



**Universidade de Brasília**

**FACULDADE UnB PLANALTINA**

**Curso de Licenciatura em Ciências Naturais**

**Igor Nunes Peixoto**

**FOGO NO BIOMA CERRADO, SEUS IMPACTOS NA  
VEGETAÇÃO E MEDIDAS DE CONTROLE**

**Planaltina - DF**

**Outubro 2024**



# Universidade de Brasília

**FACULDADE UnB PLANALTINA**

**Curso de Licenciatura em Ciências Naturais**

**Igor Nunes Peixoto**

## **FOGO NO BIOMA CERRADO, SEUS IMPACTOS NA VEGETAÇÃO E MEDIDAS DE CONTROLE**

Orientadora: Profa. Dra. Maria Cristina de Oliveira

*Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado a Faculdade UnB  
Planaltina, como parte dos requisitos  
para a obtenção do título de licenciado  
em Ciências Naturais.*

**Planaltina - DF**

**Outubro 2024**

*Dedico este trabalho aos povos que fazem  
o uso do fogo no Cerrado de forma responsável.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço eternamente à minha família, aos meus pais Sueli e Marcelo e aos meus irmãos, Lulu, Bru, e Camis, que desde sempre estiveram comigo, me apoiando e respeitando as minhas decisões e sonhos. Eu, com certeza, não teria conseguido sem vocês. Amo muito.

Agradeço aos meus amigos da vida por todos os momentos compartilhados. Vocês são essenciais.

Agradeço à minha querida orientadora Dra. Maria Cristina de Oliveira, por ter se aventurado comigo nesse trabalho e também por todo o vasto conhecimento passado ao longo dessa caminhada. Você é uma professora incrível.

Por fim, agradeço à Universidade de Brasília por ter me proporcionado acesso a lugares que pareciam distantes. Essa jornada não termina aqui.

Obrigado!

## RESUMO

A proposta deste trabalho, foi a construção de uma revisão bibliográfica abrangente sobre o bioma Cerrado, destacando sua rica vegetação, a dinâmica do fogo e suas implicações para a conservação. O Cerrado, caracterizado por uma diversidade de espécies e ecossistemas únicos, desempenha um papel crucial na manutenção da biodiversidade, não só a brasileira. A pesquisa inicia-se com uma análise detalhada da vegetação do Cerrado, enfatizando sua adaptação ao regime de fogo e as interações ecológicas que sustentam o bioma. Em seguida, são abordadas as causas da ação do fogo no Cerrado, que incluem fatores naturais, como raios, e ações humanas, como queimadas para a agricultura e pecuária. A pesquisa discute como essas práticas, embora muitas vezes prejudiciais, também podem ser utilizadas de forma controlada para promover a regeneração da vegetação e o equilíbrio ecológico, posicionando o fogo como um aliado na conservação do bioma. Ademais, investiga as políticas de gestão do fogo no Brasil, que visam regular o uso do fogo e minimizar seus impactos negativos. São analisadas iniciativas governamentais e a eficácia de programas de conscientização e educação ambiental. Por fim, o estudo também discute as implicações do manejo integrado do fogo, propondo estratégias que considerem tanto as necessidades socioeconômicas das comunidades locais quanto os objetivos de conservação. A conclusão ressalta os impactos do fogo, aliado a políticas efetivas e à conscientização da população, é essencial para garantir a saúde do bioma Cerrado e a sustentabilidade das atividades humanas.

**Palavras-chave:** Bioma Cerrado; Queimada; Incêndio; Conservação; Degradação

## ABSTRACT

The purpose of this work was to construct a comprehensive literature review on the Cerrado biome, highlighting its rich vegetation, the dynamics of fire and its implications for conservation. The Cerrado, characterized by a diversity of species and unique ecosystems, plays a crucial role in maintaining biodiversity, not just Brazilian biodiversity. The research begins with a detailed analysis of Cerrado vegetation, emphasizing its adaptation to the fire regime and the ecological interactions that sustain the biome. It then looks at the causes of fire in the Cerrado, which include natural factors, such as lightning, and human actions, such as burning for agriculture and livestock. The research discusses how these practices, although often harmful, can also be used in a controlled manner to promote the regeneration of vegetation and ecological balance, positioning fire as an ally in the conservation of the biome. It also investigates fire management policies in Brazil, which aim to regulate the use of fire and minimize its negative impacts. Government initiatives and the effectiveness of environmental awareness and education programs are analyzed. Finally, the study also discusses the implications of integrated fire management, proposing strategies that consider both the socio-economic needs of local communities and conservation objectives. The conclusion emphasizes that the impacts of fire, combined with effective policies and public awareness, is an effective way to reduce the risk of fire.

**Keywords:** Cerrado Biome; Burning; Fire, Conservation; Degradation.

## SUMÁRIO

Introdução.....	6
Material e Método .....	8
O bioma Cerrado e sua vegetação .....	9
As causas da ação do fogo no bioma Cerrado. ....	10
O fogo como aliado na conservação do Cerrado.....	13
Políticas de gestão do fogo no Brasil .....	14
Implicações para o manejo integrado do fogo.....	15
Considerações finais.....	16
Referências.....	17

## 1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é um dos biomas mais ricos e diversificados do Brasil, caracterizado por uma vasta extensão territorial que abrange principalmente os estados do Centro-Oeste, além de porções de regiões adjacentes. O bioma se desenvolve exclusivamente em regiões onde não há geadas ou onde estas são raras (Ribeiro; Walter, 2008).

Considerado como o “Berço das Águas”, o bioma abriga as principais nascentes que alimentam grandes regiões hidrográficas brasileiras e conta com a presença de três grandes aquíferos - Guarani, Bambuí e Urucuaia (Souza *et al.* 2019). Presente em oito das 12 regiões hidrográficas do Brasil, o Cerrado possui elevado potencial hídrico com bacias cujas drenagens percorrem expressiva área do bioma tais como: Bacia do Araguaia/Tocantins (78% de sua drenagem está dentro do bioma), Bacia do Paraná/Paraguai (48%) e Bacia do São Francisco (47%) (Sano; Almeida; Ribeiro, 2008).

O Cerrado é considerado um dos hotspots de biodiversidade (Myer *et al.* 2000); possui mais de 12.000 espécies nativas de plantas catalogadas (Mendonça *et al.*, 2008) adaptadas às condições climáticas sazonais típicas dessa região, apresentando uma variedade de formações vegetais que vão desde campos abertos até matas densas (Ribeiro; Walter, 2008). Apesar da sua notável biodiversidade, apenas 8% do bioma Cerrado possui proteção legal, com menos de 3% desse total abrangido por áreas de conservação integral. Além disso, o bioma enfrenta um grave problema de desmatamento contínuo (Sawyer *et al.* 2018).

