

UNIVERSIDADE POSITIVO
HELUIA MARTINS SILVEIRA

**MANEJO DO FOGO NA GESTÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: UM
ESTUDO DE CASO**

CURITIBA
2021

HELUIA MARTINS SILVEIRA

MANEJO DO FOGO NA GESTÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: UM
ESTUDO DE CASO.

Tese apresentada como requisito para a obtenção do título de Doutora em Gestão Ambiental no curso de Pós-Graduação em Gestão Ambiental da Universidade Positivo.

Orientadora: Eliane de Carvalho Vasconcelos.

Linha de pesquisa B: Planejamento, conservação e desenvolvimento socioambiental.

Projeto associado D: Planejamento e implantação de métodos de diagnóstico, intervenção e controle ambiental.

CURITIBA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central - Universidade Positivo - Curitiba - PR

S587 Silveira, Heluisa Martins.

Manejo do fogo na gestão de unidades de conservação : um estudo de caso / Heluisa Martins Silveira. — Curitiba : Universidade Positivo, 2021. 79 f. ; il.

Tese (Doutorado) – Universidade Positivo, Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, 2021.

Orientadora: Profa. Dra. Eliane de Carvalho Vasconcelos.

Esta tese foi desenvolvida sob a orientação da Profa. Dra. Leila Teresinha Maranhão, de 17/05/2017 a 16/07/2020.

1. Gestão ambiental. 2. Manejo. 3. Serrado. 4. Comunidade de insetos. I. Vasconcelos, Eliane de Carvalho. II. Maranhão, Leila Teresinha. III. Título.

CDU 504

Nota:

Esta tese foi desenvolvida, sob a orientação da Profa. Dra. Leila Teresinha Maranhão, de 17/05/2017 a 16/07/2020 e, em razão de seu desligamento do quadro institucional da Universidade Positivo, assumiu como orientadora, a partir do dia 17/07/2020, a Profa. Dra. Eliane Carvalho de Vasconcelos.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental,
Universidade Positivo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre estar presente em cada pequeno detalhe e me dar a oportunidade de enxergar as belezas do mundo.

À minha família por todo amor, apoio e compreensão que sempre me deram em todos os momentos de minha vida e por sempre me incentivarem a seguir meus sonhos e fazer o que amo.

Ao Marlon Vidal, pelo apoio, incentivo e paciência que sempre destinou a mim e a ajuda durante as coletas de campo para realização desta pesquisa.

Às professoras doutoras Leila Teresinha Maranhão e Eliane Carvalho de Vasconcelos pelas orientações e ensinamentos durante o doutorado.

Às doutoras Edinalva Oliveira e Camila Fediuk pelo auxílio durante a classificação dos espécimes coletados para esta pesquisa.

A todos aqueles que trabalham no Parque Estadual do Cerrado, IAT e do Escritório Regional de Ponta Grossa, por todo o auxílio e ensinamentos sobre o local.

À Universidade Positivo e à equipe do Programa de Pós-graduação em Gestão Ambiental, pela oportunidade e oferta de recursos.

RESUMO

O fogo é um agente ambiental responsável por modelar e manter as características de diversos ecossistemas espalhados pelo mundo, como as savanas, pradarias e páramos. O uso incorreto do fogo prejudica até mesmo ambientes fogo-dependentes. A problemática estudada consiste na ineficiência das estratégias de conservação em ambientes pirofíticos, fator que agrava a descaracterização e a degradação destes ambientes. O objetivo geral consiste em estabelecer diretrizes para tomada de decisões em relação ao uso do fogo na gestão de unidades de conservação em ambientes fogo-dependentes no Brasil. A metodologia consistiu na revisão teórica de artigos publicados sobre a relação do fogo com ambientes fogo-dependentes e a gestão de unidades de conservação e um estudo de caso no Parque Estadual do Cerrado, Paraná, através de análise de documentos técnicos e estudos publicados, além da coleta e análise da comunidade de insetos distribuída entre três parcelas com diferentes manejos do fogo. Os resultados mostram que o fogo atua nos ecossistemas pirofíticos desde a Era Paleozoica, proporcionado por tempestades de raios, vulcanismo e fatores climáticos. O ser humano alterou os regimes de fogo através de sua manipulação com diferentes objetivos. No caso do Parque Estadual do Cerrado os estudos da comunidade de insetos indicaram que este grupo é influenciado pelo uso do fogo como ferramenta de manejo. Neste estudo, as ordens que apresentaram maior riqueza nas áreas tratadas com fogo foram Collembola, Coleoptera e Hymenoptera, todas com funções específicas de manutenção de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes. Os dados da gestão da unidade revelaram que os principais desafios estão relacionados com a pouca disponibilidade de recursos, baixa divulgação da área e equipe com poucos funcionários. Estudos futuros a partir das informações obtidas no presente trabalho poderão auxiliar em novas estratégias de gestão de unidades de conservação em ambientes pirofíticos, como o Cerrado.

Palavras-chave: manejo, cerrado, comunidade de insetos.

ABSTRACT

Fire is an environmental agent responsible for shaping and maintaining the characteristics of different ecosystems around the world, such as savannas, prairies and wetlands. Incorrect use of fire harms even fire-dependent environments. The problem studied is the inefficiency of conservation strategies in pyrophytic environments, a factor that aggravates the de-characterization and degradation of these environments. The general objective is to establish guidelines for decision making in relation to the use of fire in the management of protected areas in fire-dependent environments in Brazil. The methodology consisted of a theoretical review of published articles on the relationship between fire and fire-dependent environments and the management of protected areas and a case study in the Cerrado State Park, Paraná, through the analysis of technical documents and published studies, in addition to from the collection and analysis of the insect community distributed among three plots with different fire management. The results show that fire acts in pyrophytic ecosystems since the Paleozoic Era, provided by lightning storms, volcanism and climatic factors. Humans have altered fire regimes through their manipulation for different purposes. In the case of the Cerrado State Park, studies of the insect community indicated that this group is influenced by the use of fire as a management tool. In this study, the orders that presented the greatest richness in the fire-treated areas were Collembola, Coleoptera and Hymenoptera, all with specific functions of organic matter maintenance and nutrient cycling. The unit's management data revealed that the main challenges are related to the low availability of resources, low disclosure of the area and a team with few employees. Future studies based on the information obtained in the present work may help in new strategies for the management of protected areas in pyrophytic environments, such as the Cerrado.

Keywords: management, cerrado, insects.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IAT	Instituto Água e Terra
P1	Parcela Controle
P2	Parcela de Fogo 1
P3	Parcela de Fogo 2
PEC	Parque Estadual do Cerrado
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
UC	Unidade de Conservação

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema representativo das interações existentes entre o fogo, a flora, a fauna e o solo em um ecossistema, mostrando a relação do fogo com o ambiente.	5
Figura 2 – Fluxograma de informações pertinentes a serem consideradas pelos gestores de unidades de conservação em situações nas quais a unidade contemple características de ambientes pirofíticos.	15
Figura 3 – Fluxograma desenvolvido na presente tese contendo uma nova diretriz que pode ser utilizada pelos gestores de unidades de conservação de Cerrado e Campos Sulinos na tomada de decisões em relação ao uso do fogo.	16
Figura 4 - Distribuição e uso de terra do bioma Cerrado (ROCHA et al., 2011).	33
Figura 5 - Proporção de área nativa de Cerrado distribuída pelos estados brasileiros (ROCHA et al., 2011).	35
Figura 6 - Delimitação da área do Parque Estadual do Cerrado (Jaguariaíva, Paraná, Brasil - imagem retirada do Google Earth).	42
Figura 7- a) e b) Vegetação presente na Parcela Controle no Parque Estadual do Cerrado, Paraná, Brasil.	45
Figura 8 - a) Registro do manejo com fogo em julho de 2015 na parcela de fogo 1 no Parque Estadual do Cerrado, Paraná, Brasil; b) Registro da parcela de fogo 1 após o manejo com fogo em agosto de 2016; c) e d) Registro da rebrota e floração da parcela de fogo 1 no Parque Estadual do Cerrado, Paraná, Brasil; b) Registro da parcela de fogo 1 após o manejo com fogo em agosto de 2016; c) e d) Registro da rebrota e floração da parcela de fogo 1 após um mês do manejo com fogo em agosto de 2016.	46
Figura 9 - Registro do manejo da vegetação através do fogo controlado entre julho e agosto de 2017 na parcela de fogo 2 do Parque Estadual do Cerrado, Paraná, Brasil.	47
Figura 10 - Modelo de armadilha de interceptação e queda (pitfall trap) para estudos de comunidade de insetos.	48
Figura 11 - Síntese da metodologia utilizada para realização do estudo de caso sobre a gestão realizada no Parque Estadual do Cerrado, Paraná, Brasil.	51
Figura 12 - Levantamento de autorizações de pesquisas emitidas pelo Instituto Água e Terra no período de 2006 a 2020 a serem realizadas no Parque Estadual do Cerrado, Paraná, Brasil.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Levantamentos qualitativo e quantitativo dos organismos da comunidade de insetos coletados por armadilhas de interceptação e queda em novembro de 2018 e maio de 2019 no Parque Estadual do Cerrado, Jaguariaíva, Paraná, Brasil na Parcela Controle (P1), Parcela Fogo 1 (P2) e Parcela Fogo 2 (P3). **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 2 - Análises ecológicas da distribuição dos organismos da comunidade de insetos coletados por armadilhas de interceptação e queda em novembro de 2018 e maio de 2019 no Parque Estadual do Cerrado, Jaguariaíva, Paraná, Brasil na Parcela Controle (P1), Parcela Fogo 1 (P2) e Parcela Fogo 2 (P3). **Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estado da arte a respeito das evidências da ocorrência de alguns paleoincêndios entre a Era Paleozoica e o período Terciário da Era Cenozoica.	3
Quadro 2 - Principais adaptações das espécies vegetais aos ambientes pirofíticos.	6
Quadro 3 - Estado da arte de alguns estudos realizados sobre o uso do fogo no Cerrado publicados entre os anos de 2009 e 2018.	Erro! Indicador não definido.
Quadro 4 - Resumo das características de algumas estratégias utilizadas na conservação da biodiversidade em diferentes ecossistemas.	24
Quadro 5 - Relação da legislação relacionada ao uso de queima prescrita no território brasileiro.	31
Quadro 6 - Relação da legislação relacionada ao uso de fogo no Estado do Paraná.	36
Quadro 7 - Descrição de alguns estudos realizados a partir da análise da comunidade de insetos para diferentes fins.	Erro! Indicador não definido.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	4
1.1 OBJETIVOS.....	6
1.1.1 Objetivo geral	6
1.1.2 Objetivos específicos	7
1.3 ESTRUTURA DA TESE.....	7
2 FOGO COMO AGENTE MODELADOR: BASES PARA GESTÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO	8
RESUMO	8
2.1 INTRODUÇÃO	9
2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	11
2.3 O INÍCIO DOS REGIMES DE FOGO: DO PALEOZOICO AO PERÍODO TERCIÁRIO DO CENOZOICO	11
2.4 A AÇÃO DO FOGO NA NATUREZA	4
2.5 MUDANÇAS NOS REGIMES DE FOGO: PERÍODO QUATERNÁRIO DA ERA CENOZOICA	9
2.6 USO DO FOGO NA RESTAURAÇÃO DE ECOSISTEMAS	12
2.7 PERSPECTIVAS E CONCLUSÕES	18
3 MANEJO DO FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO CERRADO, PARANÁ, BRASIL.	20
RESUMO	20
3.1 INTRODUÇÃO	21
3.2 REVISÃO DE LITERATURA.....	23
3.2.1 Conservação	23
3.2.2 Gestão de unidades de conservação: fundamentos e desafios	26
3.2.3 Cerrado	32
3.2.4 Comunidades de insetos	36
3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	41
3.3.1 Área em estudo	41
3.3.2 Coleta e análise de dados de pesquisa de campo	44
3.3.3 Coleta e análise de dados do referencial teórico	50
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
3.5 CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

A gestão ambiental pode ser definida como o conjunto de estratégias utilizadas por uma organização para gerenciar suas atividades levando em consideração o meio ambiente, ou seja, para realizar suas atividades de forma sustentável (BRANDÃO; VIEIRA, 2012). Dentro da gestão ambiental existe a gestão de unidades de conservação (UC), a qual, segundo Debetir (2006), se refere ao desenvolvimento e manutenção dos serviços e recursos de uma determinada área por meio da articulação entre os componentes técnicos, operacionais e sociais que irão atuar para cumprir os objetivos referentes a conservação de tal unidade.

Independentemente do bioma existente em uma UC, para que a conservação de seus recursos naturais seja atingida, é necessário realizar o levantamento prévio dos aspectos ecológicos e das necessidades particulares de cada área. Esse levantamento é inserido nos planos de manejo e documentos técnicos, que contemplam a descrição das características naturais de cada UC, bem como suas principais ameaças, seu zoneamento e atividades que podem e devem ser desenvolvidas na área para que a conservação seja alcançada (BRASIL, 2000).

Neste aspecto, a conservação de ecossistemas pirofíticos (também chamados de fogo-dependentes) se torna relevante, devido a presença de uma característica singular nesses ambientes: a dependência de fogo para regular suas características naturais. De acordo com Fidelis; Pivello (2011), o fogo é um fator que regula ecossistemas pirofíticos e modela paisagens naturais; assim, a eliminação deste elemento em ambientes fogo-dependentes desencadeia prejuízos ambientais relacionados à dinâmica e estrutura físico-química-biológica do bioma.

Entretanto, o manejo do fogo como ferramenta de conservação ambiental deve levar em consideração o histórico dos regimes de fogo da região e sua relação na evolução das espécies locais, bem como a legislação vigente e as comunidades humanas que podem sofrer alguma influência desse manejo (MOURA, 2018).

Ambientes fogo-dependentes, podem ser encontrados em regiões distribuídas pela maioria dos continentes do planeta, como nas pradarias americanas, savanas australianas e africanas, paramos equatorianos e ecossistemas mediterrâneos. Dentro deste contexto mundial, o Brasil apresenta dois biomas pirofíticos: o Cerrado (savana brasileira) e os Campos Sulinos (FIDELIS; PIVELLO, 2011).

Mesmo com a existência de dois biomas fogo-dependentes no Brasil, é possível encontrar diversos projetos de combate e extinção do fogo em diversas regiões do país, inclusive no Cerrado e nos Campos Sulinos. Tais projetos tiveram o apoio de legislações restritivas, o que fez com que o fogo fosse suprimido de regiões com ambientes pirofíticos e os ecossistemas intensificassem seu estágio de degradação (FALLEIRO et al., 2016), situação que foi mudada em 2012 com uma alteração na legislação nacional que permitiu o manejo do fogo em UC que contemplem tais biomas (MOURA, 2018).

De forma semelhante, Attiwill; Adams (2008) descrevem que a Austrália já passou por uma fase de políticas de supressão de fogo de 1983 a 2003 que fez com que houvesse um aumento no acúmulo de biomassa vegetal combustível em um ambiente propício à queima. Os mesmos autores afirmam que essa conduta é inadequada dado que, nesse caso, o fogo proporciona diversidade de habitats e sua ocorrência não deve ser vista como um distúrbio, mas sim, a sua ausência.

Do mesmo modo, em Madagascar, governantes, gestores e ambientalistas veem o fogo como uma ameaça às savanas africanas, o que fez com que políticas de supressão de fogo fossem implementadas nos planos de manejo de áreas protegidas estabelecidas no país e, por consequência, os regimes de fogo locais sofressem alteração (ALVARADO et al., 2018).

Alvarado et al. (2018) apresentaram uma comparação entre os efeitos que as políticas de supressão de incêndio estabelecidas em áreas protegidas em Madagascar e no Brasil fazem nos regimes de fogo de ambos os países. Os autores comentaram que a supressão de incêndios no Brasil é mais eficaz que em Madagascar, baseado na aplicação das leis, e em ambos os casos queimas prescritas deveriam ser incluídas nas políticas de gestão por serem mais adequadas para a conservação desses ambientes.

Assim, o problema central que esta tese procura responder se concentra na eficiência das estratégias de conservação de ambientes pirofíticos, considerando seu histórico de processos ecossistêmicos e suas características particulares.

No Brasil, o Cerrado é um bioma que precisa de atenção por se tratar de uma área prioritária para conservação (*hotspot*), uma vez que a grande biodiversidade presente no bioma sofre constante ameaça de atividades agropastoris e apenas 8,21% de seu território é protegido por UC (REIS et al., 2020). Sua fitofisionomia se deve aos diversos tipos de solos que se distribuem por seu território e aos regimes de

fogo, característicos do bioma. Entretanto, de acordo com Pinheiro (2016), as políticas de supressão do fogo no Cerrado estimulam o adensamento da vegetação, isso ameaça as espécies de estratos inferiores típicas de Cerrado, as quais se mantêm pelas queimadas periódicas que ocorrem no bioma.

Há registro de que o adensamento da vegetação ocorre mais rapidamente em savanas neotropicais, como o Cerrado, do que em savanas africanas e australianas, podendo ser considerado um fator de degradação ambiental por impedir que o fogo volte a regular a hierarquia ecológica das espécies presentes no ambiente (PILON, 2019).

A presente tese se faz importante por contribuir com informações a respeito da conservação do Cerrado, bioma pirofítico de grande importância ecológica e sob frequente ameaça das atividades humanas. Por se tratar de um bioma fogo-dependente, ainda há conflitos relacionados às estratégias mais adequadas para sua conservação, pois o fogo ainda é visto como um agente ambiental danoso para o ambiente no Brasil (FIDELIS; PIVELLO, 2011). Porém, como foi discutido anteriormente, se a vegetação do Cerrado pode ser modificada pela ausência do fogo, é possível que haja modificação na composição e distribuição da fauna característica do bioma, uma vez que a fauna é influenciada pela vegetação disponível no ambiente (SILVEIRA, 2017).

Além disso, esse estudo contribui para a otimização da gestão ambiental em unidades de conservação que contemplem remanescentes de ecossistemas fogo-dependentes. O ineditismo pode ser encontrado no fato de que esse estudo fornece novas diretrizes, baseadas nos efeitos do fogo em ecossistemas pirofíticos, na legislação e nos objetivos da queima, para auxiliar a tomada de decisão de gestores de unidades de conservação em relação ao uso do fogo como ferramenta de conservação no Brasil.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Estabelecer diretrizes para a tomada de decisões em relação ao uso do fogo na gestão de unidades de conservação em ambientes fogo-dependentes no Brasil.

1.1.2 Objetivos específicos

- Discutir a influência do fogo na natureza;
- Analisar as estratégias de gestão de unidades de conservação que englobam ecossistemas pirofíticos, para possibilitar a identificação de equívocos relacionados à conservação destes ambientes.

1.3 ESTRUTURA DA TESE

Esta tese está dividida em dois capítulos. O primeiro capítulo trata de uma revisão teórica e traz uma abordagem sobre a ação do fogo como agente modelador da natureza ao longo dos períodos geológicos, apresenta estudos paleontológicos e discussões sobre os processos ecológicos relacionados ao fogo em ambientes pirofíticos, além de mencionar e discutir como se dão os regimes de fogo após a presença do ser humano no planeta Terra e sua manipulação do fogo.

O segundo capítulo apresenta os resultados de um estudo de caso realizado no Parque Estadual do Cerrado, uma unidade de conservação localizada no Estado do Paraná, Brasil. Esse estudo contempla os resultados obtidos a partir da análise da comunidade insetos presentes no solo da área estudada e suas respostas a diferentes manejos do fogo. Junto a isto, este capítulo mostra uma análise das estratégias de gestão realizadas na unidade de conservação ao longo dos últimos anos e suas consequências para a conservação da área estudada. Uma UC pequena, quando comparada às outras unidades do estado, mas de extrema importância por ser um dos últimos remanescentes de Cerrado na região sul do Brasil e constantemente ameaçada pela pressão de sua circunvizinhança.

2 FOGO COMO AGENTE MODELADOR: BASES PARA GESTÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

RESUMO

Estudos sobre os efeitos do fogo em ecossistemas naturais atuais focam em sua ação no controle de espécies exóticas, para restauração e recuperação ambiental, diferentes usos do solo, controle de biomassa, entre outros objetivos. Entretanto, estudos sobre os paleoincêndios também podem ser úteis para a conservação da natureza. Os objetivos deste capítulo consistiram em: discutir a ação do fogo como modelador da natureza, relacionar a influência do fogo no passado e no presente e discutir a contribuição da influência do fogo na gestão de unidades de conservação. A metodologia utilizada consistiu em uma busca de artigos publicados sobre o tema a partir do ano de 2008 até o presente momento nas bases de dados Science Direct, Google Acadêmico e Portal de Periódicos da CAPES, utilizando diferentes conjuntos de palavras-chave. Constatou-se que o fogo regula e controla as características de ambientes fogo-dependentes, como o Cerrado e outras savanas, desde o Permiano e os regimes de fogo eram estabelecidos por condições climáticas, raios e atividades vulcânicas. A vegetação desses ambientes apresentava características que hoje são consideradas adaptações ao fogo por meio de resiliência ou resistência. Com o estabelecimento da espécie humana na Terra os regimes de fogo sofreram alterações uma vez que o Homem o utilizava como ferramenta para diversas atividades, como caça, limpeza de terreno e guerras. Após passar por um período no qual o fogo era visto como um prejuízo ambiental, o Homem passou a manipular o fogo na forma de queima prescrita com diversos objetivos, entre eles, a conservação de ambientes fogo-dependentes. Entretanto, mesmo a queima prescrita deve ter um intervalo que respeite as particularidades de cada ambiente e ser aplicada considerando o histórico, a ecologia e a situação socioambiental da região.

2.1 INTRODUÇÃO

Regimes de fogo¹, sejam eles naturais ou manejados pelo ser humano, ocorrem em ecossistemas presentes em quase todos os continentes do planeta (exceto a Antártida). É possível verificar regimes de fogo, por exemplo, nos Estados Unidos (MARLON et al., 2012), Brasil (FIDELIS & PIVELLO, 2011; ALVARADO et al., 2018), China (WANG et al., 2017), Austrália (CROWTHER et al., 2016), África (ALVARADO et al., 2018) e Espanha (MOREIRA et al., 2014).

O incêndio florestal², de origem natural e desprovido de interferência humana, é um agente ambiental modelador de ecossistemas, ou seja, sua presença pode interagir com os fatores bióticos e abióticos existentes em um ambiente, influenciando o processo de sucessão ecológica e coevoluindo com o próprio ecossistema (ALCAÑIZ et al., 2018; RYU et al., 2009; ALVARADO et al., 2018).

Estudos sobre a ocorrência de incêndios de origem natural e antrópica descrevem as diferentes características e comportamentos desse agente ambiental na natureza e reconhecem as relações existentes entre o fogo e a manutenção da biodiversidade em ecossistemas (BAREFOOT et al., 2019), o fogo e o controle de espécies invasoras (TWIDWELL et al., 2009) e o fogo e sua influência nos componentes edáficos (SCHARENBRUCH et al., 2012; HUESO-GONZÁLEZ et al., 2018).

Por exemplo, em ambientes regidos por regimes de fogo, a supressão do incêndio pode facilitar invasão de espécies exóticas e modificar a paisagem (SCHARENBRUCH et al., 2012). Neste sentido, o conhecimento a respeito dos efeitos do fogo para controlar vegetais do gênero *Juniperus* em áreas de pastagens nos Estados Unidos podem contribuir para a gestão de restauração de pastagens de acordo com a época do ano, em períodos secos esse tipo de vegetação pode queimar completamente independente da quantidade e distribuição do combustível fino (TWIDWELL et al., 2009).

¹ Regime de fogo se refere à frequência, época, intensidade e severidade do fogo, junto ao tamanho da área queimada e tipo de queima em um ecossistema (BRASIL, 2021).

² Incêndio florestal se refere a qualquer fogo não controlado e não planejado em área de vegetação nativa ou plantada e que, independentemente de sua origem, exija resposta (BRASIL, 2021).

Além disso, o uso de fogo de baixa severidade em intervalos entre queimas de um a quatro anos favorecem abertura de dosséis, riqueza de ervas e disponibilidade de nutrientes no solo, fatores que são prejudicados com uso de fogo de alta severidade (SCHARENBRUCH et al., 2012).

Outra vertente de estudos a respeito das ações do fogo na natureza se concentra no levantamento e descrição da frequência e tipos de incêndios florestais que predominavam no planeta Terra antes da existência da espécie humana. Essa linha de pesquisa se dedica a identificar e compreender como o fogo selvagem moldou ambientes naturais ao longo da história do planeta.

O estudo dos registros de paleoincêndios (incidência de fogo nas eras geológicas antigas) é transversal às outras linhas de pesquisa com fogo, uma vez que considera o clima, solo, processos biológicos, vegetação e demais seres vivos presentes em cada período geológico estudado. Dessa forma, os paleoincêndios fornecem uma linha do tempo a respeito do funcionamento de diferentes ecossistemas e pode auxiliar na tomada de decisões a respeito da conservação desses mesmos ecossistemas no tempo atual.

Nota-se que antes da presença do ser humano no planeta Terra, o fogo já atuava como mantenedor e modelador das características específicas de muitos ecossistemas, tais como aqueles presentes no sul do Brasil (JASPER et al., 2011a), na região central do Chile (ABARZÚA et al., 2016), Alemanha (UHL et al., 2012) e Austrália (TOSOLINIA et al., 2018).

Atualmente o fogo é utilizado pelo próprio ser humano em estudos de recuperação, restauração e reabilitação de áreas degradadas e descaracterizadas de ambientes naturais como os da África (COWELL & CHENEY, 2017), Península Ibérica (SAGRA et al., 2018), Estados Unidos (MONASMITH et al., 2010;) e Austrália (DOHERTY et al., 2015), além de serem utilizados para manejo de biomassa vegetal nos Estados Unidos, por exemplo (WALDROP et al., 2016).

Dessa forma, o conhecimento a respeito dos registros fósseis e atuais em relação aos regimes de fogo ao longo da história do planeta Terra fornece subsídios importantes para adequar as estratégias de gestão em unidades de conservação e manejo de ecossistemas a fim de otimizar a conservação do meio ambiente.

Este capítulo tem como **objetivos a)** apresentar e discutir a ação do fogo como modelador da natureza; **b)** relacionar a influência do fogo no meio natural nas eras geológicas antigas e na atualidade e **c)** discutir de que forma o conhecimento das

ações e influências do fogo podem contribuir para otimizar a gestão de unidades de conservação.

2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para atingir os objetivos propostos, foi realizada uma busca dos artigos publicados sobre o tema estudado desde o ano de 2008 até o presente momento nas bases de dados Science Direct, Google Acadêmico e Portal de Periódicos da CAPES. O levantamento dos artigos foi realizado utilizando diferentes conjuntos de palavras-chave: *wildfire charcoal in Africa; wildfire charcoal in Australia; wildfire charcoal in Europe; wildfires landscapes and charcoal; wildfires, charcoal, coevolution fire-landscape; fire ecology in Cerrado; prescribed fire restoration; paleofires during the cretaceous period, dormancy and flowering after fire; post fire regrowth strategies; paleofires in Australia e prescribed fire management*. Os critérios de seleção para leitura dos artigos foram: apresentar no título pelo menos uma das palavras-chave selecionadas e apresentar no resumo o tema estudado. Artigos repetidos foram contabilizados apenas uma vez.

Para organizar a apresentação e discussão das informações presentes neste capítulo optou-se por separar a ocorrência de fogo antes e depois da presença da espécie humana no planeta Terra. Além disso, foram criados tópicos exclusivos para adaptações dos seres vivos em relação ao fogo e o uso do fogo para a conservação da natureza.

2.3 O INÍCIO DOS REGIMES DE FOGO: DO PALEOZOICO AO PERÍODO TERCIÁRIO DO CENOZOICO

O histórico dos regimes de paleoincêndios pode ser reconstruído por meio da análise de materiais fósseis provenientes de seres vivos que habitaram o planeta em diferentes eras e períodos geológicos. Essa análise contribui para a compreensão dos

ambientes antigos e o estabelecimento das características dos regimes de incêndios naturais que ocorreram nas eras e períodos geológicos. Com exceção da Antártica os demais continentes do planeta apresentam indícios de ocorrência de fogo ao longo das eras geológicas.

Análises de carvão vegetal fóssil (“*charcoal*”) permitem evidenciar a influência do fogo ao longo dos períodos geológicos e em diversos lugares do planeta, dentre eles a China, América do Norte, Europa, Jordânia, Austrália, África do Sul e Brasil (JASPER et al., 2011b; BURJACHS; EXPÓSITO, 2015).

Além do *charcoal*, também podem ser utilizadas as análises de grãos de pólen e dos anéis de crescimento de árvores, que geram informações a respeito do histórico de queimas, composição da vegetação e variação climática, além da intensidade dos incêndios (alta, baixa ou média), que pode ser constatada por meio das cicatrizes presentes nos anéis das árvores (DAVIS et al., 2016). O Quadro 1 apresenta o estado da arte de algumas evidências de paleoincêndios ocorridos entre a Era Paleozoica até o período Terciário da Era Cenozoica.

