



**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA  
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE**

**PARQUE NACIONAL DE SÃO JOAQUIM**

Av. Pedro Bernardo Warmling, 1542, - Urubici - CEP 88650000

Telefone: (48)98821-2718

**PLANO DE TRABALHO - PIBIC/ICMBIO**

**19º EDITAL DE SELEÇÃO – CICLO 2024/2025**



**Título do Plano de Trabalho (com alterações das ressalvas): IMPACTOS DE INCÊNDIOS SOBRE A DIVERSIDADE DE MACROINVERTEBRADOS EM RIACHOS NO PARQUE NACIONAL DE SÃO JOAQUIM, SC**

**Grande Área do Conhecimento**

<input type="checkbox"/> Ciências Exatas e da Terra	<input type="checkbox"/> Ciências da Saúde	<input type="checkbox"/> Ciências Humanas
<input checked="" type="checkbox"/> Ciências Biológicas	<input type="checkbox"/> Ciências Agrárias	<input type="checkbox"/> Linguística, Letras e Artes
<input type="checkbox"/> Engenharias	<input type="checkbox"/> Ciências Sociais Aplicadas	<input type="checkbox"/> Outras áreas

**Orientador: Michel Tadeu R. N. de Omena**

**Unidade do orientador: PARNA SÃO JOAQUIM**

**Coorientador: Bruno Renaly Souza Figueiredo**

**Instituição do coorientador: Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis - SC**

**Estudante: João Miguel da Costa Manso**

**Instituição do Estudante (Cidade/UF): Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis - SC**

**Curso de graduação e semestre atual do estudante: Ciências Biológicas**

<b>Escolha do(s) eixo(s):</b>	<b>Eixos temáticos prioritários de pesquisa - Conforme anexo I do 19º Edital PIBIC - 2024 /2025</b>
	A tabela disponível no modelo do SEI foi totalmente atualizada e deve ser substituída por esta.
	1 - Sociobiodiversidade, serviços ecossistêmicos e patrimônio espeleológico
X	2/3 - Gestão da informação sobre a biodiversidade para subsidiar o planejamento das ações de conservação
	4 - Planejamento e implementação da gestão nas unidades de conservação
	5 - Expansão e conectividade das áreas protegidas
	6 - Avaliação de impacto e licenciamento ambiental
	7 - Gestão pesqueira e cadeias produtivas em unidades de conservação de uso sustentável
	8 - Uso da fauna em unidades de conservação
	9 - Uso de produtos da sociobiodiversidade em unidades de conservação
	10 - Gestão e monitoramento participativos
	11 - Inteligência e efetividade na fiscalização e proteção da biodiversidade

	12 - Manejo de espécies exóticas invasoras
	13 - Restauração de habitats terrestres e aquáticos
	14 - Conservação de espécies ameaçadas
X	15 - Manejo integrado do fogo

Indique – assinalando com um **X** – o(s) tema(s) no qual a proposta está inserida:

## I- INTRODUÇÃO:

O fogo é um estressor capaz de diminuir a abundância e a diversidade de espécies de plantas através da queima de material vegetal seco (Jones et al., 2022). Portanto, a ocorrência do fogo resulta na redução da heterogeneidade de habitat e na disponibilidade de refúgio, de alimento e de locais de reprodução dos organismos (Bixby et al., 2015). Ademais, compostos tóxicos, tais como hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), metais pesados, estão presentes nas cinzas, geradas a partir da combustão de biomassa vegetal. Essas cinzas podem ser carregadas até ambientes aquáticos através do vento e das chuvas, e alterar as características físicas e químicas da água e do sedimento (Nunes et al., 2017; Oo et al., 2021). Os HPAs são persistentes no ambiente e apresentam riscos para a saúde humana devido às suas propriedades tóxicas, mutagênicas e carcinogênicas (Chikere et al., 2018, Santos et al., 2015). Considerando que incêndios são previstos para se tornarem mais frequentes em muitas partes do mundo, devido ao aquecimento global e o aumento do desmatamento, (Pivello et al., 2021), é necessário determinar os organismos que são mais sensíveis a esse distúrbio, assim como as consequências sobre os ecossistemas, para permitir a adoção de estratégias que mitiguem a perda de biodiversidade.

