliveira Peluzio, T., Rosa Dos Santos, A., Moura Fonseca Lucas, F., 2024. Compreendendo a ação do fogo nos ecossistemas brasileiros. *Biodiversidade Bras.* 14, 8–25. <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v14i1.2180>
- Dawson, T.P., Jackson, S.T., House, J.I., Prentice, I.C., Mace, G.M., 2011. Beyond Predictions: Biodiversity Conservation in a Changing Climate. *Science* 332, 53–58. <https://doi.org/10.1126/science.1200303>
- De Marco, P., Nóbrega, C.C., 2018. Evaluating collinearity effects on species distribution models: An approach based on virtual species simulation. *PLoS ONE* 13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202403>
- De Marco, P., Villén, S., Mendes, P., Nóbrega, C., Cortes, L., Castro, T., Souza, R., 2020. Vulnerability of Cerrado threatened mammals: an integrative landscape and climate modeling approach. *Biodivers. Conserv.* 29, 1637–1658. <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1615-x>
- Desbiez, A.L.J., Massocato, G.F., Kluyber, D., 2020. Insights into giant armadillo (*Priodontes maximus* Kerr, 1792) reproduction. *Mammalia* 84, 283–293. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2019-0018>
- Desbiez, A.J.L.; Attias, N.; Catapani, M.L.; Santos, P.M.; Silva, K.F.M.; Timo, T.P.C.E.; Leite, R.J.V.; Santos Jr, E.M.; Rohe, F.; Miranda, F.R.; Mourão, G.M.; Vaz, S.M.;
- Di Marco, M., Harwood, T.D., Hoskins, A.J., Ware, C., Hill, S.L.L., Ferrier, S., 2019. Projecting impacts of global climate and land-use scenarios on plant biodiversity using compositional-turnover modelling. *Glob. Change Biol.* 25, 2763–2778. <https://doi.org/10.1111/gcb.14663>

- Dickman, C.R., Happold, D.C.D., 2022. Demographic and dietary responses of small mammals to high severity fire. *Aust. Zool.* 42, 256–277.  
<https://doi.org/10.7882/AZ.2022.018>
- Driscoll, D.A., Lindenmayer, D.B., Bennett, A.F., Bode, M., Bradstock, R.A., Cary, G.J., Clarke, M.F., Dexter, N., Fensham, R., Friend, G., Gill, M., James, S., Kay, G., Keith, D.A., MacGregor, C., Russell-Smith, J., Salt, D., Watson, J.E.M., Williams, R.J., York, A., 2010. Fire management for biodiversity conservation: Key research questions and our capacity to answer them. *Biol. Conserv.* 143, 1928–1939. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.05.026>
- Drüke, M., Sakschewski, B., Von Bloh, W., Billing, M., Lucht, W., Thonicke, K., 2023. Fire may prevent future Amazon forest recovery after large-scale deforestation. *Commun. Earth Environ.* 4, 248. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00911-5>
- Flake, S.W., Elliott, P.J., Durigan, G., Rossatto, D.R., Hoffmann, W.A., 2025. Linking leaf traits and litter flammability using a novel framework, tested with Brazilian Cerrado trees. *Funct. Ecol.* 39, 1247–1261. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.70032>
- Gaudin, T.J., Hicks, P., Di Blanco, Y., 2018. *Myrmecophaga tridactyla* (Pilosa: Myrmecophagidae). *Mamm. Species* 50, 1–13.  
<https://doi.org/10.1093/mspecies/sey001>
- Gill, A.M., 1975. Fire and The Australian Flora: A Review. *Aust. For.* 38, 4–25.  
<https://doi.org/10.1080/00049158.1975.10675618>
- González, T.M., González-Trujillo, J.D., Muñoz, A., Armenteras, D., 2022. Effects of fire history on animal communities: a systematic review. *Ecol. Process.* 11, 11.  
<https://doi.org/10.1186/s13717-021-00357-7>
- Gutiérrez-Vélez, V.H., Uriarte, M., DeFries, R., Pinedo-Vásquez, M., Fernandes, K., Ceccato, P., Baethgen, W., Padoch, C., 2014. Land cover change interacts with drought severity to change fire regimes in Western Amazonia. *Ecol. Appl.* 24, 1323–1340. <https://doi.org/10.1890/13-2101.1>
- Hedges, L.V., 1981. Distribution Theory for Glass's Estimator of Effect size and Related Estimators. *J. Educ. Stat.* 6, 107–128.  
<https://doi.org/10.3102/10769986006002107>
- Jager, H.I., Long, J.W., Malison, R.L., Murphy, B.P., Rust, A., Silva, L.G.M., Sollmann, R., Steel, Z.L., Bowen, M.D., Dunham, J.B., Ebersole, J.L., Flitcroft, R.L., 2021. Resilience of terrestrial and aquatic fauna to historical and future wildfire regimes in western North America. *Ecol. Evol.* 11, 12259–12284.  
<https://doi.org/10.1002/ece3.8026>