Quadro 1 - Estado da arte a respeito das evidências da ocorrência de alguns paleoincêndios entre a Era Paleozóica e o período Terciário da Era Cenozóica.

Tempo (milhões de anos)	Era	Período	Época	Local das amostras	Características da vegetação na época	Evidências	Fonte
542 - 250	Paleozóica	Permiano	Inferior	Brasil (Sul)	Gimnospermas (glossopterídeos, cordaitos, ginkgófios e coníferas), esfenopsídeos, pteridófitas, licopóides arborescentes e herbáceos) (JASPER et al., 2011ab).	Carvão vegetal fóssil (<i>Charcoal</i>) de origem gimnospérmica e carvão vegetal fóssil (<i>Charcoal</i>) relacionado a mata ciliar	Jasper et al. (2011ab); Manfroi et al. (2015); Jasper et al. (2012a)
				Argentina	<i>Glossopteris</i> , <i>Gangamopteris</i> , <i>Lycopsid</i> e espécies associadas.	Carvão húmico permiano	Arzadun et al. (2017)
			Alto	Índia	Pteridófitas (<i>Densipollenites</i> e <i>Glossopteris</i>) e Gimnospermas.	Carvão vegetal fóssil (<i>Charcoal</i>) de origem gimnospérmica	Jasper et al. (2012b)
250 – 65	Mesozóica	Triássico	Médio e tardio	Brasil (Norte)	Pteridófitas (<i>Tietea</i> sp. e <i>Psaronius</i> sp., calamitáleanos, filicales) e gimnospermas endêmicas.	Carvão vegetal fóssil (<i>Charcoal</i>)	Kauffmann et al. (2016);
				Argentina	Ginkgoales, Corystospermales, esfenófitas herbáceas, Cycadales, Pteridophyta, coníferas e licopsídeos (MANCUSO, 2009)	Carvão vegetal fóssil (<i>Charcoal</i>)	Abarzua et al. (2016)
		Triássico	Precoce-médio	Alemanha	Coníferas com presença de <i>Equisetites</i> sp., <i>Schizoneura paradoxa</i> , <i>Neuropteridium</i> sp., <i>Voltzia</i> sp., <i>Albertia</i> sp., <i>Pelourdea vogesiaca</i> e <i>Ruehleostachys</i> sp.	Carvão vegetal fóssil (<i>Charcoal</i>) de madeira picnoxilica (provável gimnosperma)	Uhl et al. (2010)

Tempo (milhões de anos)	Era	Período	Época	Local das amostras	Características da vegetação na época	Evidências	Fonte
65 – 23	Cenozoico	Jurássico	Tardio	Alemanha	Variedade de gimnospermas	Carvão vegetal fóssil (<i>Charcoal</i>) de origem gimnospérmica	Uhl et al. (2012)
			Albiano	Austrália	Gimnospermas (araucárias, podocarpos e Cheirolepidiaceae) e Angiospermas de pequeno e médio porte.	Carvão vegetal fóssil (<i>Charcoal</i>)	Tosolinia et al. (2018)
		Cretáceo	Precoce	África do Sul	<i>Agathoxylon</i> , <i>Podocarpoxylon</i> (Podocarpaceae), <i>Brachyoxylon</i> , Filicales, Cycadales, Pinales e Bennettitales	Macrofóssil vegetal	Muir et al. (2015)
			Precoce	Espanha	Pteridófitas pioneiras de sucessão ecológica (samambaias) e gimnospermas	Conservação de insetos em âmbar	Pérez de la Fuente et al. (2015)
			Precoce, Aptiano e Albiano	China	Ambiente de turfa.	Carvão	Wang et al. (2019)
		Terciário	Eoceno precoce	Índia	Angiospermas (<i>Ziziphus eocenicus</i> , <i>Combretum vastanensis</i> , <i>Terminalia cambaya</i> , <i>Lagerstroemia sahnii</i> , <i>Chisochetonoxylocom vastanensis</i> , <i>Holigarnoxylon Assamicum</i> , <i>Glutoxylon burmense</i>)	Fósseis de pólen, esporos, madeira e folhas.	Shukla & Mehrotra (2018)
					Angiospermas (Leguminosas, Cyperaceae e Liliaceae)	Carvão vegetal fóssil (<i>Charcoal</i>) e esporos e hifas de fungos,	Cantrill et al. (2013)

Tempo (milhões de anos)	Era	Período	Época	Local das amostras	Características da vegetação na época	Evidências	Fonte
			Oligoceno tardio-Mioceno precoce	África do Sul	Gimnospermas (Podocarpaceae, Araucariaceae) e Angiospermas (Ericaceae, Proteaceae, Arecaceae, Malvaceae, Aquifoliaceae, Cupaniaceae, Myricaceae, Thymeleaceae, Vitaceae, Sapindaceae, Sapotaceae, Fagaceae. Myrtaceae, Euphorbiaceae, Burseraceae, Caesalpinhiaceae e Combretaceae)	Pólen e outros fósseis vegetais.	Roberts et al. (2017)
			Mioceno	Chile	Transição entre Paleoflora Mista (Podocarpaceae, Myrtaceae, Berberidaceae e Nothofagus) e vegetação com mais elementos subtropicais (Myrtaceae Neotropical e Lauraceae Pantropical)	Carvão vegetal fóssil (<i>Charcoal</i>) e pólen	Abarzua et al. (2016)
			Mioceno	África do Sul	Pteridófitas (samambaias), gimnospermas arbóreas (Podocarpaceae) e angiospermas herbáceas, arbustivas e arbóreas (como Myrica, Casuarina, Liliaceae, Sapotaceae)	Pólen	Sciscio et al. (2016)

Com a análise dos exemplos descritos no Quadro 1, é possível observar que o fogo já atuava como agente modelador de ecossistemas desde o Permiano Inferior e em diferentes regiões ao redor do planeta. Essa distribuição de paleoincêndios está associada com algumas características ambientais comuns entre algumas regiões, como as descritas abaixo.

Conforme os registros fósseis descritos no Quadro 1, pode-se observar a existência de uma relação entre clima e regimes de fogo em diferentes períodos geológicos. Nos períodos em que o clima era caracterizado por altas temperaturas, precipitação elevada e períodos secos, a ocorrência de fogo era mais frequente (ABARZUA et al., 2016; ARZADUN et al., 2017). Essa relação foi constatada a partir das análises de material fóssil de grãos de pólen no Chile (ABARZUA et al., 2016) e *charcoal* (ARZADUN et al., 2017).

Do mesmo modo, períodos caracterizados por mudanças climáticas também apresentavam alterações de regimes de fogo, como ocorrido no Permiano (KAUFFMANN et al., 2016), assim como os períodos com registros de climas globais de efeito estufa, como o Cretáceo (Wang et al., 2019).

Os regimes de fogo do Chile Central durante a época do Mioceno, por exemplo, eram mais frequentes devido ao aumento da temperatura regional proporcionada pelo aquecimento global da época, responsável também pela modificação da assembleia da paleoflora existente naquele período. O clima mediterrâneo, presente no Chile atual, permite que a estação chuvosa estimule o desenvolvimento da vegetação que, durante a estação seca tem grande potencial de servir como biomassa para proporcionar regimes de fogo com intervalos entre 10 e 60 anos (ABARZÚA et al., 2016).

A composição do ar atmosférico em diferentes períodos geológicos também parece influenciar a ocorrência de incêndios florestais: quanto maior a disponibilidade de gás oxigênio na atmosfera maior a probabilidade de incêndios. Esse fator foi evidenciado pela formação de *charcoal* e inertinite³ na Argentina (ARZADUN et al., 2017) e a distribuição de *charcoal* na Alemanha (UHL et al., 2012).

Do mesmo modo, outros distúrbios ambientais podem ter contribuído com a ocorrência de incêndios naturais, como tempestades de raios (MUIR et al., 2015) e

³ Inertinite é um conjunto de compostos orgânicos que formam o carvão vegetal. A inertinite possui alta concentração de carbono (MOREIRA, 2017).

atividades vulcânicas (MUIR et al., 2015; ABARZUA et al., 2016; ARZADUN et al., 2017), evidenciados por estudos de materiais vegetais fósseis.

Não somente a presença de paleoincêndios, mas a frequência desses eventos eram fatores que determinavam a flora de cada região em cada uma das épocas geológicas, assim como é possível observar no estudo de Tosolinia et al. (2018) quando os autores discutem uma provável explicação para o sucesso das angiospermas ao se estabelecerem em habitats perturbados na Austrália e no estudo de Shukla & Mehrotra (2018) ao afirmarem a relação entre o fogo e a diversidade de angiospermas na Índia durante o Eoceno.

É possível observar algumas semelhanças entre os padrões da vegetação ao longo do processo de sucessão ecológica que ocorreram nos períodos geológicos antigos e que ocorrem atualmente. Por exemplo, Burjachs e Expósito (2014) afirmam que a sucessão ecológica que regia os ambientes mediterrâneos na época dos primeiros homínídeos é muito semelhante com a atual. Samambaias da família Gleicheniaceae são plantas pioneiras no processo de sucessão ecológica secundária desde o Jurássico Tardio até hoje (PÉREZ DE LA FUENTE et al., 2015).

2.4 A AÇÃO DO FOGO NA NATUREZA

Conforme descrito em Bowman et al. (2011), diferente de savanas e outros ecossistemas pirofíticos, florestas tropicais raramente queimam naturalmente devido à ausência de condições climáticas adequadas, baixa incidência de raios e vegetação que pode retardar a propagação do fogo. Do mesmo modo, o fogo também não é frequente em biomas áridos devido à baixa continuidade de biomassa combustível.

Entretanto, vestígios de paleoincêndios e dos regimes atuais de fogo mostram uma nítida relação entre fogo, meio físico-químico e seres vivos que compõem os ecossistemas pirofíticos. A Figura 1 demonstra as principais interações entre o fogo, a flora, a fauna e o solo. Essas interações permitem constatar a coevolução do fogo com o ambiente.

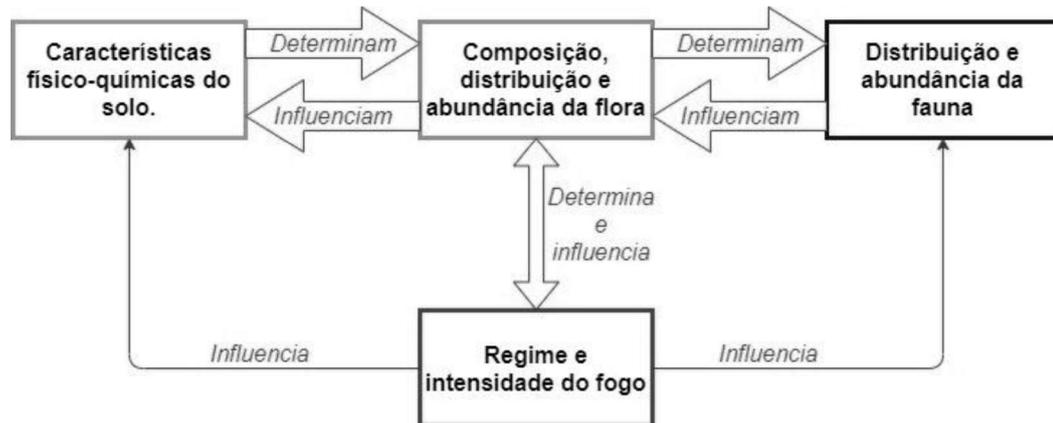


Figura 1 - Esquema representativo das interações existentes entre o fogo, a flora, a fauna e o solo em um ecossistema, mostrando a relação do fogo com o ambiente.

Acredita-se que o fogo vem influenciando o processo evolutivo de diferentes biomas ao longo dos tempos, desde o surgimento das primeiras plantas terrestres embriófitas (JASPER et al., 2012) no Período Siluriano (há 400 milhões de anos).

O fogo modifica e interage com os aspectos físicos e químicos do solo. Regimes de fogo de baixa intensidade podem promover o aumento da disponibilidade de nutrientes no solo, condutividade elétrica, pH, nitrogênio total, carbono orgânico e material orgânico particulado (SCHARENBRUCH et al., 2012; HUESO-GONZÁLEZ et al., 2018).

O solo, em conjunto com as condições climáticas e herbivoria, é responsável por determinar a composição, distribuição e abundância das espécies vegetais presentes em um determinado local (BOND; KEELEY, 2005). Além disso, por interagir com os nutrientes do solo, o fogo determina indiretamente a riqueza e a abundância das espécies vegetais.

O fogo também influencia diretamente a flora local por permitir que animais utilizem esta vegetação em sua alimentação por se tornarem mais palatáveis após a queima, como ocorre com gramíneas (Poaceae), por exemplo. De acordo com Bond e Keeley (2005), o fogo atua como um agente herbívoro, pois também consome e controla a biomassa vegetal disponível. Contudo, diferentemente da herbivoria, o fogo consome material vivo e morto e de forma seletiva, ou seja, consome a biomassa das herbáceas e/ou gramíneas e conserva as árvores de grande porte.

A partir da interação direta entre fogo e vegetação, os vegetais desenvolveram algumas características que podem ser consideradas adaptações à ocorrência de fogo, isto é, para garantir a própria sobrevivência. As adaptações dos vegetais ao fogo

podem ser divididas em dois grupos: as adaptações de resistência e as adaptações de resiliência (Quadro 2).

Quadro 2 - Principais adaptações das espécies vegetais aos ambientes pirofíticos.

ADAPTAÇÕES VEGETAIS AO FOGO						
Resiliência	Regeneração	Rebrota	Órgãos subterrâneos	Xilopódios	Tubérculo lenhoso e gemífero que armazena água e nutrientes, possibilitando o brotamento de novos ramos após passagem do fogo.	
				Rizomas	Tipo de caule geralmente subterrâneo que cresce horizontalmente no solo. Após passagem do fogo ocorre a rebrota das gemas laterais.	
		Floração			Algumas herbáceas perenes e geófitas possuem a floração estimulada pelo fogo.	
		Deiscência de frutos			A incidência de fogo promove a deiscência de frutos e dispersão de sementes de plantas herbáceas e subarborescentes.	
		Germinação de sementes			O aumento da temperatura favorece a germinação de algumas espécies de plantas.	
Resistência	Desenvolvimento de súber			O súber atua como isolante térmico impedindo que as altas temperaturas atinjam tecidos vivos mais internos de caules.		
	Proteção de gemas			A tolerância de espécies arbóreas ao fogo depende do grau de proteção das gemas às altas temperaturas.		

As adaptações de **resiliência** podem ocorrer por meio da sua capacidade de regeneração seja pela **germinação de sementes, pela floração e abertura de frutos ou pela rebrota**. Por exemplo, em algumas espécies do gênero *Pinus* nativas da América do Norte (SINGH et al., 2018) e algumas angiospermas das famílias Fabaceae e Cistaceae de ecossistemas mediterrâneos (MOREIRA; PAUSAS, 2012) as sementes têm mais chance de germinarem no período pós-fogo. O fogo proporciona a quebra de dormência física das sementes devido às altas temperaturas (MOREIRA; PAUSAS, 2012). Espécies de Poaceae e Cyperaceae produzem flores e frutos nas semanas seguintes aos eventos de fogo, favorecidas pelo fogo (STRADI et al., 2018).

Algumas estratégias de rebrota da vegetação no período pós-fogo podem ser constatadas para algumas espécies de angiospermas, tais como: *Banksia attenuata* (Proteaceae), na Austrália, segundo He et al. (2016); para *Chamaerops humilis* (Arecaceae), na Espanha, conforme García et al. (2018); e para algumas gimnospermas, como algumas espécies de *Pinus* sp. que desenvolvem sistema radicular adaptado à ação do fogo, conforme Singh et al. (2018).

No Cerrado, a maioria das espécies herbáceas e subarborescentes apresentam a maior parte de sua biomassa armazenada no subterrâneo. Os xilopódios, por

exemplo, são observados em *Ocimum nudicaule* (Lamiaceae), permitindo a rebrota após ocorrência de distúrbios e *Viguiera discolor* (Asteraceae), para propagação vegetativa, além de existirem outros exemplos de espécies que possuem órgãos subterrâneos, como: *Eriosema crinitum* (Fabaceae), *Asterostigma lividum* (Araceae), *Vernonia cognata* (Asteraceae) e *Freoelichia lanata* (Amaranthaceae) (MORAES et al., 2016).

Além disso, Coutinho (1976), ao estudar a floração das espécies típicas de Cerrado, já havia estabelecido quatro classificações para esses organismos de acordo com a relação existente entre o fogo e a floração: existem as espécies cuja floração depende de fogo independente da estação, espécies que dependem de fogo, mas florescem na estação seca, espécies que independem de fogo para florescer e espécies que florescem na estação chuvosa e reagem negativamente ao fogo.

De acordo com Fidelis; Zironi (2021), as famílias mais representativas do Cerrado que apresentam uma dependência de fogo para florescer são: Asteraceae (como *Inulopsis scaposa*), Fabaceae, Poaceae (como *Sporobolus cubensis*), Euphorbiaceae (como *Euphorbia* spp.), Cyperaceae (como *Rhynchospora warmingii*), Lamiaceae e Rubiaceae.

É importante ressaltar que, por estimular a floração de diversas famílias vegetais, o fogo proporciona indiretamente um aumento nas interações animais-plantas por contribuir positivamente para a polinização de flores (FIDELIS; ZIRONI, 2021).

Quanto às adaptações relacionadas à **resistência** dos vegetais ao fogo são destacados o **desenvolvimento do súber** e a **proteção das gemas**. Algumas espécies de *Pinus* sp. estimulam o desenvolvimento do próprio súber como uma proteção física contra o fogo, evitando que o calor provocado pela queima prejudique seu sistema cambial (KEELEY, 2012).

Outras espécies de pinheiros, como *Pinus palustres*, nos Estados Unidos, e *P. merkusii*, no Himalaia e sudeste da Ásia, desenvolvem um sistema de proteção de gemas apicais para que estas não sejam afetadas pelo fogo por meio do acúmulo de acículas sobre as gemas (SINGH et al., 2018). No Cerrado, há registro de que as espécies *Vochysia thyrsoidea* (Vochysiaceae), *Palicourea rigida* (Rubiaceae) e *Lavoisiera bergii* (Melastomataceae) são consideradas plantas de baixa flamabilidade pelas características que apresentam, principalmente relacionadas às folhas (SOUZA; VALE, 2019).

Ao longo do tempo as plantas que possuem essas características podem ser reconhecidas também como espécies fogo-dependentes, pois o fogo passou a ser necessário para o desenvolvimento e manutenção das mesmas.

Da mesma forma que são influenciadas pela presença de fogo, as plantas podem determinar a frequência de ocorrência do fogo, ou seja, determinam qual será o regime de fogo naquele local. Isso ocorre porque as plantas servirão de biomassa combustível para que o fogo ocorra. Essa interação de retroalimentação entre fogo e flora, em conjunto com as adaptações, frente aos incêndios é uma das evidências de coevolução entre o fogo como distúrbio mantenedor de características ambientais e o ambiente onde o fogo ocorre.

Assim como a flora, a fauna também pode influenciar os regimes de fogo ao mesmo tempo em que é influenciada por ele. Os animais herbívoros e onívoros utilizam espécies vegetais como alimentos. Isso faz com que a fauna ainda auxilie a regulação da concentração de biomassa combustível disponível no ambiente e controle dos ciclos de fogo no ecossistema.

Não só herbívoros de médio e grande porte podem controlar os regimes de incêndios, predadores, como os carnívoros, também o fazem. Algumas espécies de aves de rapina, como *Milvus migrans*, *Haliaeetus sp.*, *Falco berigora*, *Caracara sp.*, *Ibycter sp.* e *Polyborus sp.*, propagam o fogo por meio do transporte de palitos/galhos em chamas. Dessa forma, o fogo estimula a fuga ou a movimentação de possíveis presas dessas aves, facilitando a predação. Registros desses comportamentos foram feitos na África, Estados Unidos, Panamá e Brasil (BONTA et al., 2017).

Ainda que auxiliem a regular os regimes de fogo por meio de sua propagação ou controle, durante esse distúrbio os animais também sofrem influência direta (mortes) e indireta (mudança na disponibilidade de recursos) das queimadas.

Os mecanismos de adaptação da fauna em relação ao fogo estão relacionados à fuga e aos esconderijos. Os indivíduos com maior capacidade de locomoção, como aves e mamíferos, fogem da região atingida (FRIZZO et al., 2011). Quando o distúrbio terminar, esses mesmos animais voltam ao seu habitat de origem e esse retorno pode variar dependendo da espécie e de sua capacidade de tolerância aos distúrbios ambientais.

Outros animais, por exemplo, alguns répteis no Brasil (COSTA, 2011) e na Península Ibérica (SANTOS; POQUET, 2010) buscam abrigos disponíveis no próprio

ambiente para se esconderem até o distúrbio terminar. As chances de sobrevivência aumentam quando o fogo é de baixa ou média intensidades, uma vez que a temperatura do solo ainda permite a sobrevivência da fauna.

2.5 MUDANÇAS NOS REGIMES DE FOGO: PERÍODO QUATERNÁRIO DA ERA CENOZOICA

Acredita-se que o Homem esteja presente no planeta Terra desde a época do Pleistoceno, início do período Quaternário, até a Era atual (Cenozoica) (VEILE, 2018). Com o estabelecimento da espécie humana, a natureza passou a sofrer modificações conforme as suas manipulações. Dentre essas mudanças é possível destacar àquelas relacionadas aos regimes de fogo. Para Bowman et al. (2011), a espécie humana tornou o fogo um catalizador para quase todas as atividades das quais dependia, foi integrado às questões culturais e até hoje sofre mudanças nas suas formas de manifestação.

Os primeiros hominídeos eram considerados caçadores-coletores, ou seja, obtinham alimento por meio da caça de animais de pequeno e médio porte e por meio da coleta de elementos de origem vegetal, principalmente, frutos (VAILE, 2018). Ao longo do tempo, o ser humano aprendeu a manipular o fogo e a utilizá-lo como ferramenta para algumas atividades, como a caça, limpeza de terrenos, rebrota da vegetação e cultivo de plantações. Portanto, acredita-se que o fogo foi um dos fatores que auxiliou no processo evolutivo da espécie humana (BOWMAN et al., 2011)

Essa nova habilidade desenvolvida pelo homem provocou modificações nas frequências de fogo, sendo mencionadas por Mustaphi e Pisaric (2014) para o Canadá ao longo da época do Holoceno. Apesar de alguns autores como Mustaphi e Pisaric (2014) e Burjachs e Expósito (2014), afirmarem que a mudança no regime de fogo durante o Holoceno se deu devido às características climáticas da época, não se exclui a possibilidade de que o próprio ser humano tivesse participação nesse processo.

Na África, por exemplo, algumas sociedades também utilizavam o fogo em atividades culturais e em práticas da agricultura (sistema de “corte e queima”). Porém, a partir do século XVIII, com a colonização europeia dos territórios africanos, houve

uma redução no uso do fogo pelas sociedades africanas, uma vez que os líderes europeus alegavam que o uso do fogo era prejudicial aos recursos naturais, às propriedades e à hierarquia social (MOURA et al., 2019).

Povos indígenas na América do Norte faziam uso do manejo do fogo visando a herbivoria pírica, ou seja, induzir uma mudança comportamental em herbívoros (no caso, bisões) de modo a movimentá-los até uma área cuja vegetação de pastejo fosse atraente para o animal. A área de pastejo deveria ser previamente queimada para estimular a rebrota da vegetação, adequada para alimentação dos herbívoros. Essa estratégia facilitava a caça dos bisões pelos povos indígenas da região (ROOS et al., 2018).

Na Austrália, os aborígenes podiam manejar o fogo com vários objetivos, dentre eles: sinalização de paz ou guerra entre grupos, para limpar o solo e tornar o caminho mais fácil e seguro de ser percorrido, para afugentar presas de seus esconderijos e até mesmo para regeneração de plantas utilizadas na alimentação (JONES, 2012).

No Brasil, o uso do fogo foi uma técnica passada dos seminômades (há 4.000/5.000 anos) para seus descendentes e depois difundida entre diferentes povos indígenas (Jê, Tupi-Guarani e Aruák), o que proporcionou um aumento nos regimes de fogo no Cerrado até a chegada dos portugueses no país (1.500 d.C.), que causou uma redução no tamanho populacional dos grupos indígenas. Apesar de não serem pastores, e sim, caçadores-coletores e gestores de terras, os indígenas usavam o fogo para diversas atividades: facilitar a caminhada; estabelecer áreas para cultivo; afastar animais indesejáveis; atrair e conduzir a caça; permitir rebrota, floração e frutificação da vegetação; coletar mel; e na cultura (rituais, guerras e sinalização). Queimadas em mosaico no Cerrado aumentavam a diversidade de plantas (PIVELLO, 2011).

Diante destes diferentes cenários é possível perceber que os seres humanos podem alterar os regimes de fogo de diversas formas, modificando os tipos, a estrutura e a continuidade de combustíveis, por exemplo (BOWMAN et al., 2011).

Valese et al. (2014) descrevem três épocas principais que caracterizam o uso do fogo pelo ser humano: a época antes do ser humano, na qual a população humana era tão baixa que suas atividades não eram suficientes para influenciar os regimes de fogo que, na época, eram controlados por fenômenos naturais (como tempestades de raios); a época das queimadas antropogênicas, na qual o fogo passou a ser uma ferramenta bastante utilizada pelo Homem, o que causou mudanças drásticas nos regimes de fogo e colocou em risco a biodiversidade de diferentes ecossistemas; e a

terceira época, na qual há uma grande necessidade de proteger os ecossistemas ameaçados e extinguir o uso do fogo como ferramenta de manejo.

Entretanto, com base no que será discutido adiante no tópico 2.6, o fogo pode ser uma ferramenta eficaz para preservar e perpetuar os ambientes pirofíticos. Deste modo, é necessário avaliar e ampliar a compreensão das mudanças dos regimes de fogo ao longo dessas épocas descritas por Valese et al. (2014) para que seja possível estabelecer uma quarta época, caracterizada pela prescrição do fogo para proteger ambientes fogo-dependentes.

Considerando as três épocas descritas, é possível perceber algumas mudanças nos regimes de fogo de diferentes regiões do planeta além daquelas descritas por Pivello (2011) no Brasil e Moura et al. (2019) na África. Power et al. (2007) mapearam as alterações globais nos regimes de fogo em diferentes regiões. É possível perceber, por meio de estudos de *charcoal*, que ao longo de 21.000 anos a frequência mundial de eventos de fogo aumentou e diminuiu em diferentes partes do planeta e em períodos distintos. Por exemplo, durante o Último Máximo Glacial (período de maior extensão de gelo no último período glacial), alguns locais da Europa, África e América do Sul registraram os menores regimes de incêndio em relação ao tempo atual, diferente do Sul da Austrália e do Sudeste da Ásia, que registraram os maiores regimes de incêndio na mesma época.

Na região dos Alpes Europeus, os eventos de fogo, antes da influência da espécie humana, se davam em intervalos de 300 a 1.000 anos e eram causados por tempestades de raios (VALESE et al., 2014). Apesar de existirem registros informando que houve mudanças nos intervalos de regimes de fogo em diferentes ambientes fogo-dependentes, os dados quantitativos ainda são escassos, ou seja, é difícil encontrar valores numéricos que deixem claro quão maiores ou menores se tornaram esses intervalos de fogo em cada uma das regiões.

A partir do momento em que a espécie humana vem manipulando o fogo para diversos objetivos, os atuais regimes de fogo nos diferentes ecossistemas do planeta dependem dos fatores culturais que envolvem o manejo de ecossistemas pelas diferentes populações humanas, os fatores climáticos e os fatores biológicos (VALESE et al., 2014).

Atualmente, o ser humano continua usando o manejo com fogo para regeneração da vegetação em agricultura, para afugentar animais e limpar o terreno. Quando utilizado de forma planejada, o fogo pode ser utilizado na restauração de

ecossistemas naturais por meio de rebrota da vegetação e reorganização da hierarquia das espécies presentes no ambiente, como será descrito adiante. Esse uso planejado do fogo na regeneração de ecossistemas é uma das ferramentas utilizadas em estratégias de gestão ambiental.

Os registros mais abundantes descrevem que a supressão do fogo em determinados ecossistemas pode ser mais um fator de ameaça a sua biodiversidade, uma vez que, nestes casos, o ambiente é fogo-dependente (COLOMBAROLI et al., 2013; FIDELIS; PIVELLO, 2011; COWELL; CHENEY, 2017).

2.6 USO DO FOGO NA RESTAURAÇÃO DE ECOSISTEMAS

O fogo de origem antrópica pode ser um fator de degradação ambiental em alguns casos e em outros pode ser usado como ferramenta de restauração de áreas degradadas ou descaracterizadas. O uso do fogo para restauração de ecossistemas é chamado de queima prescrita e consiste na aplicação intencional de fogo em ambientes naturais ou na agricultura (ABRAHAM et al., 2018) e em condições meteorológicas específicas e baseada em preceitos técnicos com objetivos específicos de manejo (FERNANDES, 2005).