Apesar da compreensão acerca dos efeitos do fogo e das cinzas sobre os ambientes terrestres estar crescendo rapidamente (Alho et al., 2019; Lima et al., 2020), ainda é escassa a literatura científica que investiga como o ambientes aquáticos e os organismos que os habitam respondem a ocorrência do fogo e ao carreamento das cinzas até os corpos aquáticos (Nunes et al., 2017; Ré et al., 2020; Ré et al., 2021). Tem sido demonstrado através de estudos que a presença de cinzas na água altera o pH da água (Harper et al., 2019), o que pode trazer malefícios para o fornecimento de água potável para humanos (Nunes et al. 2018), causar mortalidade em peixes (Gonino et al., 2019b) e alterar o comportamento de organismos aquáticos (Gonino et al., 2019b). Entretanto, pouco se sabe sobre os efeitos que as cinzas possuem sobre a contaminação da água e do sedimento para a biologia de organismos bentônicos, e não avaliação empírica sobre a potencial acumulação de substâncias tóxicas em seus tecidos (i.e., bioacumulação, Jezierska & Witeska, 2006), e os impactos sobre os diferentes níveis tróficos.

A extensão da área afetada pelo fogo e a proximidade desta área em relação aos ambientes são determinantes na gravidade do impacto das cinzas nos ecossistemas aquáticos. O tamanho da área queimada influencia diretamente a quantidade de biomassa vegetal queimada, o que pode indicar o potencial das cinzas em alcançar os corpos d'água em concentrações elevadas. (Capeche, 2012). Embora se espere um aumento substancial na deposição de cinzas nos sedimentos de corpos aquáticos, impulsionado pelo transporte das cinzas por chuvas e ventos (Smith et al., 2011), a concentração de cinzas aumenta consideravelmente à medida que os corpos aquáticos se encontram mais próximos dos focos de incêndio. Compreender a interação entre o tamanho da área queimada e a distância entre a área queimada pode enriquecer a literatura e, assim, auxiliar os gestores de Unidades de Conservação (UC) na construção de novos conhecimentos sobre a supressão vegetal como uma estratégia de manejo para evitar que as queimadas evoluam para incêndios catastróficos e causem danos significativos aos ecossistemas aquáticos.

A comunidade de macroinvertebrados compreende um grupo heterogêneo de organismos de diferentes grupos taxonômicos como insetos, moluscos e crustáceos (Heino, 2009), que habitam a região bentônica e nectônica, e são normalmente visíveis a olho nu. Esses organismos apresentam grande importância ecológica, fazendo parte da transferência de energia nos ecossistemas aquáticos, podem servir como bioindicadores e participam da ciclagem de nutrientes (Payne, 1986). A distribuição, composição e abundância de macroinvertebrados depende das condições do ambiente (Chowdhury et al., 2023), e podem sofrer mudanças dependendo dos parâmetros hidrológicos e da qualidade da água (Sharma et al., 2018). Por exemplo, Harper et al. (2019) mostraram que invertebrados são sensíveis a contaminação da água por cinzas. Dessa forma, os macroinvertebrados se tornam uma ferramenta muito importante para avaliar a toxicidade de cinzas oriundas de incêndios, que possui potencial de impactar todo o sistema e comprometer a segurança hídrica de populações humanas. O Parque Nacional de São Joaquim (PNSJ) é uma unidade de conservação extremamente importante para a preservação da fauna, funga e flora local, servindo de abrigo para diversas espécies da Mata Atlântica, apresentando características típicas do bioma e também altitudes que ultrapassam 1.000m acima do nível do mar (Faxina, 2014). O Parque também serve como habitat para muitos organismos, possuindo uma grande riqueza de anfíbios (Carvalho et al., 2022), aves (Repenning et al., 2010), fungos (Ribeiro-Narde, 2022), mamíferos (Sá, 2005; Krobek, 2022), formigas (Klunk, 2016) e plantas (Dallabrida et al., 2019; Wagner & Fiaschi, 2020). No PNSJ ocorre periodicamente o uso de fogo prescrito em áreas propícias para o manejo do excesso de biomassa vegetal com o intuito de reduzir o risco de incêndios catastróficos ocorrerem. O fogo prescrito é uma ferramenta eficiente para reduzir a intensidade dos incêndios, porém outros tipos de prevenções devem ser tomadas em relação à quantidade de cinzas, a distância dos incêndios para os corpos d' água e em relação à composição química das cinzas e potencial tóxico.

