

SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO  
CAMPUS DE NOVA XAVANTINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

**EFEITO DO FOGO E DA TEMPERATURA AMBIENTAL NO RECRUTAMENTO  
REPRODUTIVO DE *Podocnemis expansa* (SCHWEIGGER, 1812) E *Podocnemis  
unifilis* (TROSCHER, 1848)**

**Betânia Arcanjo de Oliveira**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso - *Campus* de Nova Xavantina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Dilermando Pereira Lima Junior  
Coorientador: Dr. Luciano Benedito de Lima

Nova Xavantina-MT  
Julho, 2023

SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO  
CAMPUS DE NOVA XAVANTINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

**EFEITO DO FOGO E DA TEMPERATURA AMBIENTAL NO RECRUTAMENTO  
REPRODUTIVO DE *Podocnemis expansa* (SCHWEIGGER, 1812) E *Podocnemis  
unifilis* (TROSCHER, 1848)**

**Betânia Arcanjo de Oliveira**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso - *Campus* de Nova Xavantina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Dilermando Pereira Lima Junior  
Coorientador: Dr. Luciano Benedito de Lima

Nova Xavantina-MT  
Julho, 2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para os fins de estudo e pesquisa desde que citada a fonte.

Walter Clayton de Oliveira CRB 1/2049

O48e OLIVEIRA, Betânia Arcanjo.  
Efeito do Fogo e da Temperatura Ambiental no Recrutamento Reprodutivo de *Podocnemis Expansa* (Schweigger, 1812) e *Podocnemis Unifilis* (Troschel, 1848) / Betânia Arcanjo Oliveira - Nova Xavantina, 2023.  
29 f.; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (sim)

Trabalho de Conclusão de Curso  
(Dissertação/Mestrado) - Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Ecologia e Conservação, Faculdade de Ciências Agrárias Biológicas e Sociais Aplicadas, Câmpus de Nova Xavantina, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2023.  
Orientador: Dilermando Pereira Lima Junior  
Coorientador: Luciano Benedito de Lima

1. Condições Ambientais. 2. Desova. 3. Distúrbio. 4. Fogo. 5. Temperatura. I. Betânia Arcanjo Oliveira. II. Efeito do Fogo e da Temperatura Ambiental no Recrutamento Reprodutivo de *Podocnemis Expansa* (Schweigger, 1812) e *Podocnemis Unifilis* (Troschel, 1848): .

CDU 502

O presente trabalho foi realizado com apoio inicial financeiro da ONG Aliança da Terra e posteriormente o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES)

The present work was carried out with initial financial support from the ONG Aliança da Terra and later support from the CAPES Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brazilian Ministry of Education)

## TERMO DE APROVAÇÃO

### EFEITO DO FOGO E DA TEMPERATURA AMBIENTAL NO RECRUTAMENTO REPRODUTIVO DE *Podocnemis expansa* (SCHWEIGGER, 1812) E *Podocnemis unifilis* (TROSCHER, 1848)

**Betânia Arcanjo de Oliveira**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso - *Campus* de Nova Xavantina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Aprovado em [dia] de [mês por extenso] de [ano].

Banca Examinadora:

---

**Prof. Dr. Dilermando Pereira Lima Junior** (Orientador)  
Universidade Federal de Mato Grosso

---

**Prof. Dr. Fabricius Maia Chaves Bicalho Domingos** (Membro titular)  
Universidade Federal do Paraná

---

**Prof. Dr. Leandro Schlemmer Brasil** (Membro Titular)  
Universidade Federal de Mato Grosso

---

**Prof. Dr. Eddie Lenza de Oliveira** (Membro suplente)  
Universidade do Estado de Mato Grosso

*A minha família, e a todos os monitores  
de Campo, dedico.*

## AGRADECIMENTOS

Foram inúmeras as pessoas que contribuíram para realização deste trabalho sem as quais não seria possível sua finalização.

Aba, obrigada por todo cuidado, incentivo e por sempre estar comigo me guiando em toda esta trajetória.

Ao meu orientador professor Dr. Dilermando P. Lima Junior, minha gratidão pela orientação, dedicação, ensinamento, paciência e por ter aceitado este desafio de ser meu orientador e trabalhar na vertente dos quelônios, mesmo sem me conhecer pessoalmente, grata! Sem sua ajuda, não seria possível dar continuidade a esta linha de estudo.

Ao meu coorientador Dr. Luciano Benedito de Lima, meus sinceros agradecimentos pela disponibilidade, dedicação e paciência durante as análises estatísticas, grata.

A ONG Aliança da terra através do projeto Quelônios do Rio das Mortes, minha gratidão pela parceria, fornecimento de dados, curso de geoprocessamento e recurso financeiro durante o período em que o programa não tinha disponibilidade de bolsa. Em especial aos integrantes: Caroline Nobrega, Danira Padilha, Ciene Souza, Ricardo Faria e Gedeon por toda contribuição durante o desenvolvimento deste trabalho.

Gratidão ao Laboratório de Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos (LECEA), em especial a Cleide pela contribuição nesta reta final. Grata ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da UNEMAT, campus de Nova Xavantina-MT que através da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) me concedeu bolsa de mestrado.

A minha família pelo incentivo, apoio emocional e por sempre acreditar no meu potencial. Sarah Silva Machado, obrigada amiga por todo companheirismo e amizade, provérbios 18:24 dizia: “Existem amigos mais chegados que irmãos”, de fato existe.

Aos meus colegas de turma: Sarah, João Victor, Lucas, Bianca, Pedro, Andressa, José, Elisângela e Wesleiane foi um imenso prazer conhecê-los, gratidão pela parceria e troca de experiências ao longo destes dois anos.

Aos integrantes da banca de qualificação, Leandro Brasil, Fabricius Maia e Eddie Lenza, minha gratidão, pela contribuição significativa neste trabalho.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO GERAL.....	4
CAPÍTULO 1– EFEITO DOS INCÊDIOS FLORESTAIS E DA TEMPERATURA AMBIENTAL NO RECRUTAMENTO REPRODUTIVO DE <i>PODCNEMIS EXPANSA</i> E <i>PODOCNEMIS UNIFILIS</i> .....	6
1. INTRODUÇÃO .....	8
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
2.1. <i>Área de estudo</i> .....	11
2.2. <i>Coleta de dados</i> .....	12
2.3. Coleta de dados ambientais e de focos de incêndios .....	13
2.4. <i>Análise de dados</i> .....	13
3. RESULTADOS .....	15
4. DISCUSSÃO .....	19
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23



## RESUMO

As condições ambientais dos locais de desova de quelônios podem interferir no amadurecimento e no desenvolvimento ontogenético e comportamental dos embriões. Sendo assim, locais sujeitos a modificações antrópicas do ambiente como queimadas, podem afetar o sucesso reprodutivo das tartarugas. Nesse contexto, este estudo tem como objetivos: (i) Avaliar qual é o impacto do fogo sobre a desova das tartarugas. Nossa hipótese é que áreas de desova mais expostas ao fogo tenderão a apresentar um menor recrutamento reprodutivo das tartarugas *Podocnemis expansa* e *Podocnemis unifilis*. (ii) Avaliar o efeito da temperatura ambiental no recrutamento reprodutivo. Nossa hipótese é que períodos com uma maior temperatura ambiental haverá um maior recrutamento reprodutivo. Os dados referentes as espécies foram fornecidas pelo projeto Quelônios do Rio das Mortes de responsabilidade da ONG Aliança da Terra. As informações dos focos de incêndios nas adjacências de 6 praias de desova entre os anos de 2006 e 2021 foram obtidas através do banco de dados do INPE. A temperatura ambiental foi obtida por meio das estações meteorológicas da base de dados do Sistema de monitoramento Agritempo. Para avaliar os efeitos fogo e temperatura sobre o recrutamento reprodutivo das espécies, fizemos uma análise do tipo Modelos Generalizados Mistos (GLM) com distribuição Poisson. Mostramos que para o número total de ovos a temperatura e o número de focos de incêndios influenciaram negativamente sob o recrutamento reprodutivo de ambas as espécies. Já, os focos de incêndios apresentaram uma relação negativa com o número de filhotes vivos para a *Podocnemis expansa*. Para os *Podocnemis unifilis*, a temperatura média e os focos de incêndios apresentaram um efeito negativo sobre o número de filhotes vivos. Para melhor entendimento do processo reprodutivo dessas espécies são necessários estudos experimentais para estabelecer as relações causais entre efeitos antrópicos e naturais sobre as populações tartarugas de água doce neotropicais.

**Palavras-chave:** Condições ambientais, desova, distúrbio, recrutamento reprodutivo, Conservação de quelônios.

## ABSTRACT

The environmental conditions of chelonian spawning sites can interfere with maturation and ontogenetic and behavioral development of embryos. Therefore, places subject to anthropic changes in the environment, such as fires, can affect the reproductive success of turtles. In this context, this study aims to: (i) Assess the impact of fire on turtle spawning. Our hypothesis is that spawning areas more exposed to fire will tend to present a lower reproductive recruitment of *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* turtles. (ii) Evaluate the effect of environmental temperature on reproductive recruitment. Our hypothesis is that periods with a higher environmental temperature will have a greater reproductive recruitment. The data referring to the species were provided by the Quelônios do Rio das Mortes project, which is the responsibility of the ONG Aliança da Terra. Information on fire outbreaks in the vicinity of 6 spawning beaches between 2006 and 2021 was obtained from the INPE database. The environmental temperature was obtained from the meteorological stations in the Agritempo monitoring system database. To evaluate the effects of fire and temperature on the reproductive recruitment of the species, we performed a Generalized Mixed Model (GLM) analysis with Poisson distribution. We showed that for the total number of eggs the temperature and the number of fires had a negative influence on the reproductive recruitment of both species. On the other hand, fire outbreaks showed a negative relationship with the number of live young for *Podocnemis expansa*. For *Podocnemis unifilis*, the average temperature and fire outbreaks had a negative effect on the number of live young. For a better understanding of the reproductive process of these species, experimental studies are needed to establish the causal relationships between anthropic and natural effects on Neotropical freshwater turtle populations.