- Jean Desbiez, A.L., Kluyber, D., Massocato, G.F., Barreto, L.M., Attias, N., 2022. O que sabemos sobre os tatus do Pantanal? Revisão do conhecimento sobre ecologia, biologia, morfologia, saúde, conservação, distribuição e métodos de estudo. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi - Ciênc. Nat.* 17, 11–69.  
<https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v17i1.834>
- Kelly, L.T., Giljohann, K.M., Duane, A., Aquilué, N., Archibald, S., Batllori, E., Bennett, A.F., Buckland, S.T., Canelles, Q., Clarke, M.F., Fortin, M.-J., Hermoso, V., Herrando, S., Keane, R.E., Lake, F.K., McCarthy, M.A., Morán-Ordóñez, A., Parr, C.L., Pausas, J.G., Penman, T.D., Regos, A., Rumpff, L., Santos, J.L., Smith, A.L., Syphard, A.D., Tingley, M.W., Brotons, L., 2020. Fire and biodiversity in the Anthropocene. *Science* 370, eabb0355.  
<https://doi.org/10.1126/science.abb0355>
- Kim, D.-W., Chung, W., Lee, B., 2016. Exploring tree crown spacing and slope interaction effects on fire behavior with a physics-based fire model. *For. Sci. Technol.* 12, 167–175. <https://doi.org/10.1080/21580103.2016.1144541>
- Lewton, K.L., Dingwall, H.L., 2016. Morphological convergence in the pubis of slow-moving primates and xenarthrans. *Am. J. Phys. Anthropol.* 161, 381–397.  
<https://doi.org/10.1002/ajpa.23038>
- Miranda, H.S., Sato, M.N., Neto, W.N., Aires, F.S., 2009. Fires in the cerrado, the Brazilian savanna, in: *Tropical Fire Ecology*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 427–450. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-77381-8\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-540-77381-8_15)
- Nolan, R.H., Collins, L., Leigh, A., Ooi, M.K.J., Curran, T.J., Fairman, T.A., Resco De Dios, V., Bradstock, R., 2021. Limits to post-fire vegetation recovery under climate change. *Plant Cell Environ.* 44, 3471–3489.  
<https://doi.org/10.1111/pce.14176>
- Ondei, S., Prior, L.D., McGregor, H.W., Reid, A.M., Johnson, C.N., Vigilante, T., Goonack, C., Williams, D., Bowman, D.M.J.S., 2021. Small mammal diversity is higher in infrequently compared with frequently burnt rainforest–savanna mosaics in the north Kimberley, Australia. *Wildl. Res.* 48, 218.  
<https://doi.org/10.1071/WR20010>
- Pausas, J.G., 2019. Generalized fire response strategies in plants and animals. *Oikos* 128, 147–153. <https://doi.org/10.1111/oik.05907>
- Pausas, J.G., Keeley, J.E., 2019. Wildfires as an ecosystem service. *Front. Ecol. Environ.* 17, 289–295. <https://doi.org/10.1002/fee.2044>
- Pocknee, C.A., Legge, S.M., McDonald, J., Fisher, D.O., 2023. Modeling mammal response to fire based on species' traits. *Conserv. Biol.* 37, e14062.  
<https://doi.org/10.1111/cobi.14062>

