

ESTRATÉGIAS DE RECUPERAÇÃO ECOLÓGICA EM ÁREAS DO CERRADO DEGRADADAS POR INCÊNDIOS CRIMINOSOS: UMA ANÁLISE DE TÉCNICAS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Bruna Rodrigues Andrade¹, Tatiane Pereira Santos Assis²

¹Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Glória, Uberlândia-MG.

²Professora adjunta no Instituto de Ciências Agrárias (ICIAg) nos cursos de Graduação em Agronomia e Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Glória, Uberlândia-MG.

E-mail: rodriguesandrade.bruna@gmail.com

Recebido em: 15/11/2025 – Aprovado em: 15/12/2025 – Publicado em: 30/12/2025

DOI: 10.18677/EnciBio_2025D5

RESUMO

O Cerrado brasileiro é reconhecido por sua biodiversidade e relevância socioambiental, mas tem sido severamente impactado por incêndios criminosos, que comprometem sua integridade ecológica e a sustentabilidade de seus serviços ambientais. Este trabalho teve como objetivo investigar e analisar os principais impactos dos incêndios no Cerrado e as estratégias de recuperação ecológica aplicadas em áreas degradadas. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica e documental com base em publicações científicas, livros técnicos e relatórios institucionais de órgãos como Embrapa, IBAMA, ICMBio, INPE e organizações da sociedade civil. Os resultados mostram que os incêndios criminosos afetam o solo, com o empobrecimento de nutrientes, erosão e compactação; a vegetação, com a perda de biodiversidade e substituição por espécies invasoras; a fauna, causando a redução de habitat e de espécies; e o ciclo hidrológico, gerando o assoreamento e redução da recarga hídrica. Também foi constatado que as técnicas de recuperação devem ser escolhidas a partir de um diagnóstico prévio da área, podendo variar da condução da regeneração natural ao plantio em área total, passando por métodos intermediários como adensamento, enriquecimento e nucleação. Um dos principais desafios encontrados ao longo do desenvolvimento do trabalho foi a falta de artigos que tratam de técnicas de recuperação em áreas queimadas no Cerrado. Conclui-se que a restauração do Cerrado exige abordagens integradas, capazes de unir ciência, políticas públicas e participação comunitária, de modo a promover a resiliência do bioma e a conservação de seus serviços ecossistêmicos.

PALAVRAS-CHAVE: Incêndios; Degradação ambiental; Regeneração.

ECOLOGICAL RECOVERY STRATEGIES IN CERRADO AREAS DEGRADED BY ARSON: AN ANALYSIS OF TECHNIQUES AND ENVIRONMENTAL IMPACTS.

ABSTRACT

The Brazilian Cerrado is recognized for its biodiversity and socio-environmental relevance but has been severely affected by criminal fires, which compromise its ecological integrity and the sustainability of its environmental services. This study aimed to investigate and analyze the main impacts of fires in the Cerrado and the ecological recovery strategies applied in degraded areas. A bibliographic and documentary research was carried out based on scientific publications, technical books, and institutional reports from organizations such as Embrapa, IBAMA, ICMBio, INPE, and civil society institutions. The results show that criminal fires affect the soil, through nutrient depletion, erosion, and compaction; the vegetation, with biodiversity loss and replacement by invasive species; the fauna, by reducing habitats and species; and the hydrological cycle, through siltation and reduced water recharge. It was also found that recovery techniques must be chosen based on a prior diagnosis of the area, ranging from natural regeneration to total planting, including intermediate methods such as densification, enrichment planting, and nucleation. One of the main challenges encountered during the development of the work was the lack of articles dealing with recovery techniques in burned areas in the Cerrado. It is concluded that the restoration of the Cerrado requires integrated approaches, capable of combining science, public policies, and community participation in order to promote the biome's resilience and the conservation of its ecosystem services.

KEYWORDS: Fires; Environmental degradation; Regeneration.

INTRODUÇÃO

O Cerrado ocupa cerca de 23,3% do território brasileiro, sendo o segundo maior bioma do país, com uma área de quase dois milhões de quilômetros quadrados (BRASIL, 2024). Além de sua extensão territorial, o Cerrado brasileiro é reconhecido como um dos biomas mais ricos em biodiversidade do planeta, refugiando aproximadamente 12 mil espécies de plantas, sendo que cerca de 40% delas são endêmicas, além de uma fauna igualmente diversa e ameaçada, como o lobo-guará, o tatu-canastra e o tamanduá-bandeira (KLINK; MACHADO, 2005). Sua complexidade ecológica é vista na diversidade de fitofisionomias, que vão de campos abertos a matas de galeria, contribuindo para a prestação de serviços ecossistêmicos essenciais, como regulação climática, polinização, ciclagem de nutrientes e sequestro de carbono (SANO *et al.*, 2008).

O bioma Cerrado é considerado o “berço das águas do Brasil”, por abrigar nascentes de oito das doze principais bacias hidrográficas brasileiras, incluindo parte considerável do Aquífero Guarani, que é a segunda maior reserva subterrânea de água doce do planeta, sendo assim fundamental para a manutenção da disponibilidade hídrica em grande parte do território nacional (GOMES *et al.*, 2011). Por esses fatores, como a alta diversidade biológica, endemismo e intensa pressão antrópica, o bioma foi classificado como um dos principais *hotspots* globais para a conservação da biodiversidade (MYERS *et al.*, 2000).

Nesse sentido, o Cerrado também possui grande relevância socioambiental, ao sustentar uma diversidade de comunidades tradicionais (indígenas, quilombolas,

ribeirinhas e geraizeiras), que mantêm modos de vida diretamente ligados ao uso sustentável dos recursos naturais (ISPN, 2021). No entanto, é também um dos biomas mais ameaçados do país, com mais da metade de sua vegetação original já desmatada, principalmente pela expansão agropecuária e os incêndios frequentes, o que impõe sérios riscos à biodiversidade, à segurança hídrica e à sustentabilidade regional (STRASSBURG *et al.*, 2017).

Nos últimos anos, o bioma tem apresentado um crescimento expressivo na ocorrência de incêndios, de modo especial em períodos fora da sazonalidade natural. Dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) indicam que o número de focos de calor no Cerrado tem se mantido elevado, sendo uma das regiões mais afetadas por queimadas no Brasil.

Em 2024, o país vivenciou uma das mais graves tragédias ambientais de sua história, com a devastação de mais de 30 milhões de hectares devido a incêndios, atribuídos em grande parte a ações criminosas, conforme dados do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (LUZ, 2025).

Embora o fogo seja um elemento natural em ecossistemas savânicos, o que se observa atualmente é o predomínio de incêndios causados por ações humanas, frequentemente de forma criminosa ou negligente, como em práticas ilegais de desmatamento, expansão agropecuária, grilagem de terras e conflitos fundiários (ARRUDA *et al.*, 2024).

Essa realidade torna-se ainda mais grave devido a fragilidade dos mecanismos de fiscalização e controle ambiental, com a atuação limitada de instituições como o IBAMA e as secretarias estaduais, com a ausência de recursos humanos, materiais e tecnológicos. Ainda que o governo federal tenha aumentado os esforços de fiscalização e responsabilização para conter o avanço do desmatamento ilegal em biomas estratégicos, como o Cerrado, as problemáticas continuam. De acordo com dados oficiais do IBAMA, essas medidas resultaram na aplicação de R\$ 578 milhões em multas, com a lavratura de 737 autos de infração e 455 termos de embargo no bioma (IBAMA, 2025). Entretanto, a impunidade diante de crimes ambientais e a dificuldade em identificar os responsáveis pelos incêndios continuam a favorecer a recorrência desses eventos e a degradação ambiental associada.