**Keywords:** Environmental conditions, spawning, disturb, reproductive recruitment, chelonian conservation.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Conhecidos popularmente como tartarugas, cágados e jabutis (ORR, 1986; BARBOSA et al., 2008) os Testudines atuais são divididos em dois grupos, Pleurodira e os Cryptodira, representados por cerca de 93 e 253 espécies, respectivamente (FLECK et al., 2019; NASCIMENTO et al., 2021). A diferença entre os grupos é basicamente a posição da cabeça quando o animal está em repouso. Enquanto os Pleurodira retraem a cabeça dobrando o pescoço lateralmente, os Cryptodira a cabeça adentra até a região escapular recolhem o pescoço dentro da carapaça, o pescoço faz ponte da coluna vertebral e a espinha (LUCAS, 2016). Entre esses quelônios, as tartarugas e os cágados possuem hábitos aquáticos, enquanto os jabutis possuem habitats exclusivamente terrestre. As tartarugas de água doce e marinha possuem característica semelhantes podendo ser diferenciadas pelo formato das patas anteriores, dado que as marinhas possuem um formato de remo e as de água doce um formato espalmado (LUSTOSA et al., 2016).

A família Podocnemididae é constituída por três gêneros: *Erymnochelys*, *Peltocephalus* e *Podocnemis*. O gênero *Podocnemis*, é o mais representativo contando com seis espécies, das quais quatro ocorrem na América do Sul: *P. erythrocephala* Spix, 1824; *P. lewyana*, *P. Duméril*, 1852; *P. sextuberculata* Cornalia, 1849; *P. vogli* Müller, 1935; *P. expansa* Schweigger, 1812 e *P. unifilis* Troschel, 1948. (MARQUES et al., 2020). A tartaruga-da-Amazônia *P. expansa*, é a maior espécie do gênero *Podocnemis* podendo medir até 90 cm de comprimento e pesar 65 kg (CORRÊA et al., 2020).

A tartaruga-da-Amazônia durante seu período recém eclodido e juvenil apresenta coloração amarelada na cabeça. Em sua fase adulta ocorre alterações ontogênica especialmente nas fêmeas, tornando-se amarronzadas e escuras e apresentando cores que variam entre marrom, cinza e verde. Sua carapaça é achatada e larga na região posterior (LUSTOSA et al., 2016). Já os machos apresentam uma cauda maior que as fêmea, e uma cloaca próximo as extremidades da calda em formato de “V”. Comparados as fêmeas da mesma idade, os machos possuem um tamanho corporal menor, uma carapaça circular e em sua cabeça apresentam manchas amareladas (MELO et al., 2003; FERRARA et al., 2017). A dieta da tartaruga-da-Amazônia constituiu-se de frutos silvestres, sementes oleosas, plantas aquáticas, raízes, algas, musgos, plânctons, capins, pequenos crustáceos, esse habitat predominantemente herbívoro faz com que a tartaruga-da-Amazônia desempenha um papel fundamental na dispersão de sementes no ecossistema (ALFINITO, 1980; Costa, 2012). Ao longo seu período de nidificação as tartarugas-da-Amazônia sobem a margem do rio em sua grande maioria em grupo a procura de locais que proporcione um ambiente seguro para a

deposição de seus ovos, de preferência praias altas formadas por areia grossas (ALHO et al., 1979). A maturação sexual ocorre entre 10 e 15 anos, o que corresponde a um comprimento retilíneo da carapaça acima de 45 cm (IBAMA, 1989; FERRARA et al., 2017). Seus ovos possuem um formato esférico com casca flexível, em cada ninho é depositado cerca de 70 a 120 ovos que são depositados em uma câmara que varia de 50 cm a 70 cm de profundidade. Após o término do seu processo de deposição dos ovos, a fêmea cobre e camufla os ninhos. O período de incubação dura entre 40 e 55 dias, cujo tempo varia de acordo com a localidade e as condições ambientais. A temperatura experimentada durante o período de incubação é o principal fator para determinação sexual. A partir do quadragésimo dia de incubação temos o período de determinação sexual. Nesse período quando as temperaturas da areia são superiores a 30 °C ocorre o desenvolvimento de 80 a 90% de fêmeas, enquanto em temperaturas entre 28-28,5 °C há o desenvolvimento de mais machos (BONACH et al., 2011).

O tracajá é um quelônio sul-americano com 50 cm e um peso de 12,5 kg e ocorre naturalmente nas depressões do rio Amazonas, (FERRARA et al., 2017). Sua carapaça possui formato oval, suas patas são curtas e a cabeça é pequena e achatada com sulco interparietal. A coloração da carapaça e da parte ventral é escura, e possuem escamas parietais frontais grandes. Os machos e filhotes apresentam manchas na cabeça e parte dorsal amarelos a laranjadas. Os filhotes também apresentam uma borda amarelada na margem da carapaça. As fêmeas em sua fase adulta possuem coloração da cabeça marrom escura, sua carapaça pode apresentar coloração que varia entre cinza, marrom e preto (ANDRADE et al., 2008). Os machos adultos são menores que as fêmeas adultas e geralmente apresentam uma borda escuras na carapaça nos tons de preto e em sua cavidade anal uma abertura em formato de “U”. A dieta dos juvenis é composta por plantas, algas e frutas, mas na fase adulta esses indivíduos possuem hábito alimentar generalista (LUSTOSA et al., 2016; FERRARA et al., 2017). Os tracajás são menos seletivos na escolha dos locais de desova do que as tartarugas-da-Amazônia. Neles a desova ocorre em praias arenosas, altas, baixas, abertas, barrancosas com pouca inclinação e até mesmo solos argilosos, próximo de sombras e borda de florestas. De modo geral, a desova é feita individualmente, mas em alguns casos é feita em pequenos grupos de fêmeas (LUSTOSA et al., 2016). A maturação sexual é alcançada após sete anos (FERRARA et al., 2017). O ninho é caracterizado com uma profundidade que pode variar de 18 a 25 cm e a quantidade de ovos por ninho pode variar entre 9 e 40 ovos (ANDRADE et al., 2008, COSTA, 2014). Os ovos possuem uma cor esbranquiçada e um formato elipsoidal com cascas calcariae quando recém depositado são rígidos e

transparentes. O tempo de incubação dura entre 45 e 75 dias (FERRARA et al., 2017), mas as características ambientais dos locais de deposição afetam direta ou indiretamente o tempo de desenvolvimento do embrião.

Os incêndios florestais podem causar grandes impactos nos ecossistemas naturais devido as alterações na estrutura da paisagem podendo ter diferentes respostas da vegetação. De forma geral, esses impactos causados pelo fogo dependem da sua duração e recorrência das queimadas. Infelizmente, as mudanças climáticas globais têm intensificado a ocorrência e duração do fogo, fazendo com que esse impacto seja uma realidade a ser considerada (CASTILLO et al., 2003; ULIBARRY, 2017). São poucas as informações sobre as consequências do fogo sobre a fauna, no geral os reptéis sofrem com os efeitos diretos, uma vez que, o fogo gera altas temperaturas e leva a mortalidade de indivíduos. Todavia, indiretamente o fogo pode levar a modificações da vegetação que pode favorecer ou desfavorecer certas espécies (MIRANDA, 2010; SOUSA, 2019).

As altas temperatura no solo durante e após o fogo podem causar modificações em suas características. Já o nível de aquecimento experimentado pelo solo depende de múltiplos fatores como a flexibilidade de substâncias, o combustível vegetal, a umidade do solo e o grau de umidade da vegetação (COSTA et al., 2015). A temperatura, o acúmulo de dióxido de carbono, a disponibilidade de oxigênio e umidade são capazes de desempenhar efeitos profundos no crescimento embrionário das tartarugas (IBAMA, 1989). Ou seja, a ocorrência de temperaturas extremamente altas ou baixas nos ninhos podem afetar o grau de desenvolvimento embrionário além de serem fatais (ANDRADE, 2008; ATAIDES, 2020).

Um dos diversos métodos para avaliar o efeito do fogo sobre as áreas de desovas é o monitoramento diário das áreas de deposição de ovos associados a mecanismos espaciais e temporais que permite detectar focos de incêndios ao entorno das áreas monitoradas. Assim, podemos inferir como a quantidade de focos de incêndios de cada ponto amostral pode influenciar o recrutamento reprodutivo das tartarugas monitoradas. Para o presente estudo exploramos essa questão e pretendemos responder as seguintes perguntas: (i) Qual é o impacto do fogo sobre o recrutamento reprodutivo das tartarugas. (ii) Qual é o efeito da temperatura média no recrutamento reprodutivo.

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO GERAL

- ALFINITO, J. **A Tartaruga verdadeira do Amazonas – Sua criação**. Informe técnico 5. Pará: Belém. 1980. 68p.
- ALHO, C. J. R. A. G. et al. Ecologia da Tartaruga da Amazônia e avaliação de seu manejo na Reserva Biológica do Rio Trombetas. **Brasil Florestal** 9:29-47. 1979.
- ATAIDES, G. A. **Parâmetros populacionais e aspectos da conservação de *Podocnemis expansa* (Testudines, Podocnemididae), nas regiões do médio Araguaia e baixo Xingu, Brasil**. Tese (Doutorado) - Palmas, TO, 2020.
- ANDRADE, M. C. P. Criação e Manejo de Quelônios no Amazonas. 2 ed. Manaus: **Ibama**, ProVárzea, 2008. 528 p.
- BARBOSA, R. O.; NOVELLI, R. **Diversidade Biológica dos Deuterostomados**. 3 Ed. Rio de Janeiro: Tereza Queiroz. 2008. 178p.
- BONACH, et al. Temperature-sex determination in *Podocnemis expansa* (Testudines, Podocnemididae). Porto Alegre: **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, 101(3): 151-155p. 2011.
- CASTILO, M. et al. Incêndios florestais e meio ambiente: uma síntese global. Chile: **Revista meio ambiente e desenvolvimento do CIPMA**, v. XIX, n.3, 10p. 2003.
- COSTA, M. G. **Padrões alimentares durante um período de seca e investigação de endozoocoria por *Podocnemis expansa* na Reserva Biológica do Rio Trombetas, PA, Brasil**. 2012. 70p. Dissertação (mestrado) - INPA, Manaus, 2012.
- COSTA, M. G. **Exigência proteica para filhotes de tracajá, *Podocnemis unifilis* (Tröschel, 1848): avaliações de crescimento e hematológicas**. 204, 56p. Dissertação - UNIFAP, Macapá, 2014.
- COSTA, T. Y.; RODRIGUES, C. S. Efeito do fogo sobre vegetação e solo a partir de estudo experimental em ambiente de cerrado. **Revista do Departamento de Geografia**. USP, V.30, 17p. 2015.
- CORRÊA, S. M. E. et al. Conservação e Manejo de Quelônios no Estado Do Tocantins. **Revista Bibliográfica. Revista extensão**, v.4, n. 2, 17p. 2020.
- FERRARA, R. C. et. al. Quelônios Amazônicos: Guia de identificação e distribuição. Manaus: **WCS**, 2017. 180p.
- FERRARA, R. C. et. al. Quelônios Amazônicos: Guia de identificação e distribuição. Manaus: **WCS**, 2017. 180p.
- IBAMA. Manual Técnico: Projeto Quelônios da Amazônia. Brasília: **Ibama**, 1989a. 119 p.