A queima prescrita é utilizada em estudos de avaliação de recuperação ambiental ou manejo sustentável para a conservação da natureza em diferentes locais, tais como: nos Estados Unidos para avaliar os efeitos da reintrodução do fogo na fauna (ROBERTS et al., 2015), na análise da relação entre recrutamento e mortalidade de plantas e o fogo durante um período de dez anos em uma savana no norte da Austrália (PRIOR et al., 2009), em experimentos de novas metodologias para alocação de tratamentos de queima prescrita em paisagens propensas ao fogo na Espanha (ALCASENA et al., 2018) e comparando as mudanças nos regimes de fogo causados por intervenções e manejos em áreas protegidas da África e do Brasil (ALVARADO et al., 2018).

Apesar de ainda existirem muitas críticas em relação ao uso do fogo como ferramenta de conservação no Brasil, é possível encontrar diversos estudos recentes (nos últimos 10 anos) com o objetivo de compreender os efeitos do fogo em diferentes

aspectos de ecossistemas de Cerrado e que validam a importância dessa ferramenta na conservação do Cerrado (considerada a savana brasileira). O Quadro 3 a seguir traz um compilado de alguns estudos realizados no Cerrado desde o ano de 2008.

Quadro 3 - Estado da arte sobre o uso do fogo no Cerrado, com publicações de 2008 a 2021.

Fontes de referência	Descrição do estudo
Miranda et al. (2009)	Estudo de revisão sobre o fogo no Cerrado e seus aspectos ecológicos e evolutivos.
Pivello (2011)	Estudo sobre o fogo no Cerrado e na Amazônia. No Cerrado o fogo deve ser usado por manter seus processos ecológicos e a biodiversidade, porém desde que sejam aplicados em regimes adequados.
Simon; Pennington (2012)	Estudo de revisão sobre as evidências das adaptações da vegetação do Cerrado em relação a ocorrência de fogo.
Pereira-Junior et al. (2014)	Análise da frequência da ocorrência de fogo em uma área protegida de Cerrado ao longo de 12 anos. Frequências de fogo inadequadas (para mais ou para menos) prejudicam o Cerrado como um todo e o uso do manejo do fogo para conservação deve ser pensado considerando conhecimento científico e conhecimento tradicional de povos e comunidades locais, além dos recursos, tempo e capacidade de planejamento.
Durigan; Ratter (2016)	Discussão sobre a necessidade de se estabelecer uma política consistente relacionada ao uso do fogo no Cerrado para conservação, não só em unidades de conservação, mas em todas as áreas que apresentem remanescentes de Cerrado.
Santopuoli et al. (2016)	Uso de mapa cognitivo para verificar a opinião dos cidadãos sobre o fogo no Cerrado. Essa estratégia auxilia os tomadores de decisão a respeito da conservação do ambiente, permitindo a participação das comunidades.
Araújo et al. (2017)	Análise da regeneração de plantas no período pós fogo em uma área de transição savana-floresta mostrou que a regeneração no pós-fogo é melhor sucedida em áreas de savana, mas a taxa de mortalidade aumenta na medida em que a vegetação se aproxima da área de floresta. Isso pode influenciar as estratégias de conservação em áreas semelhantes.
Costa et al. (2018)	Estudo sobre as interações formigas-plantas frente ao fogo e sazonalidade do clima. Em curto prazo, o fogo proporciona impactos negativos sobre as espécies, entretanto, as mesmas se mostraram resilientes ao distúrbio.
Gomes et al. (2018)	Para estabelecer políticas públicas adequadas para minimizar impactos negativos e maximizar ganhos ecológicos é necessário avançar nos estudos sobre a ecologia do fogo no Cerrado em termos de escalas preditiva, espacial e temporal e estudos interdisciplinares.
Schmidt et al. (2018)	Estudo de revisão sobre a ecologia do fogo com o objetivo de otimizar o programa de manejo integrado do fogo no Cerrado. A Política Nacional de Incêndios deve permitir o planejamento do manejo do fogo de acordo com diversos contextos socioambientais do Brasil.
Franke et al. (2018)	Estudo sobre o mapeamento de combustível no Cerrado para apoiar o manejo integrado de fogo. Sugere-se o uso de três conjuntos de dados para planejar, monitorar e avaliar as queimas prescritas em todo o Cerrado: condição do combustível, tipo de vegetação e área queimada.
Fernandes et al. (2020)	Estudo sobre o efeito do fogo na germinação de sementes de algumas espécies de campo rupestre no Cerrado.
Pilon et al. (2020)	Estudo sobre os efeitos da queima prescrita na abundância e estrutura de espécies e composição do solo, além da velocidade com a qual o ecossistema se recupera e as características de resiliência de plantas após o fogo no Cerrado.
Oliveira et al. (2021)	Desenvolvimento de modelo que estima a probabilidade mensal de propagação de incêndios no Cerrado com base em incêndios anteriores (de 2015 a 2018) e estimativas de combustível disponível.

A partir desses estudos realizados em diferentes ambientes fogo-dependentes, é possível afirmar que a queima prescrita é uma ferramenta essencial na conservação e restauração de ambientes como as savanas. Todavia, seu uso exige a atenção para fatores como a intensidade do fogo, a qual pode ser baixa, média ou alta. É possível perceber as diferenças entre elas através, por exemplo, da cor das cinzas no pós-fogo, cinzas de cor preta em baixa intensidade, acinzentadas em média intensidade e branca em alta intensidade (ABRAHAM et al., 2018); pela temperatura e sua influência no carvão originado pela queima: quanto maior a temperatura, maior a chance do carvão se fragmentar devido ao calor (ABARZÚA et al., 2016).

Além disso, a frequência dos regimes de fogo de cada região e seus respectivos intervalos deverão ser específicos e dependerão das condições socioambientais de cada local. É importante ressaltar, que a queima prescrita deve ser vista e utilizada como apenas uma das ferramentas possíveis para estratégias de gestão de áreas protegidas, como unidades de conservação. Em alguns casos, o uso único e exclusivo de queima prescrita pode não ser suficiente para restaurar um ecossistema, sendo necessário unir essa ferramenta com outras igualmente adequadas para cada situação, tornando-as complementares para a boa gestão da unidade.

A partir disso, a presente tese sugere por meio do fluxograma da Figura 2 um compilado de informações, que devem ser consideradas pelos gestores de unidades de conservação com remanescentes de ecossistemas fogo-dependentes, antes de estabelecerem as estratégias de conservação.

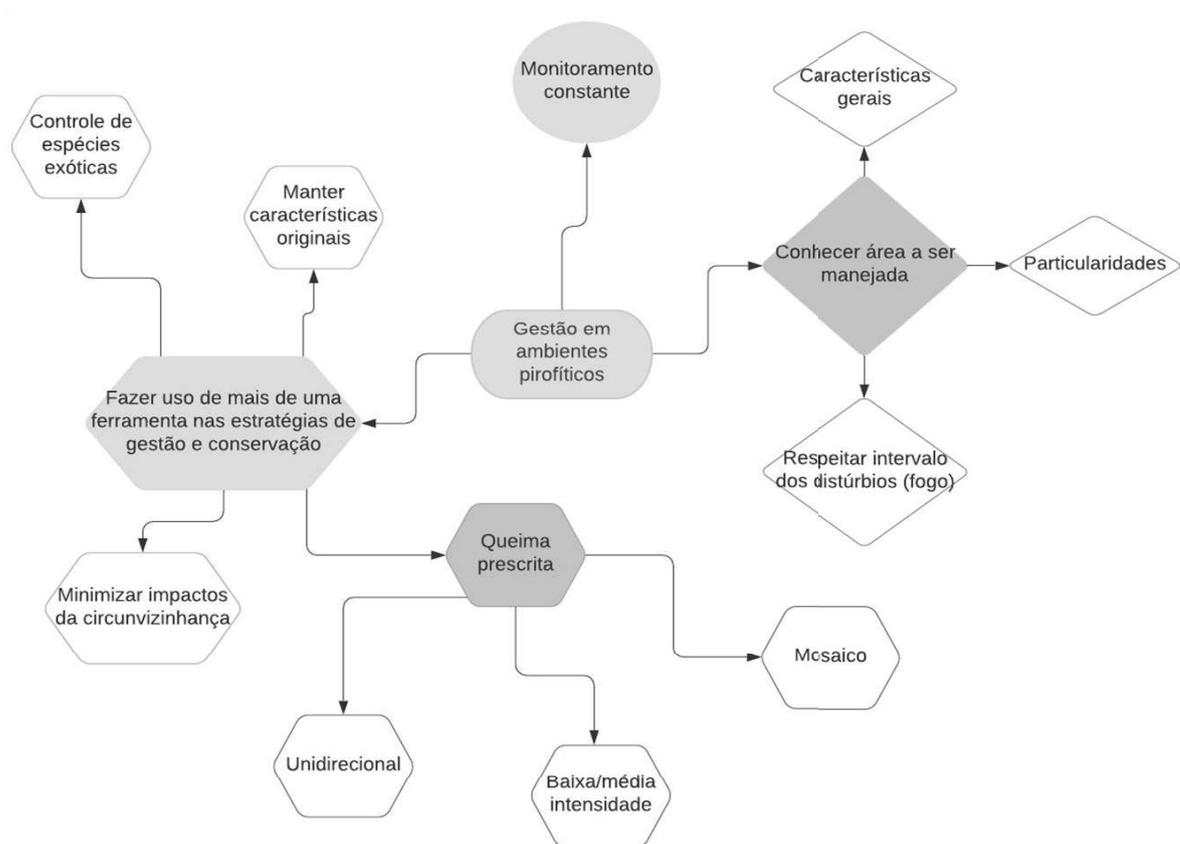


Figura 2 – Fluxograma de informações a serem consideradas pelos gestores de unidades de conservação, quando a unidade contemple ambientes pirofíticos.

Ainda que o manejo do fogo seja utilizado como ferramenta de conservação, é necessário que sua aplicação seja realizada de modo adequado, respeitando os intervalos entre queimas e a intensidade do fogo suportada pelo ambiente. Dúvidas em relação ao posicionamento adotado podem fazer com que o estabelecimento de estratégias de gestão ambiental relacionadas ao uso do fogo demande mais tempo para serem concretizadas.

Assim, com a finalidade de auxiliar os gestores de UC de Cerrado, Campos Sulinos e outros ambientes pirofíticos na tomada de decisões sobre o uso do fogo para fins de conservação, foi desenvolvido na presente tese o fluxograma apresentado na Figura 3.

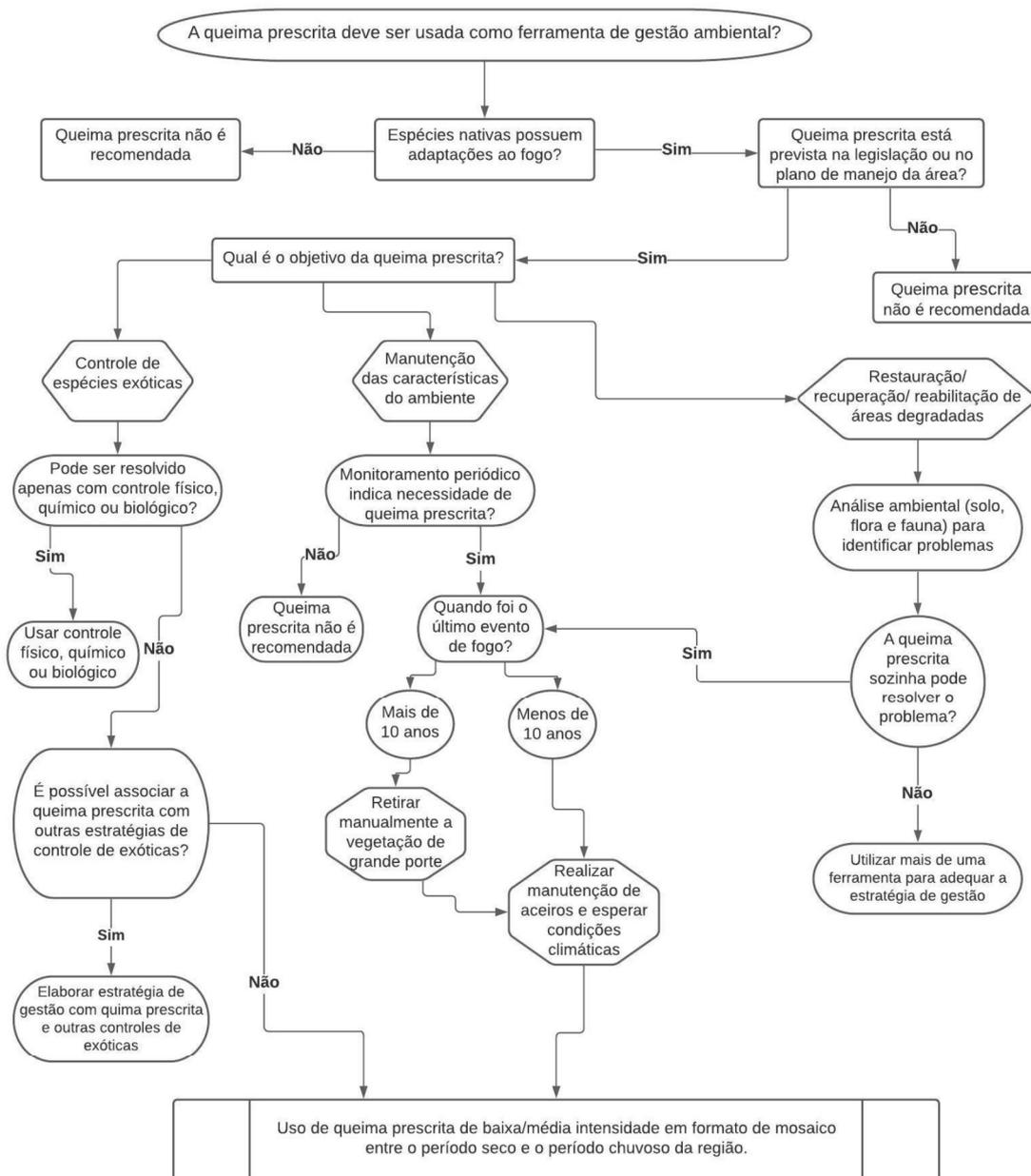


Figura 3 – Fluxograma desenvolvido na presente tese sugerindo diretrizes que podem ser utilizadas pelos gestores de unidades de conservação de Cerrado na tomada de decisões em relação ao uso do fogo.

Aconselha-se ao gestor da UC que identifique se a área sob sua responsabilidade apresenta características fogo-dependentes (tais características já foram comentadas no tópico 2.4 da presente tese). Após identificar um ambiente como fogo-dependente, deve-se buscar conhecer se a legislação empregada na região permite a aplicação do manejo do fogo voltado para conservação. Este fator é importante uma vez que a legislação tem grande peso para a tomada de decisões de gestores.

No Brasil, leis federais e estaduais são pouco claras e pouco coerentes em relação ao uso do fogo. Uma legislação equivocada pode ser danosa ao ambiente em longo prazo, como ocorreu em 1998 na África, por exemplo, quando alguns parques nacionais foram obrigados por lei a aderir aos projetos de supressão do fogo na vegetação (ambientes savânicos) afetando negativamente a biodiversidade local (COWELL; CHENEY, 2017).

No caso de a legislação permitir o uso do fogo, deve-se estabelecer o objetivo a ser alcançado com o manejo do fogo: restauração, manutenção ou controle de espécies exóticas. Isto é necessário pois a aplicação do fogo não deve ser feita do mesmo modo em todos os casos.

Em caso de restauração das características da região, deve-se fazer um levantamento biótico e abiótico da área e identificar o último evento de fogo na região, uma vez que essas informações podem indicar o melhor período para aplicação da queima prescrita, bem como a quantidade de biomassa combustível disponível no ambiente e que irá influenciar a intensidade do fogo. Para manutenção das características já existentes, deve-se levar em consideração os dados dos monitoramentos constantes que devem ser realizados na área antes de estabelecer o uso do fogo como sendo necessário. Finalmente, o controle de espécies exóticas exige cuidado em relação a como esses organismos estão distribuídos na área e se outra técnica (física ou química, por exemplo) não seria mais adequada do que a própria queima. Somente a partir dessas informações é que serão estabelecidos os locais e periodicidade das queimadas.

Sugere-se também realizar o manejo do fogo em formato de mosaico, ou seja, deixando partes da vegetação sem serem atingidas pelo fogo para permitir a sucessão ecológica após a queima. Isto porque o próprio Cerrado é um mosaico vegetacional de campo, savana e floresta (MACHADO et al., 2008; Schimidt et al., 2018) que precisa ser mantido. Além disso, a queima em mosaico pode oferecer refúgios para a fauna, o que mantém a heterogeneidade do ecossistema no período pós-fogo (ROBINSON et al., 2013).

Mesmo que a queima prescrita se caracterize como sendo o fogo de baixa e média intensidades, deve-se permitir a existência de refúgios para a fauna nativa se proteger durante o distúrbio e voltar ao seu término. A vegetação deve apresentar condições para que no período pós-fogo possam colonizar o ambiente novamente, dando continuidade à sucessão ecológica natural.

Além disso, o período ideal para aplicação de queima prescrita em uma determinada região deve considerar as condições climáticas, a vegetação e o solo. Períodos secos e muito quentes permitem incêndios de grande intensidade (não favoráveis à conservação da biodiversidade). A baixa precipitação desses períodos pode atrasar a rebrota da vegetação e o retorno da fauna para a região tratada com fogo.

2.7 PERSPECTIVAS E CONCLUSÕES

Com base no que foi exposto neste capítulo é possível concluir que o fogo interage direta e indiretamente com a biodiversidade presente em um determinado local desde antes do domínio do fogo pela espécie humana, de modo que espécies vegetais e animais apresentam características adaptativas para sobreviverem e perpetuarem em ambientes pirofíticos, além de, conseqüentemente, influenciarem o regime de fogo da área onde vivem. Após anos dessa coevolução, erradicar o fogo desses ambientes é um erro, pois nestes casos o fogo é um fator determinante para manter as características originais do ecossistema.

Conhecer os regimes de fogo da região e as características adaptativas desenvolvidas nas espécies nativas são pontos chave para o estabelecimento de uma gestão eficaz de unidades de conservação, visto que o tempo de resiliência pós-fogo será respeitado e a sucessão ecológica será estimulada. Todavia, a escassez de dados a respeito dos regimes de fogo e suas variações ao longo do tempo faz com que a análise da biodiversidade e dos fatores abióticos recebam maior destaque por proporcionarem informações essenciais para o uso do fogo na forma de queima prescrita, ou seja, com fins de preservação.

A conduta do gestor de unidades de conservação em relação ao uso de queima prescrita deve se basear no objetivo da queima, ou seja, no motivo pelo qual se pretende utilizá-la. Esse motivo irá nortear os preparativos da área para que o fogo ajude a cumprir o objetivo da gestão.

Os principais desafios para atingir a conservação de UC pirofíticas têm caráter sociopolítico. É necessário rever a legislação e os planos de manejo referentes a áreas que contemplem ecossistemas fogo-dependentes para que se adequem às

necessidades ambientais. O desenvolvimento de leis referentes exclusivamente ao uso do fogo é necessário, principalmente para responder possíveis questionamentos que o gestor de uma UC possa ter. Ao mesmo tempo, é necessário incentivar mudanças de paradigmas quanto aos efeitos do fogo na população de modo geral, pois é uma forma de defender o uso da queima prescrita em unidades de conservação e reduzir os focos de incêndio criminoso em áreas sensíveis ao fogo.

Ao gestor de UC cabe a iniciativa de defender as melhores estratégias de conservação e discutir possibilidades que otimizem a conservação na área sob sua responsabilidade, além de manter atualizadas as condições de conservação da área para que a gestão se mantenha eficiente.

Apesar de não ter sido o foco no presente estudo, sugere-se a realização de estudos a respeito dos impactos da queima prescrita nas áreas adjacentes da unidade de conservação. Geralmente, tais áreas são caracterizadas por apresentarem atividades agrícolas. Deste modo, estudos sobre os impactos do fogo nessas áreas e sobre a possibilidade de fazer uso de queima prescrita também na circunvizinhança da UC são informações que podem contribuir para a conservação da unidade, além de contribuir para a mobilização social a favor do uso da queima prescrita de forma adequada.

3 MANEJO DO FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO CERRADO, PARANÁ, BRASIL

RESUMO

Ambientes fogo-dependentes, ou pirofíticos, dependem de regimes de fogo específicos para manterem seus processos ecológicos e demais características. Deste modo, diferente do que se observa em outros ambientes, a ausência de fogo em savanas, pradarias, ecossistemas mediterrâneos e paramos americanos é uma ameaça à biodiversidade do local. O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, considerado a savana de maior biodiversidade e ameaçado pelas atividades agropecuárias e regimes inadequados de fogo. O objetivo deste capítulo foi avaliar as consequências do manejo do fogo em uma unidade de conservação que abriga remanescentes do Cerrado em seu limite austral. A metodologia utilizada consistiu em um estudo de caso dividido em duas partes: uma parte teórica e uma pesquisa de campo. O referencial teórico consistiu no levantamento de documentos fornecidos pelo órgão gestor da área estudada e de estudos publicados que foram desenvolvidos no local. A pesquisa de campo foi realizada no Parque Estadual do Cerrado, Paraná, Brasil. Foram estabelecidas três parcelas de tamanhos iguais localizadas em áreas de mesma fitofisionomia de Cerrado, cada uma dessas parcelas recebeu diferentes tratamentos com manejo do fogo. Em cada parcela foram montadas armadilhas de interceptação e queda para coleta da comunidade de insetos presente na superfície do solo. Os organismos foram analisados em laboratório e classificados até o nível taxonômico de família. Quanto aos resultados obtidos pelo referencial teórico, é possível notar que o parque necessita ser mais divulgado para promover mais pesquisas científicas e precisa rever o plano de manejo, uma vez que a última versão publicada se tornou obsoleta e pode ser inadequada para a situação atual do parque. Os resultados da pesquisa de campo revelaram que os grupos taxonômicos de maior representatividade foram das ordens Hymenoptera, Coleoptera e Collembola, todas responderam de forma positiva ao manejo do fogo.

3.1 INTRODUÇÃO

Estabelecer estratégias eficazes de gestão ambiental em ecossistemas naturais exige conhecimento a respeito da história, desenvolvimento e funcionamento ecológico do ambiente estudado. Ambientes regidos por distúrbios, como o fogo, muitas vezes iniciam o processo de degradação pela supressão ou extinção desses distúrbios, como os regimes de incêndios naturais (BATES; DAVIES, 2018; FIDELIS; PIVELLO, 2011). Dessa forma, os processos ecossistêmicos característicos do ambiente, como a sucessão ecológica, entram em desequilíbrio e podem afetar a fauna e a flora (FIDELIS; PIVELLO, 2011; BATISTA et al., 2018).

O uso do fogo na forma de queima prescrita, apesar de ainda ser questionado em alguns países, como o Brasil e a África (ALVARADO et al., 2018), é uma estratégia de manejo da vegetação realizada em ambientes pirofíticos ao redor do mundo para restauração de áreas degradadas, sendo utilizado nos Estados Unidos (BARTON; POULOS, 2018; BATES; DAVIES, 2018; CARSON; ZEGLIN, 2018), Austrália (MCGREGOR et al., 2014; BASTIAS et al., 2009; DOHERTY et al., 2015) e Espanha (ALCASENA et al., 2018; ESPINOSA et al., 2018; FUENTES et al., 2018), por exemplo.

Estudos que avaliam a efetividade da queima prescrita na restauração de ambientes dependentes de fogo utilizam diferentes indicadores separadamente, tais como: vegetação nativa (MOREIRA et al., 2014; RIVEIRO et al., 2019; BOHLMAN et al., 2016), vegetação exótica (RIVEIRO et al., 2019; BOHLMAN et al., 2016; TWIDWELL et al., 2009), comunidade de insetos (BEAUMONT et al., 2012; CHITWOOD et al., 2017; SMITH et al., 2018), mastofauna (DOHERTY et al., 2015; LASHLEY et al., 2015; CROWTHER et al., 2016), avifauna (GREENBERG et al., 2018; FONTAINE et al., 2009; CHALMANDRIER et al., 2013) e comunidade de organismos edáficos decompositores (BASTIAS et al., 2009; PONDER JR et al., 2009; RYU et al., 2009).

A vegetação nativa de ambientes fogo-dependentes possui diferentes estratégias em resposta ao distúrbio: rebrota, quebra de dormência de sementes, súber desenvolvido, desenvolvimento de xilopódios e rizomas (PARRA; MORENO, 2018; FIDELIS; PIVELLO, 2011). Isso ocorre uma vez que o fogo atua como agente herbívoro, controlando a biomassa dos indivíduos base da cadeia trófica. Dessa

forma, a biomassa de vegetação disponível no ambiente também irá regular o regime de incêndios na região, fazendo com que o ecossistema apresente um processo de “retroalimentação” (BOND; KEELEY, 2005).

Membros de uma comunidade de insetos que vivem na superfície do solo podem responder de formas variadas ao manejo da vegetação com uso de queima prescrita. Por exemplo, o fogo pode alterar a composição de abundância da assembleia de formigas, além de interferir no padrão comportamental dos indivíduos acima da superfície do solo (BEAUMONT et al., 2012), pode alterar, de forma geral, a hierarquia competitiva dos artrópodes edáficos (BEAUMONT et al., 2012; KRAL et al., 2017) e influenciar a ação e a comunidade de besouros de forma direta e indireta a partir do controle da biomassa vegetal (SMITH et al., 2018).

A comunidade de insetos terrestres pode atuar de forma ampla no ecossistema, e seu estudo pode fornecer de forma indireta informações sobre a vegetação e alguns processos ecossistêmicos importantes do local onde estão presentes. Por exemplo, muitos insetos são polinizadores e/ou dispersores de sementes e podem, a partir disso, ajudar a controlar a população de plantas; além disso, diversos grupos (Coleoptera, Diptera e Orthoptera, por exemplo) atuam no processo de decomposição e ciclagem de matéria, também contribuindo para manter o fluxo de energia na natureza (OLIVEIRA et al., 2014).

O Brasil é um dos países que ainda discute o uso de queima prescrita na restauração de ecossistemas naturais. A legislação referente ao uso do fogo como estratégia de manejo no país também não é clara, tornando a gestão de UC pouco eficiente. Por ser um país de grande extensão territorial, apresentando dois biomas dependentes de fogo (o Cerrado e os Campos Sulinos) e pelo fato de que o Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, considerado a savana com maior biodiversidade (KLINK; MACHADO, 2005; FIDELIS; PIVELLO, 2011; GOMES et al., 2018), se fazem necessárias avaliações a respeito da ação do fogo nesses ambientes para embasar novas estratégias de gestão ambiental e manejo de ecossistemas degradados para fins de restauração, recuperação e reabilitação dos biomas.

Assim, propõe-se como **problemática** a ser respondida: quais são as principais consequências ambientais do manejo com fogo, como ferramenta de conservação em uma unidade de conservação de área reduzida e sob pressão de sua circunvizinhança?

A **hipótese** inicialmente estabelecida sugere que o fogo irá atuar na restauração gradual e preservação das características nativa do ambiente, independente da extensão da área e da pressão exercida pelo seu entorno.

O **objetivo geral** do presente estudo, consiste em avaliar as consequências do manejo do fogo em uma UC que abriga remanescentes do Cerrado. Os objetivos específicos consistem em: I) avaliar como a comunidade de insetos que vive na superfície do solo responde ao manejo com fogo na UC e II) identificar quais foram as principais mudanças na UC antes e depois do manejo com fogo para restauração.

3.2 REVISÃO DE LITERATURA

3.2.1 Conservação

Os recursos naturais e os serviços ecossistêmicos são utilizados pelo ser humano conforme a necessidade da espécie. Na medida em que ocorre o aumento populacional da espécie humana, há um aumento no uso desses recursos, muitas vezes de forma desenfreada e insustentável a longo prazo. Esses fatores contribuíram para a perda de espécies e de ecossistemas de forma acelerada, o que constituiu um cenário global de crise ambiental (PRATES; IRVING, 2015). A preocupação em relação ao meio ambiente, direcionou estratégias de uso dos recursos naturais e da diversidade biológica de forma a conservar determinados habitats e espécies, tendo também a participação de empresas (AUSTIN et al., 2016).

Nesse contexto, os conceitos de “conservação da natureza”, “preservação” e “diversidade biológica” se tornaram importantes no encaminhamento de tais estratégias. De acordo com a Lei Federal nº 9.985, o conceito de preservação consiste em métodos, procedimentos e políticas que protejam os ecossistemas, espécies e processos ecológicos a longo prazo. Já a conservação da natureza (conservação ambiental), diz respeito ao manejo da natureza pelo ser humano de modo sustentável, ou seja, beneficiando as atuais gerações sem prejudicar as necessidades das gerações futuras e garantindo a sobrevivência das demais espécies. E finalmente, diversidade biológica, ou biodiversidade, é a variabilidade de todos os indivíduos que

fazem parte de todas as espécies que habitam o planeta, seja em ecossistemas terrestres ou aquáticos (BRASIL, 2000).