Incêndios frequentes e sem controle podem causar o desequilíbrio do ecossistema, levando à perda de biodiversidade, alteração nas funções ecológicas e, por fim, ao esgotamento de comunidades inteiras do Cerrado (COUTINHO, 1992). Sendo assim, pensar na recuperação ecológica do Cerrado tornou-se uma urgência diante da velocidade e da intensidade com que esse bioma vem sendo degradado. A destruição contínua dos cenários naturais compromete não apenas a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos fundamentais, mas também impõe desafios ao desenvolvimento sustentável do país. A ausência de ações efetivas de restauração agrava os impactos sobre comunidades tradicionais e populações rurais que necessitam diretamente dos recursos naturais para sua subsistência e identidade cultural (WWF-BRASIL, 2023).

Nesse contexto, a recuperação das áreas degradadas por incêndios criminosos no Cerrado deve ser compreendida como parte intrínseca das políticas públicas ambientais, exigindo o fortalecimento de mecanismos de governança, incentivos à agricultura sustentável e ações integradas de conservação. A

restauração ecológica não apenas colabora para reverter danos ambientais, mas também para promover justiça social, segurança hídrica e resiliência climática, sendo, portanto, um investimento estratégico para o futuro do Brasil (GANN *et al.*, 2019).

Diante dessa problemática, o presente trabalho tem como objetivo investigar e analisar estratégias de recuperação ecológica em áreas do Cerrado afetadas por incêndios criminosos, considerando os impactos ambientais e a viabilidade técnica de sua aplicação.

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DO CERRADO

O Cerrado caracteriza-se pela presença de invernos secos e verões chuvosos, um clima que é classificado como Aw de Köppen (RIBEIRO; WALTER, 2008). Dessa forma, o período chuvoso começa entre setembro e outubro, estendendo-se até março ou abril. Já a estação seca se inicia entre abril e maio, estendendo-se até setembro ou início de outubro (SILVA *et al.*, 2008).

De acordo com Campos; Chaves (2020), estudos considerando o intervalo de tempo de 1977-2010, apontam que a precipitação ficou entre 146,8 e 1.486 mm, com grande variabilidade espacial no bioma. Em outro estudo, realizado por Hofmann *et al.* (2023), analisou-se as tendências de precipitação e frequência de dias chuvosos no Cerrado brasileiro entre 1960 e 2021, considerando dois períodos de 30 anos cada: 1960 a 1990 e 1991 a 2021, onde foi identificada uma redução de cerca de 5% na precipitação anual e no número de dias de chuva, evidenciando uma tendência ao aumento da aridez.

Além disso, pesquisas recentes têm mostrado que, em algumas regiões do Cerrado, o período chuvoso tem começado cada vez mais tarde. Com isso, as chuvas acabam se concentrando em um intervalo mais curto, entre novembro e fevereiro (CORREIA FILHO *et al.*, 2023). Essa mudança no padrão pluviométrico tem provocado oscilações mais acentuadas de um ano para o outro, além de estender os períodos de seca entre as estações (CORREIA FILHO *et al.*, 2023). Como consequência, a vegetação permanece por mais tempo sob estresse hídrico, tornando-se mais vulnerável à propagação de incêndios (CORREIA FILHO *et al.*, 2023).

Em relação às temperaturas, o Cerrado é caracterizado por um clima predominantemente quente durante todo o ano, com médias anuais entre 22 °C e 23 °C, variando de acordo com a localidade (SILVA *et al.*, 2021). As temperaturas máximas absolutas mensais apresentam pouca oscilação ao longo do ano, podendo ultrapassar os 40 °C em determinados períodos, já as temperaturas mínimas podem variar bastante dependendo da região (SILVA *et al.*, 2021).

Essa variação térmica exerce influência direta sobre o funcionamento ecológico do Cerrado, afetando desde o metabolismo das plantas até o comportamento da fauna, cujas espécies desenvolveram estratégias adaptativas para lidar com essas condições extremas. De acordo com a Embrapa Informação Tecnológica, CERRADO – Ecologia e Flora, v. 1, em seu capítulo III, da Caracterização climática do bioma Cerrado, “As condições energéticas do ambiente afetam todos os processos biofísicos e bioquímicos que, por sua vez, condicionam o metabolismo dos seres vivos, tais como: absorção hídrica, respiração, fotossíntese e perda de água.” (SILVA *et al.*, 2008).

Outro índice importante de ser analisado no Cerrado é a umidade relativa do

ar, sendo que os valores anuais da maioria das regiões variam entre 60% e 80%. Em determinadas regiões, como o Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, sul de Goiás e sul de Minas Gerais, esse índice pode atingir níveis mais elevados, chegando a 90% (SILVA *et al.*, 2008).

Entretanto, as menores taxas de umidade relativa são observadas em áreas específicas dos estados do Piauí e de Minas Gerais, com a chegada da estação seca, de maio a setembro, os índices caem de forma considerável, podendo atingir valores extremamente baixos, entre 9% e 11%, conforme registrado em várias estações meteorológicas do bioma (SILVA *et al.*, 2008). Essa queda acentuada da umidade auxilia no aumento da evapotranspiração e aumenta o estresse hídrico sobre a vegetação, assim como também aumenta consideravelmente o risco de incêndios. Adicionalmente, esses baixos níveis de umidade relativa do ar afetam diretamente o bem-estar de animais e seres humanos, comprometendo o equilíbrio fisiológico das espécies e provocando impactos relevantes nos processos ecológicos do Cerrado (SILVA *et al.*, 2008).

CARACTERÍSTICAS DO SOLO DO CERRADO

O solo é fundamental para a sustentação dos processos ecológicos do Cerrado, influenciando desde a regulação hídrica até a biodiversidade vegetal e animal. No Cerrado, os solos são profundos, azonados, de cor vermelha ou vermelha amarelada, porosos, permeáveis, bem drenados e muito lixiviados. A textura que predomina é a areia, argila e por último o silte, sendo assim, são solos arenosos, areno-argilosos, argilo-arenosos ou, raramente, argilosos. Adicionalmente, possuem uma baixa capacidade de retenção de água (XAVIER *et al.*, 2021).

De modo geral, há vários tipos de solos apresentando diferenças em suas propriedades e características. Entretanto, dentre os solos das diversas fitofisionomias do Cerrado, a maioria é classificada como Latossolos (REATTO *et al.*, 2008).

Os Latossolos cobrem 46% da área da região dos Cerrados, sendo considerados solos intemperizados, formados da remoção de sílica e de elementos básicos trocáveis ao longo do perfil. Sua coloração varia entre tons avermelhados e amarelados, são profundos e bem drenados ao longo do ano. Ademais, caracterizam-se por elevada acidez, presença de alumínio em níveis tóxicos e são pobres em nutrientes essenciais, como cálcio, magnésio, potássio e outros micronutrientes necessários ao desenvolvimento da maioria das plantas. Um aspecto interessante a se destacar sobre essa classe é o bom índice de infiltração de água, o que favorece a recarga dos aquíferos (SANZONOWICZ, 2021).

Contudo, há também a presença de outras classificações de solos, como os Neossolos Quartzarênicos, Argissolos, Neossolos Litólicos, Organossolos e outras classes de menor expressão (REATTO *et al.*, 2008; SANZONOWICZ, 2021).

A variação nos tipos de solo contribui com uma grande diversidade de espécies vegetais no bioma Cerrado, abrangendo desde o estrato graminoso e arbustivo até o arbóreo (REATTO *et al.*, 2008). Isso ocorre devido às características e propriedades dos solos, sendo assim a vegetação se desenvolve de modo adaptativo, como, por exemplo, apresentando raízes profundas e estrutura para absorção eficiente dos nutrientes que são escassos (REATTO *et al.*, 2008).

A maioria dos solos do Cerrado, por terem um alto teor de areia ou até mesmo os que apresentam características argilosas, são muito suscetíveis à erosão

(SOUZA, 2021). Sendo assim, devido as suas características texturais e estruturais, está frequentemente sujeito à formação de voçorocas (COUTINHO, 2001).