Neste trabalho, serão coletadas amostras de macroinvertebrados em riachos do PNSJ, em dois momentos: antes e depois da realização do fogo prescrito. Serão testadas as hipóteses de que (1) a toxicidade das cinzas é capaz de reduzir a diversidade da comunidade de macroinvertebrados; (2) a extensão da área queimada prediz o tamanho do impacto das cinzas sobre a comunidade de macroinvertebrados, e (3) a distância das áreas queimadas para os riachos reduz o impacto das cinzas sobre comunidades de macroinvertebrados. Tais hipóteses serão suportadas caso os resultados indiquem maior riqueza, abundância e densidade de macroinvertebrados (1) antes da chegada das cinzas na água do que depois da chegada desse poluente na água; (2) quanto menor for a área queimada; e (3) em riachos distantes das áreas queimadas, que em riachos mais próximos das áreas queimadas. Além disso, uma lista de espécies de macroinvertebrados que ocorrem no PNSJ será produzida, informação importante para a conservação da biota aquática.

## 2 - OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS DO PLANO DE TRABALHO

### Objetivo Geral

Este estudo tem como objetivo investigar a toxicidade das cinzas oriundas de incêndios sobre o ecossistema aquático como um todo, com destaque para os organismos aquáticos, caracterizando as potenciais alterações nos parâmetros físicos e químicos da água e nas características do sedimento e da fauna de macroinvertebrados bentônicos em riachos no PNSJ em Santa Catarina, trazendo subsídios para a gestão mais eficiente no manejo do fogo com foco na proteção da biodiversidade.

### Objetivos Específicos

Avaliar como as variáveis físicas e químicas da água e do sedimento são alteradas pela solubilização de cinzas, proveniente de incêndios, com vista a mensurar o efeito do fogo no ambiente aquático.

Inventariar a diversidade e a riqueza de macroinvertebrados em riachos do Parque Nacional de São Joaquim, avaliando a sensibilidade desse grupo de organismos a incêndios, a fim de assegurar possíveis ações de gestão e conservação da biodiversidade no parque.

Comparar a riqueza, a abundância e a densidade de macroinvertebrados aquáticos antes e depois de um incêndio.

Relacionar a riqueza e a diversidade de macroinvertebrados entre riachos próximos e distantes de áreas queimadas.

Verificar se a riqueza e a diversidade de macroinvertebrados aquáticos são reduzidas em função da área total queimada.

### 3 - METODOLOGIA

#### • 3.1 Área de Estudo

O estudo será realizado no Parque Nacional de São Joaquim (PNSJ, 28°10'22"S, 49°35'57"W), que é uma Unidade de Conservação localizada no planalto sul do estado de Santa Catarina, administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (Figura 1). O PNSJ destaca-se pela proteção de remanescentes do bioma Mata Atlântica, mais especificamente de Floresta Ombrófila Mista (Mata de Araucárias), Floresta Ombrófila Densa (Floresta de Encosta), campo de altitude e matinhos nebulares (Omena & Bacca, 2021). De acordo com a classificação climática Köppen-Geiger, o clima é mesotérmico úmido sem estação seca definida, com verões frescos, pertencente ao tipo Cfb (Kottek et al., 2006). A temperatura média anual é 14°C, a pluviosidade média anual 1400mm e a umidade relativa do ar 85%, com precipitação distribuída ao longo do ano (Souza, 2004, Fernandes & Omena, 2015).

A região apresenta uma ampla variedade de recursos hídricos, incluindo nascentes, riachos, cachoeiras e rios, que se estendem por duas sub-bacias principais: a do rio Pelotas e do rio Canoas, ambas pertencentes à bacia do rio Uruguai. Uma análise preliminar da área dos riachos e da água sugere que, em geral, os corpos de água presentes no Parque Nacional de São Joaquim são predominantemente de primeira a terceira ordem, e são nascentes de rios (Castillo, 2007). Além disso, no geral, os riachos do PNSJ possuem alta concentração de oxigênio dissolvido (variando entre 10 e 14mg/L), e baixos valores de pH (com valores próximos de 5), condutividade elétrica (27 µS/cm) e temperatura (entre 14 e 16 °C). Além disso, os riachos estudados estão localizados na paisagem em que diferentes extensões de áreas que são ou podem ser queimadas, permitindo testar o efeito da área queimada sobre a toxicidade de cinzas sobre a comunidade de macroinvertebrados.