Ademais, sabe-se que os ecossistemas desempenham um papel crucial na preservação das condições necessárias para a vida, além de fornecerem recursos e serviços indispensáveis para atender às necessidades humanas (Chapin *et al.* 2011). Sendo assim, o bioma Cerrado é crucial para a sobrevivência das populações locais, seus recursos naturais sustentam a vida de milhões de agricultores familiares, comunidades tradicionais e povos indígenas (Sawyer *et al.* 2018). Para esses autores, os serviços ecossistêmicos oferecidos por este bioma são abrangentes: ele é um dos maiores produtores globais de gado e produtos agrícolas, contribuindo para o Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil. Do ponto de vista hidrológico, a ecologia do Pantanal, a maior planície alagada do mundo, depende da água que se origina no Cerrado, e a maioria dos afluentes ao sul do Rio Amazonas têm suas nascentes no bioma Cerrado (Sawyer *et al.* 2018). Além disso, o Cerrado fornece água para grande parte do sul do Brasil para consumo e agricultura através de escoamento superficial, recarga de águas subterrâneas e fluxos atmosféricos de vapor d'água (Sawyer *et al.* 2018). Estes autores citam ainda que, além de sustentarem a população brasileira, as bacias hidrográficas do Cerrado sustentam também uma parte significativa das populações da Bolívia, Paraguai, Argentina e Uruguai. Além disso, as vegetações deste bioma retêm grandes quantidades de carbono, incluindo o carbono presente no sistema radicular profundo das árvores (Sawyer *et al.* 2018).

Apesar da sua importância e conforme informações da Plataforma Mapbiomas (<https://mapbiomas.org/>) o bioma Cerrado enfrenta uma taxa crescente de desmatamento e queimadas por diversas finalidades, entre elas a mineração, garimpo, expansão urbana, mudanças climáticas e agropecuária. Desde janeiro de 2019 a 2024, o DETER - CERRADO

registrou um total de 24.919 alertas de desmatamento, média de 1.287,0 hectares/dia. Nesses dados, estão incluídos os estados Maranhão (MA), Tocantins (TO), Goiás (GO), Minas Gerais (MG), Bahia (BA), Mato Grosso (MG), Piauí (PI), Mato Grosso do Sul (MS), Pará (PA), Rondônia (RO), Paraná (PR), Distrito Federal (DF) e São Paulo (SP) (<https://mapbiomas.org/>).

Ainda de acordo com a Plataforma Mapbiomas, até o ano de 2023, o Cerrado tinha uma área de cobertura natural de vegetação de 102.637.347 hectares (51,72%) e uma área de ocupação antrópica de 94.663.135 hectares (47,70%). Situações essas que estão resultando em graves danos ambientais, como a fragmentação de habitats, perda de biodiversidade, invasão de espécies exóticas, erosão do solo, poluição dos aquíferos, degradação dos ecossistemas, alterações nos padrões de queimadas, desequilíbrios no ciclo do carbono e possíveis mudanças climáticas regionais (Klink; Machado, 2005). Além das causas acima citadas, de acordo com a Plataforma Mapbiomas, o bioma Cerrado tem apresentado uma enorme taxa de queimadas a cada ano. Em 2023 este bioma apresentou área queimada de 2.447.047 hectares em formação savânica, 2.308.158 hectares em formação florestal e 589.774 hectares em formação campestre (<https://>).

Sabe-se que para algumas fitofisionomias do bioma Cerrado o fogo é uma das variáveis ocorrentes que faz com que a característica específica daquele tipo vegetacional se mantenha. Algumas espécies vegetais nativas, principalmente aquelas relacionadas às formações savânicas, possuem características adaptativas únicas contra o fogo. As árvores das fitofisionomias Cerrado sensu stricto e Cerradão possuem adaptações contra o fogo, como cascas grossas e resistentes, além de sistemas radiculares profundos que auxiliam na retenção de água durante períodos de seca (Falleiro; Santana; Berni, 2016). Ademais, espécies herbáceas como o capim-dourado (*Syngonanthus nitens*) e o capim-barba-de-bode (*Andropogon* spp.) que formam densos aglomerados de folhagem que oferecem uma barreira natural contra a propagação das chamas (Schmidt *et al.* 2016). Essas plantas, dentre outras, desempenham um papel fundamental na proteção de algumas fitofisionomias do bioma Cerrado contra incêndios, contribuindo para a resiliência ecológica e para a preservação da biodiversidade neste bioma tão singular (Falleiro, Santana; Berni, 2016; Schmidt *et al.* 2016).

Apesar disso, práticas inadequadas de queima, como queimadas de larga escala, podem resultar em danos significativos, incluindo a perda irreparável de habitats naturais, a diminuição da biodiversidade e a degradação do solo (Borges *et al.* 2016; Souza *et al.* 2016). O fogo pode alterar as características químicas do solo ao elevar a acidez, influenciando na taxa de maior decomposição de resíduos e mineralização da matéria orgânica e também pode alterar as características físicas do solo reduzindo sua capacidade de absorver água através de retirada da fitomassa, além de afetar a estrutura das partículas do solo (Costa; Rodrigues, 2015). Por fim, o fogo representa também uma ameaça direta à segurança e ao bem-estar das comunidades locais, bem como à qualidade do ar e ao clima regional (Borges *et al.* 2016).

Embora o fogo seja um fenômeno natural no bioma Cerrado, desempenhando um papel crucial na manutenção dos processos ecológicos e da diversidade biológica (Pivello, 2011), por décadas, a política aplicada nas áreas protegidas do Cerrado foi a de eliminação completa do fogo (Durigan; Ratter, 2016). Adiante, somente a partir de 2012, com a aprovação da Lei de Proteção à Vegetação Nativa nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (Brasil, 2012), foi regulamentado



o uso controlado do fogo em áreas protegidas visando a conservação do Cerrado (Durigan; Ratter, 2016). No entanto, somente em 2014, três Unidades de Conservação (UC) do Cerrado implementaram projetos pilotos do Manejo Integrado do Fogo (MIF): o Parque Nacional da Chapada das Mesas, no Maranhão, e o Parque Estadual do Jalapão, junto à Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, ambos na região do Jalapão, no Tocantins (Schmidt *et al.* 2018).