Por fim, tem-se que a interferência antrópica no solo pode levar a impactos severos, visto que o solo é responsável pela regulação do ciclo hidrológico, pelo sequestro de carbono, pela ciclagem de nutrientes, entre outros serviços ecossistêmicos (VILELA, 2021).

BIODIVERSIDADE DO CERRADO

O Brasil é um dos países com a maior biodiversidade do planeta, abrigando cerca de 10% das formas de vida conhecidas no mundo (MYERS *et al.*, 2000). De acordo com Aguiar *et al.* (2004), para uma estimativa global de cerca de 15 milhões de espécies, a biodiversidade brasileira corresponde a aproximadamente 1,5 milhão, considerando os vertebrados, invertebrados, plantas e microrganismos.

O Cerrado, segundo maior bioma do Brasil, possui uma biodiversidade variada devido a dinâmica climática histórica, que resultou na entrada de diversas espécies, especialmente aves e mamíferos, vindas de biomas vizinhos, colaborando para o enriquecimento da fauna local, sendo assim o Cerrado representa cerca de 33% da diversidade biológica do Brasil (AGUIAR *et al.*, 2004). Ademais, o Cerrado refugia aproximadamente 12 mil espécies de plantas, sendo que cerca de 40% delas são endêmicas (KLINK; MACHADO, 2005).

Referente a biodiversidade faunística, entre os mamíferos a ocorrência pode chegar a 199 espécies. Embora o nível de endemismo entre os mamíferos possa ser considerado baixo, com somente 8% das espécies exclusivas do bioma (AGUIAR *et al.*, 2004), 49 dessas espécies estão na lista oficial de espécies ameaçadas de extinção (ICMBIO, 2025). Para as aves, a riqueza é estimada em 837 espécies, com 4% de espécies endêmicas (AGUIAR *et al.*, 2004), 86 dessas espécies estão na lista oficial de espécies ameaçadas de extinção (ICMBIO, 2025). Para os répteis, a riqueza é estimada em 177 espécies, com alto nível de endemismo nos grupos das anfisbenas e dos lagartos (AGUIAR *et al.*, 2004), 22 dessas espécies estão na lista oficial de espécies ameaçadas de extinção (ICMBIO, 2025). Para os peixes, a riqueza é estimada em 1.200 espécies (SOUZA, 2021), 102 dessas espécies estão na lista oficial de espécies ameaçadas de extinção (ICMBIO, 2025). Para os anfíbios, a riqueza é estimada em 150 espécies (SOUZA, 2021), sendo que 5 dessas espécies estão na lista oficial de espécies ameaçadas de extinção (ICMBIO, 2025). Para os invertebrados, a riqueza é estimada em 67.000 espécies (SOUZA, 2021), sendo que 89 dessas espécies estão na lista oficial de espécies ameaçadas de extinção (ICMBIO, 2025). No contexto nacional, o bioma concentra 50% das espécies de aves, 45% dos peixes, 40% dos mamíferos e 38% dos répteis conhecidos (AGUIAR *et al.*, 2004).

A biodiversidade da flora do Cerrado também é ampla, com estimativa entre 7.000 e 10.000 espécies de angiospermas, sendo esse o grupo vegetal mais diversificado do bioma. De acordo com pesquisas realizadas, uma proporção considerável das árvores encontradas é exclusiva do Cerrado, assim como as plantas vasculares, que também possuem um índice elevado de endemismo. Grande parte dessa riqueza deve-se a existência de um mosaico natural de ecossistemas que compartilham a paisagem do Cerrado. Aproximadamente 35% das espécies vegetais ocorrem no Cerrado sentido restrito, 30% nas matas de galeria, 25% em áreas campestres e cerca de 10% ainda não foram classificadas.

Apesar dessa riqueza, os registros botânicos disponíveis são limitados e concentram-se em algumas regiões específicas, como o entorno de Brasília e áreas do estado de São Paulo (AGUIAR *et al.*, 2004).

De modo geral, as formas vegetais do bioma são adaptadas às suas características, como o Cerrado possui verões chuvosos e invernos secos, as plantas são condicionadas a enfrentar longos períodos sem chuvas, devido a isso possuem longas raízes com média de 10m de profundidade, possibilitando acesso à grande quantidade de água estocada em camadas mais profundas do solo (RIBEIRO; WALTER, 1998). As longas raízes também facilitam a regeneração após queimadas, o que indica sua adaptação ao clima e ao fogo que ocorre no Cerrado. Em sua maioria, a vegetação desse bioma é composta por gramíneas, herbáceas, arbustos e árvores de médio porte (RIBEIRO; WALTER, 1998).

RECURSOS HÍDRICOS DO CERRADO

A água está presente em praticamente todas as atividades humanas e da natureza. Ela é usada para produzir alimentos, gerar energia, cuidar da saúde das pessoas e manter a agricultura e a indústria funcionando. Sendo assim, é importante que esteja disponível em boa quantidade e com qualidade (ANA, 2025). No Brasil, certos biomas como o Cerrado têm papel importante na formação dos rios e nascentes. Além disso, o bioma Cerrado também desempenha um papel importante no abastecimento de reservas subterrâneas (PIMENTA, 2024).

Esse bioma contribui com a recarga de uma das maiores reservas de água subterrânea do mundo, o Aquífero Guarani. Essa reserva está presente ao longo de vários estados brasileiros e também em países vizinhos (GOMES *et al.*, 2011; CÂNDIDO, 2020). Parte da água que chega até ele vem de áreas do Cerrado, onde a vegetação e o tipo de solo permitem que a água da chuva entre com mais facilidade no subsolo. Devido a isso, o Cerrado tem um papel importante na manutenção da água guardada nessa reserva natural (GOMES *et al.*, 2011; CÂNDIDO, 2020).

O Cerrado possui áreas distribuídas por quase todas as grandes bacias hidrográficas brasileiras, sendo que os principais rios que recebem contribuições de áreas do Cerrado são: na Bacia Amazônica: os Rios Xingu, Madeira e Trombetas; na Bacia do Tocantins: os Rios Araguaia e Tocantins; na Bacia Atlântico Norte/Nordeste: os Rios Parnaíba e Itapecuru; na Bacia do São Francisco: os rios São Francisco, Pará, Paraopeba, das Velhas, Jequitaiá, Paracatu, Urucuia, Carinhanha, Corrente e Grande; na Bacia Atlântico Leste: os Rios Pardo e Jequitinhonha; e na Bacia Paraná/Paraguai: os Rios Parnaíba, Grande, Sucuriú, Verde, Pardo, Cuiabá, São Lourenço, Taquari, Aquidauana, entre outros (LIMA; SILVA, 2008).

Por estar localizado nas áreas mais altas das bacias hidrográficas, o Cerrado está presente em áreas mais altas, o que significa que são regiões com diversas nascentes ou cabeceiras (LIMA; SILVA, 2008). Por isso, e também por auxiliar no abastecimento de grande parte dos rios do país, o Cerrado é conhecido como “Berço das águas”.

FITOFISIONOMIAS DO CERRADO

O bioma Cerrado é caracterizado por diversas formas de vegetação, que resulta em um mosaico de fitofisionomias distribuídas de acordo com vários fatores,

como tipo de solo, disponibilidade hídrica, relevo e regime de fogo (RIBEIRO; WALTER, 1998; 2008). As formações do cerrado são divididas em três grupos, sendo eles campestres, savânicos e florestais, que coexistem e interagem em diferentes regiões do bioma (SILVA *et al.*, 2008). O termo “Cerrado” pode ser usado de três modos diferentes: como bioma predominante no Brasil Central; como cerrado sentido amplo, referindo-se as formações savânicas e campestres; por fim como cerrado sentido restrito, referindo-se especificamente a uma das fitofisionomias mais características que ocorrem na formação savânica, com composição florística e com árvores tortuosas e espaçadas (RIBEIRO; WALTER, 1998). As fitofisionomias do Cerrado são influenciadas por fatores históricos, climáticos, antrópicos, entre outros, sendo importantes para a conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos no Cerrado (MACHADO *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2008).