Dentro da conservação ambiental, a conservação da biodiversidade consiste em proteger todas as formas de vida em todos os ambientes existentes no planeta (GANEM, 2011). Para que a conservação dessa biodiversidade ocorra de forma eficaz, são estabelecidas estratégias com características e objetivos diferenciados a fim de atender as necessidades de manejo e conservação de cada área, tais como: áreas protegidas, projetos de recuperação de áreas degradadas, educação ambiental, banco de sementes, jardins botânicos e zoológicos. O Quadro 4 descreve as áreas, baseado em referencial teórico disponível, e compara brevemente essas estratégias.

Quadro 4 - Resumo das características de algumas estratégias utilizadas na conservação da biodiversidade em diferentes ecossistemas.

Estratégia	Descrição	Vantagens	Desvantagens
Áreas Protegidas	Espaços territoriais delimitados para preservar e conservar os recursos naturais e culturais de um ecossistema.	Permite o desenvolvimento sustentável) e a conservação <i>in situ</i> das espécies.	Gestão muitas vezes ineficaz e de alto custo, podem ser isoladas de outros fragmentos e de tamanho inadequado.
Projetos de Recuperação de áreas degradadas	Técnicas de manejo de ecossistemas visando a conservação de suas características físicas, biológicas e socioeconômicas.	Específicos para cada ecossistema (otimização da restauração e conservação).	Necessitam de monitoramento contínuo em longo prazo.
Educação Ambiental	Processos que permitem a construção conjunta de valores, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências relacionadas às questões ambientais.	É interdisciplinar e permite a participação de todas as esferas sociais.	Precisa ser realizada de forma contínua; falta de concordância entre as partes envolvidas.
Banco de sementes	Reservas de sementes com potencial de germinação, são produzidas localmente ou transportadas por síndromes de dispersão.	Contribui para conservação e restauração de ecossistemas naturais.	Altamente dependente das condições de conservação do habitat em que estão inseridas.
Jardim Zoológico e Aquário	Espaços que permitem a reprodução em cativeiro de espécies raras ou ameaçadas visando sua reintrodução no ambiente natural, mantendo a diversidade genética e evitando a extinção em massa.	Permite integração de projetos de educação ambiental, proteção de habitats, treinamento, pesquisa científica e sensibilização do público.	Quando mal gerenciados expõem as espécies a maus tratos, ferindo seus direitos à vida; alto custo de manutenção.
Jardim Botânico	Espaços que permitem o estudo, reprodução e manutenção de espécies vegetais.	Permite integração de projetos de educação ambiental, sensibilização para proteção da biodiversidade (fauna e flora).	Alto custo de manutenção.

Algumas Áreas Protegidas no Brasil são conhecidas como Unidades de Conservação (UC). São áreas de tamanhos diferentes que foram delimitadas pelo Poder Público, criadas e gerenciadas em todos os âmbitos legais pelo SNUC com o objetivo de conservar os recursos ambientais bióticos e abióticos encontrados nessas áreas, utilizando administração adequada. Dependendo dos objetivos específicos de cada unidade de conservação, elas podem ser divididas em unidades de Proteção Integral ou de Uso Sustentável (BRASIL, 2000).

As UC de Proteção Integral visam, principalmente, a conservação da biodiversidade (englobando parques nacionais, reservas biológicas, estações ecológicas, refúgios de vida silvestre e monumentos naturais). Por outro lado, as UC de Uso Sustentável permitem primeiramente o uso dos recursos naturais presentes nos ecossistemas de forma sustentável e apresentam a conservação biológica como segunda finalidade (compreendendo em florestas nacionais, reserva extrativista, reserva de desenvolvimento sustentável, área de proteção ambiental e área de relevante interesse ecológico) (BRASIL, 2000).

A conservação ambiental é de responsabilidade tanto do Poder Público e órgãos ambientais, quanto da sociedade de forma geral, uma vez que os recursos naturais são utilizados por todos. Estudos como os realizados por Teixeira et al. (2005) e Banzato (2014) ressaltam a importância da participação da comunidade no processo de conservação ambiental em unidades de conservação. A participação pública deve ser considerada antes, durante e depois da implementação da unidade de conservação, pois a ausência desse fator compromete as estratégias de conservação.

Para que o manejo e a gestão, dos recursos encontrados dentro das Unidades de Conservação sejam eficientes e garantam sua conservação adequada, são desenvolvidos Planos de Manejo contendo os usos possíveis do ecossistema e os objetivos da unidade estudada (HENRY-SILVA, 2005). Esses documentos técnicos se baseiam nos objetivos de criação de uma UC para realizar o zoneamento de seu território, descrever o uso da área e as técnicas de manejo mais apropriadas dos recursos naturais presentes (BRASIL, 2000). Os Planos de Manejo são confeccionados a partir de estudos prévios da área a ser conservada nos aspectos físicos, químicos, biológicos, sociais, políticos, econômicos e culturais.

3.2.2 Gestão de unidades de conservação: fundamentos e desafios

A implementação de estratégias de gestão em uma unidade de conservação, pode determinar a eficiência da conservação aplicada nessas áreas protegidas. Por esse motivo, a falta de clareza e detalhes ou ainda a desatualização e baixa qualidade dos planos de manejo de UC quanto às estratégias de conservação e uso dos recursos nele presentes, prejudicam o ecossistema que deveria ser conservado devido ao manejo equivocado (FIDELIS; PIVELLO, 2011; MAGANHOTTO et al., 2014).

Neste sentido, o levantamento das informações a respeito das características físicas e antrópicas relacionadas à formação e manutenção de UC se mostra essencial na gestão dessas áreas protegidas (MAGANHOTTO et al., 2014). Além disso, o desenvolvimento de estudos ecológicos, permite avaliar por meio de observações, modelos e experimentos como os diferentes sistemas naturais funcionam por meio da compreensão das relações existentes entre os seres vivos e o meio onde estão inseridos (CAIN et al., 2017).

A carência dessas informações e da compatibilidade entre a parte descritiva e analítica prejudicam a eficiência dos planos de manejo e gestão de unidades de conservação. Ao mesmo tempo, deve-se lembrar que cada UC possui suas particularidades e precisa de metodologias específicas (MAGANHOTTO et al., 2014).

Ibama e WWF Brasil (2007) realizaram um estudo em que foram avaliadas 246 unidades de conservação federais. Destas, apenas 13% mostraram uma gestão eficaz, enquanto 51% mostrou uma baixa eficácia na gestão. Os problemas de gestão ambiental que envolvem unidades de conservação, estão relacionados com o uso dos recursos naturais que existem dentro de sua área e em sua circunvizinhança. Esses problemas se encaixam, principalmente, em questões políticas e socioambientais, que podem estar presentes desde o momento de criação e estabelecimento da unidade em si (BRITO, 2008).

Teixeira et al. (2005) cita três categorias dentro das quais as dificuldades de gestão podem ser divididas: 1) quando o valor monetário disponível para gestão está abaixo do valor necessário para uma gestão de boa qualidade, 2) políticas econômicas que incentivem o mau uso do capital natural e 3) quando há conflitos de gestão com o correto cumprimento da lei.

A primeira categoria citada está relacionada com a questão de valoração de recursos, que se refere ao valor monetário mais adequado a um determinado recurso natural, seja ele de uso direto ou não. Entretanto, nem sempre é possível determinar esse valor com precisão devido, por exemplo, a falta de informações a respeito desses recursos (TEIXEIRA et al., 2005).

Em relação à legislação, as principais leis federais relacionadas aos processos de gestão ambiental em UCs do Brasil são: lei de n. 9.985 de 2000 que institui a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (BRASIL, 2000) e o artigo 25 da Constituição Federal de 1988, a qual descreve os direitos e deveres da sociedade e do Poder Público perante os recursos naturais e os ecossistemas aos quais pertencem (BRASIL, 1988).

Dentre os principais problemas encontrados na gestão de UC no Brasil, estão: a falta de funcionários atuantes em cada UC, falta de infraestrutura adequada e planos de manejo, regularização fundiária e investimentos financeiros insuficientes (MAGANHOTTO et al., 2014).

Em estudo realizado por Santos & Krawiec (2011), em que os autores aplicaram questionários aos gestores das unidades de conservação de Campo Grande – MS, foi constatado que as principais dificuldades encontradas no processo de gestão foram: falta de recursos financeiros, baixo número de funcionários e pouco apoio institucional e de infraestrutura. Entretanto, os mesmos autores citam na discussão de seus resultados que outros estudos mostraram que bons recursos financeiros nem sempre são sinônimos de boa gestão; o real motivo depende da compreensão do contexto no qual a unidade está inserida.

Existem, ainda, outros fatores importantes que devem ser considerados por se tratarem de características físicas da unidade de conservação como, por exemplo, o tamanho, isolamento, efeito de borda e matriz do entorno das unidades de conservação. O tamanho e o grau de isolamento de uma unidade de conservação podem ser compreendidos através da Teoria da Biogeografia de Ilhas desenvolvida pelos pesquisadores Robert H. MacArthur e Edward O. Wilson na década de 1960, teoria que ajudou outros cientistas a desenvolverem estudos relacionados à conservação ambiental (LOSOS; RICKLEFS, 2010).

Um dos principais pontos descritos nessa teoria indica que o tamanho de uma ilha e sua distância em relação à outras ilhas ou ao continente, influencia a biodiversidade presente na ilha. Por exemplo, ilhas pequenas e isoladas tendem a

perder biodiversidade, quando comparadas a ilhas grandes com conexões a outras ilhas. Porém, isso não significa que fragmentos pequenos devem ser desconsiderados no processo de conservação, uma vez que pequenas áreas protegidas espalhadas em uma região podem favorecer espécies endêmicas que estariam ameaçadas se a estratégia de conservação fosse diferente (LOSOS; RICKLEFS, 2010).

Apesar da Teoria da Biogeografia de Ilhas ajudar a desenvolver estratégias de conservação em áreas protegidas, ela sozinha não é suficiente para prever e explicar todos os fenômenos que ocorrem em uma unidade de conservação, pois não leva em consideração aspectos como a matriz do entorno da UC e os possíveis efeitos de borda deste fragmento protegido. Enquanto o efeito de borda⁴ pode modificar a estrutura, microclima e a dinâmica e composição das espécies dentro da unidade, a matriz⁵ característica da circunvizinhança da UC influencia sua conectividade com outros fragmentos (quanto maior a diferença estrutural e climática entre a matriz e a unidade, mais desfavorável a matriz será para as espécies que possam transitar entre os fragmentos) (LOSOS; RICKLEFS, 2010).

Nestes cenários, é necessário reconhecer a relação e a importância dos estudos e aplicações de conhecimentos ecológicos na gestão ambiental de ecossistemas naturais. A ecologia tem como objetivos principais o estudo e a compreensão das interações que ocorrem entre os organismos vivos e o ambiente no qual estão inseridos, assim mostrando como se dão as dinâmicas populacionais e fluxos energéticos nos níveis tróficos de cada comunidade biológica (BEGON et al., 2007; CAIN et al., 2017).

A aplicação prática desses conhecimentos em ambientes naturais abre espaço para a biologia da conservação e o manejo mais adequado de ecossistemas, ramos de estudo que visam a conservação da biodiversidade e o monitoramento dos processos ecológicos e da integridade biológica existente. Esses fatores estão relacionados ao planejamento e criação de unidades de conservação e recuperação de áreas degradadas (BEGON et al., 2007; CAIN et al., 2017).

Vale ressaltar que uma UC pode contemplar ecossistemas em diferentes estágios de degradação. As estratégias de gestão, nesse caso, podem focar no uso

⁴ Efeitos de borda: fenômenos biológicos e físicos relacionados aos limites do fragmento (LOSOS; RICKLEFS, 2010).

⁵ Matriz do entorno ou da circunvizinhança de um fragmento é o espaço territorial modificado presente ao redor do fragmento (LOSOS; RICKLEFS, 2010).

de diferentes ferramentas para o manejo dessas áreas degradadas e com objetivos diferentes. Segundo Noffs (2000), o manejo pode buscar a reabilitação (permitir reaproveitamento da área com outros objetivos), restauração (restaurar características originais exatas de antes da degradação) ou recuperação (permitir estabelecimento de condições ambientais parecidas com as originais, mantendo o equilíbrio ecológico) de um ecossistema.

Para uma gestão eficaz de uma área degradada, deve-se considerar as características e a dinâmica da vegetação original e demais organismos presentes no local a ser restaurado. Esses fatores permitem o conhecimento sobre a regeneração vegetal presente no processo de sucessão vegetal, ou seja, a variação na composição da vegetação em uma região ao longo do tempo. A revegetação bem-sucedida deve levar em consideração aspectos abióticos (clima, solo, relevo, por exemplo) e bióticas (como as espécies nativas da região) (ARAÚJO et al., 2014) e está intimamente relacionada com a sucessão ecológica de forma geral.

Assim, Ortis et al. (2012) afirmam que é essencial durante o processo de recuperação de áreas degradadas que seja considerado a sucessão ecológica secundária natural, uma vez que os fatores ambientais estabelecem o padrão e velocidade da sucessão, enquanto que a comunidade de seres vivos que irão se estabelecer no local controla o processo.

Begon et al. (2007) descrevem que a restauração de uma área considera também as espécies faunísticas originais da região, e não somente as plantas. Algumas espécies animais podem estar associadas a apenas um dos estágios de sucessão, de forma que a compreensão dessa sequência natural se torna importante na confecção de estratégias de intervenção e manejo.

Desta forma, é possível afirmar que a ausência ou carência de conhecimentos sobre as dinâmicas dos processos ecológicos que ocorrem nos ecossistemas naturais torna as estratégias de gestão ambiental em áreas protegidas e/ou degradadas mais difícil e menos eficaz.

Tais conhecimentos são elencados nos Planos de Manejo das unidades de conservação. Entretanto, como visto anteriormente, nem sempre os planos de manejo são atualizados e apropriados para a gestão das UC. Banzato (2014) afirma que uma gestão em UC só será eficaz se as estratégias de conservação forem compatíveis com os objetivos da UC e com as características naturais pertencentes ao ambiente protegido em questão.

No Cerrado (savana brasileira), por exemplo, algumas características da flora e da fauna são resultadas dos processos de coevolução existentes entre este bioma e a ocorrência de fogo, tais como: biomassa subterrânea e súber espesso em diferentes espécies de plantas (ALVES; SILVA, 2011) e estratégias de fuga ou proteção em abrigos por espécies de animais.

Ambientes como o Cerrado são considerados fogo-dependentes (pirofíticos), sendo eles: ecossistemas mediterrâneos, savanas africanas e australianas, pradarias americanas e paramos equatorianos. Todavia, o fogo muitas vezes ainda é visto como um fator prejudicial para a biodiversidade de ecossistemas naturais e, assim, é suprimido de unidades de conservação que abrigam remanescentes de biomas pirofíticos, fator que proporciona o agravamento da degradação desses ambientes (FIDELIS; PIVELLO, 2011).

No Brasil, o uso do fogo como instrumento de gestão e manejo em áreas de Cerrado e Campos Gerais ainda não é amplamente aceito, e a restrição do uso do fogo através da legislação torna difícil o processo de restauração, recuperação e conservação das áreas pertencentes aos biomas mencionados.

De acordo com Durigan; Ratter (2016), as diversas políticas de supressão de fogo implementadas recentemente pelo país causaram a impressão para a sociedade de que o fogo é sempre um agente danoso e que o Cerrado seria, na verdade, o resultado de uma floresta degradada pelo fogo. Segundo as autoras, todo esse cenário deve ser visto como um incentivo para o desenvolvimento de uma política consistente do uso do fogo, não apenas em unidades de conservação que contemplem o bioma Cerrado, mas também em todas as áreas que apresentem remanescentes deste bioma.

A escassa e ineficiente legislação relacionada ao uso de queima prescrita no Brasil, a falta de conhecimento dos gestores de unidades de conservação e da população de forma geral, bem como os aspectos socioculturais característicos de cada região estão entre os principais desafios relacionados ao manejo com fogo. O Quadro 5 a seguir mostra uma descrição das legislações referentes ao uso do fogo no Brasil.

Quadro 5 - Relação da legislação relacionada ao uso de queima prescrita no território brasileiro.

Legislação	Esferas de atuação	Descrição
Decreto Federal nº 2.661 de 1998	Brasil (federal)	Fogo só é permitido em práticas agropastoris e florestais por queima controlada e com autorização prévia do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) atuante no local onde o procedimento deverá acontecer.
Lei Federal nº 12.651 de 2012 (Novo Código Florestal)	Brasil (Federal)	Fogo só é permitido em queima controlada em UC se prevista no Plano de Manejo como forma de manejo e somente em locais pirofíticos; estudos científicos aprovados pelo órgão ambiental e realizados por instituições de pesquisas; quando associadas a atividades agropastoris deve ser acompanhada pelo SISNAMA.

Uma estratégia de gestão ambiental que deveria ser usada para recuperação de áreas degradadas nos ambientes pirofíticos citados anteriormente é a queima prescrita, a qual pode ser utilizada em áreas protegidas para reduzir a biomassa vegetal que serve como combustível para queima, de forma a evitar a ocorrência de incêndios de maiores proporções e destrutíveis no ecossistema em questão (ANDERSEN et al., 2005; LARA et al., 2007; FIEDLER et al., 2004).

Além disso, seu uso permite a rebrota da vegetação, a qual será utilizada por diferentes espécies como locais de refúgio ou alimentos (SILVEIRA, 2017; LASHLEY et al., 2015; CROWTHER et al., 2016) e pode ser usada no preparo do solo para restauração ecológica e eliminação de espécies vegetais exóticas (CORDEIRO, 2018).

Uma das formas de avaliar os efeitos de estratégias de gestão em uma área protegida é a utilização dos estudos de indicadores de qualidade ambiental, ou seja, fatores que refletem as condições de sustentabilidade de um ecossistema (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). Organismos podem ser escolhidos como bioindicadores pela forma com a qual se relacionam com o ambiente ou respondem a determinadas situações, ou ainda por serem de fácil observação (BAGLIANO, 2012). Por exemplo, o estudo de comunidades vegetais pode fornecer informações relacionadas tanto aos aspectos abióticos de um ecossistema natural (solo, água e ar) como aos aspectos bióticos desse mesmo ambiente (comunidades de outros seres vivos).

A escolha de seres vivos como indicadores do status das condições de um determinado ambiente (bioindicadores), podem fornecer dados que auxiliem a avaliação dos riscos ecológicos daquele ecossistema (ARIAS et al., 2007), podendo contribuir também com a proposição de novas técnicas de manejo e gestão.

Os insetos, de forma geral, realizam diversas funções relacionadas a manutenção dos ecossistemas onde estão inseridos, dentre elas: ciclagem de nutrientes, polinização, dispersão de sementes, controle populacional de outros seres vivos e fluxo de energia (OLIVEIRA et al., 2014; WINK et al., 2005). Por serem um grupo muito diverso e representarem importância para os processos ecossistêmicos em diferentes níveis, os insetos são considerados bons indicadores de qualidade ambiental (WINK et al., 2005). E algumas espécies de vertebrados pertencentes aos grupos dos anfíbios, répteis, aves e mamíferos podem também servir como bioindicadores, considerando a riqueza e a abundância dessas espécies nos ambientes em que vivem (BONVICINO et al., 2002; UBAID et al., 2007; BERTOLUCI et al., 2009).

3.2.3 Cerrado

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul e originalmente ocupava aproximadamente 204,7 milhões de hectares (24%) de todo o Brasil (Figura 4). (ROCHA et al., 2011). Sua extensão territorial percorre, além do Distrito Federal, os Estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, São Paulo e Paraná, onde atinge seu limite austral (IBGE, 2021).

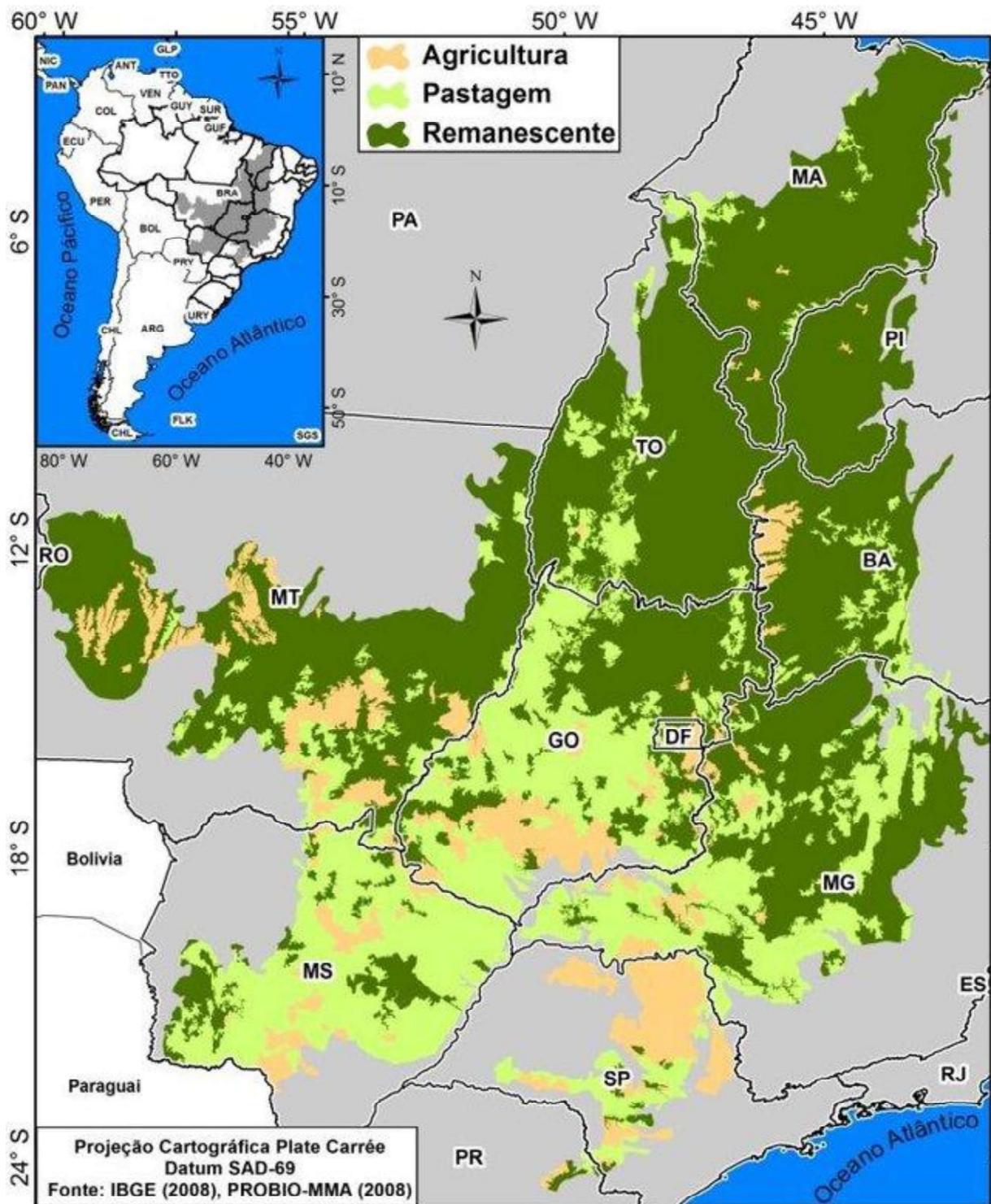


Figura 4 - Distribuição e uso de terra do bioma Cerrado (ROCHA et al., 2011).

Possui clima estacional, com precipitação média anual de 1500 mililitros no período chuvoso e temperatura variando entre 22°C a 27°C durante o ano (KLINK; MACHADO, 2005). Além de ser responsável por 14% da produção hídrica do país, o Cerrado engloba as nascentes de seis grandes bacias hidrográficas do Brasil e as três

maiores bacias da América do Sul (FELFILI et al., 2005). É considerado a savana que possui maior riqueza em termos de biodiversidade dentre todas as savanas do planeta (IBGE, 2021). Isso é resultado do clima, da diversidade de solos, diferentes fitofisionomias e espécies animais pertencentes ao bioma.

Os diferentes tipos de solos que podem ser encontrados no Cerrado são: argissolos, latossolos, neossolos (quartzarênicos, litólicos e flúvicos), plintossolos, nitossolos vermelhos, cambissolos, chernossolos, gleissolos e organossolos méxicos (REATTO; MARTINS, 2005). Essa variação de solos que se distribuem ao longo do território do bioma, permite uma heterogeneidade paisagística e abriga diversas fitofisionomias, que podem ser agrupadas em três tipos de formações principais: florestal (cerradão e mata seca), savânica (Cerrado stricto sensu e raso) e campestre (Campo Cerrado, Campo Sujo e Campo Limpo) (MACHADO et al., 2008).

São conhecidas mais de 10.000 espécies vegetais no bioma (IBGE, 2021), dentre elas: *Solanum lycocarpum* (SILVEIRA et al., 2019) (utilizada na alimentação de alguns animais do Cerrado e pelo ser humano com finalidades medicinais) (OLIVEIRA et al., 2012), *Annona crassiflora* (de importância econômica para o ser humano) (PIMENTA et al., 2014), *Anadenanthera peregrina* (também de valor econômico para o ser humano) (SARTORI et al., 2014), *Hymenaea stigonocarpa* (PEREIRA et al., 2011), *Bauhinia forficata* (de importância medicinal para o ser humano) (SIMÕES; ALMEIDA, 2015) entre outras. Cerca de 615 das espécies conhecidas se encontram ameaçadas, principalmente as espécies que pertencem às famílias Asteraceae, Fabaceae, Orchidaceae, Cactaceae e Bromeliaceae. Das 615 espécies ameaçadas, 296 espécies são endêmicas do Cerrado (SANTOS, 2014).

Em relação aos vertebrados, o bioma abriga 837 espécies de aves (IBGE, 2021), como *Rhea americana*, *Cariama cristata*, *Athene cunicularia*, *Theristicus caudatus*, *Charitospiza eucosma*, *Cyanocorax cristatellus*, *Porphyrospiza caerulescens* e *Saltatricula atricollis* (as últimas quatro citadas são endêmicas do Cerrado) (ROCHA et al., 2015), 161 espécies de mamíferos (19 delas endêmicas) (IBGE, 2021), como *Panthera onca*, *Chrysocyon brachyurus*, *Myrmecophaga tridactyla*, *Blastocerus dichotomus*, *Leopardus tigrinus*, *Speothos venaticus*, *Leopardus wiedii* (GOMES, 2016), 150 espécies de anfíbios e 120 espécies de répteis (IBGE, 2021).

A partir da década de 1960 o Cerrado passou a sofrer modificações e sua vegetação nativa começou a ser substituída por áreas destinadas principalmente à

agropecuária (IBGE, 2021), além dos problemas decorrentes da poluição, fragmentação de habitats e presença de espécies exóticas no bioma (FERNANDES; PESSÔA, 2011).

Outra ameaça ao bioma é a supressão do fogo. No Cerrado, o fogo é um fator ambiental capaz de moldar e manter suas características naturais. A vegetação do bioma apresenta modificações específicas que as permitem resistir ou se recuperarem do distúrbio (FIDELIS; PIVELLO, 2011). Entretanto, após os últimos eventos relacionados à presença de fogo em outros biomas brasileiros, como os que ocorreram na Floresta Amazônica, a população brasileira e seus líderes, de forma geral, rejeitaram ainda mais a ocorrência de fogo em quaisquer áreas nativas, de modo que o fogo não vem sendo utilizado como ferramenta de conservação como deveria (DURIGAN, 2020).

As ameaças presentes na savana de maior biodiversidade do planeta a tornaram uma área prioritária para conservação (“hotspot”) (FERNANDES; PESSÔA, 2011). Mesmo assim, atualmente apenas 1,7% do bioma se apresenta em áreas protegidas, insuficiente para atender ao endemismo das diferentes regiões de Cerrado (SILVA et al., 2012). Rocha et al. (2011) apresentam a proporção da área nativa de Cerrado que existe em cada um dos estados brasileiros (Figura 5).

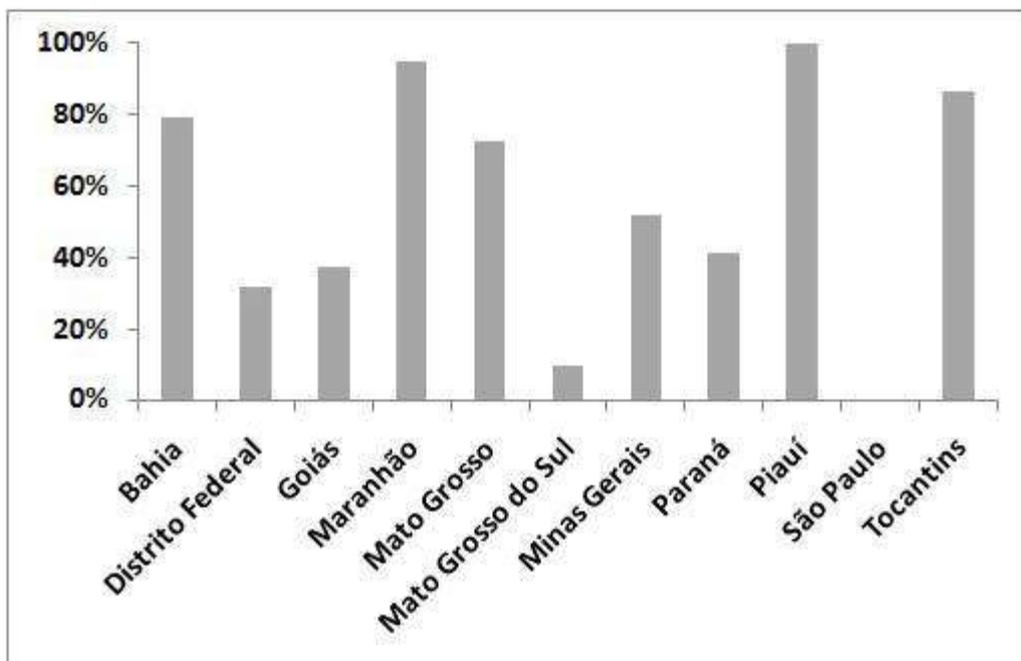


Figura 5 - Proporção de área nativa de Cerrado distribuída pelos estados brasileiros (ROCHA et al., 2011).