O projeto piloto do MIF, aplicado em três UCs, foi criado com o objetivo de fortalecer a comunicação entre a gestão e as comunidades locais. Também visa reduzir a frequência de incêndios de grande porte no final da estação seca, diminuir os custos relacionados ao combate a incêndios e proteger ecossistemas vulneráveis (Schmidt *et al.* 2018).

Dessa maneira, a gestão eficaz do fogo e a implementação de práticas sustentáveis são cruciais para garantir a preservação deste bioma único e essencial para o equilíbrio ambiental do Brasil (Sampaio *et al.* 2016).

A proposta neste estudo é a construção de um referencial teórico com o objetivo geral de analisar o fogo na vegetação do bioma Cerrado. Para isso tem como objetivos específicos:

- Conhecer a vegetação do bioma Cerrado;
- Investigar as causas e consequências da ação do fogo no bioma;
- Compreender a relação do fogo como aliado na conservação;
- Entender as políticas de gestão do fogo no Brasil, e
- Entender os conceitos de manejo integrado do fogo.

## **2. MATERIAL E MÉTODO**

O presente estudo trata-se de uma revisão bibliográfica que envolveu a busca de publicações do tipo livros, artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses que abordassem estratégias e implicações do manejo do fogo no bioma Cerrado brasileiro.

Para isso, foi conduzida uma busca em bases de dados acadêmicos, incluindo PubMed, Scopus e Web of Science, para os trabalhos publicados. Para os estudos ainda não publicados foi analisada a base de dados da Biblioteca Nacional Brasileira de Teses e Dissertações, além do Google acadêmico. Os termos de pesquisa utilizados incluíram "fogo no Cerrado", "manejo do fogo no Cerrado", "queimadas", "atributos funcionais das espécies", "incêndios", "desmatamento", "vegetação do cerrado", "fogo e impactos ambientais", "políticas de gestão do fogo no Brasil", "causas do fogo no cerrado" e "conservação do cerrado".

Os dados extraídos dos artigos incluíram informações sobre diferentes abordagens de manejo do fogo, implicações do fogo para a conservação do Cerrado e a biodiversidade, impactos do fogo na vegetação do bioma bem como os desafios e oportunidades associados a esse distúrbio.

## **3. RESULTADOS**

### 3.1. O Bioma Cerrado e sua vegetação

O bioma Cerrado abrange a área central do Brasil, incluindo os estados de Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Além disso, ele se estende para o norte, alcançando partes do Tocantins, Maranhão e pequenas áreas em Roraima, Rondônia e Pará. No Nordeste, inclui o Piauí e a parte ocidental da Bahia, e no Sudeste, abrange Minas Gerais e São Paulo (Brandão *et al.* 2001), cobrindo cerca de 23% do território brasileiro (Ribeiro; Walter, 2008).

O bioma está localizado sob clima sazonal com distinção clara entre a estação seca e a estação chuvosa, com invernos secos e verões úmidos, sendo as precipitações concentradas entre outubro e março. Ele se localiza em altitudes que variam entre 300 e 1.600 metros (Ribeiro; Walter, 2008).

O Cerrado abriga uma diversidade de plantas que supera a de várias outras regiões do mundo, com mais de 12.000 espécies (Mendonça *et al.* 2008). É importante ressaltar que muitas dessas espécies são endêmicas, isto é, são plantas que ocorrem apenas no Cerrado (Klink; Machado, 2005). Além disso, também abriga aproximadamente 250 espécies de mamíferos, além de uma avifauna diversificada, com 856 espécies catalogadas. A riqueza de peixes (800 espécies), répteis (262 espécies) e anfíbios (204 espécies) também é significativa (Sawyer *et al.* 2018). Infelizmente, muitas dessas espécies de animais e até mesmo plantas estão em risco de extinção, e estima-se que 20% das espécies ameaçadas ou endêmicas não estejam presentes nas áreas legalmente protegidas (Klink; Machado, 2005).

A vegetação do Cerrado apresenta fisionomias diversas, entre elas formações florestais, savânicas e campestres (Ribeiro; Walter, 2008). De acordo com esses autores, fisionomicamente, a floresta (Cerradão, Mata Seca, Mata Ciliar e Mata de Galeria), é definida por áreas onde predominam espécies arbóreas, criando um dossel que pode ser contínuo ou descontínuo. As formações florestais podem estar vinculadas a cursos d'água ou situadas em regiões mais altas entre esses cursos. Por sua vez, as formações savânicas incluem tipos como Cerrado Ralo, Cerrado Típico, Cerrado Denso, Cerrado Rupestre, Vereda, Parque de Cerrado e Palmeiral que são caracterizadas pelo crescimento irregular de árvores de tronco retorcido e raízes profundas, distribuídas de forma esparsa em meio a uma vegetação abundante de gramíneas e arbustos de porte baixo. Em contraste, as formações campestres (Campo Limpo, Campo Sujo e Campo Rupestre), são marcadas por uma ampla cobertura de plantas herbáceas e arbustivas, com pouca ou quase nenhuma presença de árvores (Ribeiro; Walter, 1998).

Como apresentado, este bioma possui uma rica diversidade de vegetação e fisionomicamente apresenta semelhanças com as outras savanas ao redor do mundo, como na África, Índia e Austrália. O termo "savana" refere-se a áreas onde árvores e arbustos estão dispersos sobre um manto de gramíneas, sem a formação de um dossel contínuo (Ribeiro; Walter, 2008).

O clima do respectivo bioma exerce efeitos indiretos sobre a vegetação, influenciando a química e a física do solo, a disponibilidade de água e nutrientes, além de afetar a geomorfologia e a topografia (Ribeiro; Walter, 2008). É fundamental ressaltar que os remanescentes atuais de Cerrado cresceram em solos muito antigos, intemperizados e ácidos, com baixos teores de nutrientes, mas com altas concentrações de alumínio (Ribeiro; Walter,

2008). Para estes autores, muitos arbustos e árvores nativas do Cerrado acumulam esse metal em suas folhas.

Diante dessa condição, para tornar os solos do Cerrado adequados para a agricultura, são aplicados fertilizantes e calcários. Assim, a baixa fertilidade dos solos não impede a ocupação de grandes áreas para agricultura moderna (Klink; Machado, 2005).