As formações florestais possuem uma alta densidade de árvores e maior cobertura do dossel, como ocorre no cerradão e nas matas de galeria. As formações savânicas, representadas principalmente pelo cerrado sentido restrito, possuem árvores e arbustos de porte médio, espaçados e tortuosos, juntos de um estrato contínuo de gramíneas. Já as formações campestres possuem herbáceas e gramíneas, com baixa ou nenhuma presença de espécies lenhosas, como observado nos campos limpos e sujos (RIBEIRO; WALTER, 1998; 2008).

As fitofisionomias no Cerrado estão distribuídas de acordo com o tipo de solo, a topografia, a disponibilidade hídrica, a ocorrência do fogo, dentre outros fatores (RIBEIRO; WALTER, 1998; 2008). Nos solos profundos e bem drenados são encontradas as formações savânicas, já em áreas mais úmidas e férteis são encontradas as formações florestais. Os campos são encontrados em solos rasos, arenosos ou naqueles que ocorrem inundações sazonais. Contudo, não há limites específicos entre uma fisionomia e outra, mas sim transições graduais (RIBEIRO; WALTER, 1998; 2008).

Algumas das principais fitofisionomias das formações florestais são, o cerradão, que possui árvores de maior porte e dossel relativamente fechado, as matas de galeria e matas ciliares, que são aquelas que ficam ao longo dos cursos d’água, possuindo uma vegetação densa e úmida, sendo essenciais para a proteção dos recursos hídricos. Já nas formações savânicas, há o cerrado sentido restrito, que possui árvores e arbustos tortuosos, com porte médio e espaçados, sobre um estrato de gramíneas; o parque de Cerrado, possui árvores espaçadas com áreas abertas cobertas por gramíneas; e o palmital, onde espécies de palmeiras, como o buriti, predominam (RIBEIRO; WALTER, 1998; 2008).

Nas formações campestres, há o campo limpo, que possui herbáceas e gramíneas; o campo sujo, que é caracterizado por gramíneas e arbustos esparsos; e o campo cerrado, que é uma transição entre as fisionomias abertas e o cerrado sentido restrito. Por fim, entre as formações ligadas a ambientes úmidos, as veredas se destacam, visto que são áreas encharcadas dominadas pelo buriti (*Mauritia flexuosa*) e outras espécies adaptadas a solos hidromórficos, sendo considerada uma zona de exfiltração, adicionalmente, essa formação também tem o papel de corredor ecológico. Além dessas formações principais, existem ainda subtipos que aumentam ainda mais a diversidade do bioma, somando ao mosaico ecológico (RIBEIRO; WALTER, 1998; 2008).

Entretanto, muitas fitofisionomias do Cerrado são consideradas ameaçadas por conta da expansão agropecuária, do desmatamento da vegetação nativa e das

queimadas criminosas. Entre as formações mais vulneráveis encontram-se as veredas e as matas de galeria, que são essenciais para a manutenção da biodiversidade e dos recursos hídricos, uma vez que são áreas de proteção de nascentes e corredores ecológicos (RIBEIRO; WALTER, 1998; 2008).

IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO CERRADO

Atualmente o Cerrado é uma das regiões de maior relevância econômica do Brasil, devida a sua alta produção no setor agropecuário. Os solos desse bioma são conhecidos por sua baixa fertilidade, devido a isso houve a implementação de tecnologias de correção e manejo, que transformou o Cerrado em um dos principais polos agrícolas do país, responsável por uma parte considerável da produção de grãos, carnes e fibras destinados tanto ao mercado interno quanto à exportação. Essa expansão agropecuária auxiliou no crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) nacional, assim como promoveu transformações sociais e territoriais importantes, atraindo investimentos, infraestrutura e gerando empregos em várias áreas do bioma (MUELLER; MARTHA JÚNIOR, 2008; SANTANA *et al.*, 2020).

Adicionalmente, as frutas nativas do Cerrado possuem relevância na economia regional, principalmente entre pequenos produtores e comunidades rurais. Em Minas Gerais, por exemplo, estudos apontam que espécies como pequi (*Caryocar brasiliense*), cagaita (*Eugenia dysenterica*), mangaba (*Hancornia speciosa*), araticum (*Annona crassiflora*), umbu (*Spondias tuberosa*) e buriti (*Mauritia flexuosa*) são coletadas, processadas em polpas, doces e licores e em seguida são comercializadas, sendo assim um importante complemento de renda para esses produtores (MUELLER; MARTHA JÚNIOR, 2008). No Distrito Federal, iniciativas como o Projeto Frutos do Cerrado demonstram esse potencial, com a produção de aproximadamente quatro toneladas semanais de polpa de frutas, fortalecendo a renda de famílias cooperadas e valorizando os recursos locais (SUDECO, 2021). Além disso, programas ligados à economia da sociobiodiversidade têm incentivado o extrativismo sustentável, garantindo a conservação ambiental ao mesmo tempo em que ampliam as oportunidades de comercialização e a inclusão social no bioma (LIMA, 2022).

O Cerrado é considerado um pilar da agricultura brasileira, que transformou o país em um dos maiores produtores e exportadores de alimentos do mundo. A região é uma grande produtora de grãos como soja (*Glycine max L.*), milho (*Zea mays L.*), feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) e algodão (*Gossypium hirsutum L.*), assim como da pecuária bovina, que se expandiu nas últimas décadas. Essa expansão ocorreu devido ao uso de tecnologias modernas, como sementes adaptadas, sistemas de irrigação, fertilização e mecanização (SANTANA *et al.*, 2020). Esses recursos aumentaram a produtividade e ajudaram a diminuir a variação das safras ao longo do ano. O que permitiu que o Cerrado fosse reconhecido como área de alta competitividade internacional, se juntando às principais cadeias globais do agronegócio e assegurando assim a alimentação interna e o saldo positivo na balança comercial do Brasil (SANTANA *et al.*, 2020).

Por fim, há discussões em torno da bioeconomia como alternativa para aumentar e diversificar a importância econômica do Cerrado. Além da produção de grãos e carnes, o bioma apresenta grande potencial para cadeias produtivas ligadas à piscicultura, à fruticultura nativa, à agroenergia e a outros setores que utilizam de forma sustentável os recursos da biodiversidade. Pesquisas realizadas pela

Embrapa, mostram que o Cerrado tem muitas possibilidades de se inserir na bioeconomia, usando de espécies nativas na produção de alimentos, cosméticos e fármacos, dessa forma seriam abertas oportunidades de negócios que visam em conjunto a inovação, conservação e geração de renda (LOBATO, 2023).

IMPORTÂNCIA SOCIAL DO CERRADO

O Cerrado abriga diversos povos, como os indígenas, quilombolas, geraizeiros, vazanteiros, ribeirinhos e agricultores familiares. Essas comunidades possuem modos de vida diretamente ligados ao uso dos recursos naturais, como a agricultura, o extrativismo de frutos e a criação de animais (ISPN, 2021). Adicionalmente, essas populações também conservam práticas culturais e conhecimentos tradicionais que colaboram com a conservação da biodiversidade no bioma (BARBOSA; SCHMITZ, 2008; ICV *et al.*, 2018). Sendo assim, o Cerrado é também um espaço cultural e social, onde a conservação da natureza está associada ao bem-estar das populações que vivem nele.