- LUSTOSA, A. P. G. et al. História natural e biologia dos quelônios amazônicos. 2. Ed. Brasília: **Ibama**, 2016. 138 p.
- LUCAS, S. D. P. **História de vida, demografia e conservação de quelônios: da perspectiva local à global**. 2016. 129 p. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2016.
- MARQUES, A. D. et al. **Atlas Simplificado de Osteologia da Família Podocnemididae**. 1Ed. Manaus, 2020. 34 p.
- MELO, S. A. L. et al. Capítulo 12: Cultivo de Tartaruga da Amazônia (Podocnemis expansa): Alternativa Ecológica, Técnica e Econômica ao Agronegócio Amazônico. **Embrapa Amazônia Ocidental**, 2003. 14p.
- MIRANDA, S. H. **Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidades de cerrado: Resultados do Projeto Fogo**. 2 Ed. Brasília: Ibama, 2010. 145 p.
- NASCIMENTO, S. P.; Carvalho, C.M.; FARIAS R.E.S. **Quelônios**. v. 20/21. Roraima. 2021. 8 p.
- ORR, T. R. **Biologia dos Vertebrados**. 5.ed. Brasília: Livraria Roca, 1986. 512 p.
- SOUSA, C. H. **Fogo, mudanças climáticas e a conservação da lacertofauna no cerrado**. Universidade Federal do Tocantins / Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente. Palmas, TO. 2019, 18P.
- ULIBARRY, G. P. **Impacto de los incendios forestales en suelo, agua, vegetación y fauna**. Departamento de Estudios, Extensión y Publicaciones. Chile, 2017. 8p.

**CAPÍTULO 1– EFEITO DO FOGO E DA TEMPERATURA AMBIENTAL NO RECRUTAMENTO REPRODUTIVO DE *PODOCNEMIS EXPANSA* (SCHWEIGGER, 1812) E *PODOCNEMIS UNIFILIS* (TROSCHER, 1848)**

A ser submetido para publicação no periódico: Biodiversity and Conservation

**RESUMO**

A reprodução de populações é um dos aspectos biológicos essenciais para a manutenção do recrutamento dos indivíduos. Nesse estudo, avaliamos o efeito do fogo e da temperatura ambiental sobre o recrutamento reprodutivo de duas espécies neotropicais de quelônios de água doce. Nossas hipóteses são: áreas de desova expostas a fogo apresentam um menor recrutamento reprodutivo dos quelônios e, anos com maiores temperaturas ambientais terão maior recrutamento reprodutivo dos quelônios. Nós utilizamos um banco de dados com informações de desova de 2006 a 2021 do projeto Quelônios do Rio das Mortes, e analisamos o efeito dessas variáveis através do Modelo Generalizado Misto (GLM) com distribuição de Poisson. O fogo teve um efeito negativo no recrutamento reprodutivo de ambas as espécies. Para o número total de ovos a temperatura e o número de focos de incêndios influenciaram negativamente sob o recrutamento reprodutivo de ambas as espécies. Para a espécie *Podocnemis expansa* os focos de incêndios apresentaram uma relação negativa com o número de filhotes vivos, já a temperatura e a interação entre o número de focos de incêndios apresentaram um efeito positivo para o número de filhotes vivos. A temperatura e os focos de incêndios apresentaram um efeito negativo sobre o número de filhotes vivos para a espécie *Podocnemis unifilis*. A continuação de estudos experimentais para estabelecer as relações causais entre os efeitos antrópicos e naturais sobre as populações tartarugas de água doce neotropicais é de extrema importância.

**Palavras-chave:** Condições ambientais, desova, distúrbio, fogo e temperatura.



**ABSTRACT**

The reproduction of populations is one of the essential biological aspects for maintaining the recruitment of individuals. In this study, we evaluated the effect of fire and environmental temperature on the reproductive recruitment of two neotropical freshwater chelonian species. Our hypotheses are: spawning areas exposed to fire have a lower reproductive recruitment of chelonians, and years with higher environmental temperatures will have a greater reproductive recruitment of chelonians. We used a database with spawning information from 2006 to 2021 of the Quelônios do Rio das Mortes project and analyzed the effect of these variables through the Generalized Mixed Model (GLM) with Poisson distribution. Fire had a negative effect on the reproductive recruitment of both species. For the total number of eggs the temperature and the number of fire outbreaks influenced negatively on the reproductive recruitment of both species. For the species *Podocnemis expansa*, fire outbreaks had a negative relationship with the number of live young, while temperature and the interaction between the number of fire outbreaks had a positive effect on the number of live young. Temperature and fire outbreaks had a negative effect on the number of live young for the species *Podocnemis unifilis*. The continuation of experimental studies to establish the causal relationships between anthropogenic and natural effects on Neotropical freshwater turtle populations is of utmost importance.

**Keywords:** Environmental conditions, spawning, disturb, fire and temperature.

## 1. INTRODUÇÃO

Os impactos causados pelo fogo resultam em múltiplos problemas como: a poluição do ar, a emissão de gases estufas, com consequências diretas sobre a fauna e flora, a saúde humana, a hidrologia e impactos sociais (Fearnside et al. 2005; Cabral et al. 2013). O fogo também tem efeitos potencialmente danosos sobre as populações de reptéis e outros animais da floresta que se movem lentamente, incluindo aqueles que vivem na serapilheira que são duramente afetados (Guimarães et al. 2014; Roe 2019). De forma geral, os incêndios sobre as populações de reptéis podem afetar diretamente levando a mortalidade dos indivíduos ou indiretamente, gerando mudanças na estrutura da vegetação, afetando positivamente ou negativamente a espécie (Sousa et al. 2019). Por exemplo, para algumas comunidades de lagartos o fogo apresentam insignificante a curto prazo, promovendo o aumento do número de indivíduos da maioria das espécies (Costa et al. 2013). Todavia, os quelônios, devido à sua mobilidade limitada, são reptéis particularmente sensíveis a todos aspectos das condições do regime de fogo, podendo correr um alto risco de ferimentos e mortalidade, que diminuem a aptidão dos indivíduos e tamanhos populacionais, respectivamente (Rocha et al. 2006; Roe 2019).

Apesar desses impactos o fogo é um mecanismo de manejo bastante utilizado nas atividades agropecuárias, para eliminar restos plantações, renovar pastagens e eliminar pragas e doenças. Porém, a utilização do fogo de modo inadequado gera grandes implicações ambientais (Cruz & Guadagnin 2010; Miranda et al. 2010). A classificação de incêndios florestais pode ser definida como, incêndios superficiais (fogo rasteiro), subterrâneo e copa, considerando a condensação do combustível envolvido no processo de combustão (Liesenfeld et al. 2016; Santos & Santos 2021). Os incêndios superficiais podem ser denominados como aqueles que se desenvolve consumindo combustível que está presente sobre o solo, queimando pastos e relvas, este combustível pode estar vivo ou morto e possui uma propagação relativamente rápida e grande abundância de chamas, são responsáveis por originar outros tipos de queimadas (Alves & Nóbrega 2011; Sturm & Acordi 2017). Os incêndios subterrâneos são definidos como incêndios que se propagam por meio das camadas de húmus ou material de origem vegetal parcialmente decomposto, existentes abaixo da superfície do solo, acontece com maior frequência em locais pantanosos (Silva et al. 2004; Alves & Nóbrega 2011; Pivello et al. 2021). Já os incêndios de copa se espalham através das copas das árvores, para que isso ocorra, a floresta e as folhas devem ser densas e inflamáveis (Júnior 2017; Sturm & Acordi et al. 2017).

Durante o período reprodutivo as tartarugas mães buscam locais que proporcionam fatores físicos que permitam igualmente um abrigo seguro e um calor necessário para garantir um processo de incubação adequada e a eclosão de seus filhotes (Júnior 2009). As características dos locais de deposição de ovos podem interferir no desenvolvimento do embrião e no hábito dos filhotes (Simões et al. 2014). Alguns fatores abióticos como: a taxa de oxidação da areia, a temperatura, a pluviosidade, a umidade, a existência de poluentes, a compactação dos sedimentos pode interferir no recrutamento do nascimento das tartarugas (Carreras 2018; Bluter 2019).

A temperatura durante o período de incubação exerce um papel fundamental para determinação sexual de grande parte das tartarugas, isso é devido a relação da temperatura com algumas propriedades do ninho (Paéz et al. 2012), como a composição dos sedimentos, no qual determinado nível de temperatura pode permitir o nascimento de apenas filhotes machos ou fêmeas, esse intervalo de tempo é chamado de temperatura pivotal (Júnior 2009; Kagueiama, et al. 2021). Além disso, a temperatura exerce um papel fundamental no desenvolvimento do embrião com aceleração do desenvolvimento embrionário em altas temperaturas, permitindo que se complete o ciclo de desenvolvimento antes dos períodos das enchentes (Lustosa et al. 2016; Godinho et al. 2022).

As tartarugas do gênero *Podocnemis* possuem habitat exclusivamente de água doce e apresentam uma distribuição ampla pela América do Sul, sendo representadas por seis espécies de água doce: *Podocnemis vogli* Müller, 1935; *Podocnemis lewyana* Duméril, 1852; *Podocnemis erythrocephala* Spix, 1824; *Podocnemis sextuberculata* Cornalia, 1849; *Podocnemis expansa* Schweigger, 1812 e *Podocnemis unifilis* Troschel, 1948. Porém, somente as quatro últimas espécies ocorrem no Brasil (Marques et al. 2020). Os quelônios Amazônicos de água doce são répteis que possuem ampla distribuição na bacia hidrográfica do Rio Amazonas, Tocantins-Araguaia podendo se destacar a presença das seguintes espécies do gênero *Podocnemis*, a tartaruga-da-Amazônia *Podocnemis expansa* e o tracajá *Podocnemis unifilis* (Castro & Ferreira Júnior 2008; Santos 2012).