Por fim, o referido bioma tem grande relevância social, já que muitas comunidades, incluindo povos indígenas, dependem de seus recursos naturais para garantir uma vida com qualidade (Sawyer *et al.* 2018). De acordo com estes autores, o bioma tem muitas espécies conhecidas para uso medicinal e frutos, que além de serem consumidos, também são vendidos. Ademais, o bioma é reconhecido como a savana tropical com a maior biodiversidade do planeta.

### **3.2. As causas e consequências da ação do fogo no bioma**

O fogo é um fenômeno natural que tem afetado diversos ecossistemas terrestres ao longo de centenas de milhares de anos (Bond; Keeley, 2005). As queimadas são práticas ancestrais de manejo do fogo, historicamente utilizadas por diversos povos locais com diferentes utilidades (Miranda *et al.* 2009 ). Eloy *et al.* (2018), citam que o manejo do fogo no Cerrado pelos habitantes está relacionado a melhorias para tornar o estrato de gramíneas mais palatável para o gado, e desbravar novas áreas para o cultivo agrícola (Borges *et al.* 2016). Outras atividades estão relacionadas a processos de rebrotamento, floração e frutificação de espécies, bem como a limpeza de áreas com o intuito de prevenção da presença de animais peçonhentos (Schmidt; Ticktin, 2012; de Melo; Saito, 2013).

Já os incêndios costumam atingir o Cerrado, assim como outras savanas ao redor do mundo, ao final da estação seca (Durigan; Ratter, 2016), quando as condições climáticas favorecem a propagação do fogo na vegetação (Coutinho, 1990), combinando a biomassa combustível acumulada e uma fonte de ignição, que geralmente são raios (Ramos-Neto; Pivello, 2000; Miranda *et al.* 2010), afetando pequenas áreas fragmentadas na paisagem (Pivello, 2011).

Incêndios também podem ser causados pela ação humana (Jolly *et al.* 2015). Esses incêndios apresentam alta velocidade e alta intensidade, contribuindo assim para o aumento da quantidade de biomassa consumida. Estes fatores, são cruciais para a elevação nos níveis da emissão de gases poluentes e conseqüentemente ao aumento do efeito estufa (Bustamante *et al.* 2012; Rissi *et al.* 2017; Schmidt *et al.* 2017). Os incêndios no Cerrado, geralmente são caracterizados como eventos descontrolados e destrutivos (Pérez-Sánchez *et al.* 2019).

O fogo em diversas áreas do planeta, conhecidas como locais com ecossistemas dependentes do fogo, necessitam desse elemento para manter suas espécies nativas, habitats e paisagens (Myers, 2006). Por outro lado, existem ecossistemas considerados sensíveis ao fogo, onde as chamas

podem resultar na destruição ou até na extinção de espécies locais, além de comprometer seus habitats. Assim, o fogo pode ser benéfico ou não dependendo do ecossistema, da intensidade do fogo e frequência com que ocorre (Myers, 2006).

Ao tratarmos do fogo como um assunto relevante para a biodiversidade, é fundamental entender os múltiplos papéis que ele desempenha nos variados ecossistemas, não somente os savânicos. Essa análise pode ser dividida em quatro tópicos principais de acordo com Myers, (2006):

1. Ecossistemas dependentes do fogo
2. Ecossistemas independentes do fogo
3. Ecossistemas sensíveis ao fogo
4. Ecossistemas influenciados pelo fogo

Os **ecossistemas dependentes do fogo** são aqueles que precisam do fogo para a manutenção de suas espécies e habitats, com muitas plantas tendo evoluído adaptações que favorecem a propagação do fogo. Esses ecossistemas são cruciais e, se o fogo for controlado de maneira inadequada, podem sofrer transformações, resultando em perdas de habitat e biodiversidade. As espécies nesses ecossistemas se adaptaram a diferentes regimes de fogo, que podem variar em frequência, intensidade e sazonalidade. Esses regimes incluem incêndios frequentes e de baixa intensidade, incêndios ocasionais com alta severidade, e aqueles que causam efeitos letais ou não letais, promovendo uma diversidade de habitats durante a recuperação da vegetação (Hardesty; Myers; Fulks, 2005).

Os **ecossistemas que não dependem do fogo** são aqueles em que a sua presença é mínima ou desnecessária. Esses ambientes, como desertos, tundras e florestas tropicais em regiões sem estação definida, são geralmente muito frios, úmidos ou áridos para que ocorram queimadas. Nesses ecossistemas, o fogo só se torna um problema quando há mudanças significativas, como as provocadas pela atividade humana, invasões de espécies não nativas ou alterações climáticas (Hardesty; Myers; Fulks, 2005).

Os **ecossistemas sensíveis ao fogo** não se desenvolveram em um ambiente onde as queimadas são um fenômeno recorrente. As espécies que habitam essas áreas não têm adaptações contra o fogo, resultando em altas taxas de mortalidade, mesmo com incêndios de baixa intensidade. A estrutura e a composição da vegetação tende a dificultar tanto a ignição quanto a propagação das chamas, tornando esses ecossistemas pouco inflamáveis. Em condições naturais, sem intervenções externas, o fogo é um evento tão raro que pode ser considerado como um fator independente. No entanto, quando esses ecossistemas são fragmentados por atividades humanas, a disponibilidade de material combustível aumenta, e as ignições se tornam mais frequentes, transformando os incêndios em uma preocupação significativa (Hardesty; Myers; Fulks, 2005).

Já os **ecossistemas influenciados pelo fogo**, abrange vegetações que frequentemente se situam na zona de transição entre ecossistemas que dependem do fogo e aqueles que são sensíveis, ou seja, que não são adaptados ao fogo.

Além disso, pode incluir uma gama mais ampla de vegetação, onde as respostas das espécies ao fogo ainda não foram bem documentadas e o papel do fogo na manutenção da

biodiversidade permanece subestimado. Embora esses ecossistemas sejam, em geral, sensíveis ao fogo, algumas espécies podem se beneficiar de queimadas, enquanto outras conseguem sobreviver na sua ausência (Hardesty; Myers; Fulks, 2005).

Nos ecossistemas afetados pelo fogo, os incêndios frequentemente têm origem em vegetações adjacentes que são dependentes do fogo, e sua propagação pode variar em extensão e frequência. Além disso, práticas como desmatamento e queimadas na agricultura tradicional também podem atuar como fontes de ignição (Hardesty; Myers; Fulks, 2005).