A vida das comunidades locais que vivem no Cerrado está diretamente relacionada com o uso dos recursos naturais, visto que deles é retirado alimentos, medicamentos, fibras e matéria-prima para artesanato e produtos diversos. Essa exploração sustentável, além de contribuir para a segurança alimentar, gera trabalho e renda em atividades extrativistas e na comercialização, permitindo que pais e mães cuidem de suas famílias. Além disso, os conhecimentos tradicionais coligados a esse uso são transmitidos de geração a geração, reforçando laços culturais e a identidade social das populações do Cerrado (MUELLER; MARTHA JÚNIOR, 2008).

Ao mesmo tempo, os serviços ambientais prestados pelo Cerrado impactam a qualidade de vida das populações. As águas que nascem nesse bioma abastecem cidades, irrigam plantações e geram energia através de diversas hidrelétricas espalhadas pelo país, além de abrir portas para atividades como o ecoturismo e o lazer, como ocorre no rio Araguaia, que é importante tanto ecologicamente quanto turisticamente para diferentes estados (CALDAS, 2009; SALMONA *et al.*, 2023). A conservação do solo e da vegetação nativa colabora com a fertilidade agrícola e a regulação climática, beneficiando tanto comunidades rurais quanto urbanas. Contudo, a deterioração desses ambientes prejudica o acesso à água potável, a produção de alimentos e a saúde das famílias, dessa forma, tem-se que o Cerrado é também uma questão social (ICV *et al.*, 2018).

Sendo assim, a conservação do Cerrado deve ser entendida para além de sua necessidade ambiental, como também uma prioridade social. O bioma assegura a segurança alimentar, o sustento e a identidade cultural para milhões de pessoas, assim como permite a reprodução de modos de vida tradicionais e a geração de renda em comunidades rurais (; ICV *et al.*, 2018; SANTANA *et al.*, 2020).

IMPORTÂNCIA AMBIENTAL DO CERRADO

O Cerrado é um dos principais *hotspots* globais de biodiversidade, além disso exerce papéis ecológicas essenciais, que estão ligados à estabilidade dos ecossistemas brasileiros e ao equilíbrio climático regional e global. Sua vegetação, com diferentes fitofisionomias, sustenta processos ecológicos como a ciclagem de nutrientes, o sequestro de carbono e a proteção dos solos contra a erosão (RIBEIRO; WALTER, 2008; MACHADO *et al.*, 2008). Esses aspectos, junto de sua extensão territorial e sua posição geográfica, fazem com que o Cerrado seja

fundamental para a resiliência ambiental, assim como para a conectividade com outros biomas.

Ainda, tem-se que a biodiversidade do Cerrado garante o funcionamento dos ecossistemas e de processos indispensáveis à vida. A grande diversidade de espécies da fauna e da flora assegura funções como a polinização, a dispersão de sementes e o equilíbrio das cadeias tróficas (RIBEIRO; WALTER, 2008). Além disso, as variadas fitofisionomias no bioma criam um mosaico de habitats que facilita a interação entre as espécies e aumenta a resiliência ecológica diante de perturbações naturais ou antrópicas (MACHADO *et al.*, 2008). Com isso, o Cerrado é visto como um importante patrimônio ambiental, sua conservação garante a sobrevivência das variadas espécies, assim como dos serviços ecossistêmicos que são essenciais para sociedade.

Adicionalmente, o Cerrado também é um importante regulador climático, devido a sua capacidade de estocar carbono em sua vegetação e em seus solos profundos. Sua vegetação possui raízes grandes e fortes, que capturam e armazenam carbono, além de reduzir a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera (RIBEIRO; WALTER, 2008; SILVA *et al.*, 2008). Esse armazenamento e a ciclagem de nutrientes, fazem do Cerrado um importante aliado na luta contra as mudanças climáticas. Contudo, o desmatamento de suas áreas nativas para fins agropecuários e a ocorrência de incêndios frequentes liberam na atmosfera esse carbono acumulado, colaborando com o aumento o aquecimento global e impactando negativamente no equilíbrio ecológico do bioma (MACHADO *et al.*, 2008).

Além de todos esses papéis cruciais que o Cerrado exerce, ele ainda abriga nascentes que alimentam oito das doze principais bacias hidrográficas do país (RIBEIRO; WALTER, 2008). As características de seus solos, associadas à sua flora nativa, possibilitam uma alta infiltração da água, garantindo a recarga de aquíferos e a manutenção de rios perenes (REATTO *et al.*, 2008; LIMA; SILVA, 2008). Dessa forma, tem-se que os recursos hídricos do Cerrado garantem o abastecimento de água para diferentes regiões do Brasil. Contudo, a degradação do bioma afeta todas essas funções, comprometendo o equilíbrio ecológico: sua biodiversidade, seus recursos hídricos, os serviços ambientais e ecossistêmicos, entre outros.

DIFERENÇA ENTRE INCÊNDIOS NATURAIS, MANEJO COM FOGO CONTROLADO E INCÊNDIOS CRIMINOSOS

Os incêndios no Cerrado possuem diferentes naturezas, sendo divididos em naturais, de manejo controlado e criminosos. O fogo natural costuma ocorrer no fim da estação seca, quando, por exemplo, raios atingem a vegetação seca, provocando queimadas ocasionais que fazem parte da dinâmica ecológica do Cerrado. Essas queimadas naturais podem contribuir para a renovação de espécies da flora nativa do bioma (MIRANDA *et al.*, 2004). Esses eventos são propícios de ocorrer entre setembro e outubro, quando há baixa umidade e acúmulo de material combustível (biomassa).

Já o manejo com fogo controlado é utilizado de modo planejado, para fins de conservação ou em sistemas agropecuários, esse manejo tem o objetivo de reduzir a biomassa seca e acumulada, podendo prevenir incêndios naturais devastadores. Quando bem feito, ele pode ajudar no equilíbrio ecológico, contudo, se realizado de modo errado, pode causar consequências similares as queimadas descontroladas

(MIRANDA *et al.*, 2004; SANTOS *et al.* 2021; ARRUDA *et al.* 2024).

Por sua vez, os incêndios criminosos podem ser causados intencionalmente ou por negligência humana, esse tipo de incêndio geralmente está associado a práticas ilegais de desmatamento, expansão agropecuária e conflitos fundiários. Eles ocorrem com maior frequência e intensidade, quando comparado aos incêndios naturais, podendo ocorrer em qualquer período do ano, mesmo fora da sazonalidade natural (ROCHA; NASCIMENTO, 2022). Os incêndios criminosos são considerados dentre as maiores causas da degradação do Cerrado, visto que prejudicam a resiliência ecológica desse bioma, além disso, devido a sua alta frequência e intensidade, eles diminuem a capacidade de regeneração da vegetação e aumentam a vulnerabilidade da fauna (MIRANDA *et al.*, 2024).

Com base em pesquisas e dados atuais, tem-se que a maior parte das queimadas registradas no Cerrado é de origem antrópica, com ocorrência em diferentes áreas e com milhares de focos anuais (MIRANDA *et al.*, 2004; MIRANDA *et al.*, 2024).

Por fim, tem-se que os diversos tipos de incêndios/queimadas causam impactos variados na biodiversidade do Cerrado, no solo, na fauna, na flora, assim como no ciclo hídrico desse bioma.

IMPACTOS NO SOLO

Os incêndios no Cerrado afetam as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. O fogo provoca a combustão da serapilheira, que faz com que os nutrientes ali presentes sejam liberados de forma muito rápida, dentre eles ressaltam-se o nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio, que ficam momentaneamente disponíveis para as plantas. Entretanto, essa disponibilidade é passageira, pois a com a falta da cobertura do solo, ocorre a lixiviação e a perda desses elementos nas primeiras chuvas (MIRANDA *et al.*, 2004). Desse modo, é possível afirmar que o fogo até libera nutrientes no início, mas como destrói a proteção do solo esses nutrientes são perdidos facilmente, deixando o solo mais empobrecido com o passar do tempo.