#### 3.2 Delineamento amostral

Serão realizadas amostragens em seis riachos, em dois momentos: antes e depois da realização do fogo prescrito (Figura 2). Os riachos selecionados para amostragem possuem diferentes distâncias dos locais em que o fogo prescrito será aplicado, permitindo testar o efeito da distância entre as áreas queimadas e os riachos sobre os atributos da comunidade de macroinvertebrados. O fogo prescrito na área do PNSJ está previsto para ocorrer em meados de agosto de 2024, assim as coletas biológicas e de água serão realizadas de julho a setembro de 2024 de forma a abranger os dois períodos. Em cada riacho serão coletadas três subamostras de macroinvertebrados aquáticos com o auxílio de Rede Entomológica do tipo D (D-framenet) e amostrador do tipo Surber, por duas pessoas, simultaneamente, uma em cada margem, no sentido jusante - montante. Além disso, em cada riacho serão coletadas duas amostras de água e substrato, visando a caracterização física e química de acordo com Standard Methods (American Public Health Association Inc., 1995).

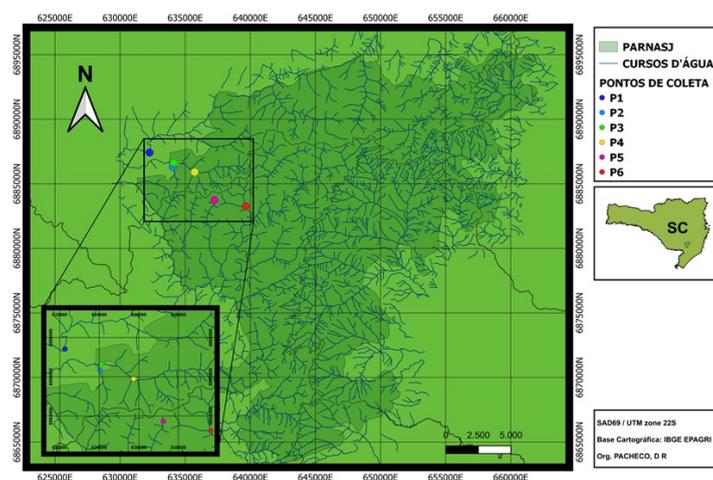


Figura 1 – Mapa de localização e pontos de coleta (P1 a P6) do Parque Nacional de São Joaquim, em Santa Catarina, Brasil. Fonte: Pacheco, 2024

#### 3.3 Coleta de dados

##### 3.3.1 Amostragem e caracterização física e química da água

Será coletado um conjunto de variáveis limnológicas e ambientais (profundidade, transparência, largura, vazão, tipo de substrato) durante a amostragem com o intuito de caracterizar os riachos estudados. Para medir a transparência e a profundidade será utilizado o disco de Secchi. Temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica com o auxílio de Medidor Multiparâmetro (AK88 - AKSON); turbidez com Turbidímetro (Instrutherm, TD-300), as medidas de largura e vazão através do método do flutuador (Palhares et al., 2007). Serão coletadas também amostras visando os parâmetros: nutrientes (clorofila, amônia, nitrato, nitrito e fósforo total). As amostras para as análises químicas serão coletadas a 30 cm de profundidade, duas amostras por riacho serão tomadas, acondicionadas em frascos de polipropileno de 200 mL e conservadas

em caixas de isopor contendo gelo. As análises químicas serão realizadas no Laboratório de Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC-Campus Florianópolis-SC por meio de colorimetria visível, em equipamento de análise por injeção em fluxo (do inglês FIA) da marca Foss Tecator, modelo FIASTAR 5000.

### 3.3.2 Amostragem do substrato

Amostras de sedimento dos riachos estudados serão tomadas em cada riacho tanto antes quanto depois da ocorrência do fogo prescrito. O substrato amostrado será adicionado em frascos de polietileno contendo ácido nítrico com conservantes. Em laboratório, o substrato será analisado seguindo APHA (2012). Após protocolo específico, será possível testar se a granulometria e composição inorgânica do sedimento difere consistentemente entre os riachos antes e depois da ocorrência.

### 3.3.3 Amostragem e identificação da comunidade de macroinvertebrados

A amostragem será por meio de três subamostras de macroinvertebrados aquáticos com o auxílio de Rede Entomológica do tipo D (D-framenet) ou tipo surber. As amostras serão fixadas em álcool 70%. Em laboratório, o material coletado será lavado em peneira (malha de 0,5 mm) e colocado em potes, adicionando álcool 70% para preservação do material e com etiquetas para identificação dos trechos. As amostras serão triadas no Laboratório de Biodiversidade Aquática (LABIAQ) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), identificadas em nível de ordem e família, com a utilização de chaves de identificação, de acordo com Domínguez & Fernández (2009); Hamada et al. (2018); Mugnai et al. (2010), Mccafferty (1981), Pérez, 1998, e posteriormente depositadas na coleção científica da UFSC.