Dessa maneira, em nível global, 36% das ecorregiões são compostas por ecossistemas sensíveis ao fogo. Por outro lado, 18% dessas regiões são ocupadas por ecossistemas que não dependem do fogo, enquanto aproximadamente 46% das ecorregiões prioritárias requerem queimadas regulares para se manterem saudáveis (Hardesty; Myers; Fulks, 2005). Esses autores citam ainda ecossistemas cuja classificação ainda é incerta devido à falta de pesquisas, e em alguns casos, o papel ecológico do fogo não foi adequadamente esclarecido.

O conceito de "ecossistemas que dependem do fogo", introduzido é relevante para certos ecossistemas presentes nos biomas de savanas tropicais (Hardesty; Myers; Fulks, 2005). Estudos ecológicos ressaltam diversas adaptações morfológicas das plantas do Cerrado, que lhes garantem a sobrevivência e regeneração após incêndios. Essas adaptações incluem órgãos subterrâneos de reserva, como os xilopódios, que permitem a rebrota após o fogo; árvores com cascas espessas, que protegem os tecidos internos do calor; gemas de crescimento protegidas por catáfilos; sementes resguardadas por frutos lenhosos; além de adaptações fenológicas e reprodutivas (Sarmiento; Monasterio, 1983; Coutinho, 1990; Miranda *et al.* 1993; Cirne; Miranda, 2008; Simon *et al.* 2009; Bond; Parr, 2010).

Nota-se também que a frequência de fogo também é um fator importante, e refere ao intervalo de tempo entre sucessivos eventos de queima em uma determinada área. Esse parâmetro é um componente fundamental do regime de fogo, influenciando a estrutura, a composição e a dinâmica dos ecossistemas (Pivello, 2011).

Ainda para esse autor, compreensão desse fenômeno pode proporcionar a criação de estratégias que visem ao manejo do fogo, de forma a obter comprometimento mínimo da vegetação, incluindo as mais sensíveis ao processo das queimadas. No entanto, queimadas frequentes podem ser prejudiciais, pois interrompem os ciclos naturais de recuperação das plantas, levando à degradação do solo, perda de biodiversidade e alteração da estrutura vegetal. Em ecossistemas que não são adaptados a queimadas constantes, a elevada frequência de fogo pode resultar na eliminação de espécies sensíveis e na substituição por espécies invasoras ou menos adaptadas ao fogo, comprometendo a resiliência e a funcionalidade do ecossistema (Pivello, 2011).

É fundamental notar que, em algumas ocasiões, a preservação das fisionomias não está ligada apenas ao fogo, mas resulta da interação de diversos fatores (Bond, 2008). Por exemplo, as fisionomias de Campo Sujo ou Campos Rupestres no bioma Cerrado podem ser mantidas não apenas pela ocorrência de queimadas, mas também por condições edáficas (Alvin; Araujo, 1954).

No Cerrado (Cerrado típico, Cerrado denso, Cerradão, Campo sujo e Campo limpo), a supressão completa do fogo nessas fitofisionomias pode ter consequências graves, por exemplo o aumento da vulnerabilidade das áreas a grandes incêndios no final da estação seca. Isso ocorre devido à continuidade do acúmulo de biomassa combustível (Ramos-Neto; Pivello, 2000; Pivello, 2011; Fidelis *et al.* 2018).

O fogo, em certa medida, atua como um agente ecológico importante para a resiliência e a sustentabilidade de diversas das fitofisionomias existentes no bioma Cerrado. Com isto, reforça-se a necessidade de criação de políticas focadas no manejo do fogo, principalmente em áreas de conservação (Ramos-Neto; Pivello, 2000). Nesse sentido, políticas e estratégias de gestão e conservação do Cerrado devem buscar promover práticas adequadas de manejo do fogo, bem como medidas eficazes de prevenção e combate a incêndios de grandes proporções (Miranda *et al.* 2010).

### **3.3. Fogo como aliado na conservação da vegetação**

As queimadas e incêndios tem um impacto significativo nas Unidades de Conservação (UC) do bioma Cerrado. As UCs são áreas protegidas que visam preservar e conservar os ecossistemas característicos do bioma Cerrado. Essas áreas podem incluir Parques Nacionais, Reservas Biológicas, Áreas de Proteção Ambiental, entre outros tipos de UC, com o objetivo de proteger a biodiversidade, os recursos naturais, as paisagens e os serviços ecossistêmicos oferecidos pelo bioma. Elas desempenham papel fundamental na manutenção da diversidade biológica e na promoção do uso sustentável dos recursos naturais, contribuindo para a proteção de espécies ameaçadas, a conservação de habitats importantes e a preservação da cultura e do conhecimento tradicional associados ao cerrado (Jesus *et al.* 2020).

Com o crescente aumento de práticas como desmatamento e o processo de urbanização, há também aumento dos fogos em diversas regiões, incluindo as regiões de biomas brasileiros como o Cerrado. Os incêndios se iniciam em outras localidades e podem se estender para as UCs, devastando vegetações preservadas nessas áreas. Sendo assim, é de extrema importância o desenvolvimento de políticas e programas focados no entendimento e práticas de manejo do fogo para a manutenção da conservação de diversas espécies, sem comprometer a biodiversidade do bioma (Jesus *et al.* 2020).

Schmidt *et al.* (2016), em seu estudo, mencionam práticas de manejo do fogo em áreas protegidas em países como Estados Unidos, África do Sul e Austrália, através de exclusão e combate ao fogo, tolerância de queimadas antrópicas e uso de queimadas prescritas. O estudo cita a importância de espécies invasoras como as gramíneas africanas, que se beneficiam da ocorrência de queimadas, alterando a composição do ecossistema, sendo primordiais no processo de planejar o manejo de conservação das UCs.

Autores como Barbosa *et al.* (2016), também relatam a importância de se entender o comportamento de espécies invasoras em relação ao fogo e regime de queima, na escolha de práticas de manejo do fogo em ambientes do Cerrado para a conservação de espécies. O estudo destaca dois fatores cruciais para a compreensão da dinâmica de vegetação do bioma Cerrado, sendo eles: a frequência do fogo e a época do ano em que a vegetação é queimada. Ou seja, esses fatores devem orientar o modo e frequência com que queimadas controladas devem ser

aplicadas em UCs para controle de espécies invasoras, além de redução de material combustível e consequente manutenção e conservação da diversidade de espécies nativas.