A tartaruga-da-Amazônia é a maior espécie do gênero *Podocnemis*, atingindo um comprimento de 90 cm e um peso de 65 kg (Lustosa et al. 2016; Corrêia et al. 2020; Filho et al. 2020). Os jovens apresentam coloração amarelada na cabeça, mas alterações ontogênicas mudam a tonalidade das fêmeas adultas que se tornam se amarronzadas e escuras (Ferrara et al. 2017). Sua carapaça é caracterizada por ser achatada e larga na região posterior, ao passar dos anos, apresentam cores que variam entre marrom, cinza e verde (Lustosa et al. 2016). Sua dieta está sujeita a variações de acordo com sua fase de vida, mas

é associada a frutos silvestres, sementes oleosas, plantas aquáticas, raízes, algas, musgos, plânctons, capins e pequenos crustáceos, sendo predominantemente herbívora e eventualmente se alimentam também de insetos, crustáceos e moluscos (Alfino 1980; Filho et al. 2020), desempenhando um papel ecológico fundamental na ciclagem de nutrientes e dispersão de sementes no ecossistema (Costa 2012).

O tracajá é a segunda maior espécie dentro do gênero *Podocnemis*, chegando a atingir até 70 cm de comprimento, sua carapaça é dorsoventralmente achatada, a coloração dos filhotes varia entre verde oliva com bordas amareladas (Ibama 1989). Na fase adulta, as fêmeas apresentam uma cor que varia entre cinza e marrom, os machos apresentam uma coloração preta com manchas amareladas na cabeça, a calda é maior, porém o tamanho da carapaça é inferior as das fêmeas (Ibama 1989; Andrade et al. 2008; Lustosa et al. 2016). Sua dieta é herbívora, contudo, se alimenta também de pequenas quantidades de alimento de origem animal, a velocidade da sua digestão varia e é influenciada pela dieta e temperatura (Ferrara et al. 2017). Além disso, exercem também uma função essencial para o ecossistema, desempenhando a função de consumidores de herbívoros, inclusive atuam servindo de recurso alimentar de aves e jacarés (Portal et al. 2002; Pinto 2006).

Quanto aos micros habitats as tartaruga-da-Amazônia em sua grande maioria possuem preferência por locais com águas mais profundos diferentemente dos tracajás que preferem ambientes mais rasos, essa divergência permite a concorrência de ambas as espécies em um mesmo local (Pantoja et al. 2009; Malvasio et al. 2019). A espécie da tartaruga *P. expansa* é caracterizada pela seleção especializada do seu microhabitat para desova, selecionando praias mais altas com acúmulo de areia acima 400 cm, já os tracajás *P. unifilis* são mais generalistas quanto a escolha do seu local de nidificação, não apresentando nenhum padrão específico por locais de deposição (Pantoja et al. 2009).

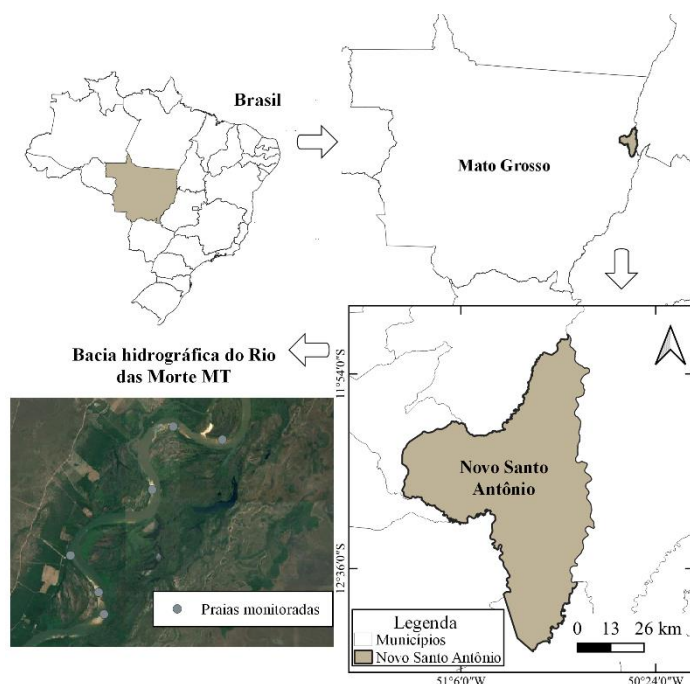
Até o momento não sabemos de estudos que avalie o efeito do fogo sobre o recrutamento reprodutivos das tartarugas gênero *Podocnemis*. Essa informação é de grande importância para a conservação dessas espécies haja vista que as mudanças climáticas têm tornado os incêndios mais frequentes e intensos, fazendo com que essas espécies possam estar sofrendo mais uma influência da ação humana das quais já estão expostas como a caça ilegal. Diante deste contexto este estudo tem como objetivo: (i) Avaliar qual é o impacto dos fogo sobre a desova das tartarugas. Nossa hipótese é que áreas de desova expostas ao fogo tenderão a apresentar um menor recrutamento reprodutivo das tartarugas *Podocnemis expansa* e *Podocnemis unifilis*. (ii) Avaliar o efeito da temperatura ambiental no

recrutamento reprodutivo. Nossa hipótese é que de que anos com uma maior temperatura média a um recrutamento reprodutivo maior.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

O monitoramento das áreas de desova foi realizado em seis praias do Rio das Mortes, no município de Novo Santo Antônio, Mato Grosso (Figura 1). O município está estabelecido nas unidades geomorfológicas denominadas Depressão do Araguaia e Planície do Bananal (Lima 2018). A vegetação predominante na região é de Cerrado, com as variações características desse bioma, especialmente com a marcada presença de extensas áreas de campus de murundus, com manchas de cerrado limpo, cerrado típico, cerradão e florestas inundáveis (Marimon et al. 2008). Segundo a classificação de Köppen o clima da região é do tipo *Aw* com uma estação seca correspondente ao período de inverno (entre maio e setembro) e uma estação chuvosa entre outubro e abril. O clima da região é sempre quente com média anual de temperatura ao redor de 24 °C (Marimon et al. 2012).



**Figura 1:** Localização geográfica das praias monitoradas. Município de Novo Santo Antônio MT (Imagens retirada do Google Earth)

## 2.2. Coleta de dados

Os dados foram fornecidos pela ONG Aliança da Terra através do projeto Quelônios do Rio das Mortes. O projeto monitora e fiscaliza as atividades reprodutivas e a solturas de duas espécies de quelônios que usam regularmente essa região como área de desova. As coletas ocorreram durante o monitoramento das áreas de desova entre 2006 e 2021. Diariamente os técnicos do projeto fiscalizam as seis praias monitoradas identificando e catalogando os ninhos e acompanhando os mesmos até a eclosão dos filhotes para sua posterior soltura em habitat natural (Aliança da terra 2021). Para cada ninho, foram obtidas as seguintes informações: (i) o ano de desova, (ii) a praia de desova, (ii) a espécie, (iii) o número de cova, (iv) a data da postura e eclosão, (v) o número de filhotes vivos, (vi) o número de filhotes mortos ou com má-formação, (vii) o número de ovos viáveis, (viii) o número de ovos inviáveis e (ix) o número de ninhos predados.

## 2.3 Coleta de dados de temperatura e de focos de incêndios

Os dados referentes temperatura do ar foram obtidos por meio das estações meteorológicas da região durante o período de incubação e emergências dos filhotes dentro do ninho através do Sistema de monitoramento Agrometeorológico Agritempo (Agritempo 2021). Já os dados sobre focos de incêndios nas praias de desova nos períodos de 2006 a 2021 foram acessados através do banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe 2021). Esses dados consistem em uma planilha para o qual tem informação das coordenadas geográficas dos respectivos focos de incêndio. A partir das coordenadas geográficas dos focos de incêndios criamos um objeto espacializado do tipo shapefile. Em seguida com as informações das coordenadas geográficas das praias monitoradas criamos um objeto espacializados do tipo vetorial (shapefile) usando a funções do pacote *sf* (Pebesma 2018) no ambiente de programação e análise estatística R (R core team 2021). A partir do shapefile dos pontos das praias monitoradas criamos para cada praia um buffer (zonas ao entorno da praia) de 5 km. Em seguida, fizemos uma intersecção entre o shapefile dos focos de incêndios e o shapefile dos buffers de cada praia. Dessa forma, extraímos os números de focos de incêndios para cada praia nos os respectivos anos monitorado. Utilizamos o buffer de 5km pois nos permitia ter todos os focos de incêndios em uma única escala de até 5km dos locais de nidificação. Após a extração dos dados referentes aos focos de incêndio (INPE) durante o período reprodutivo de cada espécie tartaruga-da-Amazônia e (setembro a dezembro) tracajá (julho a novembro), realizamos a junção da planilha com as informações dos monitoramentos com a planilha de focos de incêndio em uma única base de dados.

#### 2.4. Análise de dados

Para determinar a importância relativa do uso das praias para a desova das tartarugas utilizamos análises descritivas. Para avaliar o impacto do fogo e da temperatura média sobre o recrutamento reprodutivo da tartaruga-de-Amazônia e dos tracajás utilizamos Modelos Generalizados Mistos (*GLMM*) com Distribuição Poisson (Zuur et al. 2009), para cada uma das espécies separadamente. Nesse caso, o número de filhotes vivos por temporada reprodutiva, o número de ovos inviáveis e o número total de ovos foram nossas variáveis respostas, ao mesmo tempo o número de focos de incêndios no buffer de 5 km e a temperatura ambiental média no período reprodutivos foram as variáveis preditoras de efeito fixo, utilizando também a interação entre essas variáveis preditoras, por fim as praias de nidificação foram utilizadas como variável preditora com efeito aleatório.