## 3.4 Área do fogo prescrito e distância entre a área queimada e os riachos

Para este estudo utilizaremos imagens de satélites do tipo Landsat com resolução espacial de 30 metros. A área de estudo será incluída nas cenas de órbita e reprojeta da Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e zona 23S. As imagens serão disponibilizadas pela NASA através do United States Geological Survey (USGS) da coleção 1 (Higher level science data – Level-2 – ondemand). A detecção e delimitação das áreas queimadas será seguindo a metodologia proposta por Alvarado et al., (2017), utilizando imagens compostas em falsas cores RGB (Red, Green e Blue) obtidas através da fusão de bandas 5-4-3 para os sensores TM e ETM+ e das bandas 6-5-4 para o sensor OLI. As composições geradas terão seus valores de contraste padronizados, a fim de minimizar erros de interpretação por flutuações na intensidade de reflectância. A delimitação das áreas queimadas será por detecção visual e vetorização manual das feições, utilizando uma escala gráfica padronizada. Vetores das feições de áreas serão armazenados, agrupados e convertidos em bitmaps, a partir dos vetores obteremos um mapa com escala de distância do tamanho de áreas da queimadas (Alvarado et al, 2017). **Uma vez obtido esse mapa, será feito a inclusão de buffers (raios de: 30, 50, 100 e 150 metros), para uma classificação das áreas afetadas pelos incêndios, e determinação de distância ótima do incêndio para os ambientes aquáticos, a partir da qual os impactos sobre o ambiente aquático tendem a ser reduzidos.**

## 3.5 Análise de dados

A riqueza, abundância e a densidade dos organismos antes e depois do fogo prescrito serão analisadas por meio de teste-*t* pareado, utilizando os números de Hill (Hill, 1973). O nível de significância assumido será de 0,05. Correlações de Pearson serão realizadas para avaliar a relação entre riqueza e abundância de macroinvertebrados e os parâmetros físico-químicos da água antes e depois do fogo serão analisadas. As interdependências entre a composição das espécies e os fatores físico-químicos serão analisados por ordenação direta, usando análise de redundância (RDA). O efeito da extensão e distância da área queimada sobre a riqueza e diversidade de espécies será testada por meio de modelos lineares generalizados (GLMs).

Análises estatísticas serão realizadas para verificar possíveis diferenças na porcentagem de área queimada, na média de áreas queimadas, distância da área queimada e no número de queima/km<sup>2</sup>, considerando o fator local (parque e *buffer*) e o tempo (antes e depois do fogo prescrito), as médias serão testadas por meio de Análise de Variância para dois fatores e teste de Tukey para comparação de médias. Todas as análises estatísticas serão realizadas no software de código aberto R, versão 4.2.2 usando os seguintes pacotes: corrplot, ggplot2, vegan, glm, raster, rgdal e stats.

## 4 - RESULTADOS ESPERADOS

Ao término do projeto visa-se sugerir tamanhos de área máxima queimada para mitigar os impactos negativos das cinzas sobre a biodiversidade nos ambientes aquáticos do parque. O alcance desse objetivo resultará na geração de evidência robusta para fomentar a discussão sobre os cuidados com a distância segura entre a área de aplicação do fogo prescrito e os riachos, a fim de proporcionar melhores ferramentas, para uma melhor gestão da conservação da biodiversidade nos ambientes aquáticos do parque. Além disso, considerando a ausência de informação básica sobre a diversidade e riqueza de macroinvertebrados na área de estudo, esse estudo também resultará na produção de uma lista de espécies de dos organismos desse grupo que ocorrem no parque, informação fundamental para qualquer mensuração de risco de ameaça de extinção e conservação da biodiversidade. Por fim, os resultados e a dinâmica da produção do conhecimento serão divulgados no site (<https://biodiversidadeaquatica.ufsc.br>) e nas redes sociais do Parque Nacional de São Joaquim.

## 5 - IMPORTÂNCIA DA EXECUÇÃO DA PESQUISA PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

Quanto à relevância científica da proposta, acredito que está relacionada ao entendimento do impacto do fogo e das cinzas sobre trajetórias de comunidades aquáticas, reconhecendo os potenciais riscos das cinzas para a conservação da biodiversidade em riachos, bem como para a segurança alimentar, hídrica, social e econômica de populações humanas. Essa pesquisa é relevante considerando que diversas regiões do mundo têm experienciado alterações climáticas, que causam períodos de seca mais intensos, provocam o ressecamento da vegetação e facilitam a ocorrência e propagação do fogo e geração residual de cinzas com compostos tóxicos. Além disso, considerando ainda que a área de estudo está situada em uma unidade de conservação, os resultados poderão promover subsídios para melhorar práticas de controle e manejo do fogo, considerando o impacto sobre ambientes aquáticos. O uso dos resultados obtidos para tais práticas é extremamente viável, uma vez que o proponente possui uma relação com diversos pesquisadores da área de ecotoxicologia e limnologia.