As espécies invasoras podem alterar significativamente a dinâmica do fogo, modificando a estrutura e a composição da vegetação, bem como os padrões de combustibilidade do cerrado (Rios; Silva; Meirelles, 2019). Para estes autores, algumas espécies invasoras podem aumentar a frequência e a intensidade dos incêndios, tornando o ambiente mais propenso a queimadas de alta intensidade. Portanto, compreender como as espécies invasoras interagem com o fogo é essencial para identificar áreas prioritárias de intervenção e implementar medidas de controle adequadas que minimizem os impactos negativos sobre as espécies nativas.

Além disso, a compreensão dessa relação permite desenvolver estratégias de manejo integrado que visam não apenas controlar as espécies invasoras, mas também restaurar e fortalecer a vegetação nativa do cerrado. Ao considerar o papel do fogo na ecologia do cerrado e sua interação com as espécies invasoras, é possível implementar práticas de manejo do fogo que promovam a resiliência dos ecossistemas naturais, como a realização de queimadas prescritas em áreas estrategicamente selecionadas.

Dessa forma, ao integrar o conhecimento sobre espécies invasoras e fogo, as estratégias de conservação podem ser mais eficazes e sustentáveis, contribuindo para a proteção a longo prazo da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos oferecidos pelo cerrado (Barbosa *et al.* 2016; Schmidt *et al.* 2016; Rios; Silva; Meirelles, 2019).

### **3.4. Políticas de gestão do fogo no Brasil**

No Brasil, a legislação relacionada às políticas de gestão do fogo abrange uma série de instrumentos legais que visam regulamentar o uso do fogo em diferentes contextos e promover a prevenção e o controle de incêndios. Uma das leis mais importantes nesse sentido é a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei nº 12.651/2012) (Brasil, 2012), que estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação nativa e define diretrizes para o uso do fogo em atividades agropastoris e florestais.

Além disso, a Lei nº 9.605/1998 (Brasil, 1998), conhecida como Lei de Crimes Ambientais, tipifica como crime a prática de incêndios em florestas e demais formas de vegetação, estabelecendo penas para quem provoca queimadas ilegais. Essa legislação visa coibir ações irresponsáveis que possam causar danos ambientais e colocar em risco a segurança das pessoas e das comunidades.

Outro instrumento relevante é o Decreto nº 2.661/1998, que regulamenta a utilização do fogo em práticas agropastoris, estabelecendo medidas de segurança e prevenção de incêndios. Esse decreto define critérios para a realização de queimadas controladas e estabelece a obrigatoriedade de autorização prévia por parte dos órgãos ambientais competentes, visando minimizar os impactos negativos do uso do fogo (Brasil, 1998).

Além dessas, a lei de Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo (PNMIF) desempenha um papel fundamental na orientação das políticas de gestão do fogo no Brasil. A lei 14.944/2024 estabelece diretrizes para a coordenação e integração das ações governamentais e da sociedade civil no manejo do fogo (Brasil, 2024).

A PNMIF prevê a elaboração de planos e programas específicos para prevenção, monitoramento e combate a incêndios em áreas críticas, como unidades de conservação, terras indígenas e regiões vulneráveis. Além disso, incentiva a realização de pesquisas e ações de capacitação para aprimorar as práticas de manejo do fogo, buscando conciliar a conservação ambiental com as necessidades socioeconômicas das populações locais.

Assim, a PNMIF representa um importante instrumento para a promoção da segurança, da sustentabilidade e da resiliência dos ecossistemas brasileiros frente aos desafios relacionados ao fogo (Brasil, 2024).

### **3.5. Implicações para o manejo integrado do fogo**

O Manejo Integrado de Fogo (MIF) é uma abordagem holística para lidar com o fogo, reconhecendo seu papel natural nos ecossistemas e buscando gerenciar seus efeitos de maneira sustentável. Ao contrário da supressão total, o MIF visa utilizar o fogo como uma ferramenta de gestão, reconhecendo seus benefícios na renovação de vegetação, controle de pragas e promoção da biodiversidade. Isso é alcançado através de uma combinação de estratégias, incluindo queima prescrita, monitoramento contínuo e integração de conhecimentos tradicionais e científicos (Barbosa *et al.* 2016).

Um dos principais princípios do MIF é a promoção da resiliência dos ecossistemas à presença do fogo. Isso envolve não apenas a prevenção de grandes incêndios descontrolados, mas também a criação de paisagens cujas plantas sejam adaptadas a incêndios o que permite que a comunidade se recupere naturalmente após a ocorrência do fogo. O MIF reconhece que determinados ecossistemas evoluíram com o fogo e que, quando adequadamente gerenciados, podem se beneficiar dele, tornando-se mais resilientes a longo prazo (Silva *et al.* 2018).

Além disso, o MIF enfatiza a importância do envolvimento da comunidade e da colaboração entre diversas partes interessadas na gestão do fogo. Isso inclui povos indígenas, proprietários de terras, gestores de áreas protegidas e agências governamentais. Ao integrar conhecimentos tradicionais e científicos, o MIF busca criar soluções adaptativas e culturalmente relevantes para o manejo do fogo, reconhecendo que diferentes contextos exigem abordagens específicas (Schmidt *et al.* 2016).

Dentre as medidas que contribuem para o manejo do fogo, tem-se a utilização de imagens de satélites, drones e torres de observação, que facilitam o direcionamento na escolha de estratégias, sendo fundamentais para a detecção precoce de incêndios e proporcionar resposta rápida das equipes de combate (Falleiro; Santana; Berni, 2016; Borges *et al.* 2021). A prática de queima prescrita, onde o fogo é utilizado de forma controlada e planejada para reduzir o acúmulo de material combustível, prevenir incêndios descontrolados e promover a renovação da vegetação. A queima prescrita é realizada no início da estação seca, quando as condições climáticas são favoráveis e o risco de propagação do fogo é menor (Schmidt *et al.* 2016; Garda,



2018). A criação de aceiros, onde o material combustível é removido, criando uma barreira natural que ajuda a controlar a propagação do fogo durante incêndios é muito importante. Os aceiros são criados ao redor de áreas sensíveis, como reservas naturais, comunidades e infraestruturas (Schmidt *et al.* 2016; Silva *et al.* 2018).