Primeiramente, construímos modelos de *glmm* completos utilizando as praias como efeitos aleatórios para cada uma das medidas de recrutamentos avaliadas e realizamos um modelo múltiplo de dragagem usando a função *dredge* no pacote MuMIn (Burnham & Anderson 2002). Essa função constrói todos os possíveis submodelos candidatos aninhados no modelo global, identifica o subconjunto de modelos mais plausíveis para cada conjunto de dados e os classifica de acordo com os valores do Critério de Informação de Akaike (AIC) e os pesos de probabilidade ( $w_i$ ). Para efeito comparativo um modelo só será considerado superior a outro quando a diferença entre os seus valores de AIC (i.e,  $\Delta AIC$ ) for maior do que dois (Burnham & Anderson 2002). O peso de Akaike ( $w_i$ ) soma a 1, modelos com maiores valores  $w_i$  pode ser interpretado como mais prováveis em um conjunto de modelos candidatos (Burnham & Anderson 2002). Assim, a força da evidência a favor de um modelo sobre os outros é obtida dividindo seus pesos de Akaike ( $w_i$ ) (Burnham & Anderson 2002; Wagenmakers & Farrell 2004). Também utilizamos o coeficiente de determinação marginal e condicional ( $R^2_m$  e  $R^2_c$ ) para explicar a variância dos modelos que melhor se ajustou aos nossos dados (Nakagawa & Schielzeth 2013). Para efeito de interpretação dos resultados utilizamos apenas os melhores modelos selecionados. Para todos os modelos verificamos os pressupostos de normalidade dos resíduos, homogeneidade das variâncias e linearidade, overdispersão utilizando funções disponíveis no pacote (Dharma 2022), nenhum dos modelos feriram os pressupostos. Todas as análises foram feitas no ambiente de programação e análise estatísticas R (R core team 2021).

### 3. RESULTADOS

Um total de 86.361 ovos foram monitorados no período. Desses cerca de 91% (79.834 ovos) resultou na formação de filhotes vivos e 9% (6.527 ovos) se mostram inviáveis. Considerando cada ponto amostral, podemos observar que a Praia do Lago Azul e Praia da Gaivota foram muito importantes para a desova. Considerando cada espécie podemos notar que para tartaruga-da-Amazônia as praias mais importantes para desova foram a Praia da Gaivota, Praia do Lago Azul e Praia Rancho 2 (Tabela 1). Já para tracajá a Praia da Gaivota, Praia do Lago Azul e Praia do Rancho 1 foram os principais sítios de desova (Tabela 2).

Tabela 1: Lista das praias amostradas para espécie da *Podocnemis expansa*, o número total, médias e em parênteses o desvio padrão, das variáveis: quantidade de ovos, filhotes vivos e ovos inviáveis durante o período de 2006 a 2021.

Locais	Total de ovos	Média de Ovos	Total de filhotes	Média de filhotes vivos	Total de ovos inviáveis	Média de ovos inviáveis
Praia da Gaivota	1422	188,88 (205,62)	1206	75,38 (169)	167	10,44 (27,36)
Praia do Lago Azul	1740	108,75 (164,37)	1522	95,13 (141,69)	181	11,31 (20,93)
Praia do Sarã	1044	65,25 (103,10)	852	53,25 (83,08)	247	15,44 (27,08)
Praia Lago do Pinto	888	55,20 (88,25)	696	43,50 (75,72)	164	10,25 (25,91)
Praia Rancho 1	98	6,13 (23,72)	80	5 (19,36)	15	0,94 (3,63)
Praia Rancho 2	1643	102,69 (251,28)	1286	80,38 (203,26)	339	21,19 (55,40)

Tabela 2: Lista das praias monitoradas amostradas para espécies dos *Podocnemis unifilis*, o número total, médias e em parênteses o desvio padrão, das variáveis: quantidade de ovos, filhotes vivos e ovos inviáveis durante o período de 2006 a 2021.

Locais	Total de ovos	Média de Ovos	Total de filhotes	Média de filhotes vivos	Total de ovos inviáveis	Média de ovos inviáveis
Praia da Gaivota	24320	1520 (1780,66)	22634	75,38 (169)	1315	10,43 (27,36)
Praia do Lago Azul	25963	1622,69 (879,33)	24185	95,13 (141,69)	1793	11,31 (20,93)
Praia do Sarã	11326	707,8 (455,65)	10724	53,25 (83,08)	664	15,44 (27,08)
Praia Lago do Pinto	112	7 (18,79)	101	43,50 (75,72)	11	10,25 (25,91)
Praia Rancho 1	14291	893,19 (1378, 18)	13593	5 (19,36)	755	0,94 (3,63)
Praia Rancho 2	3514	2019,63 (569, 97)	2552	80,38 (203,26)	876	21,19 (55,40)



Um total de 8.524 focos de incêndios foram encontrados dentro de um buffer de 5km de onde ocorre o monitoramento de desovas das espécies das tartarugas-da-Amazônia e tracajás. As praias que apresentaram uma maior quantidade de focos de incêndios, foram as praias: Rancho 1, Sarã 1 e Lago do Pinto com 1.873, 1.533, 1475, respectivamente (Tabela 3). Com relação ao clima do ambiente, a temperatura média do município durante o período reprodutivos para ambas as espécies variou entre 27,5 °C a 29,2 °C.

Tabela 3: Lista das praias monitoradas para espécies tartaruga-da-Amazônia e tracajás com o número de focos de incêndios no Buffer com escalas 5 km. Os três locais com os melhores resultados amostrais estão em negrito.

Locais	Número de focos de incêndios Buffer 5km
Praia da Gaivota	1294
Praia do Lago Azul	1462
<b>Praia do Sarã</b>	1533
<b>Praia Lago do Pinto</b>	1475
<b>Praia Rancho 1</b>	1873
Praia Rancho 2	887
Número total de focos de incêndios	8.524

Foram testados um total de 30 modelos para as quatro variáveis resposta e considerando os valores de AIC três modelos foram considerados adequados aos nossos dados para ambas as espécies (Tabela e 6). Para a tartaruga-da-Amazônia foram selecionados os modelos 1, 6 e 11 que estabelecem a relação das nossas variáveis respostas com todas as variáveis preditoras (Tabela 4). Para o modelo 1 (número de filhotes vivos) a variância explicada pelo efeito fixo foi de 14% ( $R^2c = 0,14$ ) e a variância explicada pelo nosso modelo incluindo os efeitos fixos e efeitos aleatórios foi de 99% ( $R^2m = 0,99$ ). Para o modelo 6 (número de ovos inviáveis) a variância explicada pelo nosso modelo incluindo os efeitos fixos e efeitos aleatórios foi de 98% ( $R^2m = 0,98$ ). Já para o modelo 11 (número total de ovos) variância explicada pelo efeito fixo foi de 17% ( $R^2c = 0,17$ ) e a variância explicada pelo nosso modelo incluindo os efeitos fixos e efeitos aleatórios foi de 99% ( $R^2m = 0,99$ ) dos dados (Tabela 4).

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros do modelo generalizado misto com distribuição família Poisson para espécie tartarugas-da-Amazônia. modelos de melhor ajuste (com base nos valores de AIC) para cada parâmetro de interseção estão em negrito. As abreviaturas representam: N\_focos: número de focos de incêndio no buffer de 5 km; Temp: temperatura média, Praia: praia de nidificação; R<sup>2</sup>c: efeito fixo; R<sup>2</sup>m: efeito fixo e aleatório.

Variável resposta	Modelos espécie <i>P. expansa</i>	AIC	$\Delta_i$ AIC	$w_i$	R <sup>2</sup> c	R <sup>2</sup> m
<b>Número de filhotes vivos</b>						
Modelo 1	<b>y = N focos + Temp + N focos:Temp + (1   Praia)</b>	2,244	0,000	1	0,148	0,993
Modelo 2	y = N focos: Temp + (1   Praia)	2,319	74,130	0,000	0,046	0,992
Modelo 3	y = Temp + (1   Praia)	2,478	232,540	0,000	0,064	0,991
Modelo 4	y = N focos + (1   Praia)	2,518	272,670	0,000	0,046	0,992
Modelo 5	y = (1   Praia)	2,628	381,620	0,000	0,000	0,992
<b>Número de ovos inviáveis</b>						
Modelo 6	<b>y = N focos + Temp + N focos:Temp + (1   Praia)</b>	7,842	0,000	1	0,337	0,980
Modelo 7	y = N focos: Temp + (1   Praia)	8,374	52,180	0,000	0,335	0,978
Modelo 8	y = Temp + (1   Praia)	9,726	186,600	0,000	0,109	0,962
Modelo 9	y = N focos + (1   Praia)	8,942	108,250	0,000	0,338	0,978
Modelo 10	y = (1   Praia)	10,272	240,720	0,000	0,000	0,964
<b>Número total de ovos</b>						
Modelo 11	<b>y = N focos + Temp + N focos:Temp + (1   Praia)</b>	2,507	0,000	1	0,178	0,994
Modelo 12	y = N focos: Temp + (1   Praia)	2,628	119,880	0,000	0,072	0,994
Modelo 13	y = Temp + (1   Praia)	2,896	387,380	0,000	0,069	0,993
Modelo 14	y = N focos + (1   Praia)	2,887	378,780	0,000	0,073	0,994
Modelo 15	y = (1   Praia)	3,088	579,210	0,000	0,000	0,993

Para a tartaruga-da-Amazônia a temperatura média apresentou um efeito positivo sobre o número de filhotes vivos e interação entre a temperatura média e número de focos de incêndio apresentou um efeito positivo no número de filhotes vivos (Tabela 5a). Já o número de focos de incêndio apresentou uma relação negativa com o número de filhotes vivos (Tabela 5a) Para o número ovos inviáveis (modelo 6), a temperatura média e o número de focos de incêndios apresentaram efeito negativo (Tabela 5b), enquanto a interação entre a temperatura média e número de focos de incêndio apresentou uma relação positiva (Tabela 5b). Finalmente, para o número total de ovos (modelo 11), a temperatura média e o número de focos de incêndio apresentaram um efeito negativo sobre o número total de ovos. Já a

interação entre as variáveis temperatura média e focos de incêndios apresentou um efeito positivo sobre o número total de ovos (Estimativa= -0,031 e um SE= 0,003) (Tabela 5c).

Tabela 5. Estimativas dos parâmetros do modelo generalizado misto com distribuição família Poisson espécie tartarugas-da-Amazônia. Valores de coeficiente e erro padrão (SE) de fatores nos modelos de melhor ajuste (com base nos valores de AIC) para cada parâmetro de recrutamento. As abreviaturas representam: N focos: número de focos de incêndio no buffer 5 km; Temp: temperatura média.