Existem 189 UC para o Cerrado no Brasil (SANTOS, 2014), mas no Paraná existem apenas quatro UC que contemplam remanescentes desse bioma: Área de Proteção Ambiental da Escarpa Devoniana, Parque Estadual do Cerrado, Parque Estadual do Vale do Codó e Parque Estadual do Guartelá (IAT, 2021). As estratégias de conservação são específicas para cada uma dessas unidades, mas o uso do fogo ainda não é amplamente utilizado na conservação dos remanescentes de Cerrado nessas áreas. Isso pode ser consequência das leis estaduais que limitam o uso do fogo (Quadro 6).

Quadro 6 - Relação da legislação relacionada ao uso de fogo no Estado do Paraná.

Legislação	Esferas de atuação	Descrição
Resolução SEMA nº 076 de 2010	Paraná (estadual)	Eliminação gradativa da despalha de cana-de-açúcar com uso de queimada controlada; sua eliminação total deverá ser alcançada até o ano de 2025
Lei Estadual nº 11.054 de 1995	Paraná (estadual)	Proíbe o uso de fogo em quaisquer formas de vegetação, exceto para limpeza e manejo e após passar pelos critérios que garantam o controle das queimadas.
Decreto nº 4.223 de 1998	Paraná (estadual)	Queimadas controladas devem ter permissão do órgão ambiental estadual, o qual será responsável pelo monitoramento e aplicação do fogo.

Devido à grande biodiversidade e as constantes ameaças que acometem o Cerrado, muitos estudos focam no funcionamento de seus processos ecológicos e adaptações das espécies, como os estudos de Silva (2016); Alves et al. (2016); Costa; Rodrigues (2015); Cassino et al. (2016) e Mendes-Rodrigues et al. (2018), além de buscarem compreender as consequências das atividades humanas, principalmente as agrosilvopastoris, em seus serviços e recursos ecossistêmicos, como os estudos de Silva (2020), Falcão et al. (2020), Azevedo et al. (2020), Lima et al. (2019) e Lopes et al. (2020).

3.2.4 Comunidades de insetos

Os insetos pertencem à classe Hexapoda do filo Arthropoda e formam o clado de maior riqueza de espécies dentre todos os grupos de animais até hoje conhecidos, cerca de um milhão de espécies catalogadas e resultantes de 400 milhões de anos

de processo evolutivo do grupo. Apesar de terem o corpo dividido em um padrão de três tagmas (cabeça, tórax e abdômen, com os três pares de apêndices locomotores fixos no tórax), os insetos apresentam diversas características adaptativas em relação à sua estrutura e ecológica, o que os permite ocupar diferentes nichos ecológicos nos mais diversos ambientes terrestres e em alguns ambientes de água doce (RAFAEL et al., 2012).

O estudo da comunidade de insetos vem sendo desenvolvido em diversas áreas com os mais diversos objetivos: avaliação de sistemas agrícolas, avaliação do potencial de transmissão de doenças para seres humanos e outros animais, estudos forenses e estudos relacionados à biologia da conservação a partir da análise de processos ecológicos e levantamento de biodiversidade local (LEIVAS; CARNEIRO, 2012). O Quadro 7 a seguir apresenta alguns trabalhos desenvolvidos com insetos.

Quadro 7 - Descrição de alguns estudos realizados a partir da análise da comunidade de insetos para diferentes fins.

Fonte	Título	Contribuição do estudo
Lovatto et al. (2012)	A interação co-evolutiva entre insetos e plantas como estratégia ao manejo agroecológico em agrossistemas sustentáveis	A co-evolução entre plantas, insetos e microrganismos mantém o ecossistema. É necessário levar em consideração a agrobiodiversidade para manejar agrossistemas sustentáveis.
Wermelinger; Ferreira (2013)	Métodos de controle de insetos vetores: um estudo das classificações	Classificação dos métodos de controle de vetores de doença é muito divergente e dificulta o controle efetivo desses vetores.
Cunha et al. (2014)	Insetos Polinizadores em Sistemas Agrícolas	Insetos polinizadores são essenciais na preservação e recuperação do ambiente natural e em sistemas agrícolas.
Oliveira et al. (2014)	Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação	Insetos devem ser usados como bioindicadores, pois indicam níveis de degradação ambiental causado por diferentes atividades antrópicas.
Brigic et al. (2017)	Spatial distribution of insect indicator taxa as a basis for peat bog conservation planning	Presença de formigas e besouros carabídeos indicam valor de conservação para o habitat.
Souza et al. (2018)	Serviços ecológicos de insetos e outros artrópodes em sistemas agroflorestais	Agrossistemas dependem e são beneficiados pelos serviços ambientais realizados pelos insetos.
Gondim et al. (2018)	Lipid metabolismo in insect disease vectors	As diferenças existentes entre os hábitos de insetos hematófagos e os demais insetos podem ser utilizadas para explorar estratégias específicas de controle de vetores, reduzindo o impacto ecológico. Porém, mais estudos são necessários.
Wang et al. (2019)	Forensic entomology application in China: four case reports	A entomologia forense contribui cada vez mais para os estudos forenses.
Souza et al. (2019)	Aplicações do <i>Deep Learning</i> para diagnóstico de doenças e	Técnica de <i>Deep Learning</i> pode ser usada para diagnosticar doenças e identificar seus vetores,

Fonte	Título	Contribuição do estudo
	identificação de insetos vetores	auxiliando a otimização da vigilância de insetos vetores de doenças tropicais.
Fratczak-Lagiewska; Matuszewski (2019)	The quality of developmental reference data in forensic entomology: Detrimental effects of multiple, <i>in vivo</i> measurements in <i>Creophilus maxillosus</i> L. (Coleoptera: Staphylinidae).	Várias medições <i>in vivo</i> de insetos prejudicam a qualidade dos dados de desenvolvimento.
Lutz; Amendt (2020)	Precocious egg development in wild <i>Calliphora vicina</i> (Diptera: Calliphoridae) – Na issue of relevance in forensic entomology?	Ovos precoces devem ser analisados para compreender melhor os cenários forenses estudados.
Hall; Martins (2020)	Human dimensions of insect pollinator conservation	O ser humano vem dando mais atenção e importância aos insetos nos últimos anos. Deve haver uma parceria entre entomologistas, pesquisadores e sociedade de modo geral para conservação de insetos e do ambiente como um todo. Insetos polinizadores podem ser espécies focais de conservação.

Dentre os insetos que vivem em diferentes camadas do solo, são considerados os mais representativos em termos de dados ecológicos os membros das ordens Collembola, Isoptera, Coleoptera, Hymenoptera e Diptera (LEIVAS; CARNEIRO, 2012). Os representantes da ordem Collembola não possuem asas, mas apresentam adaptações que permitem sua sobrevivência em todos os ambientes terrestres espalhados pelo planeta, além de responderem rapidamente às alterações ambientais (ZEPPELINI; BELLINI, 2017). Os colêmbolos são importantes componentes do solo por atuarem na ciclagem de nutrientes, controle da população de fungos e decomposição da matéria orgânica, além de servirem de alimento para outras espécies de artrópodes (NUNES, 2019) e serem indicadores para estudos dos efeitos ambientais após a ocorrência de algum distúrbio (STERZYNSKA; SKLODOWSKI, 2018).

Os membros da ordem Isoptera são conhecidos popularmente como cupins e constituem em mais de 2.600 espécies descritas atualmente, 70% delas pertencentes à família Termitidae (INWARD et al., 2007). São considerados indivíduos essenciais na manutenção dos processos de decomposição de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, além de serem sensíveis às mudanças ambientais, como fragmentação de habitats (SILVA; OLIVEIRA, 2019).

Vivem de forma social a partir da construção de ninhos subterrâneos, epígeos ou arbóreos a partir de partículas do solo e/ou excrementos. Tais ninhos possuem

tuneis, galerias e cavidades interligadas formando um ambiente único com um microclima específico (BARBOSA-SILVA et al., 2016).

Coleoptera, ordem com 350 mil espécies conhecidas (35% de todos os insetos) é a ordem dos besouros, indivíduos cosmopolitas que ocupam ecossistemas terrestres e de água doce e cujo sucesso de sobrevivência e diversidade podem ser atribuídos à esclerosação das estruturas externas do corpo e transformação das asas anteriores em élitros (otimizam a redução da perda de água) (RAFAEL et al., 2012). Os coleópteros são sensíveis às mudanças ambientais causadas por atividades antrópicas (POMPEO et al., 2016) com destaque para as famílias Carabidae, Cerambycidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Scarabaeidae e Staphylinidae, que podem atuar em diversos processos ecossistêmicos, como ciclagem de nutrientes, decomposição, polinização e predação de pragas (GASPAR, 2018).

Os membros da ordem Hymenoptera são conhecidos como formigas, vespas e abelhas e abrangendo entre 110 mil a 130 mil espécies descritas. Junto com Diptera, Coleoptera e Lepidoptera formam os quatro maiores grupos de insetos em termos de diversidade (no Brasil existem cerca de 10 mil espécies) (RAFAEL et al., 2012). Dentro da ordem, as formigas (família Formicidae) recebem destaque pela sua distribuição em diversos estratos presentes dentro de um ecossistema e por atuarem na estrutura do solo e manutenção da ciclagem de nutrientes (CONCEIÇÃO et al., 2017).

Finalmente, Diptera é a ordem das moscas e mosquitos e engloba cerca de 153.000 espécies catalogadas, mais de 31.000 espécies na região neotropical e 8.700 espécies no Brasil. Alguns são usados em estudos médicos por serem vetores de doenças importantes para o ser humano e animais domésticos, mas existem indivíduos usados em estudos genéticos e no controle de pragas (RAFAEL et al., 2012).

Em termos de conservação, a comunidade de insetos terrestres é muito utilizada como bioindicadora, por revelar diferentes estágios de conservação e degradação ambiental. Isso se deve ao conjunto de características que os tornam bons indicadores, tais como: respostas demográficas mais rápidas, podem ser coletados em maiores quantidades e em escalas mais refinadas, apresentam grande diversidade de espécies, participam de diferentes processos e relações ecológicas, sua taxonomia e processo evolutivo são bem descritos, apresentam ciclo de vida curto e fidelidade de habitat (LEIVAS; CARNEIRO, 2012).

Em ambientes que registraram ocorrências de registros de incêndios, os insetos também podem ser utilizados como bioindicadores devido sua sensibilidade às mudanças e condições ambientais proporcionadas pela queima (ELIA et al., 2012), assim como mostrado por Fávero et al. (2010) em estudo realizado no Cerrado do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, o qual indica que dípteras podem ser usados como bioindicadores de conservação ambiental em ambientes pirofíticos por sofrerem influência do manejo do fogo; ou ainda, conforme constatado por Monteiro (2015), cupinzeiros construídos por isópteros *Velocitermes heteropterus* apresentaram resistência às variações de temperatura provocadas pelo manejo do fogo em 2012 no Parque Nacional da Serra do Cipó, cujo bioma predominante também é o Cerrado. Essa característica protegeu os organismos que estavam presentes dentro do cupinzeiro.

No Cerrado, bioma de diferentes fitofisionomias, a diversidade e abundância de insetos ainda é pouco conhecida, mas estima-se que exista uma quantidade considerável de espécies endêmicas e que a distribuição e abundância do grupo seja influenciada por fatores bióticos e abióticos (tais como a alterações estacionais e períodos seco e chuvoso) (OLIVEIRA; FRIZZAS, 2008). Desse modo, o estudo desses invertebrados presentes em um bioma com tanta diversidade estrutural se faz importante não somente para atualizar o conhecimento a respeito da diversidade do grupo no bioma, mas também para ajudar a compreender os efeitos da conservação e degradação das características desse ambiente.

Devido o Cerrado ser um ambiente fogo-dependente e considerando que a comunidade de insetos que habitam o bioma, o estudo das respostas dos insetos em relação à ocorrência de fogo é essencial para estabelecer novas estratégias de manejo em unidades de conservação. É conhecido que devido suas especificidades, os diferentes grupos de insetos podem responder de diferentes formas ao manejo com fogo. Por exemplo: alguns ortópteros e coleópteros apresentam características que lhes permitem sobreviver ao fogo, mas outros organismos da mesma classe sofrem prejuízos em períodos de fogo (KOLTZ et al., 2018); Diptera, Isoptera e Collembola são as ordens mais sensíveis à ocorrência de fogo em áreas de campo sujo, enquanto que Coleoptera, Hymenoptera e Lepidoptera parecem colonizar mais rapidamente a mesma área logo após a queima (DINIZ; MORAIS, 2008).

3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo tem natureza aplicada, de modo que fornece novos dados que possam ser utilizados para resolver determinadas situações de forma prática. Além disso, se trata de uma pesquisa descritiva, pois descreve os fenômenos e fatos observados durante o desenvolvimento do estudo e utiliza metodologia específica para coleta e análise de amostras coletadas em campo além de referencial teórico disponível em documentos técnicos e artigos científicos (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Os procedimentos metodológicos descritos a seguir estão divididos em dados de pesquisa de campo e dados de referencial teórico, ambos autorizados pelo órgão gestor da unidade em estudo, o IAT.

3.3.1 Área em estudo

A área estudada na presente pesquisa é o Parque Estadual do Cerrado (PEC), inserido no Segundo Planalto Paranaense e localizado no município de Jaguariaíva, Estado do Paraná, região Sul do Brasil (S:24° 10' e W: 49° 39') (Figura 6), criado em 27 de março de 1992 pelo governo estadual através do Decreto 1.232. Sua área se estende por 420,40 hectares tendo o rio Jaguariaíva como limite ao Leste, o ribeirão Santo Antônio como limite ao Norte e propriedades particulares como limites no Sul e no Oeste (IAP, 2002).



Figura 6 - Delimitação da área do Parque Estadual do Cerrado (Jaguariaíva, Paraná, Brasil - imagem retirada do Google Earth).

Além disso a UC tem como órgão gestor o Instituto Água e Terra (IAT), anteriormente denominado Instituto Ambiental do Paraná (IAP) (IAP, 2002). Quando comparadas com outras unidades de conservação do Paraná, o PEC pode ser considerado um pequeno fragmento, mas é a única UC que protege os remanescentes de Cerrado no seu limite mais austral (VON LISINGER et al., 2006).

A região onde se insere o PEC sofre influência do clima temperado (Cfb) e do clima subtropical (Cfa). Nos meses mais quentes (dezembro, janeiro e fevereiro) a temperatura média pode variar entre 21,2°C e 24,3°C, enquanto que nos meses mais frios (junho e julho) a temperatura média diminui para uma variação de 13,8°C a 16,6°C (IAP, 2002). O período chuvoso se estende pelos meses de dezembro a março (150 a 230 milímetros), seguido do período seco se estende pelos meses seguintes até atingir os menores índices pluviométricos entre julho e agosto (75 a 66 milímetros). Os ventos, predominantemente de direção nordeste, possuem velocidade média de 3,4 metros por segundo (IAP, 2002).

Antes da criação da UC grande parte da vegetação original de Cerrado que havia na região foi convertida em área de pastagem e lavoura e o fogo era utilizado para disponibilizar esse espaço no ambiente. A unidade foi criada com o objetivo de proteger os últimos remanescentes de Cerrado no limite austral do bioma. As principais ameaças à UC são a caça, poluição hídrica, erosão do solo e invasão de espécies exóticas, provenientes da área de circunvizinhança, a qual também apresenta uso do solo voltado para atividades de agricultura (IAP, 2002).

De acordo com o estudo desenvolvido por Uhlmann et al. (1998), o PEC apresenta áreas de savana nas quais é possível encontrar campo sujo, campo limpo, campo cerrado e cerrado sensu stricto, além de áreas florestais que fazem ecótono com as áreas de savanas e se estendem até as florestas de galerias. Ainda para os autores, a vegetação savânica presente no PEC é muito semelhante às savanas encontradas no estado de São Paulo devido aos padrões geográficos da distribuição da flora. Além disso, é possível encontrar formações campestres (VON LINSINGER et al., 2006).

Dentre as espécies vegetais que ocorrem no PEC estão *Collisthene minor*, *Maytenus robusta*, *Araucaria angustifolia*, *Copaifera langsdorfii*, *Myrcia breviramis*, *Vochysia tucanorum*, *Pera obovata*, *Anadenanthera peregrina*, *Couepia grandiflora*, *Stryphnodendron adstringens*, algumas espécies em status de ameaça, como *Anacardium humile*, *Diospyros hispida*, *Anemopaegma arvense* e algumas consideradas raras, como *Annona dioica*, *Cayaponia espelina*, *Voyria aphylla* e *Mandevilla coccinea*. Entretanto, existem ainda espécies exóticas que invadiram a área da UC por estarem presentes nas áreas vizinhas: plantas dos gêneros *Pinus*, *Eucalyptus* e *Brachiaria* (IAP, 2002).

Sobre a fauna presente no PEC, os mamíferos são representados por 40 espécies, dentre elas: *Chrysocyon brachyurus*, *Tamandua tetradactyla*, *Myrmecophaga tridactyla* e *Dasybus novemcinctus*. Existem 296 espécies de aves, dentre elas: *Molothrus bonariensis*, *Chiroxiphia caudata* e *Gubernetes yetapa*; 45 espécies de répteis, como *Tropidurus itambere*, *Simophis rhinostoma* (endêmico do Cerrado) e *Bothrops itapetiningae*; além de 22 espécies de anfíbios, como *Hyla semiguttata*, *Bufo ictericus* e *Leptodactylus fuscus* (IAP, 2002).

Por se tratar de um ambiente pirofítico, esperava-se que houvesse um regime de fogo bem definido no bioma. Uhlmann et al. (1998) destacam que a estrutura da vegetação que compõe o campo cerrado do PEC tende a favorecer ocorrência de fogo

e que isso proporcionaria menor possibilidade de instalação de espécies não xeromórficas na área, já que não apresentariam nenhum tipo de característica considerada adaptativa para o fogo. Todavia, não existem registros oficiais de tais eventos, tampouco de suas consequências na área (KOPROSKI, 2010) o que faz com que o histórico de fogo na região seja desconhecido.

De acordo com o estudo desenvolvido por Koproski (2010), a última ocorrência de fogo teria sido na década de 1990, de origem criminosa, com duração de três dias e atingindo 60% da área da UC. Após alguns anos, era possível observar o adensamento da vegetação e a perturbação ambiental dentro da unidade de conservação que abriga remanescentes da savana brasileira em seu limite mais austral. A gestão do parque passou a utilizar queima prescrita como ferramenta de manejo da vegetação e conservação das características naturais do bioma a partir do ano de 2015, repetindo a técnica anualmente sempre entre os meses de julho e agosto (SILVEIRA, 2017) por ser um período que promove a rebrota e, conseqüentemente, a sucessão ecológica. O presente estudo irá utilizar algumas das parcelas que sofreram manejo com fogo a partir de 2015.

3.3.2 Coleta e análise de dados de pesquisa de campo

Optou-se por considerar três parcelas de estudo, todas localizadas em áreas que originalmente eram de campos limpos/sujos, ou seja, predominância de gramíneas e espécies de hábito herbáceo, com presença esporádica de espécies arbustivas e raras ocorrências de vegetação arbórea. Essa caracterização se dá pela presença de solos mais rasos (IAP, 2002). Entretanto, a ausência de ocorrência de fogo nessa área permitiu, ao longo dos anos, o adensamento da vegetação de forma desenfreada e a presença frequente de espécies arbóreas.

A escolha de tais parcelas se justifica pelo manejo da vegetação que ocorreu em cada parcela: duas delas receberam manejo do fogo e uma não, como será descrito adiante. As diferentes estratégias utilizadas podem mostrar diferentes respostas da entomofauna estudada quanto a presença e ausência de fogo. As parcelas selecionadas receberam a seguinte denominação: parcela controle (P1), parcela fogo 1 (P2) e parcela fogo 2 (P3), cada uma com 210.000 m² de área. As

parcelas foram estudadas igualmente para que fosse possível realizar um comparativo em relação aos efeitos do manejo do fogo para restauração do ecossistema em cada tratamento.

Assim, a parcela controle (Figura 7 – a e b) é uma parcela que não sofreu qualquer tipo de interferência para restauração da vegetação de Cerrado, ou seja, não houve manejo por meio do uso de fogo, de forma que a vegetação mais densa do que se esperaria de um campo limpo/campo sujo, permaneceu intacta.

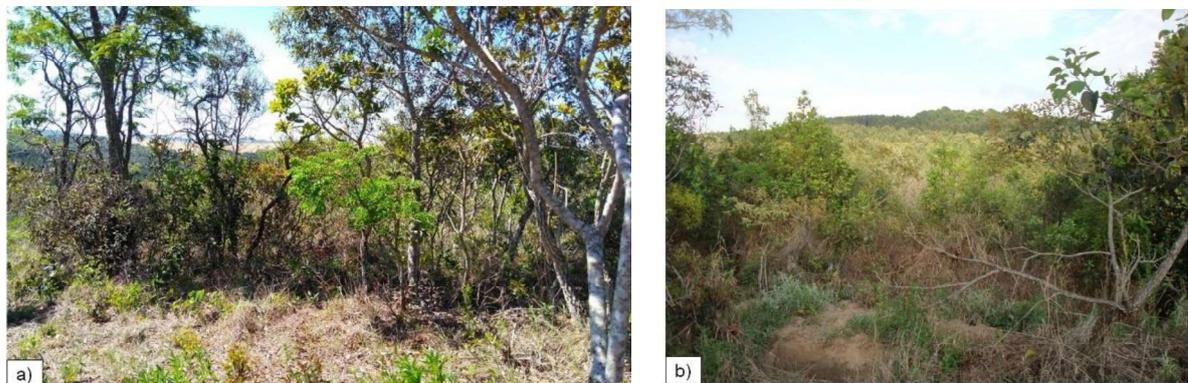


Figura 7- a) e b) Vegetação presente na Parcela Controle no Parque Estadual do Cerrado, Paraná, Brasil.

A parcela de fogo 1 (Figura 8 de a até d) foi a primeira área da UC a receber tratamento por meio do manejo da vegetação com uso de fogo em julho de 2015. Após o estabelecimento e o preparo dos aceiros, o fogo foi introduzido de forma unidirecional e controlada pelo órgão gestor (IAT), a equipe de corpo de bombeiros de Ponta Grossa e voluntários das áreas privadas localizadas no entorno da UC.

Neste primeiro momento, devido à umidade da biomassa combustível, o manejo da vegetação através do fogo não foi suficiente para consumir adequadamente essa biomassa, de modo que em agosto de 2016 e de 2017 o manejo se repetiu com maior sucesso, permitindo a ocorrência de rebrota de plantas e floração. Após esses três eventos de fogo, foi feita uma pausa nos anos de 2018 e 2019, nos quais o manejo com fogo controlado não ocorreu nessa parcela, para que fosse possível verificar de que forma a área respondia ao tratamento.

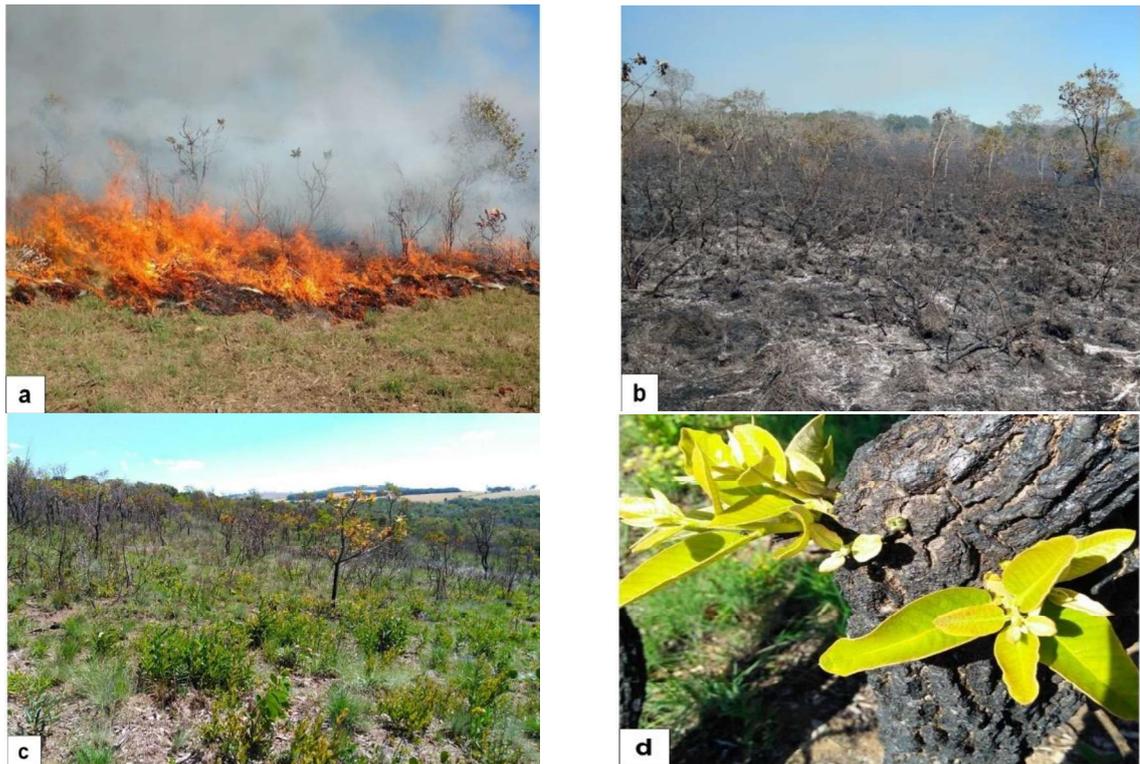


Figura 8 - a) Registro do manejo com fogo em julho de 2015 na parcela de fogo 1 no Parque Estadual do Cerrado, Paraná, Brasil; b) Registro da parcela de fogo 1 após o manejo com fogo em agosto de 2016; c) e d) Registro da rebrota e floração da parcela de fogo 1 no Parque Estadual do Cerrado, Paraná, Brasil; b) Registro da parcela de fogo 1 após o manejo com fogo em agosto de 2016; c) e d) Registro da rebrota e floração da parcela de fogo 1 após um mês do manejo com fogo em agosto de 2016.

Finalmente, a parcela de fogo 2 (Figura 9) recebeu o manejo da vegetação através do fogo controlado entre os meses de julho e agosto dos anos de 2017 e 2018 utilizando a mesma metodologia aplicada na parcela de fogo 1 nos anos anteriores.



Figura 9 - Registro do manejo da vegetação através do fogo controlado entre julho e agosto de 2017 na parcela de fogo 2 do Parque Estadual do Cerrado, Paraná, Brasil.

É importante destacar que em todos os manejos utilizando o fogo, o mesmo se caracterizou como de pequeno a médio porte e foi inserido de forma unidirecional com a finalidade de evitar ao máximo possível prejuízos para a fauna, e permitir que os animais tivessem a possibilidade de encontrar refúgios ou de se deslocarem para não serem atingidos pelo distúrbio.

A coleta de dados em campo se deu igualmente em todos os tratamentos estudados. A amostragem da comunidade de insetos consistiu no uso de armadilhas de interceptação e queda (*pitfall traps*), que se caracteriza por ser um recipiente de plástico enterrado no solo e com sua abertura posicionada no nível da superfície do solo. O recipiente utilizado neste estudo possuía dimensões de 10,5 centímetros de altura por 8,5 centímetros de diâmetro da boca e 5 centímetros de diâmetro de profundidade, capacidade para 400 mililitros de volume.

No interior do recipiente deve ser adicionada uma mistura capaz de conservar o material coletado para análise em laboratório, tudo deve ser protegido de chuva para que a mistura do recipiente não seja diluída. No presente estudo, foi adicionada uma mistura de glicerina (ou detergente neutro) com álcool na concentração 80%. A mistura e o recipiente são protegidos da chuva por uma cobertura de plástico de aproximadamente 15 centímetros de diâmetro fixada ao chão por três hastes de madeira de 25 centímetros de comprimento (Figura 10). Ao caminharem sobre o solo, os insetos caem na armadilha e são fixados devido à presença de álcool na mistura contida no recipiente.



Figura 10 - Modelo de armadilha de interceptação e queda (*pitfall trap*) para estudos de comunidade de insetos.