Além dessas medidas, também é importante o investimento na capacitação e treinamento de equipes de combate a incêndios, que devem receber treinamento adequado em técnicas de combate a incêndios florestais, uso de equipamentos de segurança e comunicação eficaz. Além disso, é importante envolver a comunidade local no treinamento de prevenção e combate a incêndios (Falleiro; Santana; Berni, 2016). A conscientização da população sobre os perigos do fogo descontrolado e a importância da prevenção também é fundamental para reduzir o número de incêndios indesejados no bioma Cerrado. Programas de educação ambiental nas escolas e campanhas de sensibilização podem ajudar a promover práticas sustentáveis de manejo do fogo (Falleiro; Santana; Berni, 2016).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As principais considerações apresentadas neste trabalho são:

**Consequências do fogo:** No bioma Cerrado, esse distúrbio do fogo revela uma dinâmica complexa e essencial para a manutenção de seus ecossistemas. As queimadas controladas, práticas ancestrais utilizadas por comunidades locais, podem desempenhar um papel crucial na melhoria das pastagens, abertura de áreas para plantio e promoção da regeneração de plantas nativas. Os incêndios naturais, que ocorrem principalmente no final da estação seca, são impulsionados por condições climáticas favoráveis e pela acumulação de biomassa é um fator com o qual as fitofisionomias savânicas do Cerrado estão bem adaptadas. Contudo, ações humanas negligentes, como o desmatamento e queimadas descontroladas, agravam o cenário, contribuindo para a ocorrência de incêndios devastadores.

**Efeitos do fogo:** Os efeitos são duais. De um lado, as queimadas e incêndios controlados mantêm ecossistemas dependentes do fogo, estimulam a sucessão ecológica e favorecem a diversidade de habitats. De outro, incêndios descontrolados podem levar à degradação ambiental, redução da biodiversidade e aumento da emissão de gases poluentes.

O uso do fogo controlado pode ser um aliado na conservação, especialmente nas Unidades de Conservação (UC), onde a proteção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos são primordiais. As queimadas prescritas, por exemplo, são ferramentas eficazes no controle de espécies invasoras, que, se não geridas adequadamente, podem alterar a dinâmica do ecossistema e aumentar a intensidade dos incêndios.

Além disso, a manutenção da biodiversidade e a promoção da resiliência dos ecossistemas são facilitadas pelo uso estratégico do fogo, que reduz o acúmulo de material combustível e favorece a regeneração da vegetação nativa.

Diante disso, o manejo do fogo no Cerrado deve ser realizado com cautela, buscando um equilíbrio entre a conservação e as práticas tradicionais, que é de fato o objetivo.

A legislação brasileira, incluindo a Lei de Proteção da Vegetação Nativa e a Lei de Crimes Ambientais, reflete a necessidade de regulamentar o uso do fogo para prevenir danos ao meio ambiente e à segurança das comunidades.

Na prática, a aplicação dessas políticas pode ser desafiadora. Enquanto as leis estabelecem diretrizes claras, a implementação efetiva depende de diversos fatores, como a conscientização das comunidades locais, a capacidade dos órgãos ambientais de fiscalizar e orientar as práticas de manejo, e o suporte técnico e financeiro para promover queimadas controladas e práticas sustentáveis.

## REFERÊNCIAS

ALVIN, P. de T.; ARAÚJO, W. A. O solo como fator ecológico no desenvolvimento da vegetação no Centro-Oeste do Brasil. **Boletim Geográfico**, v. 11, p. 569-578, 1954.

BARBOSA, E. G. et al. A importância da consideração de espécies invasoras no manejo integrado do fogo. **Biodiversidade Brasileira**, v. 6, n. 2, p. 27-40, 2016.

BOND, W. J. What limits trees in C4 grasslands and savannas? **Annu. Rev. Evol. Syst.**, falta v. 39, p. 641-659, 2008.

BOND, W. J.; PARR, C. L. Beyond the forest edge: Ecology, diversity and conservation of the grassy biomes. **Biological Conservation**, v. 143, p. 2395-2404, 2010.

BOND W. J.; KEELEY JE. 2005. Fire as a global “herbivore”: the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution* 20: 387-394.

BORGES, K. M. R. et al. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento como Subsídio ao Manejo do Fogo e ao Combate aos Incêndios Florestais em Unidades de Conservação Federais. **Biodiversidade Brasileira**, v. 11, n. 2, p. 168-178. 2021.

BORGES, S. L., ELOY, L., SCHIMDT, I. B., BARRADAS, A. C. S., & SANTOS, I. A. D. 2016. Fire management in veredas (Palm swamps): new perspectives on tradicional farming systems in Jalapão, Brazil. *Ambiente & Sociedade*, 19(3), 269-294.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19605.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm)> . Acesso em: 06/10/2024.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: <[planalto.gov.br](http://planalto.gov.br)>. Acesso em:

06/10/2024. BRASIL. Decreto nº 2.661, de 8 de julho de 1998. Disponível em: <planalto.gov.>. Acesso em: 06/10/2024.

BRASIL. Lei nº 14.944, de 31 de julho de 2024. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2023-2026/2024/lei/L14944.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2023-2026/2024/lei/L14944.htm)> . Acesso em: 07/10/2024.

BRANDÃO, M.; CARVALHO, P. G. S.; JESUÉ, G. **Guia ilustrado de plantas do cerrado de Minas Gerais**. São Paulo: Nobel, 2001.

BUSTAMANTE, M. M. C. et al. Estimating greenhouse gas emissions from cattle raising in Brazil. **Climatic Change**, v. 115, p. 559–577, 2012.

CHAPIN, F. S.; MATSON, P. A.; VITOUSEK, P. M. **Principles of terrestrial ecosystem ecology**. 2. ed. New York: Springer-Verlag, 2011. 529 p.

CIRNE, P.; MIRANDA, H. S. Effects of prescribed fires on the survival and release of seeds of *Kielmeyera coriacea* (Spr.) Mart. (Clusiaceae) in savannas of Central Brazil. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 20, p. 197–204, 2008.

COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. In: GOLDAMMER, J. G. (Ed.). **Fire in the Tropical Biota: Ecosystem processes and global challenges**. Berlin: Springer Verlag, 1990. p. 82-105.

COSTA, Y. T.; RODRIGUES, S. C. Efeito do fogo sobre vegetação e solo a partir de estudo experimental em ambiente de cerrado. *Geography Department University of Sao Paulo*, v. 30, p. 149, 2015.

DE MELO, M. M.; SAITO, C. H. The practice of burning savannas for hunting by the Xavante Indians based on the stars and constellations. **Society and Natural Resources**, v. 26, p. 478–487, 2013.

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.

ELOY, L. et al. Seasonal fire management by traditional cattle ranchers prevents the spread of wildfire in the Brazilian Cerrado. **Ambio**, 2018.