Os resultados científicos dessa pesquisa indicarão, por meio de evidência empírica, a relação (1) entre o tamanho da área queimada e o dano à biota em riachos, e (2) a distância segura que locais de incêndios devem possuir em relação aos corpos aquáticos, subsidiando gestores de Unidades de Conservação na regulação de técnicas de manejo para prevenção de incêndios descontrolados, usando o fogo controlado em áreas distantes dos corpos de água, reduzindo a chance de contaminação da água por cinzas, e a ameaça à conservação da biodiversidade aquática. Tais informações serão publicadas em forma de artigo em revista científica, mas também serão divulgadas por meio de ações de educação ambiental em escolas e em workshops com gestores, além do site (<https://biodiversidadeaquatica.ufsc.br>) e nas redes sociais (p. ex. Instagram) do Laboratório de Biodiversidade Aquática e Parque Nacional de São Joaquim, a fim de trazer maior visibilidade ao projeto e seus resultados. A proposta também prevê a provisão de informações ecológicas sistematizadas e uma interlocução com gestores ambientais, para auxiliar na escrita do Plano de Manejo Integrado do Fogo em Parques Nacionais. Isso contribuirá para reduzir conflitos de opinião sobre a efetividade das medidas de gerenciamento de áreas sujeitas a fogo, pautando as escolhas com base

em previsões palpáveis.

## 6 - ETAPAS E CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO PLANO DE TRABALHO

Duas etapas ocorreram antes do cronograma deste projeto, pois fazem parte do projeto PIBIC anterior e que serão aproveitadas neste, como continuidade.

Etapas 1 e 2 – Foram realizadas em junho e agosto de 2024 respectivamente, são elas: Preparação e Realização da coleta pré fogo prescrito e Preparação e Realização da coleta pós-fogo prescrito.

Etapa 3 – Identificação de amostras.

Etapa 4 – Apresentação de dados preliminares/finais em resumo de Congresso / Seminário.

Etapa 5 – Organização de dados.

Etapa 6 - Análise de dados

Etapa 7 - Escrita e envio do relatório final e / ou artigo científico

Etapa 8 - Apresentação em Congresso / Seminário.

Etapa	Set/24	Out/24	Nov/24	Dez/24	Jan/25	Fev/25	Mar/25	Abr/25	Mai/25	Jun/25	Jul/25	Ago/25	Set/25	Out/25
3	X	X	X	X										
4		X	X							X	X			
5					X	X	X							
6								X	X					
7											X	X		
8														X

## 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahmed, M. K., Kundu, G. K., Al-Mamun, M. H., Sarkar, S. K., Akter, M. S., & Khan, M. S. (2013). Chromium (VI) induced acute toxicity and genotoxicity in freshwater stinging catfish, *Heteropneustes fossilis*. *Ecotoxicology and environmental safety*, 92, 64-70.

Alho, C. J., Mamede, S. B., Benites, M., Andrade, B. S., & Sepúlveda, J. J. (2019). Threats to the biodiversity of the Brazilian Pantanal due to land use and occupation. *Ambiente & Sociedade*, 22, e01891.

Alvarado, S. T., Fornazari, T., Cóstola, A., Morellato, L. P. C., & Silva, T. S. F. (2017). Drivers of fire occurrence in a mountainous Brazilian cerrado savanna: Tracking long-term fire regimes using remote sensing. *Ecological Indicators*, 78, 270-281.

APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. APHA: Washington, 1998.

Bixby, R. J., Cooper, S. D., Gresswell, R. E., Brown, L. E., Dahm, C. N., & Dwire, K. A. (2015). Fire effects on aquatic ecosystems: an assessment of the current state of the science. *Freshwater Science*, 34(4), 1340-1350.

Bowman, D. M., Balch, J. K., Artaxo, P., Bond, W. J., Carlson, J. M., Cochrane, M. A., ... & Pyne, S. J. (2009). Fire in the Earth system. *science*, 324(5926), 481-484.