Variável de resposta	Variáveis preditora	Estimativa	SE
a) Número de filhotes vivos: Modelo 1	Intercepto	4,227	3,754
	Temp	0,039	0,129
	N focos	-0,782	0,090
	Temp: N focos	0,027	0,003
b) Número de ovos inviáveis: Modelo 6	Intercepto	27,432	9,129
	Temp	-0,812	0,316
	N focos	-1,682	0,233
	Temp: N focos	0,058	0,008
c) Número total de ovos: Modelo 11	Intercepto	7,831	3,429
	Temp	-0,077	0,118
	N focos	-0,908	0,083
	Temp: N focos	0,031	0,003

Para o tracajá foram selecionados os modelos 16, 23 e 26 que estabelecem a relação das nossas variáveis respostas com todas as variáveis preditoras (Tabela 6). Para o modelo 16 (número de filhotes vivos) a variância explicada pelo efeito fixo foi de 23% ( $R^2_c = 0,23$ ) e a variância explicada pelo nosso modelo incluindo os efeitos fixos e efeitos aleatórios foi de 99% ( $R^2_m = 0,99$ ) dos dados. Para o modelo 23 (número de ovos inviáveis) a variância explicada pelo nosso modelo incluindo os efeitos fixos e efeitos aleatórios foi de 99% ( $R^2_m = 0,99$ ) dos dados (Tabela 6). Já para o modelo 26 (número total de ovos) a variância explicada pelo nosso modelo incluindo os efeitos fixos e efeitos aleatórios foi de 99% ( $R^2_m = 0,99$ ) dos dados (Tabela 6).

Tabela 6. Estimativas dos parâmetros do modelo generalizado misto com distribuição família Poisson espécie do tracajá. Os modelos de melhor ajuste (com base nos valores de AIC) para cada parâmetro de interseção em destaque. As abreviaturas representam: N\_focos: número de focos de incêndio no buffer 5 km; Temp: temperatura média; Praia: praia de nidificação; R<sup>2</sup>c: efeito fixo; R<sup>2</sup>m: efeito fixo e aleatório.

Variável resposta	Modelos espécie <i>P. unifilis</i>	AIC	$\Delta_i$ AIC	$w_i$	R <sup>2</sup> c	R <sup>2</sup> m
<b>Número de filhotes vivos</b>						
Modelo 16	y = N focos + Temp + N focos:Temp + (1   Praia)	3,617	0,000	1	0,023	0,999
Modelo 17	y = N focos: Temp + (1   Praia)	3,776	1,595	0,000	0,004	0,999
Modelo 18	y = Temp + (1   Praia)	3,779	1,622	0,000	0,013	0,999
Modelo 19	y = N focos + (1   Praia)	3,928	3,107	0,000	0,004	0,999
Modelo 20	y = (1   Praia)	3,987	3,698	0,000	0,000	0,999
<b>Número de ovos inviáveis</b>						
Modelo 21	y = N focos + Temp + N focos:Temp + (1   Praia)	6,274	3,570	0,101	0,044	0,994
Modelo 22	y = N focos: Temp + (1   Praia)	6,272	1,440	0,294	0,014	0,995
Modelo 23	y = Temp + (1   Praia)	6,271	0,000	0,605	0,043	0,994
Modelo 24	y = N focos + (1   Praia)	6,570	299,100	0,000	0,014	0,995
Modelo 25	y = (1   Praia)	6,657	386,030	0,000	0,000	0,994
<b>Número total de ovos</b>						
Modelo 26	y = N focos + Temp + N focos:Temp + (1   Praia)	4,038	0,000	1	0,022	0,999
Modelo 27	y = N focos: Temp + (1   Praia)	4,153	1146,010	0,000	0,003	0,999
Modelo 28	y = Temp + (1   Praia)	4,152	1144,920	0,000	0,016	0,999
Modelo 29	y = N focos + (1   Praia)	4,365	3268,420	0,000	0,003	0,999
Modelo 30	y = (1   Praia)	4,417	3792,660	0,000	0,000	0,999

Para o tracajá a temperatura média juntamente com os focos de incêndios apresentou um efeito negativo sob o número de filhotes vivos e a interação entre a temperatura média e o número de focos de incêndios apresentou uma relação positiva com o número de filhotes vivos (Tabela 7a). Para o número de ovos inviáveis (modelo 23) a temperatura média apresentou um efeito negativo (Tabela 7b) sobre o número de ovos inviáveis. Finalmente para o número total de ovos (modelo 26), a temperatura média e o número de focos de incêndios apresentaram um efeito negativo sobre o número total de ovos. Já a interação entre as variáveis temperatura média e focos de incêndios apresentaram um efeito positivo sobre o número total de ovos (Tabela 7c).

Tabela 7. Estimativas dos parâmetros do modelo generalizado misto com distribuição família Poisson espécie do tracaçá. Valores de coeficiente e erro padrão (SE) de fatores nos modelos de melhor ajuste (com base nos valores de AIC) para cada recrutamento> As abreviaturas representam: N focos: número de focos de incêndio no buffer 5 km; Temp: temperatura média.

Variável de resposta	Variáveis preditora	Estimativa	SE
a) Número de filhotes vivos: Modelo 16	Intercepto	19,904	0,651
	Temp	-0,474	0,011
	N focos	-0,576	0,015
	Temp: N focos	0,020	0,001
b) Número de ovos inviáveis: Modelo 23	Intercepto	2,481	110,796
	Temp	-0,737	0,035
c) Número total de ovos: Modelo 26	Intercepto	214,581	0,634
	Temp	-0,526	0,010
	N focos	-0,468	0,014
	Temp: N focos	0,016	0,000

#### 4. DISCUSSÃO

O fogo é um dos principais impactos sobre os ecossistemas naturais do mundo e as mudanças climáticas globais tem incrementado a frequência e a magnitude desse distúrbio (Pereira et al. 2008; Gabardo et al. 2020). No que refere a herpetofauna - em que a temperatura afeta aspectos básicos como fisiologia, comportamento, reprodução e sobrevivência dos organismos – os incêndios levam a (i) impactos diretos como a possibilidade de exposição a injúrias, ao aumento da mortalidade nas populações (Lovich et al. 2017; Roe et al. 2017a, 2019b; Oliveira et al. 2019) e (ii) a impactos indiretos como a mudança da qualidade do habitat o que pode limitar acesso a recursos importantes como alimentos e locais de nidificação (Laarman et al. 2018). Todavia, há também grupos que responde positivamente aos incêndios (Brisson et al. 2003; Fouts et al. 2017).

Especialmente em relação as tartarugas, nos chamou atenção que a maior parte dos estudos feitos sobre o efeito do fogo foram feitos em regiões de clima temperado (Harris et al. 2020) e considerando-se os efeitos sobre os adultos (Robertson et al. 2021; Roe & Bayles 2021). Encontramos apenas um estudo que avalia o efeito do fogo sobre as formas juvenis (Laarman et al. 2018). Portanto, nosso estudo contribui para iniciarmos o preenchimento da

lacuna de conhecimento sobre o impacto dos incêndios nas tartarugas neotropicais. Ao final, indicaremos outros estudos que precisam ser feitos para o melhor entendimento sobre o efeito do fogo em tartarugas neotropicais de água doce.

Há recorrência de eventos de incêndios em nossa área de estudo (Tabela 3). Cerca de 8.524 focos de incêndio foram registrados para área o que perfaz uma média de 568,26 focos de incêndio na área por ano. Por si, a frequência alta de fogo na área já demandam ações de estudo de manejo sobre o impacto sobre as comunidades locais. Haja vista que o manejo da vegetação por meio do fogo prescrito tem sido uma das políticas de manejo adotadas na região e no Cerrado como todo (Miranda 2010; Falleiro et al. 2016; Schmidt et al. 2016).

Para ambas as espécies, nós encontramos uma relação negativa entre o número de focos de incêndios e o recrutamento (Tabelas 5 e 7), especialmente no que se refere ao número de filhotes vivos e o total de ovos no ninho (Tabelas 5c, 7c). De forma geral, tanto a tartaruga-da-Amazônia quanto o tracajá apresentaram maior recrutamento reprodutivo em áreas sem foco de incêndios, o que nos dá um indicativo do efeito direto no recrutamento reprodutivo. Nesse ínterim, é interessante notar que o número incêndios foi negativamente relacionado com o número total de ovos. Para nós, esse é um indicativo que há uma plasticidade na escolha dos sítios de desova, com as tartarugas-mães de ambas as espécies podendo optar por locais menos expostos aos incêndios florestais fora das áreas monitoradas. Todavia, para avaliar essa hipótese demanda estudos adicionais.

Ainda para ambas as espécies, encontramos uma relação negativa entre o número de ovos inviáveis e a temperatura ambiental (Tabelas 5b, 7b). Em outras palavras, quanto maior a temperatura média no período de incubação, menor é o número de ovos inviáveis encontrados nos ninhos. O efeito da temperatura média sobre o recrutamento reprodutivo de tartarugas é algo bem estabelecido na literatura científica (Souza & Vogt 1994; Júnior 2009; Laloe et al. 2017). Por exemplo, Bull et al. (1982) mostrou que altas temperaturas sobre os ninhos além de ser um aliado para determinação sexual para os quelônios também acelera o desenvolvimento embrionário. Altas temperaturas de incubação desempenham um papel fundamental na regulação da atividade aromatase e do estrogênio e determinação sexual sendo a temperatura pivotal de 32,9 °C para tartarugas-da-Amazônia (Junior 2009; Lemos 2019) e de 31,77 °C para o tracajá (Gomes et al. 2019).

É ainda interessante notar que as espécies estudadas apresentaram influências distintas da temperatura no número filhotes vivos. A tartaruga-da-Amazônia apresentou relação positiva com a temperatura (Tabela 5a), ao mesmo tempo o tracajá apresentou uma relação negativa com a mesma variável (Tabela 7a). Especialmente para o tracajá, a

temperatura média foi associada negativamente ao recrutamento reprodutivo, não corroborando estudo prévios com outras espécies do gênero *Podocnemis* (Páez et al. 2009; Correa et al. 2010; Oliveira 2018). Provavelmente, essa relação negativa pode ser devido ao fato que os tracajás serem menos seletivos quanto aos locais de construção dos ninhos e por produzirem ninhos mais rasos o que pode influenciar na variação da temperatura no interior do ninho diminuindo o recrutamento. Todavia, mais uma vez, há necessidade de estudos experimentais para estabelecer de forma clara os mecanismos causais da relação.