Armadilhas de interceptação e queda são opções baratas e simples para estudos ecológicos relacionados principalmente a insetos que habitam o solo. Além disso, consistem em uma técnica passiva de coleta que pode informar uma aproximação mais eficaz do número total de espécies que compõem a comunidade de insetos (MARCHIORI, 2016), também foram utilizadas em estudos sobre as respostas de insetos em relação ao fogo desenvolvidos por Smith et al. (2018) e Campbell et al. (2018), por exemplo.

Foram realizadas duas campanhas de amostragem da comunidade de insetos, uma em novembro de 2018 e outra em maio de 2019, em ambas as campanhas foram instaladas, de forma aleatória, oito armadilhas *pitfall traps* em cada tratamento, cada uma das armadilhas permaneceu em campo por um período de sete dias ininterruptos em cada campanha, totalizando um esforço amostral de 48 amostras e 14 dias. Após o período de sete dias, as armadilhas foram recolhidas, etiquetadas adequadamente e encaminhadas para laboratório para triagem.

Os insetos coletados nas armadilhas foram classificados em nível de família utilizando Rafael et al. (2012) e Buzzi (2013) e foram posteriormente confirmados pelas profissionais especialistas Doutora Camila Fediuk de Castro Guedes e Doutora

Edinalva Oliveira. Os dados adquiridos a partir das armadilhas foram organizados em planilhas do Excel para posterior análise estatística.

A análise dos dados coletados foi qualitativa-quantitativa, considerando não só a classificação dos organismos coletados em nível de família, mas também a quantidade de indivíduos pertencentes a cada táxon, verificando suas frequências de ocorrência relativa e absoluta e sua distribuição entre os três tratamentos estabelecidos.

Para a análise estatística dos dados coletados foi utilizado o programa *Past 3*. Neste programa foi realizado o teste “W” de normalidade Shapiro-Wilk, que mostrou distribuição dos dados não paramétrica ($p > 0$).

O teste não paramétrico utilizado foi o teste Kruskal-Wallis. Para análise dos resultados foram estabelecidas duas hipóteses a respeito da comunidade de insetos de modo geral descritas da seguinte forma:

- Hipótese inicial (H_0): houve diferença significativa em termos estatísticos em pelo menos uma das parcelas em relação ao seu uso pelos organismos estudados. A hipótese deveria ser aceita se o valor de p fosse inferior ao valor de α (5%).
- Hipótese alternativa (H_1): não houve diferença significativa em termos estatísticos em relação ao uso das parcelas pelos organismos estudados. A hipótese deveria ser aceita se o valor de p fosse superior ao valor de α (5%).

Após as análises estatísticas, foram feitas as análises de riqueza (contagem de todas as espécies coletadas na comunidade), diversidade (combinação da riqueza, abundância relativa e equitabilidade das espécies), abundância e dominância da comunidade de insetos utilizando os seguintes índices ecológicos: Índice de Margalef¹ (RICKLEFS, 2010), Índice de Similaridade de Jaccard² (PINTO-COELHO, 2000) e Índice de Shannon-Wiener⁴ (SHANNON; WEAVER, 1949).

¹*Índice de Margalef:*

$$D = \frac{(S - 1)}{\text{Log}^2[N]}$$

Em que:

S = número de espécies da amostra.

N = número total de indivíduos das espécies coletadas.

²Índice de similaridade de Jaccard:

$$J_{i,j} = \frac{a}{(a + b + c)}$$

Em que:

$J_{i,j}$ = coeficiente de similaridade entre as áreas i e j.

a = número de espécies que co-ocorrem em ambas as áreas i e j.

b = número de espécies que ocorrem na área j sem ocorrerem na área i.

c = número de espécies que ocorrem na área i sem ocorrer na área j.

⁴Índice de Shannon-Wiener:

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

Em que:

i = espécie estudada

n = número de indivíduos da espécie i.

p_i = valor de importância.

Σ = somatória.

\ln = logaritmo.

Os índices ecológicos são necessários por serem capazes de mensurar a presença das diferentes espécies presentes em uma área estudada, bem como as interações existentes entre essas espécies e como podem se relacionar com o ambiente.

3.3.3 Coleta e análise de dados do referencial teórico

Além da análise dos dados coletados na pesquisa de campo, também foi realizado um estudo de caso em relação à gestão desenvolvida no PEC do ano de 2006 a 2020 e suas consequências na conservação dos remanescentes de Cerrado

presentes na UC. A Figura 11 a seguir apresenta uma síntese da metodologia utilizada para realizar o estudo de caso.



Figura 11 - Síntese da metodologia utilizada para realização do estudo de caso sobre a gestão realizada no Parque Estadual do Cerrado, Paraná, Brasil.

O referencial teórico utilizado para o estudo de caso foi dividido em dois grandes grupos: documentação proveniente do órgão gestor da unidade (IAT) e revisão de literatura. A análise de documentação fornecida pelo IAT consistiu em coletar dados sobre as estratégias de manejo e gestão da unidade entre os anos de 2006 e 2020. Tais informações englobam a quantidade de visitantes, pesquisas científicas desenvolvidas na unidade, construção e implementação de estratégias de educação ambiental, uso do fogo para conservação, controle de espécies exóticas e, se possível, informações sobre as principais dificuldades enfrentadas pelos responsáveis pela gestão da unidade.

Simultaneamente, foi realizada uma revisão de literatura com a finalidade de buscar todos os estudos científicos desenvolvidos no PEC e disponíveis na plataforma Google Acadêmico. Para isso, foram utilizadas as palavras-chave “Parque Estadual do Cerrado” e não foram estabelecidos filtros de pesquisa (como período de publicação ou idioma). O levantamento dos artigos científicos ocorreu nos dias 04 e 05 de fevereiro de 2021. Os critérios de inclusão consistiram em conter o nome da unidade de conservação estudada no título e/ou resumo. Excluíram-se os artigos cujos títulos apresentavam nomes de outras unidades de conservação que não

fossem a UC estudada. Artigos repetidos foram contados apenas uma vez. Uma vez que os artigos fossem selecionados poderia ser feita a leitura completa dos mesmos.

Os resultados desses estudos, fornecem informações relacionadas aos efeitos que algumas das estratégias de gestão da UC desempenharam no ecossistema como um todo, por exemplo: levantamento e análise de flora, fauna, solo, água e qualidade do ar, além de estudos de gestão ambiental. A revisão de literatura e a análise da gestão do PEC são complementares uma à outra e permitem o desenvolvimento de uma linha do tempo que mostre as ações (estratégias) e suas possíveis consequências (efeitos) na conservação do PEC.

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1 COMUNIDADE DE INSETOS

Foram coletados no presente estudo um total de 4.672 indivíduos, 854 na campanha de novembro de 2018 e 3.818 na campanha de maio de 2019. As ordens mais representativas foram Collembola (1.753 indivíduos), Hymenoptera (1.409 indivíduos), Coleoptera (668 indivíduos), Diptera (567 indivíduos) e Orthoptera (179 indivíduos). Além delas foram encontrados indivíduos das ordens Blattaria, Dermaptera, Hemiptera, Isoptera, Lepidoptera, Mantodea e Protura (Tabela 1).

Tabela 1 - Levantamentos qualitativo e quantitativo dos organismos da comunidade de insetos coletados por armadilhas de interceptação e queda em novembro de 2018 e maio de 2019 no Parque Estadual do Cerrado, Jaguariaíva, Paraná, Brasil na Parcela Controle (P1), Parcela Fogo 1 (P2) e Parcela Fogo 2 (P3).

Táxon	P1	P2	P3	Total amostrado
Ordem Blattaria				
Família Blattodea	15	7	16	38
Ordem Coleoptera				
Família Carabidae	1	1	2	4
Família Elateridae	3	2	10	15
Família Scarabaeidae	85	203	173	461
Família Staphylinidae	72	47	69	188
Ordem Collembola				
Família Entomobryidae	202	785	288	1.275
Família Sminthuridae	142	308	28	478
Ordem Dermaptera				

Táxon	P1	P2	P3	Total amostrado
Família Pygidicranidae	9	2	1	12
Ordem Diptera				
Família Asilidae	0	1	0	1
Família Calliphoridae	8	4	4	16
Família Phoridae	34	201	25	260
Família Piophilidae	45	43	38	126
Família Sciaridae	14	39	15	68
Sem identificação	32	47	17	96
Ordem Hemiptera				
Sem identificação	1	3	4	8
Ordem Hymenoptera				
Família Formicidae	370	489	536	1.395
Família Vespidae	2	2	2	6
Sem identificação	3	3	2	8
Ordem Isoptera				
Família	3	6	1	10
Ordem Lepidoptera				
Sem identificação	4	0	2	6
Ordem Mantodea				
Família Mantoididae	0	1	0	1
Ordem Orthoptera				
Família Phalangopsidae	50	48	56	154
Sem identificação	5	8	12	25
Ordem Protura				
Sem identificação	10	9	2	21
TOTAL				4.672

Os grupos biológicos mais representativos nesta coleta de dados (Collembola, Coleoptera e Formicidae) estão entre os grupos biológicos mais abundantes presentes em áreas de savanas florestais no norte da Austrália (VASCONCELOS et al., 2009).

O resultado do teste Kruskal-Wallis mostrou que o valor de p foi superior ao valor de α , ou seja, a hipótese aceita neste caso é a hipótese alternativa que afirma que não há diferença significativa quanto ao uso das parcelas pela comunidade de insetos estudada como um todo. Alguns fatores podem estar relacionados a este resultado: alta proximidade entre as parcelas estudadas, tamanho da área estudada, influência da circunvizinhança, quantidade de campanhas realizadas.

Os resultados das análises ecológicas estão disponíveis na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - Análises ecológicas da distribuição dos organismos da comunidade de insetos coletados por armadilhas de interceptação e queda em novembro de 2018 e maio de 2019 no Parque Estadual do Cerrado, Jaguariaíva, Paraná, Brasil na Parcela Controle (P1), Parcela Fogo 1 (P2) e Parcela Fogo 2 (P3).

Índices ecológicos	P1	P2	P3
Riqueza de Taxa	20	21	20
Abundância	1110	2259	1303
Dominância	0,1768	0,2043	0,2428
Diversidade de Shannon-Wiener	2,126	1,914	1,846
Riqueza de Margalef	2,71	2,59	2,649
Equitabilidade de Jaccard	0,7098	0,6286	0,6162

Os resultados apresentados pelas análises ecológicas dos dados coletados mostram que não há uma diferença significativa quanto à riqueza dos grupos taxonômicos encontrados em cada uma das parcelas estudadas, porém, é possível observar que a abundância de indivíduos foi maior em P2 do que nas demais parcelas. Isso pode estar relacionado com a organização hierárquica e disponibilidade de nichos ecológicos disponíveis em P2 proporcionados pela ação do fogo aplicado anualmente por três anos seguidos, do mesmo modo que ocorre com a vegetação (FIDELIS; PIVELLO, 2011).

Ainda, o intervalo de dois anos sem aplicação de fogo na parcela pode ter permitido o estabelecimento e crescimento populacional de cada grupo taxonômico. Um estudo realizado em uma área de Cerrado de Brasília constatou que a abundância total de insetos foi superior nas áreas queimadas em relação às áreas não queimadas (DINIZ; MORAIS, 2008).

Os valores de equitabilidade de Jaccard dizem respeito à heterogeneidade da área estudada: quanto menor o valor de equitabilidade maior será a heterogeneidade local. Assim, é possível afirmar que parcela P3 foi a que mostrou maior heterogeneidade. Esse resultado pode ser atribuído aos manejos recentes de fogo que ocorreram em P3 (meses antes da coleta de dados), uma vez que o fogo é um dos fatores que mantém a heterogeneidade do bioma (PAULA, 2015; KRAL et al., 2017) por promover mosaicos de áreas não queimadas (refúgios) e queimadas (KRAL et al., 2017).

Especificamente sobre os organismos coletados, é possível perceber que os colêmbolos da família Entomobryidae foram mais representativos em P2. De acordo com Milano et al. (2018), a distribuição, abundância e riqueza de colêmbolos, relacionada com a vegetação e a qualidade do solo, podem indicar informações sobre

o sequestro de carbono, ciclagem de matéria e estrutura do solo e da vegetação. Por responderem às mudanças de pH, microclima, fatores químicos do solo e composição da liteira (SOUSA et al., 2004) os colêmbolos se tornam indicadores adequados para avaliar os efeitos do fogo no ambiente.

As respostas da ordem Collembola em relação à ocorrência de fogo ainda é pouco conhecida (KRAL et al., 2017). E embora eventos de fogo de alta intensidade possam causar o desaparecimento de Collembola no ambiente (HENIG-SEVER et al., 2001) por serem organismos altamente sensíveis à dessecação (VASCONCELOS et al., 2009), a abundância desse grupo P2 corrobora com os dados obtidos por Malmstrom (2012) em estudo desenvolvido na Suécia. Os colêmbolos parecem ter uma taxa de sucessão maior nos primeiros três anos após a ocorrência de fogo, estabilizando após esse período (MALMSTROM, 2012). Ainda, em estudo realizado por Hartley et al. (2016) nos Estados Unidos, o fogo se mostrou positivo em relação à riqueza de espécies de Collembola. Isso pode estar associado à ciclagem de matéria orgânica disponível no solo após o fogo. Além disso, os colêmbolos tendem a migrar para as camadas inferiores do solo durante a estação seca no Cerrado, o que os auxilia a escapar dos efeitos diretos do fogo (VASCONCELOS et al., 2009).

Sobre os coleópteros, a família Scarabaeidae, representada por besouros escaravelhos, foi mais abundante em P2 e em P3. Escaravelhos também podem atuar na ciclagem de nutrientes, mas através de um método diferente: manipulação de esterco de vertebrados. Essa estratégia também auxilia na escavação do solo (influencia sua estrutura física), na dispersão de sementes de forma secundária e no controle de pragas (CARVALHO et al., 2020).

Os resultados a respeito da abundância de Scarabaeidae nas parcelas queimadas em relação à parcela não queimada corrobora com os dados obtidos por Smith et al. (2018), em que os besouros escaravelhos também foram mais abundantes nos tratamentos recentemente queimados nos Estados Unidos. Segundo os autores, tais besouros tendem a preferir as áreas abertas pelo fogo devido à presença de herbívoros que selecionam a vegetação recém queimada para sua alimentação por ser mais palatável. Isso implicaria em maior quantidade de matéria orgânica (esterco) nessas áreas, atraindo os Scarabaeidae, responsáveis pela ciclagem de matéria.

Também em estudo outro estudo, realizado por Campbell et al. (2018), a comunidade de besouros se manteve abundante e diversificada mesmo em 15 anos de queima prescrita em uma área na Carolina do Norte, Estados Unidos.

A família Formicidae foi o grupo mais representativo dentre todos os grupos de insetos coletados e foram mais abundantes em P3. De acordo com Carvalho et al. (2020), as formigas estão entre os grupos faunísticos mais representativos na maioria dos ecossistemas terrestres estudados e são responsáveis por diferentes funções no ecossistema, dentre elas: ciclagem de nutrientes, controle populacional de outros insetos e no crescimento e recrutamento de plantas.

Vasconcelos et al. (2009) afirmam que, assim como ocorre em outras savanas, as formigas nidificam nas camadas profundas do solo, característica esta que parece ser uma resistência aos efeitos diretos do fogo.

Os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com o estudo de Andersen et al. (2009) que constatou que a riqueza de espécies de formigas aumenta conforme a frequência de fogo aumenta. De acordo com Gosper et al. (2015), mudanças na comunidade de formigas estão diretamente associadas a mudanças na vegetação. Uma vez que a vegetação do Cerrado é adaptada ao fogo, não é para haver drásticas modificações (FAGUNDES et al., 2018).

Para Kral et al. (2017) a mobilidade e a guilda trófica a qual pertence um determinado grupo de artrópode pode ser um fator determinante para a presença e abundância de indivíduos em uma área atingida por fogo: artrópodes com maior capacidade de mobilização têm mais capacidade de deixar a área durante a ocorrência de fogo e voltar para colonizar o local após o término do distúrbio; além disso, animais que se alimentam na liteira ou abaixo do solo também têm maiores chances de escapar dos prejuízos do fogo, exceto quando a intensidade for alta o suficiente para expor esses animais a um estresse térmico.

Por promover uma variedade de habitats que podem ser ocupados pelos diferentes grupos de insetos (KRAL et al., 2017) em ambientes pirofíticos, o manejo do fogo para conservação em UC é necessário. No caso do PEC, a frequência de queimadas utilizada nas parcelas P2 e P3 e o intervalo entre queimas utilizado na parcela P2 não pareceu proporcionar prejuízos na comunidade de insetos estudada e favoreceu a sucessão ecológica do local ao promover maior atividade biológica de Collembola, Coleoptera e Formicidae.

3.4.2 GESTÃO DO PARQUE ESTADUAL DO CERRADO

A gestão da unidade de conservação estudada foi analisada conforme dados obtidos através do órgão gestor (IAT) e de revisão de literatura a respeito dos estudos publicados que foram desenvolvidos no PEC e disponíveis na plataforma Google Acadêmico.

O levantamento de estudos desenvolvidos no PEC e disponibilizados no Google Acadêmico apresentou 40 artigos científicos que se encaixaram nos critérios de inclusão. Destes, 31 artigos selecionados para leitura completa foram divididos por objetos de estudo em: biodiversidade (16 artigos), gestão (9) e processos ecológicos e associados (6).

Os estudos mais abundantes são aqueles referentes à biodiversidade, geralmente levantamento de espécies. Entretanto, os estudos que de algum modo oferecem informações, que podem auxiliar diretamente na gestão da unidade compreendem o segundo maior grupo de artigos levantados na busca.

Alguns destes artigos relatam informações relevantes a respeito do PEC. Por exemplo, no estudo de Meneguzzo (2013), a unidade possuía sete funcionários terceirizados (atualmente este número foi reduzido), distribuídos nas funções de porteiro, servente e jardineiro, as visitas turísticas são autoguiadas, os visitantes recebem orientações na portaria e existem poucas sinalizações ao longo das trilhas. Além disso, Oliveira et al. (2013) afirmaram que a UC deve receber mais de 50 visitantes por mês, constatação feita a partir da análise do solo das trilhas para visitantes existentes no PEC.

Não foi possível obter dados de todas as visitas recebidas no PEC entre os anos de 2006 e 2020, pois os registros são arquivados em fichas físicas, não havendo registro em meio eletrônico. Todavia, o atual gestor da UC forneceu os registros de visitas que ocorreram no seu atual período de atuação (de agosto de 2020 a março de 2021). O número de visitantes variou muito nos meses analisados: apenas 6 no mês de menor visitação e 263 no mês de maior visitação. Foi possível identificar uma média de 153 visitantes por mês.

Ainda de acordo com os dados obtidos pelo órgão gestor, no PEC é desenvolvido o Programa Parque Escola, coordenado pela Secretaria do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo e executado pelo IAT em parceria com as Secretarias Municipais de Educação. A proposta do programa é promover ações de

educação ambiental em UC do Estado do Paraná com alunos de escolas públicas. Devido à pandemia de 2020 o programa não está sendo executado atualmente.

Hornes; Fiori (2013) avaliaram que o PEC tem potencial para geoturismo, porém, a baixa divulgação do parque e as limitações financeiras prejudicam a visitação e a administração do local, bem como sua conservação. Outro problema de gestão seria o plano de manejo que, segundo os mesmos autores, deveria ser revisado anualmente, mas até hoje a última versão do plano de manejo do PEC, disponível no site do IAT, data de 2002 (quase 20 anos atrás). A participação da sociedade e maior engajamento do poder público também são importantes para estabelecer políticas públicas efetivas para conservação (GONÇALVES et al., 2019).

De acordo com os responsáveis pelo PEC, as principais dificuldades enfrentadas pelos gestores atualmente consistem no número reduzido de funcionários, a ausência de materiais essenciais para a gestão e manutenção da unidade e a falta de recursos para comunicação direta com a UC, como telefone, computador e internet.

Ainda, segundo Goulart et al. (2015), um fragmento de vegetação nativa que possui uma estrutura estável e relações complexas entre as espécies que o compõem tornam-se persistentes no espaço onde estão inseridos. Isto pode justificar o fato de que uma unidade de conservação de tamanho tão reduzido quando comparada com outras, como o PEC, ainda exista.

Especificamente em relação a ocorrência de fogo, os responsáveis pelo PEC afirmam que as principais ações realizadas estão relacionadas com ação preventiva: manutenção das estradas para fins de fiscalização e aceiro, instruções aos visitantes quanto ao comportamento dentro da unidade e realização de Curso de Brigadista para funcionários da UC. Dos estudos publicados, foram encontrados apenas três artigos cujos objetivos se relacionam com materiais combustíveis e risco de incêndios na UC. Ferreira et al. (2011) e Koproski et al. (2011) sugeriram mapas de zoneamento de risco de incêndio no PEC que permite a identificação de áreas prioritárias para manejo do fogo no PEC, isso permite regular a biomassa combustível (geralmente áreas com predomínio de gramíneas).

Sobre os dados provenientes do órgão gestor, de acordo com o responsável que forneceu as informações para a presente pesquisa, foram solicitadas 79 autorizações para pesquisa científica no PEC entre 2006 e 2020 (Figura 12).

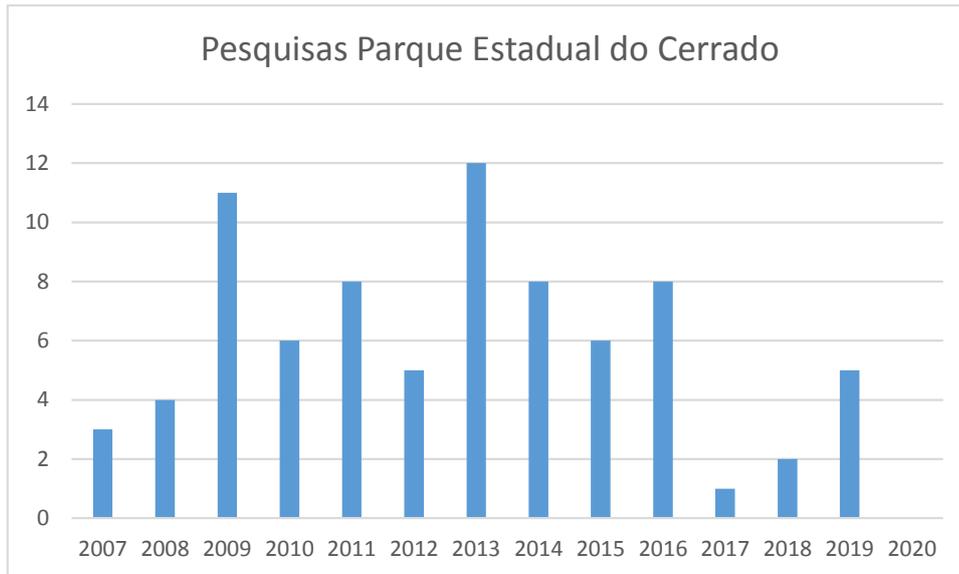


Figura 12 - Levantamento de autorizações de pesquisas emitidas pelo Instituto Água e Terra no período de 2006 a 2020 a serem realizadas no Parque Estadual do Cerrado, Paraná, Brasil.

Das 79 autorizações de pesquisas emitidas para o PEC, apenas 4 buscavam discutir a respeito da influência do fogo no PEC: em 2015 foi concedida a autorização para realizar uma pesquisa sobre a resposta da mastofauna frente ao uso de fogo controlado no PEC e para uma pesquisa de análise de gestão da visitação em UCs; em 2016 foram autorizadas pesquisas sobre como o fogo influencia a proteção de gemas de reposição vegetal e sobre as espécies exóticas em UC; em 2018 foi liberada a autorização de uma pesquisa que relacione a gestão da UC com a queima prescrita e em 2019 a autorização foi fornecida para uma pesquisa que relaciona a influência do fogo e de fatores ambientais com as fitofisionomias de Cerrado.

A carência de estudos desenvolvidos neste tema no PEC pode estar associada a uma baixa divulgação da UC, não somente para visitantes, como também para pesquisadores. Hornes; Fiori (2013) sugerem que cada unidade de conservação tenha um website próprio que informe as atividades que podem ser realizadas no parque, bem como seus atrativos e outras informações relevantes para visitantes e pesquisadores.

3.5 CONCLUSÕES

O Parque Estadual do Cerrado é uma pequena unidade de conservação de proteção integral e é a única a proteger os últimos remanescentes de Cerrado presentes no Sul do Brasil. Entretanto, o regime de fogo do Parque é desconhecido, o que realça ainda mais a necessidade de estudos sobre as respostas ambientais frente às queimadas para que se estabeleça uma estratégia eficaz de conservação pelo manejo do fogo.

O uso da queima prescrita como uma das ferramentas para alcançar a conservação de ambientes pirofiticos deve ser utilizada pelos gestores em unidades de conservação com remanescentes de biomas como o Cerrado, por promover diferentes habitats e reconstruir a hierarquia biológica presente no ambiente. Portanto, sua ocorrência deve ser interpretada como uma condição necessária à manutenção das características ambientais de tais biomas.

É esperado que diferentes grupos de seres vivos devem reagir de formas variadas em relação à presença do fogo e ao tempo pós-fogo. Dentro de uma comunidade de insetos, aqueles que possuem a função de manipular e reciclar a matéria orgânica podem ser favorecidos em uma área recém-queimada devido à quantidade de matéria orgânica disponível favorecida pela queima, como os membros das famílias Scarabaeidae (Coleoptera), Formicidae (Hymenoptera) e Entomobryidae (Collembola) neste estudo. A frequência de fogo e sua intensidade são fatores determinantes para manter a conservação do ambiente.

As respostas positivas dos Collembola, Coleoptera e Formicidae às áreas queimadas recentemente podem ser um indicativo de que as queimadas em mosaico feitas por três anos seguidos seguido de intervalo de dois anos favorecem a restauração das características de Cerrado na unidade. Porém, mais estudos devem ser realizados para reconhecer as respostas da comunidade de insetos em longo prazo com um regime de fogo estabelecido na região.

Poucas mudanças foram observadas após a inserção do manejo do fogo para a conservação dos remanescentes de Cerrado na unidade. O plano de manejo que ainda é divulgado e utilizado pelo órgão gestor da unidade é do ano de 2002 e deve ser revisado para garantir que as atividades permitidas e estratégias utilizadas no parque acompanhem as necessidades ambientais apresentadas pelos remanescentes presentes em seu território. Também é necessário estabelecer um cronograma de manejo da vegetação com fogo pode proporcionar melhorias no processo de conservação da flora e fauna da região.

O número de pesquisas científicas relacionadas ao uso do fogo após 2015 não se manteve constante e tampouco aumentou, o que implica em poucas informações a respeito dos efeitos reais do uso do fogo na biodiversidade da unidade.

O desenvolvimento de pesquisas científicas voltadas para a gestão da unidade, o uso do fogo e suas influências em diferentes aspectos ambientais pode fornecer informações que auxiliem o estabelecimento do cronograma de queimadas que deverão acontecer no parque para manter suas características originais.

Além disso, mesmo que o objetivo do presente estudo não estivesse voltado para a relação existente entre o fogo e as atividades agropecuárias do entorno da unidade, sugere-se o desenvolvimento de estudos acerca deste tema para melhor compreensão dos efeitos diversos do fogo nas áreas adjacentes, bem como o estabelecimento de vínculos com os proprietários das áreas do entorno a fim de desenvolver novas estratégias de conservação da unidade por meio de educação ambiental.

Ainda, otimizar a divulgação do Parque Estadual do Cerrado seria uma das estratégias de atrair pesquisadores e visitantes. Essa proximidade com a sociedade pode gerar melhores condições de conservação por meio de políticas públicas mais adequadas à gestão de unidades de conservação.