Além disso, os incêndios frequentes, aumentam a erodibilidade do solo. Com a redução da cobertura vegetal, o solo fica exposto a ação das chuvas, isso faz com que a infiltração diminua, aumentando o escoamento superficial (CORREIA FILHO *et al.*, 2023). Com isso, pode ocorrer formação de sulcos, ravinas e até voçorocas em áreas mais passíveis de erosão, que é o caso de solos arenosos ou rasos. Também pode ocorrer alterações na estrutura do solo, como a perda de agregados e o aumento da compactação, que comprometem a capacidade de armazenamento hídrico, além de impactarem negativamente na regeneração natural da vegetação (CORREIA FILHO *et al.*, 2023).

Outros estudos abordam sobre os impactos que o fogo causa a diversidade de fungos e microrganismos do solo, que diminui após as queimadas, prejudicando a ciclagem de nutrientes e a fertilidade do solo a longo prazo (SILVA *et al.*, 2021). Esse empobrecimento biológico, somado as frequentes queimadas criminosas, levam à perda de carbono orgânico, assim como afetam negativamente a resiliência ecológica do solo (NERI *et al.*, 2023). Com isso, a recuperação natural torna-se lenta e faz-se necessária a restauração da área degradada, com medidas como a adição de matéria orgânica e a recomposição da cobertura vegetal.

IMPACTOS NA VEGETAÇÃO

Como já mencionado em tópicos anteriores, a vegetação do Cerrado apresenta adaptações históricas ao fogo, isso faz com que a vegetação consiga se recuperar após queimadas ocasionais, que são aquelas que fazem parte da dinâmica ecológica do Cerrado (incêndios naturais) (MIRANDA *et al.*, 2004).

Contudo, quando o fogo é recorrente e ocorre fora da sazonalidade natural, como no caso dos incêndios criminosos, os impactos sobre a flora são diversos. Quando ocorrem em um curto período de tempo, afetam a rebrota de árvores e arbustos, diminuem o banco de sementes e facilitam o aumento de gramíneas inflamáveis (que geralmente são espécies exóticas), como a braquiária. Isso impacta diretamente na estrutura da vegetação, levando à degradação de fitofisionomias mais densas, como cerradões e matas de galeria, que podem acabar sendo transformadas em formações savânicas ou campestres (NERI *et al.*, 2023).

Tudo isso ocasiona a perda de biodiversidade, além de colocar em risco as espécies endêmicas, principalmente nas formações florestais, por serem mais sensíveis ao fogo. Estudos comprovam que incêndios frequentes colaboram para o empobrecimento de espécies lenhosas, alteram a composição florística e afetam o estoque de carbono da vegetação (GOMES *et al.*, 2024). Assim, enquanto incêndios naturais podem auxiliar no equilíbrio ecológico, os incêndios criminosos são um dos principais motivos de degradação da flora do Cerrado, afetando a resiliência da vegetação e impedindo processos de regeneração natural.

IMPACTOS NA FAUNA

Os incêndios no Cerrado têm efeito instantâneo e diversas vezes fatais sobre a fauna, principalmente quando são queimadas intensas e de grande proporção. Pequenos animais, como répteis, anfíbios, roedores e insetos, são alguns dos mais vulneráveis, visto que possuem baixa mobilidade e não conseguem escapar rapidamente do avanço das chamas. Além disso há também a destruição de formigueiros, ninhos, tocas e abrigos, afetando assim a sobrevivência de várias populações locais (MIRANDA *et al.*, 2004).

Sendo assim, os impactos indiretos também são significativos, visto que com a eliminação da cobertura vegetal ocorre a redução de alimentos e abrigos para diversas espécies, o que gera deslocamentos forçados na fauna, assim como o aumento da competição e alta vulnerabilidade à predadores. De acordo com pesquisas, incêndios frequentes alteram o equilíbrio entre espécies generalistas e especialistas, favorecendo as espécies generalistas e diminuindo assim a diversidade da fauna (BERLINCK *et al.*, 2021).

Portanto, com incêndios criminosos sendo cada vez mais recorrentes, a resiliência do Cerrado fica ameaçada, afetando a biodiversidade. Espécies que deveriam se conservadas, como o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) e a onça-pintada (*Panthera onca*), tornam-se ainda mais vulneráveis por conta da perda de habitats e da fragmentação das áreas naturais (CARVALHO *et al.*, 2024). Além disso, a redução na abundância de animais polinizadores e dispersores de sementes afeta negativamente os processos ecológicos essenciais, causando um efeito em cascata sobre a regeneração do bioma (NERI *et al.*, 2023).

IMPACTOS NO CICLO HIDROLÓGICO

Referente aos impactos que os incêndios no Cerrado podem causar ao ciclo hidrológico, um dos principais está relacionado a remoção da cobertura vegetal e da serapilheira. A ausência dessa proteção colabora para a compactação do solo e reduz a infiltração da água, o que resulta no maior escoamento superficial de água sobre o solo. Com isso, ocorre a erosão do solo, que aumenta o transporte de sedimentos para cursos d'água, afetando negativamente a qualidade da água disponível para uso humano e animal (MIRANDA *et al.*, 2004; NAGEL *et al.*, 2023).

Como o Cerrado abriga áreas de cabeceiras e nascentes de grandes bacias hidrográficas, a diminuição da infiltração de água no solo afeta diretamente a reposição de aquíferos e, como consequência, o fluxo dos rios durante a estação seca. Estudos indicam que as queimadas recorrentes prolongam os períodos de estresse hídrico e contribuem para a redução da vazão em rios e córregos (CORREIA FILHO *et al.*, 2023).

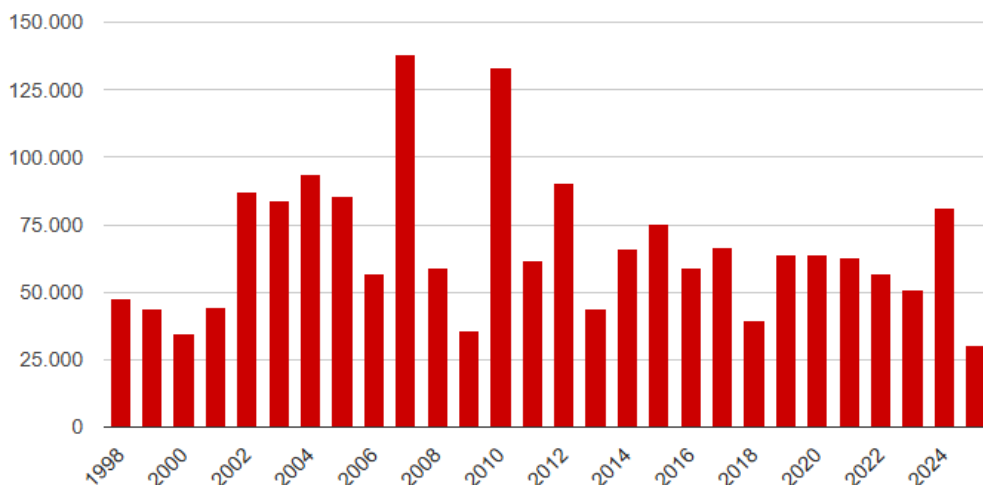
Além disso, há também os efeitos indiretos das queimadas no ciclo da água, que são aqueles que prejudicam a população de modo geral, incluso as comunidades tradicionais. Isso ocorre porque com a desregulação hídrica, junto ao assoreamento de corpos d'água, há impactos na agricultura familiar, na disponibilidade de água potável e em atividades de subsistência (NERI *et al.*, 2023).