Para ambas as espécies existiu uma relação inversa entre a temperatura e o número total de ovos. Em outras palavras, quanto maior a temperatura ambiental menor é número de ovos nos ninhos. Esse resultado é interessante, pois indica que pode haver um nível de plasticidade. Nesse caso, o menor número de ovos poderia ser contrabalanceado por investimento maior por ovo. A teoria do tamanho ótimo do ovo prediz que essa relação é dirigida por seleção natural o que leva a produção de filhotes com maiores fitness (Brockelman 1975; Jansen & Warner 2009). Dessa forma, o tamanho ótimo dos ovos é função direta do tamanho do adulto, da morfologia da pélvis e fatores ambientais (Choen et al. 2022). Por exemplo, para a tartaruga-da-Amazônia há a sugestão plasticidade reprodutiva ao reservar recursos para a reprodução frente as condições de saúde e condições climáticas locais (Fachín Terám et al. 2006). A associação entre o maior investimento por ovo e altas temperaturas podem estar associado a um menor tempo de incubação dos ovos. Contudo, Ferreira Júnior (2003) observou que os ninhos que apresentavam um período menor de incubação obtiveram um menor recrutamento de ovos eclodidos. Portanto, os programas de monitoramento devem, na medida do possível, pesar uma amostra de ovos, tomar medidas morfológicas dos indivíduos monitorados para conseguirmos testar explicitamente essas relações.

Devido a escala do estudo, o efeito do fogo sobre o recrutamento reprodutivo, ou mudança da escolha das áreas de desovas pelas tartarugas-mães, ou ainda sobre a diferença da magnitude do efeito do fogo no recrutamento reprodutivo das duas espécies deve ser considerado com cautela. Por isso, indicamos a necessidade de mais estudos para entendermos o grande quadro dessa relação. Sugerimos estudos que avaliem o impacto do fogo em adultos das espécies estudadas. Por exemplo, estudos de rádio-telemetria (Roe et al. 2017a, 2019b) ou scam para identificação de indivíduos injuriados ou mortos após um incêndio florestal (Lovich et al. 2017; Oliveira et al. 2019) devem ser feitos para averiguarmos o efeito do fogo sobre a qualidade do habitat, as taxas de mortalidade e capacidade reprodução. Estudos de marcação de indivíduos, radio-telemetria podem ser

utilizados para a fidelidade das tartarugas-mães aos locais desova, bem como inferir se elas respondem a distúrbios como os incêndios. Finalmente, sugerimos estudos experimentais que avaliem o efeito do fogo sobre os ninhos. Por exemplo, avaliar se o fogo é o suficiente para alterar a temperatura interna dos ninhos a ponto de influenciar a taxa de eclosão dos ovos. Somente com estudos experimentais podemos construir inferências robustas sobre essa relação.

A interação entre os focos de incêndios e a temperatura média para ambas as espécies apresentou um efeito positivo para o número total de ovos. Particularmente, não conseguimos vislumbrar um significado biológico nesse resultado. Nos parece que essa interação se encaixa mais nos casos do Erros Tipo S, isto é, uma mudança no sinal da interação devido, por exemplo, as escalas distintas das variáveis independentes (vejam, Spake et al. 2023 para mais detalhes). No nosso caso, as variáveis temperatura ambiental e número de focos de incêndio foram tomadas em escalas distintas. Enquanto a temperatura ambiental se comporta de forma aditiva, o número de focos de incêndio tende a comportar de forma multiplicativa. Essa diferença na escala pode ter contribuído para a mudança de sinal (Erro Tipo S) por nós encontrada.

Apesar de ser um grupo de animais carismáticos, nos surpreendeu a falta de informações básicas sobre a biologia e ecologia dessas espécies. Essas lacunas precisam ser preenchidas para que possamos manejar efetivamente as populações dessas espécies. Além dos impactos antrópicos anteriormente registrados para espécie como a caça predatória, novas fontes de impacto negativos como a contaminação por pesticidas. Por exemplo, já foi mostrado que a exposição a glifosato e fipronil levou o baixo desenvolvimento e má formação de filhotes de tartaruga-da-Amazônia (Mendonça et al. 2022). Por isso, reforçamos que os estudos referentes aos quelônios neotropicais incluam abordagem experimentais controladas que permitam estabelecer as relações ecológicas de forma mais clara, para que possamos manejar essas populações frente os impactos ecológicos atuais e futuros.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agritempo (2021) Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. <https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/PesquisaClima/index.jsp?siglaUF=MT>. Acessado em 14 novembro de 2021.
- Alfinito J (1980) A Tartaruga verdadeira do Amazonas – Sua criação. Informe técnico 5. Pará: Belém, pp 68.
- Alho CJRAG, Pádua LFMA (1979) Ecologia da Tartaruga da Amazônia e avaliação de seu manejo na Reserva Biológica do Rio Trombetas. *Brasil Florestal*, 9:29-47. 1979.
- Aliança da terra (2021) Projeto Quelônios: vida nova no Rio das Mortes <https://www.aliancadaterra.org/post/projeto-quelonios-vida-nova-no-rio-das-mortes>. Acessado em 10 outubro de 2021.
- Alves KMAS, Nóbrega RS (2011) Uso de dados climáticos para análise espacial de risco de incêndio florestal. *Mercator*. <https://doi.org/10.4215/RM2011.1022.0013>.
- Andrade MCP, Azevedo HS et al (2016) Projeto Pé-de-pincha: Conservação e Manejo de Quelônios Manual para Gestores Ambientais. Ibama, Manaus.
- Bull JJ, Vogt CR, McCoy JC (1982) Sex determining temperatures in turtles: a geographic comparison. *Evolution*. Madison, EUA. 36 (2): 326-332 <https://doi.org/10.2307/2408051>.
- Bluter JC (2019) A Review of the Effects of Climate Change on Chelonians. 2019. 22p. University of Central Oklahoma, EUA. 11 (8), 138 <https://doi.org/10.3390/d11080138>.
- Burnham KP, Anderson DR (2002) Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. Springer New York, New York.
- Brisson AJ, Jared L. Strasburg LJ, Templeton RA (2003) Impact of fire management on the ecology of collared lizard (*Crotaphytus collaris*) populations living on the Ozark Plateau. *N Biological Sciences*. <https://doi.org/10.1017/S1367943003003305>.
- Carreras C, Pascual M et al (2018) Sporadic nesting reveals long distance colonisation in the philopatric loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*). *Scientific RePorTS*. 8:1435 <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19887-w>.
- Castro PTA, Ferreira JPD (2008) Caracterização ecogeomorfológica das áreas de desova de quelônios de água doce (gênero *Podocnemis*) no entorno da Ilha do Bananal, Rio Araguaia. *Geografias*. 04(1) 15-22 <https://doi.org/10.35699/2237-549X..13247>.

- Cabral ALA, Filho MOL, Borges CAL (2013) Uso do Fogo na Agricultura: Legislação, Impactos Ambientais e Realidade na Amazônia. Fórum Ambiental da Alta Paulista, 159-172.
- Costa MG (2012) Padrões alimentares durante um período de seca e investigação de endozooecia por *Podocnemis expansa* na Reserva Biológica do Rio Trombetas, PA, Brasil. Dissertação, INPA Manaus.
- Costa MB (2013) Direct and Short-Term Effects of Fire on Lizard Assemblages from a Neotropical Savanna Hotspot. *BioOne*. 47(3):502-510 <http://dx.doi.org/10.1670/12-043>.
- Correa CJ, Amalia M et al (2010) Reproductive Ecology of the Magdalena River Turtle (*Podocnemis lewyana*) in the Mompos Depression, Colombia. Medellín, Colombia, *BioOne Complete*. 9(1): 70–78, <https://doi.org/10.2744/CCB-0784.1>.
- Cruz RC, Guadagnin D L (2010) Uma pequena história ambiental do pampa: proposta de uma abordagem baseada na relação entre perturbação e mudança. Ed.Santa Maria, 155-179.
- Brockelman YW (1975) Competition, the fitness of offspring, and optimal clutch size. The University of Chicago Press, pp. 677-699.
- Falleiro MR, Santana TM, Berni RC (2016) As Contribuições do Manejo Integrado do Fogo para o Controle dos Incêndios Florestais nas Terras Indígenas do Brasil. Brasília. DF, *Biodiversidade Brasileira*, 6(2): 88-105.
- Fearnside MP (2002) Fogo e emissão de gases de efeito estufa dos ecossistemas florestais da Amazônia brasileira. *Estudos Avançados*, 16(44).
- Fearnside PM (2020). Desmatamento na Amazônia brasileira: História, índices e consequências. Editora do INPA, Manaus. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00697.x>.
- Ferrara R C, Fagundes KC et. al *Quelônios Amazônicos: Guia de identificação e distribuição*. Manaus: WCS, 2017. 180p.
- Ferreira júnior PD (2003) Influência dos processos sedimentológicos e geomorfológicos na escolha das áreas de nidificação de *Podocnemis expansa* (tartaruga-da-amazônia) e *Podocnemis unifilis* (tracajá) na bacia do rio Araguaia. Tese de Doutorado, Departamento, Universidade Federal de Ouro Preto.
- Terán FA, Vogt CR, Thorbjarnarson BJ (2006) Seasonal Movements of *Podocnemis sextuberculata* (Testudines: Podocnemididae) in the Mamirauá Sustainable Development Reserve, Amazonas, Brazil. *BioOne*. 5(1):18-24 [http://dx.doi.org/10.2744/1071-8443\(2006\)5\[18:SMOPST\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.2744/1071-8443(2006)5[18:SMOPST]2.0.CO;2).

Filho DVJ, Pontuschka Ret al (2020) Cultivo de quelônios promove conservação e o desenvolvimento social e econômico da Amazônia. *Ciência e Saúde Animal*, 2675-0422.

Fouts KL, Moore TC et al (2017) Lizard activity and abundance greater in burned habitat of a xeric montane forest. *Journal of Fish and Wildlife Management*. 8:181–192 <https://doi.org/10.3996/042016-JFWM-031>.

Florian H (2022) DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models. R package version 0.4.5. <https://CRAN.R-project.org/package=DHARMA>. Acessado em 5 dezembro de 2022.

Gabardo G, Sarzedas C, Silva LH (2020) A Educação Ambiental Em Uma Perspectiva Interdisciplinar. Editora Científica. 978-65-87196-41-1 <https://doi.org/10.37885/978-65-87196-41-1>.

Godinho CBM, Martini MCA et al (2022) X Semana da Biologia UFABC. Universidade Federal do ABC, 978-65-5719-044-9.

Gomes A (2011) Razão sexual de *Podocnemis unifilis* no parque indígena do Xingu, Mato Grosso, Brasil. Dissertação Universidade Vila Velha Programa de Pós-Graduação Em Ecologia De Ecossistemas, Vila velha.