Buss, D. F., & Vitorino, A. S. (2010). Rapid bioassessment protocols using benthic macroinvertebrates in Brazil: evaluation of taxonomic sufficiency. *Journal of the North American Benthological Society*, 29(2), 562-571.

Carvalho-Rocha, V., & Neckel-Oliveira, S. 6.7 Fauna 6.7. 1 Amphibians and Reptiles.

Capeche, C. L. (2012). Impacts of fires on soil quality - environmental degradation and soil and water management and conservation.

Chikere, C. B., & Fenibo, E. O. (2018). Distribution of PAH-ring hydroxylating dioxygenase genes in bacteria isolated from two illegal oil refining sites in the Niger Delta, Nigeria. *Scientific African*, 1, e00003.

Chowdhury, S., Dubey, V. K., Choudhury, S., Das, A., Jeengar, D., Sujatha, B., ... & Kumar, V. (2023). Insects as bioindicator: A hidden gem for environmental monitoring. *Frontiers in Environmental Science*, 11.

Colombo, P., Kindel, A., Vinciprova, G., & Krause, L. (2008). Composição e ameaças à conservação dos anfíbios anuros do Parque Estadual de Itapeva,

município de Torres, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotropica*, 8, 229-240.

Dallabrida, J. P., Silva, A. C. D., Higuchi, P., Larsen, J. G., Santos, G. N., Lima, C. L., ... & Nunes, A. D. S. (2019). Expansão da vegetação arbustivo-arbórea em áreas abertas alto-montanas adjacentes a fragmentos florestais, no Planalto Sul Catarinense. *Ciência Florestal*, 29, 130-143.

Domínguez, E., & Fernández, H. R. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. *Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina*, 656.

Durigan, G., and Ratter, J. A. (2016). The need for a consistent fire policy for the conservation of the Cerrado. *Journal of Applied Ecology*, 53(1), 11-15.

Faxina, T. C. (2014). Dilemas da regularização fundiária no Parque nacional de São Joaquim. A valoração de áreas naturais.

Gonino, G. M., Figueiredo, B. R., Manetta, G. I., Alves, G. H. Z., & Benedito, E. (2019). Fire increases the productivity of sugarcane, but it also generates ashes that negatively affect native fish species in aquatic systems. *Science of the total environment*, 664, 215-221.

Hamada, N., Nessimian, J. L., & Querino, R. B. (2014). Insetos Aquáticos na Amazônia Brasileira: Taxonomia. *Biologia e Ecologia*, 1.

Harper, AR, Santin, C., Doerr, SH, Froyd, CA, Albini, D., Otero, XL, ... & Pérez-Fernández, B. (2019). Composição química das cinzas de incêndios florestais produzidas em ecossistemas contrastantes e sua toxicidade para *Daphnia magna*. *Jornal Internacional de Incêndios Florestais*, 28 (10), 726-737.

Heino, J. (2009). Biodiversity of aquatic insects: spatial gradients and environmental correlates of assemblage-level measures at large scales. *Freshwater reviews*, 2(1), 1-29.

Hill, M. O. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54(2), 427-432.

Jeziarska, B., & Witeska, M. (2006). The metal uptake and accumulation in fish living in polluted waters. In *Soil and water pollution monitoring, protection and remediation* (pp. 107-114). Springer Netherlands.

Jones, M. W., Abatzoglou, J. T., Veraverbeke, S., Andela, N., Lasslop, G., Forkel, M., Smith, A. J. P., Burton, C., Betts, R. A., van der Werf, G. R., Sitch, S., Canadell, J. G., Santin, C., Kolden, C., Doerr, S. H., Quéré, C. L. (2022). Global and regional trends and drivers of fire under climate change. *Reviews of Geophysics*, 60, e2020RG000726.

Glunk, C. L. (2016). Composição e riqueza de formigas em uma área do Parque Nacional de São Joaquim, Sul do Brasil.

Lima, M., da Silva Junior, C. A., Pelissari, T. D., Lourençoni, T., Luz, I. M. S., & Lopes, F. J. A. (2020). Sugarcane: Brazilian public policies threaten the Amazon and Pantanal biomes. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 18(3), 210-212.

MCCAFFERTY, W.P. Aquatic Entomology. Boston: Jones and Bartlett Publishers, 1981.

Mohanty, R. K., Ambast, S. K., Panigrahi, P., & Mandal, K. G. (2018). Water quality suitability and water use indices: Useful management tools in coastal aquaculture of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 485, 210-219.