REFERÊNCIAS

- ABARZÚA, A. M.; VARGAS, C.; JARPA, L.; GUTIÉRREZ, N. M.; HINOJOSA, L. F.; PAULA, S. Evidence of Neogene wildfires in Central Chile: Charcoal records from the Navidad formation. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 16, p. 1-42, 2016
- ABRAHAM, J.; DOWLING, K.; FLORENTINE, S. Influence of controlled burning on the mobility and temporal variations of potentially toxic metals (PTMs) in the soils of a legacy gold mine site in Central Victoria, Australia. **Geoderma**, v. 331, p. 1-14, 2018.
- ALCAÑIZ, M.; OUTEIRO, L.; FRANCOS, M.; ÚBEDA, X. Effects of prescribed fires on soil properties: a review. **Science of Total Environment**, v. 613, p. 944-957, 2018.
- ALCASENA, F. J.; AGER, A. A.; SALIS, M.; DAY, M. A.; VEJA-GARCIA, C. Optimizing prescribed fire allocation for managing fire risk in central Catalonia. **Science of the Total Environment**, v. 621, p. 872-885, 2018.
- ALVARADO, S. T.; SILVA, T. S. F.; ARCHIBALD, S. Management impacts on fire occurrence: a comparison of fire regimes of African and South American tropical savannas in different protected areas. **Journal of Environmental Management**, v. 218, p. 79-87, 2018.
- ALVES, L. R.; OLIVEIRA, R. J.; COIMBRA, R. R.; FERREIRA, W. M. Crescimento inicial de *Parkia platycephala* (Benth.) e *Enterolobium timbouva* (Mart.) sob condições de campo numa área de Cerrado. **Ceres**, v. 63, p. 154-164, 2016.
- ALVES, R. J. V.; SILVA, N. G. O fogo é sempre um vilão nos Campos Rupestres? **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 2, p. 120-127, 2011.
- ANDERSEN, A. N.; COOK, G. D.; CORBETT, L. K.; DOUGLAS, M. M.; EAGER, R. W.; RUSSEL-SMITH, J.; SETTERFIELD, S. A.; WILLIAMS, R. J.; WOINARSKI, J. C. Z. Fire frequency and biodiversity conservation in Australian tropical savannas: implications from the Kapalga fire experiment. **Austral Ecology**, Austrália, v. 30, p. 155-167, 2005.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Minas Gerais, v. 23, p. 66-75, 2007.
- ARAÚJO, F. D. C.; TNG, D. Y. P.; APGAUA, D. M. G.; COELHO, P. A.; PEREIRA, D. G. S.; SANTOS, R. M. Post-fire plant regeneration across a closed forest-savanna vegetation transition, **Forest Ecology and Management**, v. 400, p. 77-84, 2017.
- ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2014. 322 p.
- ARIAS, A. R. L.; BUSS, D. F.; ALBUQUERQUE, C.; INÁCIO, A. F.; FREIRE, M. M.; EGLER, M.; MUGNAI, R.; BAPTISTA, D. F. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, São Paulo, v. 12, p. 61-72, 2007.
- ARZADÚN, G.; CISTERNAS, M.E.; CESARETTI, N.N.; TOMEZZOLI, R.N. Presence of charcoal as evidence of paleofires in the Claromecó Basin, Permian of Gondwana, Argentina: Diagenetic and paleoenvironment analysis based on coal petrography studies. **GeoResJ**, v. 14, p. 121-134, 2017.

ATTIWILL, P. M.; ADAMS, M. A. Harnessing forest ecological sciences in the service of stewardship and sustainability: a perspective from 'down-under'. **Forest Ecology and Management**, v. 256, p. 1636-1645, 2008.

AUSTIN, Z.; MCVITTIE, A.; MCCRACKEN, D.; MOXEY, A.; MORAN, D.; WHITE, P. C. L. The co-benefits of biodiversity conservation programmes on wider ecosystem services. **Ecosystem Services**, v. 20, p. 37-43, 2016.

AZEVEDO, G. B.; REZENDE, A. V.; AZEVEDO, G. T. O. S.; MIGUEL, E. P.; AQUINO, F. G.; BRUZINGA, J. S. C.; OLIVEIRA, L. S. C.; PEREIRA, R. S.; TEODORO, P. E. Woody biomass accumulation in a Cerrado of Central Brazil monitored for 27 years after the implementation of silvicultural systems. **Forest Ecology and Management**, v. 455, p. 1-10, 2020.

BAGLIANO, R. V. Principais organismos utilizados como bioindicadores relatados com uso de avaliadores de danos ambientais. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Curitiba, v. 2, p. 24-40, 2012.

BANZATO, B. M. **Gestão Ambiental e a Recuperação de Áreas Degradadas**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

BARBOSA-SILVA, A. M.; FARIAS, M. A. A.; MELLO, A. P.; SOUZA, A. E. F.; GARCIA, H. H. M.; BEZERRA-GUSMÃO, M. A. Lignocellulosic fungi in nests and food content of *Constrictotermes cyphergaster* and *Inquilinitermes fur* (Isoptera, Termitidae) from the semiarid region of Brazil. **Fungal Ecology**, v. 20, p. 75-78, 2016.

BAREFOOT, C. R.; WILLSON, K. G.; HART, J. I.; SCHWELTZER, C. J.; DEY, D. C. Effects of thinning and prescribed fire frequency on ground flora in mixed Pinus-hardwood stands. **Forest Ecology and Management**, v. 432, p. 729-740, 2019.

BARTON, A. M.; POULOS, H. M. Pine vs. oaks revisited: Conversion of Madrean pine-oak forest to oak shrubland after high-severity wildfire in the Sky Islands of Arizona. **Forest Ecology and Management**, v. 414, p. 28-40, 2018.

BASTIAS, B. A.; ANDERSON, I. C.; RANGEL-CASTRO, I.; PARKIN, P. I.; PROSSER, J. I.; CAIMEY, J. W. G. Influence of repeated prescribed burning on incorporation of ¹³C from cellulose by forest soil fungi as determined by RNA stable isotope probing. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 41, p. 467-472, 2009.

BATES, J. D.; DAVIES, K. W. Quaking aspen woodland after conifer control: Tree and shrub dynamics. **Forest Ecology and Management**, v. 409, p. 233-240, 2018.

BATISTA, E. K. L.; RUSSEL-SMITH, J.; FRANÇA, H.; FIGUEIRA, J. E. C. An evaluation of contemporary savanna fire regimes in the Canastra National Park, Brazil: Outcomes of fire suppression policies. **Journal of Environmental Management**, v. 205, p. 40-49, 2018.

BEAUMONT, K.P.; MACKAY, D. A.; WHALEN, M. A. The effects of prescribed burning on epigeic ant communities in eucalypt forest of South Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 271, p. 147-157, 2012.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia de indivíduos a ecossistemas**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed. 2007. 740 p.

BERTOLUCI, J.; CANELAS, M. A. S.; EISEMBERG, C. C.; PALMUTI, C. F. S.; MONTINGELLI, G. G. Herpetofauna da Estação Ambiental de Peti, um fragmento de Mata

Atlântica do estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil. **Biota Neotrópica**, v. 9, p. 147-156, 2009.

BOHLMAN, G. N.; NORTH, M.; SAFFORD, H. D. Shrub removal in reforested post-fire areas increases native plant species richness. **Forest Ecology and Management**, v. 374, p. 195-210, 2016.

BOND, W.J.; KEELEY, J.E. Fire as a global 'herbivore': the ecology and evolution of flammable ecosystems. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 20, p. 1-8, 2005.

BONTA, M.; GOSFORD, R.; EUSSEN, D.; FERGUSON, N.; LOVELESS, E.; WITWER, M. Intentional Fire-Spreading By "Firehawk" Raptors in Northern Australia. **Journal of Ethnobiology**, v. 37, p. 700–718, 2017.

BONVICINO, C. R.; LINDBERGH, S. M.; MAROJA, L. S. Small non-flying mammals from conserved and altered areas of Atlantic Forest and Cerrado: comments on their potential use for monitoring environment. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 62, p. 765-774, 2002.

BOWMAN, D. M. J.; BALCH, J.; ARTAXO, P.; BOND, W. J.; COCHRANE, M. A.; D'ANTONIO, C. M.; DEFRIES, R.; JOHNSTON, F. H.; KEELEY, J. E.; KRAWCHUK, M. A.; KULL, C. A.; MACK, M.; MORTIZ, M. A.; PYNE, S.; ROOS, C. I.; SCOTT, A. C.; SODHI, N. S.; SWETNAM, T. W. The human dimension of fire regimes on Earth. **Journal of Biogeography**, v. 38, p. 2223-2236, 2011.

BRANDÃO, E. J.; VIEIRA, E. M. Instrumentos de gestão ambiental nas unidades de conservação. **Revista do Curso de Direito**, v. 2, p. 1-11, 2012.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 23 abr. 2018.

BRASIL. **Decreto n. 2.661, de 8 de julho de 1998**. Regulamenta o parágrafo único do art. 27 da Lei n. 4771, de 15 de setembro de 1965. Disponível em: <<http://www.lexml.gov.br/urn/urn:lex:br:federal:decreto:1998-07-08;2661>>Decreto nº 2.661, de 8 de Julho de 1998. Acesso em: 11 jun. 2015.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 23 abr. 2018.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de Abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9795.htm>. Acesso em: 23 abr. 2018.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9985.htm>. Acesso em: 28 jun. 2015.

BRASIL. **Congresso Nacional**. Projeto de Lei Institui a Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1703491#:~:text=Integrado%20do%20Fogo,-,Art.,o%20combate%20aos%20inc%C3%AAndios%20florestais.>. Acesso em: 28 set. 2021.

- BRIGIC, A.; BUJAN, J.; ALEGRO, A.; SEGOTA, V.; TERNJEJ, I. Spatial distribution of insect indicator taxa as a basis for peat bog conservation planning. **Ecological Indicators**, v. 80, p. 344-353, 2017.
- BRITO, D. M. C. Conflitos em unidades de conservação. **Revista de Humanidades do Curso de Ciências Sociais UNIFAP**, Amapá, v. 1, p. 1-12, 2008.
- BURJACHS, F.; EXPÓSITO, I. Charcoal and pollen analysis: Examples of Holocene fire dynamics in Mediterranean Iberian Peninsula. **Catena**, v. 135, p. 340–349, 2015.
- BUZZI, Z. J. **Entomologia Didática**. 6. ed. Paraná: UFPR Editora. 2013. 579 p.
- CAMPBELL, J. W.; GRODSKY, S. M.; KELLER, O.; VIGUEIRA, C. C.; VIGUEIRA, P. A.; WAITE, E. S.; GREENBERG, C. H. Response of beetles (Coleoptera) to repeated applications of prescribed fire and other fuel reduction techniques in the southern Appalachian Mountains. **Forest Ecology and Management**, v. 429, p. 249-299, 2018.
- CAIN, M. L.; BOWMAN, W. D.; HACKER, S. D. **Ecologia**. 3a edição. Porto Alegre: Editora Artmed, 2017. 664 p.
- CANTRILL, D. J.; BAMFORD, M. K.; WAGSTAFF, B. E.; SAUQUET, H. Early Eocene fossil plants from the Mwadui kimberlite pipe, Tanzania. **Review of Paleobotany and Palynology**, v. 196, p. 19-35, 2013.
- CARSON, C. M.; ZEGLIN, L. H. Long-term fire management history affects N-fertilization sensitivity, but not seasonality, of grassland soil microbial communities. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 212, p. 231-239, 2018.
- CARVALHO, R. L.; ANDERSEN, A. N.; ANJOS, D. V.; PACHECO, R.; CHAGAS, L.; VASCONCELOS, H. L. Understanding what bioindicators are actually indicating: Linking disturbance responses to ecological traits of dung beetles and ants. **Ecological Indicators**, v. 108, p. 1-9, 2020.
- CASSINO, R. F.; MARTINHO, C. T.; CAMINHA, S. Diversidade de grãos de pólen das principais fitofisionomias do Cerrado e implicações paleoambientais. **Journal of Geoscience**, v. 9, p. 4-29, 2016.
- CHALMANDRIER, L.; MIDGLEY, G. F.; BARNARD, P.; SIRAMI, C. Effects of time since fire on birds in a plant diversity hotspot. **Acta Oecologica**, v. 49, p. 99-106, 2013.
- CHITWOOD, M. C.; LASHLEY, M. A.; SHERRILL, B. L.; SORENSON, C.; DEPERNO, C. S.; MOORMAN, C. E. Macroarthropod response to time-since-fire in the longleaf pine ecosystem. **Forest Ecology and Management**, v. 391, p. 390-395, 2017.
- COLOMBAROLI, D.; BECKMANN, M.; VAN DER KNAAP, W. O.; CURDY, P.; TINNER, W. Changes in biodiversity and vegetation composition in the central Swiss Alps during the transition from pristine forest to first farming. **Diversity and Distributions**, v. 19, p. 157-170, 2013.
- CONCEIÇÃO, A. S.; VIEIRA, M. A. B.; LIMA, S. S. **Biodiversidade de formigas hipogeicas (Hymenoptera: Formicidae) em uma área de mata dos cocais do município de Bacabal – MA**. Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, 2017.
- COSTA, B. M. **Queimadas e lagartos do Cerrado: efeitos diretos e indiretos**. Universidade de Brasília, Distrito Federal, 83 p., 2011.

COSTA, F. V.; BLÜTHGEN, N.; VIANA-JUNIOR, A. B.; GUERRA, T. J.; SPIRITO, L. D.; NEVES, F. S. Resilience to fire and climate seasonality drive the temporal dynamics of ant-plant interactions in a fire-prone ecosystem. **Ecological Indicators**, v. 93, p. 247-255, 2018.

COSTA, Y. T.; RODRIGUES, S. C. Efeito do fogo sobre vegetação e solo a partir de estudo experimental em ambiente de Cerrado. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 30, p. 149-165, 2015.

COUTINHO, L. M. **Contribuição ao conhecimento do papel ecológico das queimadas na floração de espécies do Cerrado**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

COWELL, C. R.; CHENEY, C. A ranking system for prescribed burn prioritization in Table Mountain National Park, South Africa. **Journal of Environmental Management**, v. 190, p. 283-289, 2017.

CROWTHER, M. S.; ORTAC, G.; PEDERSEN, S.; MACARTHUR, C. Interactions between fire and introduced deer herbivory on coastal heath vegetation. **Austral Ecology**, v. 41, p. 604-612, 2016.

CUNHA, D. A. S.; NÓBREGA, M. A. S.; ANTONIALLI JUNIOR, W. F. Insetos polinizadores em sistemas agrícolas. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 18, p. 185-194, 2014.

DAVIS, E. L.; MUSTAPHI, C. J. C.; GALL, A.; PISARIC, M. F. J.; VERMAIRE, J. C.; MOSER, K. A. Determinants of fire activity during the last 3500 yr at a wildland-urban interface, Alberta, Canada. **Quaternary Research**, v. 86, p. 1-13, 2016.

DAWSON, L.; ELBAKIDZE, M.; ANGELSTAM, P.; GORDON, J. Governance and management dynamics of landscape restoration at multiple scales: Learning from successful environmental managers in Sweden. **Journal of Environmental Management**, v. 197, p. 24-40, 2017.

DEBETIR, E. **Gestão de unidades de conservação sob influência de áreas urbanas: diagnóstico e estratégias de gestão na ilha de Santa Catarina – Brasil**. Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2006.

DINIZ, I. R.; MORAIS, H. C. Efeito do fogo na abundância de insetos do cerrado: o que sabemos? **Heringeriana**, v. 2, p. 39-46, 2008.

DOHERTY, T. S.; DAVIS, R. A.; VAN ETTEN, J. B.; COLLIER, N.; KRAWIEC, J. Response of a shrubland mammal and reptile community to a history of landscape-scale wildfire. **International Journal of Wildland Fire**, v. 24, p. 534-543, 2015.

DURIGAN, G. Zero-fire: not possible nor desirable in the Cerrado of Brazil. **Flora**, v. 268, p. 1-5, 2020.

DURIGAN, G.; RATTER, J. A. The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, p. 11-15, 2016.

ELIA, M.; LAFORTEZZA, R.; TARASCO, E.; COLANGELO, G.; SANESI, G. The spatial and temporal effects of fire on insect abundance in Mediterranean forest ecosystems. **Forest Ecology and Management**, v. 263, p. 262-267, 2012.

ESPINOSA, J.; MADRIGAL, J.; DE LA CRUZ, A. C.; GUIJARRO, M.; JIMENEZ, E.; HERNANDO, C. Short-term effects of prescribed burning on litterfall biomass in mixed stands of *Pinus nigra* and *Pinus pinaster* and pure stands of *Pinus nigra* in the Cuenca Mountains (Central-Eastern Spain). **Science of the Total Environment**, v. 618, p. 941-951, 2018.

FAGUNDES, R.; LANGE, D.; ANJOS, D. V.; LIMA, F. P.; NAHAS, L.; CORRO, E. J.; SILVA, P. B. G.; DEL-CLARO, K.; RIBEIRO, S. P.; DÁTTILO, W. Limited effects of fire disturbances on the species diversity and structure of ant-plant interaction networks in Brazilian Cerrado. **Acta Oecologica**, v. 93, p. 65-73, 2018.

FALCÃO, K. S.; PANACHUKI, E.; MONTEIRO, F. N.; MENEZES, R. S.; RODRIGUES, D. B. B.; SONE, J. S.; OLIVEIRA, P. T. O. Surface runoff and soil erosion in a natural regeneration área of the Brazilian Cerrado. **International soil and water conservation research**, v. 8, p. 124-130, 2020.

FALLEIRO, R. M.; SANTANA, M. T.; BERNI, C. R. As Contribuições do Manejo Integrado do Fogo para o Controle dos Incêndios Florestais nas Terras Indígenas do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 6, p. 88-105, 2016.

FÁVERO, K.; BORDIGNON, L.; VECCHI JUNIOR, K.; DINIZ, S. Efeito do tempo pós-queimada sobre comunidades de Tephritidae (Diptera) em áreas de cerrado na Chapada dos Guimarães – MT. **Entomobrasilis**, v. 3, p. 29-33, 2010.

FELFILI, J. M.; SOUSA-SILVA, J. C.; SCARIOT, A. Biodiversidade, ecologia e conservação do Cerrado: avanços no conhecimento. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Ministério do Meio Ambiente: Brasília, 2005. cap. síntese. p. 25-44.

FERNANDES, A. F.; OKI, Y.; FERNANDES, G. W.; MOREIRA, B. The effect off ire on seed germination of campo rupestre species in the South American Cerrado. **Plant Ecology**, v. 1, p. 1-11, 2020.

FERNANDES, P. **Fogo controlado: contributo para o plano nacional de proteção e prevenção da floresta contra incêndios**. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal, 2005.

FERNANDES, P. A.; PESSÔA, V. L. S. O Cerrado e suas atividades impactantes: uma leitura sobre o garimpo, a mineração e a agricultura mecanizada. **Revista eletrônica de Geografia**, v. 3, p. 19-37, 2011.

FERREIRA, M. P.; KOPROSKI, L.; ZANOTTA, D. C. Uma abordagem fuzzy no zoneamento de risco de incêndio. **XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 45555, 2011.

FIDELIS, A.; PIVELLO, V. R. Deve-se Usar o Fogo como Instrumento de Manejo no Cerrado e Campos Sulinos? **Biodiversidade Brasileira**, v. 1, p. 12-35, 2011.

FIDELIS, A.; ZIRONDI, H. L. And after fire, the Cerrado Flowers: a review of post-fire flowering in a tropical savana. **Flora**, v. 280, p. 1-7, 2021.

FIEDLER, N. C.; AZEVEDO, I. N. C.; REZENDE, A. V.; MEDEIROS, M. B.; VENTUROILI, F. Efeito de incêndios florestais na estrutura e composição florística de uma área de cerrado sensu stricto na fazenda água limpa – DF. **Revista Árvore**, v. 28, p. 129-138, 2004.

FONTAINE, J. B.; DONATO, D. C.; ROBINSON, W. D.; LAW, B. E.; KAUFFMAN, B. Bird communities following high-severity fire: Response to single and repeat fires in a mixed-

evergreen forest, Oregon, USA. **Forest Ecology and Management**, v. 257, p. 1496-1504, 2009.

FRANKE, J.; BARRADAS, A. C. S.; BORGES, M. A.; COSTA, M. M.; DIAS, P. A.; HOFFMANN, A. A.; OROZCO FILHO, J. C.; MELCHIORI, A. E.; SIEGERT, F. Fuel load mapping in the Brazilian Cerrado insupport of integrated fire management. **Remote Sensing of Environment**, v. 217, p. 221-232, 2018.

FRATCZAK-ŁAGIEWSKA, K.; MATUSZEWSKI, S. The quality of developmental reference data in forensic entomology: Detrimental effects of multiple, in vivo measurements in *Creophilus maxillosus* L. (Coleoptera: Staphylinidae). **Forensic Science International**, v. 298, p. 316-322, 2019.

FRIZZO, T.L.M.; BONIZÁRIO, C.; BORGES, M.P.; VASCONCELOS, H.L. Revisão Dos Efeitos Do Fogo Sobre A Fauna De Formações Savânicas Do Brasil. **Oecologia Australis**, v. 15, p. 365-379, 2011.

FUENTES, L.; DUGUY, B.; NADAL-SALA, D. Short-term effects of spring prescribed burning on the understory vegetation of a *Pinus halepensis* forest in Northeastern Spain. **Science of the Total Environment**, v. 610, p. 720-731, 2018.

GANEM, R. S. **Conservação da biodiversidade: legislação e políticas públicas**. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados, Brasília, 2011.

GARCÍA, Y.; CASTELLANOS, M.C.; PAUSAS, J.G. Differential pollinator response underlies plant reproductive resilience after fires. **Annals of Botany**, v. 122, p. 961–971, 2018.

GASPAR, D. P. **Biodiversidade de coleópteros em três áreas do município de Chapadinha – MA**. Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, 2018.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Rio Grande do Sul: Editora da UFRGS, 2009. 120 p.

GOMES, L.; MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M. M. C. How can we advance the knowledge on the behavior and effects of fire in the Cerrado biome? **Forest Ecology and Management**, v. 417, p. 281-290, 2018.

GOMES, M. A. A. **Lista vermelha de espécies ameaçadas: efeitos sobre a produção científica e percepção de estudantes sobre a mastofauna do Cerrado**. Universidade Estadual de Goiás, Goiás, 2016.

GONÇALVES, B. L. **Impactos do fogo sobre a entomofauna na região de Alegre, Espírito Santo**. Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2012.

GONÇALVES, H.; MENEGUZZO, I. S.; MORO, R. S. Políticas públicas para a conservação do Bioma Cerrado no Estado do Paraná, Brasil. **Terra Plural**, v. 13, p. 138-152, 2019.

GONDIM, K.C.; ATELLA, G. C.; PONTES, E. G.; MAJEROWICZ, D. Lipid metabolismo in insect disease vectors. **Insect biochemistry and molecular biology**, v. 18, p. 1-59, 2018.

GOSPER, C. R.; PETTIT, M. J.; ANDERSEN, A. N.; YATES, C. J.; PROBER, S. M. Multi-century dynamics of ant communities following fire in Mediterranean-climate woodlands: Are changes congruent with vegetation succession? **Forest Ecology and Management**, v. 342, p. 30-38, 2015.

GOULART, A. A.; PASSOS, E.; NUCCI, J. C. Fragmentação da vegetação de Cerrado, entre os Anos de 1984 e 2011 no Parque Estadual do Cerrado (Jaguariaíva-PR) e em sua Zona de Amortecimento. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 857-866, 2015.

GREENBERG, C. H.; TOMCHO, J.; LIVINGS-TOMCHO, A.; LANHAM, D.; WARDROP, T. A.; SIMON, D.; HAGAN, D. Long-term avian response to fire severity, repeated burning, and mechanical fuel reduction in upland hardwood forest. **Forest Ecology and Management**, v. 424, p. 367-377, 2018.

HALL, D. M.; MARTINS, D. J. Human dimensions of insect pollinator conservation. **Current Opinion in Insect Science**, v. 28, p. 107-114, 2020.

HARTLEY, M. K.; ROGERS, W. E.; SIEMANN, E.; GRACE, J. Responses of Prairie Arthropod Communities to Fire and Fertilizer: Balancing Plant and Arthropod Conservation. **The American Midland Naturalist**, v. 157, p. 92-105, 2007.

HE, C.; MILJEVIC, B.; CRILLEY, L. R.; SURAWSKI, N. C.; BARTSCH, J.; SALIMI, F.; UHDE, E.; SCHNELLE-KREIS, J.; ORASCHE, J.; RISTOVSKI, Z.; AYOKO, G.A.; ZIMMERMANN, R.; MORAWSKA, L. Characterisation of the impact of open biomass burning on urban air quality in Brisbane, Australia. **Environment International**, v. 91, p. 230–242, 2016.

HENIG-SEVER, N.; POLIAKOV, D.; BROZA, M. A novel method for estimation of wild fire intensity based on ash pH and soil microarthropod community. **Pedobiologia**, v. 45, p. 98-106, 2001.

HENRY-SILVA, G. G. A importância das unidades de conservação na preservação da diversidade biológica. **Revista LOGOS**, v. 12, p. 127-151, 2005.

HORNES, K. L.; FIORI, C. O. Potencial geomorfológico e geológico para o geoturismo nos parques estaduais do Guartelá, Vila Velha e Cerrado. **Ciência Geográfica**, v. 17, p. 85-96, 2013.

HUESO-GONZÁLEZ, P.; MARTÍNEZ-MURILLO, J.F.; RUIZ-SINOGA, J.D. Prescribed fire impacts on soil properties, overland flow and sediment transport in a Mediterranean forest: A 5 year study. **Science of the Total Environment**, v. 636, p. 1480–1489, 2018.

IAP – Instituto Ambiental do Paraná. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Cerrado**, Curitiba. 2002.

IBAMA; WWF-BRASIL. **Efetividade de Gestão das Unidades de Conservação Federais do Brasil**. Brasília, 2007.

IBGE. **Biomass continentais do Brasil**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 05 jan 2021.

INWARD, D. J. G.; VOLGER, A. P.; EGGLETON, P. A comprehensive phylogenetic analysis of termites (Isoptera) illuminates key aspects of their evolutionary biology. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 44, p. 953-967, 2007.

JASPER, A.; GUERRA-SOMMER, M.; HAMAD, A. M. B. A.; BAMFORD, M.; BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M. E. C.; TEWARI, R.; UHL, D. The burning of Gondwana: Permian fires on the southern continent—A palaeobotanical approach. **Gondwana Research**, v. 61, p. 1-13, 2012a.

JASPER, A.; GUERRA-SOMMER, M.; UHL, D.; BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M. E. C.; GHOSH, A. K.; TEWARI, R.; SECCHI, M. I. Palaeobotanical evidence of wildfire in the Upper Permian of India: Macroscopic charcoal remains from the Raniganj Formation, Damodar Basin. **The Paleobotanist**, v. 61, p. 75-82, 2012b.

JASPER, A.; MANFROI, J.; SCHMIDT, E. O.; MACHADO, N. T. G.; KONRAD, O.; UHL, D. Evidências paleobotânicas de incêndios vegetacionais no afloramento Morro Papaléo, Paleozoico Superior do Rio Grande do Sul, Brasil. **Geonomos**, Minas Gerais, v. 19, p. 18-27, 2011.

JONES, R. Fire-stick farming. **Fire Ecology**, v. 8, p. 3-8, 2012.

KAUFFMANN, M.; JASPER, A.; UHL, D.; MENEGHINI, J.; OSTERKAMP, C.; ZVIRTES, G.; PIRES, E. F. Evidence for palaeo-wildfire in the Late Permian palaeotropics – charcoal from the Motuca Formation in the Parnaíba Basin, Brazil. **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology**, v. 450, p. 122-128, 2016.

KEELEY, J.E. Ecology and evolution of pine life histories. **Annals of Forest Science**, v. 69, p. 445–453, 2012.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, p. 147-155, 2005.

KOLTZ, A. M.; BURKLE, L. A.; PRESSLER, Y.; DELL, J. E.; VIDAL, M. C.; RICHARDS, L. A.; MURPHY, S. M. Global change and the importance of fire for the ecology and evolution of insects. **Current Opinion in Insect Science**, v. 29, p. 1-7, 2018.

KOPROSKI, L. 2010. **Risco de incêndio e suas correlações com a diversidade biológica no Parque Estadual do Cerrado (Paraná, Brasil)**. Universidade Federal do Paraná, Paraná, p. 226.

KOPROSKI, L.; FERREIRA, M. P.; GOLDAMMER, J. G.; BATISTA, A. C. Modelo de zoneamento de risco de incêndios para unidades de conservação brasileiras: o caso do Parque Estadual do Cerrado (PR). **Floresta**, v. 41, p. 551-562, 2011.

KRAL, K. C.; LIMB, R. F.; HARMON, J. P.; HOVICK, T. J. Arthropods and Fire: Previous Research Shaping Future Conservation. **Rangeland Ecology & Management**, v. 70, p. 589-598, 2017.

LARA, D. X.; FIEDLER, N. C.; MEDEIROS M. B. Uso do fogo em propriedades rurais do Cerrado em Cavalcante, GO. **Ciência Florestal**, v. 7, p. 9-15, 2007.

LASHLEY, M. A.; CHITWOOD, M. C.; KAYS, R.; HARPER, C. A.; DEPERNO, C. S.; MOORMAN, C. E. Prescribed fire affects female white-tailed deer habitat use during summer lactation. **Forest Ecology and Management**, v. 348, p. 220-225, 2015.

LEAL, I. R.; DA SILVA, J. M.; LACHER JÚNIOR, T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, p. 139-146, 2005.