Guimarães P, Souza S et al. (2014) Análise dos impactos ambientais de um incêndio florestal. *Agrarian Academy, Goiania*. 1(01).

Harris AK, Clark DJ et al (2020) Direct and Indirect Effects of Fire on Eastern. *The Journal of Wildlife Management*. 1–12 <https://doi.org/10.1002/jwmg.21920>.

Ibama (1989). Manual Técnico: Projeto Quelônios da Amazônia, Brasília.

Inpe (2021). BDQueimadas. <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>. Acessado em 10 outubro de 2021.

Jansen FF, Warner AD (2009) Parent–offspring conflict and selection on egg size in turtles. *Journal Compilation*. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1420-9101.2009.01838.x>.

Choen JG, Townsend WS, Padovese RL et al (2022) Common evolutionary origin of acoustic communication in choanate vertebrates. *Nature Communications*. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-33741-8>.

Júnior FDP (2009) Efeitos de Fatores Ambientais na Reprodução de Tartarugas. Dissertação, Centro Universitário Vila Velha.

Júnior HC (2017) Manual Operacional de Bombeiros Prevenção e Combate a Incêndios Florestais. Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, Goiânia.

Kagueiama GKA, Malvasio A, Sousa CH et al (2021) Caracterização dos ninhos e identificação sexual de *Podocnemis expansa*, tartaruga-da-amazônia. revista desafios. <http://dx.doi.org/10.20873/uftsupl2021-12549>.

Laloe OJ (2014) Effects of rising temperature on the viability of an important sea turtle rookery. Nature Climate Change. <http://dx.doi.org/10.1038/NCLIMATE2236>.

Laarman BP, Keenlance WP, Altobelli TJ et al (2018) Ecology of Neonate Eastern Box Turtles with Prescribed Fire Implications. Grand Valley. The Journal of Wildlife Management. 82(7):1385–1395 <http://dx.doi.org/10.1002/jwmg.21503>.

Lemos AKK (2019) Expressão de aromatase, receptores de estrógenos e de andrógenos durante desenvolvimento da gônada de *Podocnemis expansa*. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Lima RRBE, Filho MP, Moura PMR (2018) Plano Municipal de Saneamento Básico: Novo Santo Antônio-MT. EdUFMT, Cuiabá.

Liesenfeld AV, Miranda API (2016) Ecologia do fogo e o impacto na vegetação da Amazônia. Pesquisa Florestal Brasileira. <https://doi.org/10.4336/2016.pfb.36.88.1222>.

Lovich EJ, Quillman M, Zitt B et al (2017) The effects of drought and fire in the extirpation of an abundant semi-aquatic turtle from a lacustrine environment in the southwestern USA. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems. <https://doi.org/10.1051/kmae/2017008>.

Lustosa APG, Facundes KC, Ferrara RC et al (2016) História natural e biologia dos quelônios amazônicos. Ibama, Brasília. Howey

Malvasio A, Ataídes GA et al (2019) Biodiversidade na região da ilha do Bananal/Cantão. Universidade Federal do Tocantins, 978-85-60487-79-0.

Marques AD, Souza ANA, Sousa LE et al (2020) Atlas Simplificado de Osteologia da Família Podocnemididae. ResearchGate, Manaus.

Marimon BS, Marimon-Junior BH et al (2008) Pantanal do Araguaia: ambiente e povo. EdUNEMAT, Cáceres.

Marimon BS, Marimon-Junior BH et al (2012) Florística dos campos de murundus do Pantanal do Araguaia, Mato Grosso, Brasil. Acta Botânica Brasílica. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000100018>.

Mendonça S J, Hirano LQL, Santos QLA et al (2022) The exposure in ovo of embryos belonging to Amazonian turtle species *Podocnemis expansa* (Testudines) to commercial

glyphosate and fipronil formulations impairs their growth and changes their skeletal development. Elsevier. 10; 842:156709 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156709>.

Miranda SH (2010) Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidades de cerrado: Resultados do Projeto Fogo. Ibama, Brasília.

Nakagawa S, Schielzeth H (2013). Um método geral e simples para obter R<sup>2</sup> a partir de modelos de efeitos mistos lineares generalizados. *Métodos em Ecologia e Evolução*, 4 (2), 133–142. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210x.2012.00261.x>.

Oliveira JCF et al (2019) First-order effects of fire and prolonged-drought effects on an undescribed semi-aquatic turtle in Atlantic rainforest in southeastern Brazil. *J Coast Conserv.* 23, 367–372 <https://doi.org/10.1007/s11852-018-0668-z>.

Oliveira PAT, Castro MT, Soares ST (2018) Influência das Características Ambientais dos Ninhos de *Podocnemis unifilis* sobre Sucesso Reprodutivo e Razão Sexual no Rio Iriri, bacia do Xingu, Pará. Dissertação, Pós-graduação em Ecologia Aquática e Pesca (PPGEAP) Pará.

Pantoja LJ, Pezzuti JCB, Teixeira AS et al (2009) Seleção de locais de desova e sobrevivência de ninhos de quelônios *Podocnemis* no Baixo Rio Purus, Amazonas, Brasil. *Colombian Journal of Animal Science*, 1(1).

Páez PV, Correa CJ, Cano MA et al (2009) A Comparison of Maternal and Temperature Effects on Sex, Size, and Growth of Hatchlings of the Magdalena River Turtle (*Podocnemis lewyana*) Incubated under Field and Controlled Laboratory Conditions. *BioOne Complete*. 698-704 <https://doi.org/10.1643/CE-08-149>.

Páez PV, Morales B et al (2012) V. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia. Humboldt, Colombia.

Pebesma E (2018) Simple features for R: Standardized support for spatial vector data. *The R Journal*. 2073-4859 <https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009>.

Pereira as, Silva CA, Nobre AC et al (2008) Mudanças Climáticas e Mudanças Socioambientais Globais: reflexões sobre alternativas de futuro. UNESCO, Brasília.

Pinto JGS (2006) Aspectos Anátomo-Radiográficos e Tempo de Trânsito Gastrointestinal em Tracajá *Podocnemis unifilis* Troschel, 1848 (Testudines, Podocnemididae). Dissertação, Universidade Federal de Uberlândia.

Pivello V, Vieira L et al (2021) Understanding Brazil's catastrophic fires: Causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.06.005>.

- Portal RR, Lima SAM, Luz FLV et al (2002) Espécies vegetais utilizadas na alimentação de *Podocnemis unifilis*, Troschel 1948 (Reptilia, Testudinae, Pelomedusidae) na região do Paracuuba - Amapá-Brasil Amapá – Brasil. *Ciência Animal Brasileira*, 11-19.
- R Core Team (2021) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <https://www.R-project.org/>.
- Roe HJ, Wild HK, Chávez SM (2019) Responses of a forest-dwelling terrestrial turtle, *Terrapene Carolina*, to prescribed fire in a Longleaf Pine ecosystem. HHS Public Access. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.10.026>.
- Roe HJ, Wild HK, Hall AC et al (2017) Thermal biology of eastern box turtles in a longleaf pine system managed with prescribed fire. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.09.005>.
- Roe HJ, Bayles Z (2021) Overwintering behavior reduces mortality for a terrestrial turtle in forests managed with prescribed fire. North Carolina: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.118990>.
- Robertson PE, Tanner PE et al (2021) Fire management alters the thermal landscape and provides multi-scale thermal options for a terrestrial turtle facing a changing climate. *Glob Change Biol*. 28:782–796 <https://doi.org/10.1111/gcb.15977>.
- Rocha DFC, Bergallo GH, Sluys VM et al (2006) *Biologia da Conservação: Essências: RiMaria*, São Carlos.
- Santos DRD (2012) Dieta de *Podocnemis Expansa* (Schweigger, 1848) Testudines, Podocnemididae, no Refúgio De Vida Silvestre Quelônios do Araguaia (Rio das Mortes, Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso, Brasil). Dissertação, Universidade do Estado de Mato Grosso Campus Universitário de Nova Xavantina.
- Santo RT, Santo RT (2021) Análises da atuação do grupo de ações coordenadas (GRAC) de Barra Velha no incêndio Florestal de 2020. *Ignis*, 2525-6262.
- Sousa CH (2021) Fogo, mudanças climáticas e a conservação da lacertofauna no cerrado. <https://www.funbio.org.br/wp-content/uploads/2020/05/Heitor-Campos-de-Sousa-Projeto-de-Pesquisa-1.pdf>. Acessado em 14 novembro de 2021
- Silva AS et al (2004) Incêndios em vegetação entre 2000 e 2002, nas propriedades rurais limítrofes às rodovias pavimentadas do município de Jatai-GO. *Geoambiente On-line*. <https://doi.org/10.5216/rev.geoambie.v0i2.25864>.
- Souza RR, Vogt CR (1994) Incubation Temperature Influences Sex and Hatchling Size in the Neotropical Turtle *Podocnemis unifilis*. *Journal of Herpetology*. 453-464 <https://doi.org/10.2307/1564958>.

Silva RF, Souza GT, Paterno BG et al (2022) Análises ecológicas no R.: São Paulo: Nupeea: Canal 6. Recife, PE.

Simões NT, Silva CA, Santos ME et al (2014) Temperatura de incubação e razão sexual em filhotes recém-eclodidos da tartaruga marinha *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) no município do Ipojuca, Pernambuco, Brasil. USP. 54(25):363-374 <https://doi.org/10.1590/0031-1049.2014.54.25>.

Schmidt BI, Fonseca BC, Ferreira CM et al (2016) Experiências Internacionais de Manejo Integrado do Fogo em Áreas Protegidas – Recomendações para Implementação de Manejo Integrado de Fogo no Cerrado. Biodiversidade Brasileira, 6(2): 41-54.

Sturm RJ, Acordi FC (2017) Metodologia para investigação em incêndio florestal. Ignis, 2525-6262.

Spake R, Bowler ED, Callaghan TC et al (2023) Understanding ‘it depends’ in ecology: a guide to hypothesising, visualising and interpreting statistical interactions. Biological Reviews. <https://doi.org/10.1111/brv.12939>.

Wagenmakers EJ, Farrell S (2004) AIC model selection using Akaike weights. Psychonomic Bulletin & Review. 11, 192–196 <https://doi.org/10.3758/BF03206482>.

Zuur FA, Ieno NE, Walker JN et al (2009) Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R. Springer Science & Business Media, New York.