FALLEIRO, R. de M.; SANTANA, M. T.; BERNIE, C. R. As contribuições do manejo integrado do fogo para o controle dos incêndios florestais nas Terras Indígenas do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 6, n. 2, p.88–105, 2016.

FIDELIS, A.; ALVARADO, S.; BARRADAS, A.; PIVELLO, V. The Year 2017: Megafires and Management in the Cerrado. **Fire**, v. 1, p. 49, 2018.

GARDA AB. 2018. Dano e recuperação pós-fogo em espécies lenhosas do cerrado: fogo após 18 anos de proteção versus queimadas bienais em três épocas distintas.

HARDESTY, J.; R. MYERS.; W. FULKS. 2005. **Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue**. *The George Wright Forum* 22: 78-87.

JESUS, J. B. et al. Análise da incidência temporal, espacial e de tendência de fogo nos biomas e unidades de conservação do Brasil. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 1, p. 176-191, 2020.

JOLLY, W. M. et al. Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. **Nature Communications**, v. 6, p. 7537, 2015.

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

MENDONÇA, R. et al. Flora vascular do Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa, v. 1, p. 289-556, 2008.

MIRANDA, H. S.; WALTER, N. N.; NEVES, B. M. C. Caracterização das queimadas de Cerrado. In: EFEITOS DO REGIME DO FOGO SOBRE A ESTRUTURA DE COMUNIDADES DE CERRADO: RESULTADOS DO PROJETO FOGO. Brasília: IBAMA, p. 23-33, 2010.

MIRANDA A.; MIRANDA H. S.; DIAS I.F.; DIAS B. F. Soil and air temperatures during prescribed cerrado fires in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology** 9: 313–320, 1993.

MIRANDA, H. S., SATO, M. N., NETO, W. N., & AIRES, F. S. 2009. Fires in the cerrado, the Brazilian savanna. In *Tropical Fire Ecology* (pp. 427-450). Springer Berlin Heidelberg.

MYERS, R. L. 2006. Living with fire: sustaining ecosystems & livelihoods through integrated fire management. **Nature Conservancy**, Global Fire Initiative.

MYERS, N.; R. A. MITTERMEIER; C. G. MITTERMEIER; G. A. B. FONSECA; J. KENT. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403: 853-858, 2000.

PROJETO MAPBIOMAS – Coleção Monitor de Fogo da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. acessado em 26/09/2024 através do link: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/monitor-do-fogo>.

PROJETO MAPBIOMAS – Coleção Desmatamento da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, acessado em 26/09/2024 através do link: Plataforma - MapBiomas Brasil.

PROJETO MAPBIOMAS – Coleção Cobertura da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, acessado em 06/10/2024 através do link: Plataforma - MapBiomas Brasil.

PROJETO MAPBIOMAS – Coleção alerta de desmatamento da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, acessado em 06/10/2024 através do link: Mapbiomas Alerta | Mapa.

PEREZ-SÁNCHEZ, J. et al. Evolution of burned area in forest fires under climate change conditions in southern Spain using ANN. **Applied Sciences**, v. 9, n. 19, p. 4155, 2019.

- PIVELLO, V. R. Invasões biológicas no cerrado brasileiro: efeitos da introdução de espécies exóticas sobre a biodiversidade. **Ecologia.info**, v. 33, 2011.
- RAMOS-NETO M. B; PIVELLO V. R. Lightning fires in a Brazilian Savanna National Park: Rethinking management strategies. **Environmental Management**, 26: 675–684, 2000.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília: Embrapa, v. 2, p. 151-199, 2008.
- RIOS, M. N. S.; SILVA, J. C. S.; MEIRELLES, M. L. Dinâmica pós-fogo da vegetação arbóreo-arbustiva em cerrado sentido restrito no Distrito Federal. **Biodiversidade**, v. 18, n. 1, 2019.
- RISSIMN, BAEZA M. B.; GORGONE-BARBOSA E.; ZUPO T. ; FIDELIS A. Does season affect fire behaviour in the Cerrado? **International Journal of Wildland Fire**, p. 26–33, 2017.
- SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. Cerrado: ecologia e flora. Ed. Embrapa, v. 1. 2008.
- SAMPAIO, A. B. et al. Editorial - Manejo do fogo em áreas protegidas. **Biodiversidade Brasileira**, v. 6, n. 2, p. 1–3, 2016.
- SARMIENTO, G.; MONASTERIO, M. 1983. Life forms and phenology (F Bourliere, Ed.). In: *Ecosystems of the World XIII. Tropical Savannas*, Elsevier, Amsterdam, pp. 79-108.
- SAWYER, D. et al. Perfil do ecossistema: Hotspot de biodiversidade do Cerrado. **SuperNova**, 2018.
- SILVA, A. A. C. et al. Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra e a implementação de manejo integrado do fogo. **ForScience**, v. 6, n. 2, 28 ago. 2018.
- SIMON, M. F, GREYER R.; DE QUEIROZ L.P.; SKEMA C.; PENNINGTON R. T.; HUGHES C. E. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106: 20359–20364, 2009.
- SCHMIDT, I. B. et al. Implementação do programa piloto de manejo integrado do fogo em três unidades de conservação do Cerrado. **Biodiversidade Brasileira**, v. 6, n. 2, p. 55–70, 2016.
- SCHMIDT, I. B, et al. Fire management in the Brazilian savanna: First steps and the way forward. **Journal of Applied Ecology**, 55: 2094–2101, 2018.
- SCHMIDT, I.; FIDELIS A.; MIRANDA H.S.; TICKTIN T. How do the wets burn? Fire behavior and intensity in wet grasslands in the Brazilian savanna. **Revista Brasileira de Botânica** 40: 167–17, 2017.
- SCHMIDT, I. B, TICKTIN T. When lessons from population models and local ecological knowledge coincide - Effects of flower stalk harvesting in the Brazilian savanna. **Biological Conservation** 152: 187–195, 2012.

SOUZA, C. L. F. et al. O cerrado como o “berço das águas”: potencialidades para a educação geográfica. **Revista Cerrados**, v. 17, n. 1, p. 86-113, 2019.

SOUZA, R. O. et al. Estratégias de integração entre pesquisa e manejo do fogo no Parque Nacional da Serra da Canastra como parte do desenvolvimento de um Programa de Manejo Integrado do fogo. **Biodiversidade Brasileira**, v. 6, n. 2, p. 205–219. 2016.