LEIVAS, F. W. T.; CARNEIRO, E. Utilizando os hexápodes (Arthropoda, Hexapoda) como bioindicadores na biologia da conservação: avanços e perspectivas. **Estudos de Biologia**, v. 83, p. 203-213, 2012

- LIMA, T. M.; WEINDORF, D. C.; CURI, N.; GUILHERME, L. R. G.; LANA, R. M. Q.; RIBEIRO, B. T. Elemental analysis of Cerrado agricultural soils via portable X-ray fluorescence spectrometry: inferences for soil fertility assessment. **Geoderma**, v. 353, p. 264-272, 2019.
- LOPES, V. C.; PARENTE, L. L.; BAUMANN, L. R. F.; MIZIARA, F.; FERREIRA, L. G. Land-use dynamics in a Brazilian agricultural frontier region, 1985-2017. **Land Use Policy**, v. 97, p. 1-11, 2020.
- LOSOS, J. B.; RICKLEFS, R. E. **The Theory of Island Biogeography Revisited**. Princeton University Press, 495 p. 2010.
- LOVATTO, P. B.; SCHIEDECK, G.; GARCIA, F. R. M. A interação co-evolutiva entre insetos e plantas como estratégia ao manejo agroecológico em agroecossistemas sustentáveis. **Interciência**, v. 37, p. 657-663, 2012.
- LUTZ, L.; AMENDT, J. Precocious egg development in wild *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae) – An issue of relevance in forensic entomology? **Forensic Science International**, v. 306, p. 1-4, 2020.
- MAGANHOTTO, R. F.; SANTOS, L. J. C.; LOHMANN, M.; SOUZA, L. C. P. Unidades de Conservação: limitações e contribuições para a conservação da natureza. **Sustentabilidade em Debate**, v. 5, p. 203-221, 2014.
- MALMSTROM, A. Life-history traits predict recovery patterns in Collembola species after fire: A year study. **Applied Soil Ecology**, v. 56, p. 35-42, 2012.
- MANCUSO, A. C. Taphonomic analysis in lacustrine environments: Two different contexts for Triassic lake paleofloras from Western Gondwana (Argentina). **Sedimentary Geology**, v. 222, p. 149-159, 2009.
- MANFROI, J.; UHL, D.; GUERRA-SOMMER, M.; FRANCISCHINI, H.; MARTINELLI, A. G.; SOARES, M. B.; JASPER, A. Extending the database of Permian palaeo-wildfire on Gondwana: charcoal remains from the Rio do Rastro Formation (Paraná Basin), Middle Permian, Rio Grande do Sul State, Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 436, p. 77-84, 2015.
- MARCHIORI, C. H. Técnicas de coleta e captura de insetos das ordens Diptera e Hymenoptera coletadas no estado de Goiás. **Biológico**, v. 78, p. 1-5, 2016.
- MARLON, J. R.; BARTLEIN, P. J.; GAVIN, D. G.; LONG, C. J.; ANDERSON, R. S.; BRILES, C. E.; BROWN, K. J.; COLOMBAROLI, D.; HALLETT, D. J.; POWER, M. J.; SCHARF, E.; WALSH, M. K. Long-term perspective on wildfires in the western USA. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, p. 535-543, 2012.
- MARQUES, J. F.; COMUNE, A. E. A teoria neoclássica e a valoração ambiental. IN: ROMEIRO, A.R.; REYDON, B.P.; LEONARDI, M.L.A. **Economia do meio ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais**. Campinas: Unicamp-IE, p. 21-42, 1997.
- MCGREGOR, H. W.; LEGGE, S.; JONES, M. E.; JOHNSON, C. N. Landscape Management of Fire and Grazing Regimes Alters the Fine-Scale Habitat Utilisation by Feral Cats. **Plos One**, v. 9, p. 1-9, 2014.
- MENDES-RODRIGUES, C.; MARINHO, R. C.; BALAO, F.; ARISTA, M.; CARMO-OLIVEIRA, R.; OLIVEIRA, P. E. Reproductive diversity, polyploid, and geographical parthenogenesis in

two *Eriotheca* (Malvaceae) species from Brazilian Cerrado. **Perspectives in plant ecology, evolution and systematics**, v. 18, p. 1-39, 2018.

MENEGUZZO, A. S. 2013. **Políticas ambientais para conservação da natureza nos parques estaduais dos campos gerais do Paraná**. Universidade Federal do Paraná, Paraná, p. 137.

MILANO, V.; MAISTO, G.; BALDANTONI, D.; BELLINO, A.; BERNARD, C.; CROCE, A.; DUBS, F.; STRUMIA, S.; CORTET, J. The effect of urban park landscape on soil Collembola diversity: a Mediterranean case study. **Landscape and Urban Planning**, v. 180, p. 135-147, 2018.

MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; NASCIMENTO NETO, W.; AIRES, F. S. Fires in the Cerrado, the Brazilian savana. In: **Tropical Fire Ecology. Springer Praxis Books**. Springer, Berlin, 2009.

MONASMITH, T.J.; DEMARAIS, S.; ROOT, J.J.; BRITTON, C.M. Short-Term Fire Effects on Small Mammal Populations and Vegetation of the Northern Chihuahuan Desert. **International Journal of Ecology**, v. 2010, p. 1-9, 2010.

MONTEIRO, I. M. 2015. **Formigas, fogo e seus efeitos sobre os invasores de termiteiros**. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, p. 32.

MORAES, M. G.; CARVALHO, M. A. M.; FRANCO, A. C.; POLLOCK, C. J.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R. C. L. Fire and drought: soluble carbohydrate storage and survival mechanisms in herbaceous plants from the Cerrado. **Bioscience**, v. 66, p. 107-117, 2016.

MOREIRA, B.; CASTELLANOS, M. C. PAUSAS, J. G. Genetic component of flammability variation in a Mediterranean shrub. **Molecular Ecology**, v. 23, p. 1213-1223, 2014.

MOREIRA, B.; PAUSAS, J.G. Tanned or Burned: The Role of Fire in Shaping Physical Seed Dormancy. **Plos One**, v. 7, p. 51523, 2012.

MOREIRA, K. S. **Análise combinada de macerais do carvão através de microscopia ótica de luz refletida e micro-espectroscopia Raman**. Universidade do Porto, 178 p., 2017.

MOURA, L. C. **Implicações e aprendizados do manejo integrado do fogo no Cerrado: estudo de caso do Parque Nacional da Chapada das Mesas (PNCM)**. Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

MOURA, L. C.; SCARIOT, A. O.; SCHMIDT, I. B.; BEATTY, R.; RUSSEL-SMITH, J. The legacy of colonial fire management policies on traditional livelihoods and ecological sustainability in savannas: Impacts, consequences, new directions. **Journal of Environmental Management**, v. 232, p. 600-606, 2019.

MUIR, R.A.; BORDY, E.M.; PREVEC, R. Lower Cretaceous deposit reveals first evidence of a post-wildfire debris flow in the Kirkwood Formation, Algoa Basin, Eastern Cape, South Africa. **Cretaceous Research**, v. 56, p. 161-179, 2015.

MUSTAPHI, C.J.C.; PISARIC, M.F.J. Holocene climate–fire–vegetation interactions at a subalpine watershed in southeastern British Columbia, Canada. **Quaternary Research**, v. 81, p. 228–239, 2014.

NETO, A. S.; CAMPOS, L. M. S.; SHIGUNOV, T. **Fundamentos da Gestão Ambiental**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2009, 295 p.

NOFFS, P. da S; GALLI, L. F; GONÇALVES, J. C. **Recuperação de áreas degradadas da Mata Atlântica: uma experiência da CESP**. 2. ed. CESP: São Paulo, v. 03, 2000, 48 p.

NUNES, R. C. **Estudo taxonômico dos entomobryoidea (Arthropoda: Collembola) em áreas prioritárias para conservação da Caatinga**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2019.

OLIVEIRA, C. M.; FRIZZAS, M. R. Insetos de Cerrado: distribuição estacional e abundância. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, v. 216, p. 1-26, 2008.

OLIVEIRA J. G. R.; TAVARES FILHO, J.; BASBOSA, G. M. C. Qualidade física do solo das trilhas do parque estadual do cerrado – PR. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, p. 115-1722, 2013.

OLIVEIRA, M. A.; GOMES, C. F. F.; PIRES, E. M.; MARINHO, C. G. S.; LUCIA, T. M. C. D. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Revista Ceres**, v. 61, p. 800-807, 2014.

OLIVEIRA, S. C. C.; GUALTIERI, S. C. J.; DOMINGUÉZ, F. A. M.; MOLINILLO, J. M. G.; MONTOYA, R. V. Estudo fitoquímico de folhas de *Solanum lycocarpum* A. St-Hil (Solanaceae) e sua aplicação na alelopatia. **Acta Botanica Brasilica**, v. 3, p. 607-618, 2012.

OLIVEIRA, U.; SOARES-FILHO, B.; COSTA, W. L. S.; GOMES, L.; BUSTAMANTE, M.; MIRANDA, H. Modelling fuel loads dynamics and fire spread probability in the Brazilian Cerrado. **Forest Ecology and Management**, v. 482, p. 1-9, 2021.

ORTIS, R. S.; LIRA, L. P. B.; ESTENDER, A. C.; JULIANO, M. C. **Gestão Ambiental e a Recuperação de Áreas Degradadas**. IX SEGeT, p. 1-8, 2012.

PARANÁ. **Decreto nº 4.223 de 1998**. Considera incêndio florestal, todo fogo sem controle sobre qualquer forma de vegetação, provocado pelo homem intencionalmente ou por negligência, ou ainda por fonte natural. Disponível em: <<http://www.leisestaduais.com.br/pr/decreto-n-4223-1998-parana-considera-incendio-florestal-todo-fogo-sem-controle-sobre-qualquer-forma-de-vegetacao-provocado-pelo-homem-intencionalmente-ou-por-negligencia-ou-ainda-por-fonte-natural>>. Acesso em: 23 abr. 2018.

PARANÁ. **Lei Estadual nº 11.054 de 1995**. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/LEIS/LEI_ESTADUAL_11054_1995.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2018.

PARANÁ. **Resolução SEMA nº 076 de 2010**. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/res_sema_076_de_20_12_10_despalha_cana_de_acucar.doc>. Acesso em: 23 abr. 2018.

PARRA, A.; MORENO, J. M. Drought differentially affects the post-fire dynamics of seeders and resprouters in a Mediterranean shrubland. **Science of the Total Environment**, v. 626, p. 1219-1229, 2018.

PAULA, M. A. 2015. **Diversidade de drosofilídeos (Diptera: Drosophilidae) na reserve ecológica do IBGE, em áreas afetadas pelo fogo**. Universidade de Brasília, Brasília, p. 55.

- PEREIRA JÚNIOR, A. C.; OLIVEIRA, S. L. J.; PEREIRA, J. M. C.; TURKMAN, M. A. A. Modelling fire frequency in a Cerrado savana protected area. **Plos One**, v. 9, p. 1-11, 2014.
- PÉREZ-DE LA FUENTE, R.; DELCLÒS, X.; PÑALVER, E.; ENGEL, M. SA. Defensive Behavior and Plant-Insect Interaction in Early Cretaceous Amber – The Case Of The Immature Lacewing *Hallucinochrysa diogenesi*. **Arthropod Structure & Development**, v. 45, p. 133-139, 2015.
- PILON, N. A. L. **Efeitos de distúrbios naturais e da supressão do fogo na diversidade e estrutura do estrato herbáceo-arbustivo do Cerrado**. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2019.
- PILON, N. A. L.; CAVA, M. G. B.; ABREU, R. C. R. The diversity of post-fire regeneration strategies in the cerrado ground layer. **Journal of Ecology**, v. 1, p. 1-31, 2020.
- PIMENTA, A. C.; SILVA, P. S. R.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S. Caracterização de plantas e de frutos de araticunzeiro (*Annona crassiflora* Mart.) nativos no Cerrado mato-grossense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 892-899, 2014.
- PINHEIRO, L. F. S. **Diversidade florística e morfoanatômica de Comunidades não arbóreas de cerrado sensu stricto frente ao adensamento vegetacional na ausência de fogo**. Universidade Estadual Paulista, Assis, 2016.
- PINTO-COELHO, R. M. **Fundamentos em ecologia**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2000. 257 p.
- PIVELLO, V. R. The use of fire in the Cerrado and Amazonian Rainforests of Brazil: past and present. **Fire Ecology**, v. 2, p. 24-39, 2011.
- POMPEO, P. N.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; BARETTA, C. R. D. M.; BARETTA, D. Diversidade de Coleoptera (Arthropoda: Insecta) e atributos edáficos em sistemas de uso do solo no Planalto Catarinense. **Revista Scientia Agraria**, v. 17, p. 16-28, 2016.
- PONDER JR, F.; TADROS, M.; LOEWENSTEIN, E. F. Microbial properties and litter and soil nutrients after two prescribed fires in developing savannas in an upland Missouri Ozark Forest. **Forest Ecology and Management**, v. 257, p. 755-763, 2009.
- POWER, M. J.; MARLON, J.; ORTIZ, N.; BARTLEIN, P. J.; HARRISON, S. P.; MAYLE, F. E.; BALLOUCHE, A.; BRADSHAW, R. H. W.; CARCAILLET, C.; CORDOVA, C.; MOONEY, S.; MORENO, P. I.; PRENTICE, I. C.; THONICKE, K.; TINNER, W.; WHITLOCK, C.; ZHANG, Y.; ZHAO, Y.; ALI, A. A.; ANDERSON, R. S.; BEER, R.; BEHLING, H.; BRILES, C.; BROWN, K. J.; BRUNELLE, A.; BUSH, M.; CAMILL, P.; CHU, G. Q.; CLARK, J.; COLOMBAROLI, D.; CONNOR, S.; DANIAU, A.-L.; DANIELS, M.; DODSON, J.; DOUGHTY, E.; EDWARDS, M. E.; FINSINGER, W.; FOSTER, D.; FRECHETTE, J.; GAILLARD, M.-J.; GAVIN, D. G.; GOBET, E.; HABERLE, S.; HALLETT, D. J.; HIGUERA, P.; HOPE, G.; HORN, S.; INOUE, J.; KALTENRIEDER, P.; KENNEDY, L.; KONG, Z. C.; LARSEN, C.; LONG, C. J.; LYNCH, J.; LYNCH, E. A.; McGLONE, M.; MEEKS, S.; MENSING, S.; MEYER, G.; MINCKLEY, T.; MOHR, J.; NELSON, D. M.; NEW, J.; NEWNHAM, R.; NOTI, R.; OSWALD, W.; PIERCE, J.; RICHARD, P. J. H.; ROWE, C.; SANCHEZ GOÑI, M. F.; SHUMAN, B. N.; TAKAHARA, H.; TONEY, J.; TURNEY, C.; URREGO-SANCHEZ, D. H.; UMBANHOWAR, C.; VANDERGOES, M.; VANNIERE, B.; VESCOVI, E.; WALSH, M.; WANG, X.; WILLIAMS, N.; WILMSHURST, J.; ZHANG, J. H. Changes in fire regimes since the Last Glacial Maximum: an assessment based on a global synthesis and analysis of charcoal data. **Climatic Dynamic**, v. 30, p. 887-907, 2008.

PRATES, A. P. L.; IRVING, M. A. Conservação da biodiversidade e políticas públicas para as áreas protegidas no Brasil: desafios e tendências da origem da CDB às metas de Aichi, **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, v. 5, p. 27-57, 2015.

PRIOR, L. D.; MURPHY, B. P.; RUSSEL-SMITH, J. Environmental and demographic correlates of tree recruitment and mortality in north Australian savannas. **Forest Ecology and Management**, v. 257, p. 66-74, 2009.

RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B.; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Holos Editora, 2012.

REATTO, A.; MARTINS, E. S. Classes de solo em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Ministério do Meio Ambiente: Brasília, 2005. cap. 1. p. 45-59.

REIS, A. S.; TORRES, T. C.; SOUZA, J. C.; SOUSA, J. A. P. Caracterização e avaliação da umidade em diferentes paisagens do bioma Cerrado. **Revista Geografia em Atos**, v. 2, p. 24-43, 2020.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 6. ed. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 2010. 570 p.

RIVEIRO, S. F.; GARCÍA-DURO, J.; CRUZ, O.; CASAL, M.; REYES, O. Fire effects on germination response of the native species *Daucus carota* and the invasive alien species *Helichrysum foetidum* and *Oenothera glazioviana*. **Global Ecology and Conservation**, v. 20, p. 1-7, 2019.

ROBERTS, D. L.; NEUMANN, F. H.; CAWTHRA, H. C.; CARR, A. S.; SCOTT, L.; DURUGBO, E. U.; HUMPHRIES, M. S.; COWLING, R. M.; BAMFORD, M. K.; MUSEKIWA, C.; MACHUTCHON, M. Palaeoenvironments during a terminal Oligocene or early Miocene transgression in a fluvial system at the southwestern tip of Africa. **Global and Planetary Change**, v. 150, p. 1-23, 2017.

ROBERTS, S. L.; KELT, D. A.; VAN WAGTENDONK, J. W.; MILES, A. K.; MEYER, M. D. Effects of fire on small mammal communities in frequent-fire forests in California. **Journal of Mammalogy**, v. 96, p. 107-119, 2015.

ROBINSON, N. M.; LEONARD, S. W. J.; RITCHIE, E. G.; BASSETT, M.; CHIA, E. K.; BUCKINGHAM, S.; GIBB, H.; BENNET, A. F.; CLARKE, M. F. Refuges for fauna in fire-prone landscapes: their ecological function and importance. **Journal of Applied Ecology**, v. 50, p. 1321-1329, 2013.

ROCHA, C.; MATIAS, R.; AGUIAR, L. M.; MELO-SILVA, C.; GONÇALVES, B. B.; MESQUITA-NETO, J. N. Caracterização da avifauna em áreas de Cerrado no Brasil Central. **Acta Biológica Catarinense**, v. 2, p. 49-63, 2015.

ROCHA, G. F.; FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M. E. Detecção de desmatamento no bioma Cerrado entre 2002 e 2009: padrões, tendências e impactos. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 63, p. 341-349, 2011.

ROOS, C. I.; ZEDEÑO, M. N.; HOLLENBACK, K. L.; ELRICK, M. M. H. Indigenous impacts on North American Great Plains fire regimes of the past millennium. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, p. 8143-8148, 2018.

RYU, S. R.; CONCILIO, A.; CHEN, J.; NORTH, M.; MA, S. Prescribed burning and mechanical thinning effects on belowground conditions and soil respiration in a mixed-conifer forest, California. **Forest Ecology and Management**, v. 257, p. 1324-1332, 2009.

SAGRA, J.; FERRANDIS, P.; PLAZA-ÁLVAREZ, P.A.; LUCAS-BORJA, M.E.; GONZÁLEZ-ROMERO, J.; ALFARO-SÁNCHEZ, R.; DE LAS HERAS, J.; MOYA, D. Regeneration of *Pinus pinaster* Aiton after prescribed fires: Response to burn timing and biogeographical seed provenance across a climatic gradient. **Science of the Total Environment**, v. 637-638, p. 1550-1558, 2018.

SANTOPUOLI, G.; CACHOEIRA, J. N.; MARCHETTI, M.; VIOLA, M. R.; GIONGO, M. Network analysis to support environmental resources management. A case study in the Cerrado, Brazil. **Land Use Policy**, v. 59, p. 217-226, 2016.

SANTOS, A. A. D. **Levantamento das espécies de plantas ameaçadas do Cerrado**. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2014.

SANTOS, C. F.; KRAWIEC, V. A. M. A situação ambiental e a administração das Unidades de Conservação em Campo Grande – MS, na visão de seus gestores. **Floresta e Ambiente**, v. 18, p. 334-342, 2011.

SANTOS, X.; POQUET, J. M. Ecological succession and habitat attributes affect the postfire response of a Mediterranean reptile community. **European Journal of Wildlife Research**, v. 56, p. 895-905, 2010.

SARTORI, C. J.; CASTRO, A. H. F.; MORI, F. A. Teores de fenóis totais e taninos nas cascas de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina*). **Floresta e Ambiente**, v. 3, p. 394-400, 2014.

SCHARENBRUCH, B.C.; NIX, B.; JACOBS, K.A.; BOWLES, M.L. Two decades of low-severity prescribed fire increases soil nutrient availability in a Midwestern, USA oak (*Quercus*) forest. **Geoderma**, v.183-184, p. 80–91, 2012.

SCHMIDT, I. B.; MOURA, L. C.; FERREIRA, M. C.; ELOY, L.; SAMPAIO, A. B.; DIAS, P. A.; BERLINK, C. N. Fire management in the Brazilian Savanna: first steps and the way forward. **Journal of Applied Ecology**, v. 55, p. 1-21, 2018.

SCISCIO, L.; TSIKOS, H.; ROBERTS, D. L.; SCOTT, L.; VAN BREUGEL, Y.; DAMSTE, J. S. S.; SCHOUTEN, S.; GROCKE, D. R. Miocene climate and vegetation changes in the Cape Peninsula, South Africa: Evidence from biogeochemistry and palynology. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 445, p. 124-137, 2016.

SHANNON, C.E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: The University of Illinois Press, 1949. 132 P.

SHUKLA, A.; MEHROTRA, R. C. Early Eocene plant megafossil assemblage of western India: Paleoclimatic and paleobiogeographic implications. **Review of Paleobotany and Palynology**, v. 258, p. 123-132, 2018.

SILVA, E. L. M.; OLIVEIRA, D. E. Biodiversidade de cupins (Insecta: Isoptera) em fragmentos florestais da região de Carajás. **V Seminário de Iniciação Científica**, Pará, p. 1-4, 2019.

SILVA, G. B.; MELLO, A. Y. I.; STEINKE, V. A. Unidades de conservação no bioma Cerrado: desafios e oportunidades para a conservação no Mato Grosso. **Geografia**, v. 37, p. 541-554, 2012.

SILVA, P. O. Estratégias fenológicas reprodutivas de *Xylopia aromática* (Lam.) Mart. (Annonaceae) em área de Cerrado. **Cerne**, v. 22, p. 129-136, 2016.

SILVA, P. R. F. **A expansão agrícola no Cerrado e seus impactos no ciclo hidrológico: estudo de caso na região do Matopía**. Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

SILVEIRA, H.M. **Respostas da mastofauna terrestre não voadora de médio e grande porte ao manejo com fogo controlado**. Universidade Positivo. Paraná, 2017.

SILVEIRA, L.E. D.; RIBEIRO-OLIVEIRA, J. P.; AJALA-LUCCAS, D.; BRAVO, J. P.; SILVA, E. A. A. A molecular framework for the embryo growth in germinating seeds of *Solanum lucocarpum* A. St.-Hil., a nurse plant species. **Annals of Applied Biology**, v. 175, p. 136-145, 2019.

SIMÕES, R. C.; ALMEIDA, S. S. M. S. Estudo fitoquímico de *Bauhinia forficata* (Fabaceae). **Biota Amazônia**, v. 5, p. 27-31, 2015.

SIMON, M. F.; PENNINGTON, T. Evidence for adaptation to fire regimes in the tropical savannas of the Brazilian Cerrado. **Chicago Journals**, v. 6, p. 711-723, 2012.

SINGH, S. P.; INDERJIT; SINGH, J. S.; MAJUMDAR, S.; MOYANO, J.; NUÑEZ, M. A.; RICHARDSON, D. M. Insights on the persistence of pines (*Pinus* species) in the Late Cretaceous and their increasing dominance in the Anthropocene. **Wiley ecology and evolution**, v. 8, p. 10345-10359, 2018.

SMITH, B. W.; DABBERT, B. C.; VERBLE, R. M. Prescribed Fire Effects on Rangeland Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeinae, Aphodiinae) in the Southern Great Plains. **Rangeland Ecology & Management**, v. 72, p. 120-125, 2018.

SOUZA, E. P.; GOMES, C. M.; BARROSO, D. H.; MIRANDA, V. L.; GURGEL-GONÇALVES, R. Aplicações do Deep Learning para diagnóstico de doenças e identificação de insetos vetores. **Saúde Debate**, v. 43, p. 147-154, 2019.

SOUZA, M. A.; VALE, A. T. Levantamento de plantas de baixa flamabilidade em áreas queimadas de Cerrado no Distrito Federal e análise das suas propriedades físicas. **Ciência Florestal**, v. 29, p. 181-192, 2019.

SOUZA, M. S.; SALMAN, A. K. D.; ANJOS, M. R.; SAUSEN, D.; PEDERSOLI, M. A.; PEDERSOLI, N. R. N. B. Serviços ecológicos de insetos e outros artrópodes em sistemas agroflorestais. **Revista EducAmazônia**, v. 20, p. 22-35, 2018.

STERZYŃSKA, M.; SKŁODOWSKI, J. Divergence of soil microarthropod (Hexapoda: Collembola) recovery patterns during natural regeneration and regeneration by planting of windthrown pine forests. **Fire Ecology and Management**, v. 429, p. 414-424, 2018.

STRADI, S. L.; HERNANDEZ, P.; FERNANDES, G. W.; BUISSON, E. Regeneration after fire in campo rupestre: short- and long-term vegetation dynamics. **Flora**, v. 238, p. 191-200, 2018.

TABARELLI, M.; GASCON, C. Lições da pesquisa sobre fragmentação: aperfeiçoando políticas e diretrizes de manejo para a conservação da biodiversidade. **Megadiversidade**, v. 1, p. 181-188, 2005.

TEIXEIRA, M. S. G.; MEDEIROS, A. A.; SILVA, J. G. **O processo de gestão ambiental em unidades de conservação da natureza: um estudo de caso no Parque Estadual Dunas de Natal**. XII SIMPEP, São Paulo, 2005.

TOSOLINI, A.-M. P.; KORASIDIS, V. A.; WAGSTAFF, B. E.; CANTRILL, D. J.; GALLAGHER, S. J.; NORVICK, M. S. Palaeoenvironments and palaeocommunities from Lower Cretaceous high-altitude sites, Otway Basin, southeastern Australia. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 496, p. 62-84, 2018.

TWIDWELL, D.; FUHLENDORF, S. D.; ENGLE, D. M.; TAYLOR JR, C. A. Surface Fuel Sampling Strategies: Linking Fuel Measurements and Fire Effects. **Rangeland Ecology & Management**, v. 62, p.223-229, 2009.

UBAID, F. K.; VIEIRA, A. M.; MEDOLAGO, C. A. B. **Valor conservacionista de um fragmento de mata no interior paulista, utilizando a avifauna como bioindicador**. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Minas Gerais, p. 1-2, 2007.

UHL, D.; JASPER, A.; SCHINDLER, T.; WUTTKE, M. Evidence of paleowildfire in the early middle triassic (early anisian) voltzia sandstone: the oldest post-permian macroscopic evidence of wildfire discovered so far. **Palaaios**, v. 25, p. 837-842, 2010.

UHL, D.; JASPER, A.; SCHWEIGERT, G. Charcoal in the Late Jurassic (Kimmeridgian) of Western and Central Europe – paleoclimatic and palaeoenvironmental significance. **Paleobiology**, v. 92, p. 329-341, 2012.

UHLMANN, A.; GALVÃO, F.; SILVA, S. M. Análise da estrutura de duas unidades fitofisionômicas de savana (cerrado) no sul do Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 12, p. 231-247, 1998.

VALESE, E.; CONEDERA, M.; HELD, A. C.; ASCOLI, D. Fire, humans and landscape in the European Alpine region during the Holocene. **Anthropocene**, v. 6, p. 63-74, 2014.

VASCONCELOS, H., L.; PACHECO, R.; SILVA, R. C.; VASCONCELOS, P. B.; CAUÊ, T. L.; COSTA, A. N. C.; BRUNA, E. M. Dynamics of the leaf-litter arthropod fauna following fire in a neotropical woodland savanna. **Plos One**, v. 4, p. 1-9, 2009.

VEILE, A. Hunter-gatherer diets and human behavioral evolution. **Physiology & Behavior**, v. 193, p. 190-195, 2018.

VIEIRA, I. C. G.; SILVA, J. M. C.; TOLEDO, P. M. Estratégias para evitar a perda de biodiversidade na Amazônia. **Estudos avançados**, v. 19, p. 153-164, 2005.

VON LINSINGEN, L.; SONEHARA, J. S.; CERVI, A. Composição florística do Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná, Brasil. **Acta Biológica**, v. 35, p. 197-232, 2006.

WALDROP, T. A.; HAGAN, D. L.; SIMON, D. M. Repeated application of fuel reduction treatments in the southern Appalachian Mountains, USA: implications for achieving management goals. **Fire Ecology**, v. 12, p. 28-47, 2016.

WANG, M.; CHU, J.; WANG, Y.; LI, F.; LIAO, M.; SHI, H.; ZHANG, Y.; HU, G.; WANG, J. Forensic entomology application in China: four case reports. **Journal of forensic and legal medicine**, v. 63, p. 40-47, 2019.

WANG, S.; SHAO, L.; YAN, Z.; SHI, M.; ZHANG, Y. Characteristics of Early Cretaceous wildfires in peat-forming environment, NE China. **Journal of Paleogeography**, v. 8, p. 1-13, 2019.

WANG, X.; XU, J.; XU, L. Effects of prescribed fire on germination and plant community of *Carex cinerascens* and *Artemisia selengensis* in Poyang Lake, China. **South African Journal of Botany**, v. 113, p. 111-118, 2017.

WEMELINGER, E. D.; FERREIRA, A. P. Métodos de controle de insetos vetores: um estudo das classificações. **Revista Pan-Amaz Saúde**, v. 3, p. 49-54, 2013.

WINK, C.; GUEDES, J. V. C.; FAGUNDES, C. K.; ROVEDDER, A. P. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 4, p. 60-71, 2005.

ZEPPELINI, D.; BELLINI, B. C. Checklist dos Collembola (Arthropoda, Hexapoda) do Estado do Mato Grosso do Sul. **Série Zoologia**, v. 107, p. 1-3, 2017.