EVIDÊNCIAS E MONITORAMENTO

O monitoramento dos incêndios no Cerrado faz uma combinação de séries históricas de focos ativos e de área queimada com indicadores de severidade e de regeneração após as queimadas. No Brasil, o Programa Queimadas/INPE disponibiliza diversos painéis, que constam dados desde 1998, além de gráficos de máximos, médias e mínimos. A partir dos gráficos oferecidos pelo Programa Queimadas, é possível observar algumas variáveis como a sazonalidade, comparativos mensais ao longo do ano e até séries históricas de focos de queimadas considerando os diferentes biomas (INPE, 2025).

Na Figura 1 é representada a série histórica do total de focos ativos detectados pelo satélite de referência utilizado pelo INPE, no período de 1998 até 13 set. 2025, sendo que esses dados são atualizados a cada dia.

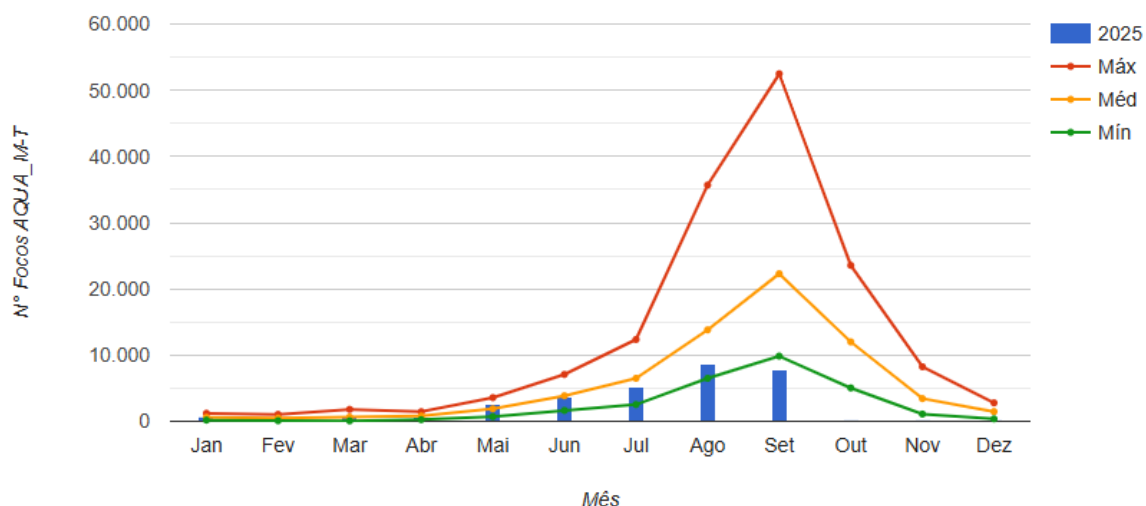
FIGURA 1- Série histórica de focos ativos no bioma Cerrado (satélite de referência), 1998–13 set. 2025.



Fonte: INPE/Programa Queimadas – Terra Brasilis, (2025).

Na Figura 2 é possível observar um comparativo dos dados do ano de 2025 com os valores históricos de máximos, médios e mínimos, considerando o mesmo período já indicado.

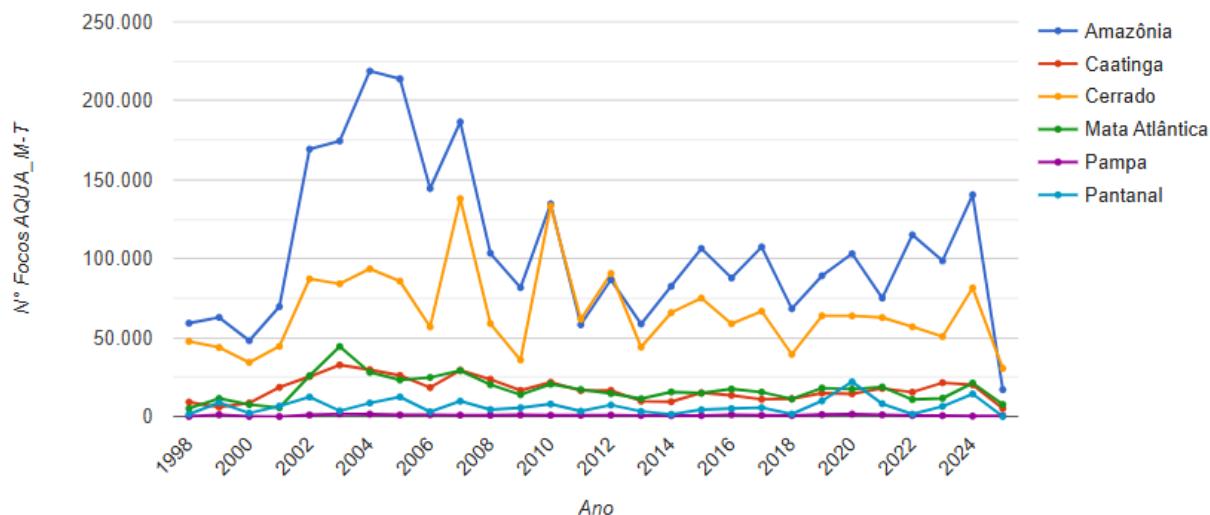
FIGURA 2- Comparativo mensal do ano corrente com máximos, médios e mínimos (1998– 13 set. 2025) no bioma Cerrado.



Fonte: INPE/Programa Queimadas – Terra Brasilis, (2025)..

Na Figura 3 é representado um gráfico da série histórica de focos, considerando os diferentes biomas brasileiros e ano.

FIGURA 3- Série histórica de focos por bioma e ano (1998 – 13 set. 2025).



Fonte: INPE/Programa Queimadas – Terra Brasilis, (2025).

Em termos de distribuição temporal, estudos indicam que a maior probabilidade de ocorrência de incêndios no Brasil, e por consequência no Cerrado, se concentra no fim da estação seca (setembro–outubro), que é um período de maior estresse hídrico e de alta inflamabilidade do material combustível (PINTO *et al.*, 2021). Esse padrão também é observado nas curvas sazonais dispostas na

Figura 2, onde o Cerrado apresenta altos focos de queimadas no 3º trimestre, como é possível observar na Figura 1 (INPE, 2025).

Na Figura 3 é observado que o Cerrado é o segundo bioma com mais focos de incêndios, entretanto de acordo com o INPE (2025) fica em primeiro lugar se analisado o parâmetro de área queimada em km² por bioma no ano, atingindo uma média anual de 168.944 km² de área queimada.

Em áreas legalmente protegidas, análises de 1999–2018 haviam registrado recorrência de focos dentro de unidades de conservação e terras indígenas no Cerrado, destacando a importância do Manejo Integrado do Fogo para redistribuir as grandes e intensas queimadas, gerando assim um impacto menor (ROCHA; NASCIMENTO, 2022).

Além dos dados em sites disponibilizados pelo governo, há também outras métricas e abordagens que são utilizadas para avaliar melhor os impactos dos incêndios, assim como para entender melhor como restaurar as áreas degradada.

Um exemplo de abordagem é a utilização do sensoriamento remoto multitemporal, que tem se mostrado eficiente ao medir a severidade e o ritmo de regeneração do dossel herbáceo-lenhoso. Com o sensor MODIS, que é um instrumento desenvolvido pela *Goddard Space Flight Center* (NASA), séries temporais espectrais possibilitam acompanhar a recuperação da vegetação em janelas de meses a anos, diferenciando eventos por data e intensidade (MIRANDA, 2024). Já se considerado paisagens, métricas fenológicas de séries de satélite também capturam como a dinâmica da vegetação responde a diferentes regimes de fogo (CARVALHO *et al.*, 2024).

Por fim, tem-se que dados e monitoramentos como esses são de extrema importância para o controle dos impactos e orientação para a restauração das áreas degradadas por incêndios, sejam eles naturais ou criminosos. Através do monitoramento é possível verificar diversos fatores, como por exemplo quando há maior chance de ocorrência de incêndios, qual a severidade da queimada, quais áreas são de maior prioridade para a recuperação, dentre outros.