- Rabin, S.S., Magi, B.I., Shevliakova, E., Pacala, S.W., 2015. Quantifying regional, time-varying effects of cropland and pasture on vegetation fire. *Biogeosciences* 12, 6591–6604. <https://doi.org/10.5194/bg-12-6591-2015>
- Radford, I.J., Woolley, L.-A., Corey, B., Vigilante, T., Wunambal Gaambera Aboriginal Corporation, Hatherley, E., Fairman, R., Carnes, K., Start, A.N., 2020. Prescribed burning benefits threatened mammals in northern Australia. *Biodivers. Conserv.* 29, 2985–3007. <https://doi.org/10.1007/s10531-020-02010-9>
- Ramos-Neto, M.B., Pivello, V.R., 2000. Lightning Fires in a Brazilian Savanna National Park: Rethinking Management Strategies. *Environ. Manage.* 26, 675–684. <https://doi.org/10.1007/s002670010124>
- Rein, G., Huang, X., 2021. Smouldering wildfires in peatlands, forests and the arctic: Challenges and perspectives. *Curr. Opin. Environ. Sci. Health* 24, 100296. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100296>
- Santos, P.M.; Giné, G.A.F.; Miranda, F.R.; Xavier, G.A.A.; Moraes-Barros, N.; Vaz, S.M.; Chiarello, A.G. 2024. *Bradypus torquatus*. Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - SALVE. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio. Disponível em: <https://salve.icmbio.gov.br> - Acesso em: 10 de mar. de 2025.
- Santos, P.M.; Giné, G.A.F.; Miranda, F.R.; Xavier, G.A.A.; Moraes-Barros, N.; Vaz, S.M.; Chiarello, A.G. 2024. *Bradypus torquatus*. Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - SALVE. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio. Disponível em: <https://salve.icmbio.gov.br> - Acesso em: 10 de mar. de 2025.
- Santos, P.M.; Moraes-Barros, N.; Rohe, F.; Miranda, F.R.; Vaz, S.M. 2024. *Choloepus didactylus*. Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - SALVE. Disponível em: <https://salve.icmbio.gov.br> - Acesso em: 10 de jan. de 2025.
- Silva, K.F.M.; Feijó, A.; Faria-Corrêa, M.; Anacleto, T.C.S.; Timo, T.P.C.E. 2024. *Dasyopus septemcinctus*. Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - SALVE. Disponível em: <https://salve.icmbio.gov.br> - Acesso em: 10 de jan. de 2025.
- Segan, D.B., Murray, K.A., Watson, J.E.M., 2016. A global assessment of current and future biodiversity vulnerability to habitat loss–climate change interactions. *Glob. Ecol. Conserv.* 5, 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2015.11.002>
- Silva, S.M., Santos, P.M., Molina, K.T., Lopes, A.M.C., Braga, F.G., Ohana, A., Miranda, F.R., Bertassoni, A., 2020. Wildfire against the survival of *Xenarthra*: anteaters, armadillos, and sloths. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi - Ciênc. Nat.* 15, 523–532. <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i3.214>

- Simon, M.F., Pennington, T., 2012. Evidence for Adaptation to Fire Regimes in the Tropical Savannas of the Brazilian Cerrado. *Int. J. Plant Sci.* 173, 711–723. <https://doi.org/10.1086/665973>
- Simorangkir, D., 2006. Fire use: Is it really the cheaper land preparation method for large-scale plantations? *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change* 12, 147–164. <https://doi.org/10.1007/s11027-006-9049-2>
- Smith, J.K., 2000. Wildland fire in ecosystems: effects of fire on fauna (No. RMRS-GTR-42-V1). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Ft. Collins, CO. <https://doi.org/10.2737/RMRS-GTR-42-V1>
- Tomas, W.M., Berlinck, C.N., Chiaravalloti, R.M., Faggioni, G.P., Strüssmann, C., Libonati, R., Abrahão, C.R., Do Valle Alvarenga, G., De Faria Bacellar, A.E., De Queiroz Batista, F.R., Bornato, T.S., Camilo, A.R., Castedo, J., Fernando, A.M.E., De Freitas, G.O., Garcia, C.M., Gonçalves, H.S., De Freitas Guilherme, M.B., Layme, V.M.G., Lustosa, A.P.G., De Oliveira, A.C., Da Rosa Oliveira, M., De Matos Martins Pereira, A., Rodrigues, J.A., Semedo, T.B.F., De Souza, R.A.D., Tortato, F.R., Viana, D.F.P., Vicente-Silva, L., Morato, R., 2021. Distance sampling surveys reveal 17 million vertebrates directly killed by the 2020's wildfires in the Pantanal, Brazil. *Sci. Rep.* 11, 23547. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02844-5>
- Ward, M., Tulloch, A.I.T., Radford, J.Q., Williams, B.A., Reside, A.E., Macdonald, S.L., Mayfield, H.J., Maron, M., Possingham, H.P., Vine, S.J., O'Connor, J.L., Massingham, E.J., Greenville, A.C., Woinarski, J.C.Z., Garnett, S.T., Lintermans, M., Scheele, B.C., Carwardine, J., Nimmo, D.G., Lindenmayer, D.B., Kooyman, R.M., Simmonds, J.S., Sonter, L.J., Watson, J.E.M., 2020. Impact of 2019–2020 mega-fires on Australian fauna habitat. *Nat. Ecol. Evol.* 4, 1321–1326. <https://doi.org/10.1038/s41559-020-1251-1>
- Wasserman, T.N., Mueller, S.E., 2023. Climate influences on future fire severity: a synthesis of climate-fire interactions and impacts on fire regimes, high-severity fire, and forests in the western United States. *Fire Ecol.* 19, 43. <https://doi.org/10.1186/s42408-023-00200-8>
- Williams, S.E., Shoo, L.P., Isaac, J.L., Hoffmann, A.A., Langham, G., 2008. Towards an Integrated Framework for Assessing the Vulnerability of Species to Climate Change. *PLoS Biol.* 6, e325. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0060325>



## Anexos

Análise do resíduo do modelo linear.