Mugnai, R., Nessimian, J. L., & Baptista, D. F. (2010). Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro [Identification manual of aquatic macroinvertebrates of the State of Rio de Janeiro]. *Rio de Janeiro: Livros Técnicos*.

Nardes, W. I. R. (2022). Diversidade de fungos entomopatógenos (Hypocreales, Ascomycota) no Parque Nacional de São Joaquim, Santa Catarina, Brasil.

Nunes, B., Silva, V., Campos, I., Pereira, J. L., Pereira, P., Keizer, J. J., ... & Abrantes, N. (2017). Off-site impacts of wildfires on aquatic systems—biomarker responses of the mosquitofish *Gambusia holbrooki*. *Science of the total environment*, 581, 305-313.

Nunes, J. P., Doerr, S. H., Sheridan, G., Neris, J., Santin, C., Emelko, M. B., ... & Keizer, J. (2018). Assessing water contamination risk from vegetation fires: Challenges, opportunities and a framework for progress. *Hydrological Processes*, 32(5), 687-694.

Oo, H. M., Karin, P., Chollacoop, N., & Hanamura, K. (2021). Physicochemical characterization of forest and sugarcane leaf combustion's particulate matters using electron microscopy, EDS, XRD and TGA. *Journal of Environmental Sciences*, 99, 296-310.

Palhares, J. C. P. (2007). Medição da vazão em rios pelo método do flutuador. Manual Técnico 455. *Embrapa. Concordia*.

Payne, A. I. 1986. The ecology of tropical lakes and rivers. John-Wiley and Sons, New York, 301p.

Pérez, G. R. (1988). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo para la Protección del Medio Ambiente " José Celestino Mutis".

Pivello, V. R. (2011). The use of fire in the Cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: past and present. *Fire ecology*, 7, 24-39.

Ré, A., Campos, I., Puga, J., Keizer, JJ, Gonçalves, FJ, Pereira, JL, & Abrantes, N. (2020). Inhibition of feeding after in situ and laboratory exposure as an indicator of the ecotoxic impacts of forest fires in affected water bodies. *Aquatic Toxicology*, 227, 105587.

Ré, A., Rocha, A. T., Campos, I., Marques, S. M., Keizer, J. J., Gonçalves, F. J., ... & Abrantes, N. (2021). Impacts of wildfires in aquatic organisms: biomarker responses and erythrocyte nuclear abnormalities in *Gambusia holbrooki* exposed in situ. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(37), 51733-51744.

Repenning, M., Rovedder, C. E., & Fontana, C. S. (2010). Distribuição e biologia de aves nos campos de altitude do sul do Planalto Meridional Brasileiro. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 18(4), 283-306.

Saaristo, M., Brodin, T., Balshine, S., Bertram, M. G., Brooks, B. W., Ehlman, S. M., ... & Arnold, K. E. (2018). Direct and indirect effects of chemical contaminants on the behaviour, ecology and evolution of wildlife. *Proceedings of the Royal Society B*, 285(1885), 20181297.

Santos, A. G., da Rocha, G. O., & de Andrade, J. B. (2019). Occurrence of the potent mutagens 2-nitrobenzanthrone and 3-nitrobenzanthrone in fine airborne particles. *Scientific reports*, 9(1), 1.

Sharma, M. P., Sharma, S., Goel, V., Sharma, P., & Kumar, A. (2008). Water quality assessment of Ninglad stream using benthic macroinvertebrates. *Life Science Journal*, 5(3), 67-72.

Smith, V. H., & Schindler, D. W. (2009). Eutrophication science: where do we go from here?. *Trends in ecology & evolution*, 24(4), 201-207.

Twardowska, I., Stefaniak, S., Allen, HE, & Häggblom, MM (Eds.). (2007). Monitoring, protection and remediation of soil and water pollution (Vol. 69). Springer Science and Business Media.

Vaz, A. A., Vaz, A. A., Pelizari, G. P., Biagioni, R. C., & Smith, W. S. (2017). A biota aquática em um riacho tropical e suas relações com fatores ambientais. *Biodiversidade Brasileira*, 7(1), 55-68.

Wagner, M. D. A., & Fiaschi, P. (2020). Myrtaceae from the Atlantic forest subtropical highlands of São Joaquim National Park (Santa Catarina, Brazil). *Rodriguésia*, 71, e04032017.



Documento assinado eletronicamente por **Michel Tadeu Rodrigues Nolasco De Omena, Analista Ambiental**, em 03/09/2024, às 16:16, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.icmbio.gov.br/autenticidade> informando o código verificador **19602041** e o código CRC **E1131A9E**.

---