DEFINIÇÕES: RECUPERAÇÃO, RESTAURAÇÃO E REABILITAÇÃO

As ações de recomposição de áreas degradadas possuem diferentes conceitos, sendo os mais utilizados os termos recuperação, restauração e reabilitação. Sendo que cada um desses conceitos apresenta diferentes definições, que variam de acordo com sua aplicação em função do grau de degradação e dos objetivos de manejo (GANN *et al.*, 2019).

A recuperação, busca restabelecer a capacidade de uso de uma área degradada, considerando dimensões ecológicas e socioeconômicas. Não se limitando a devolver a biodiversidade original, mas a oferecer condições para que a área volte a ser produtiva, estável e compatível com múltiplos usos. Dessa forma, a recuperação pode incluir desde práticas de conservação do solo e da água até a introdução de espécies que garantam cobertura vegetal mínima e funcionalidade (SEOANE, 2007; ALMEIDA, 2016a).

A restauração ecológica é o processo intencional de auxiliar um ecossistema degradado a recuperar sua estrutura, composição e processos, buscando fazer com que ele fique em uma condição próxima ao seu estado original. Os Princípios e Padrões Internacionais para a Prática da Restauração Ecológica (GANN *et al.*, 2019) afirmam que a restauração deve priorizar a biodiversidade nativa, as funções

ecológicas e a resiliência diante de possíveis distúrbios futuros. Devido a isso, ela envolve um planejamento técnico detalhado, seleção criteriosa de espécies e um monitoramento contínuo (BRANCALION *et al.*, 2015).

Por último, a reabilitação tem objetivo de restituir funções ecológicas essenciais e serviços ambientais básicos de áreas muito degradadas, sem necessariamente recompor toda a biodiversidade original. A reabilitação tende a ser usada em lugares que há restrições econômicas ou técnicas para a restauração integral, definindo assim uma ordem de prioridade de ações como estabilização do solo, controle da erosão e cobertura vegetal com espécies adaptadas (SEOANE, 2007; ALMEIDA, 2016a).

Sendo assim a escolha entre elas deve considerar vários fatores, como o grau de degradação, os objetivos do manejo e a realidade socioambiental, como acontece no Cerrado, que para recompor as áreas degradadas por incêndios criminosos devem ser utilizadas diferentes abordagens de manejo.

PRINCÍPIOS DA ECOLOGIA DA RESTAURAÇÃO

De acordo com a *Society for Ecological Restoration (SER) International*, em “Princípios e Padrões Internacionais para a Prática da Restauração Ecológica” (GANN *et al.*, 2019), a prática da restauração ecológica deve seguir oito princípios, que servem como guia para garantir a efetividade ecológica, social e ética das ações tomadas em ecossistemas degradados. Esses princípios servem de base para que os projetos sejam adaptados às condições locais, sendo eles: Princípio 1 – a restauração ecológica estimula o comprometimento dos atores envolvidos; princípio 2 – a restauração ecológica se baseia em muitos tipos de conhecimento; princípio 3 – a prática da restauração ecológica é baseada em ecossistemas de referência nativos, considerando as mudanças ambientais; princípio 4 – a restauração ecológica apoia os processos de recuperação de ecossistemas; princípio 5 – a recuperação do ecossistema é avaliada por metas e objetivos claros, utilizando indicadores mensuráveis; princípio 6 – a restauração ecológica visa ao mais alto nível de recuperação alcançável; princípio 7 – a restauração ecológica ganha valor cumulativo quando aplicada em grandes escalas; e princípio 8 – a restauração ecológica faz parte de um continuum de atividades restaurativas.

O primeiro princípio diz que a restauração atinge melhores resultados quando envolve a participação de diferentes atores sociais, como as comunidades locais, povos indígenas, gestores públicos, proprietários rurais, cientistas, ONGs e o setor privado. Esses atores possuem conhecimentos, interesses e responsabilidades diferentes e complementares, que devem ser considerados no projeto. A participação deles desde as primeiras etapas, ao definir visão, alvos, metas, objetivos e métodos de implantação e monitoramento, facilita todo o processo, trazendo transparência e aumentando o apoio político e financeiro às iniciativas. Além disso, faz com que ocorra a troca de conhecimentos científicos e tradicionais, o que favorece soluções condizentes com a realidade local. Essa participação também ajuda a mediar conflitos, aumentando o senso de pertencimento das comunidades com as áreas restauradas. Com isso, a restauração ecológica deixa de ser um processo técnico, passando a ser social e colaborativo (GANN *et al.*, 2019).

O segundo princípio afirma que a restauração ecológica deve utilizar diferentes formas de conhecimento, como descobertas científicas, conhecimentos tradicionais, locais e experiências práticas adquiridas ao longo do tempo. Isso

porque cada um deles é capaz de contribuir de forma única. A ciência entra com métodos e evidências, enquanto os povos tradicionais e comunidades locais possuem informações acumuladas através de conexões históricas e culturais com o ambiente. Esse conjunto dá uma diretriz ao planejamento, a execução e ao manejo adaptativo, permitindo ajustes sempre que necessário. Dessa forma, ao valorizar os diversos tipos de conhecimento disponíveis, a restauração ecológica tem mais chances de dar certo, tanto na recuperação ambiental quanto nos benefícios sociais que pode trazer para as populações envolvidas (GANN *et al.*, 2019).

O terceiro princípio diz que a restauração deve ser baseada por ecossistemas de referência nativos, usados como modelos para definir metas e indicadores. Esses ecossistemas de referência servirão para representar como a biodiversidade, a estrutura e as funções ecológicas estariam caso a degradação não tivesse ocorrido. Contudo, esses modelos se diferenciam do estado histórico, visto que não são estáticos, eles sofrem mudanças naturais ao longo do tempo e estão sujeitos a transformações externas, como o clima e a ação humana. Assim, entende-se os ecossistemas como em constante adaptação, buscando-se restaurar sua resiliência e capacidade de evolução, que é diferente de restaurar seu estado passado. Para isso, atributos-chave como composição de espécies nativas, diversidade estrutural, conectividade ecológica e funcionamento dos processos ecossistêmicos devem levados em consideração. Dessa forma, a restauração ecológica se torna um processo adaptativo, capaz de responder às mudanças ambientais (GANN *et al.*, 2019).

O quarto princípio traz que a restauração deve auxiliar os processos naturais de recuperação. Os ecossistemas têm um certo potencial de regeneração, que pode ser estimulado, essa abordagem tende a ser eficiente e econômica, visto que aproveita os recursos existentes. Contudo, em ecossistemas muito degradados, a intervenção ativa pode se fazer necessária para reintroduzir espécies, corrigir o solo ou remover barreiras que atrapalham a recuperação. O princípio fala sobre importância de avaliar previamente esse potencial de regeneração, afirmando que determinadas situações requerem diversas intervenções. Dessa forma, tem-se que a restauração não substitui os processos naturais, mas serve para direcioná-los, com condições melhores para que os ecossistemas recuperem suas funções e sustentem a biodiversidade (GANN *et al.*, 2019).

O quinto princípio diz que a recuperação do ecossistema deve ser avaliada por metas e objetivos claros, acompanhados de indicadores mensuráveis. O planejamento do projeto de recuperação envolve a identificação do escopo, da visão, dos alvos, das metas e dos objetivos, assim como de indicadores específicos para medir o progresso. Para isso, utiliza-se de um inventário inicial (linha de base), que descreve as condições bióticas e abióticas do local degradado e fornece parâmetros de comparação com o ecossistema de referência, e então são formulados os objetivos que definem os indicadores a serem monitorados. Esses indicadores possibilitam medir o progresso com o passar do tempo, e também ajudam na elaboração de estratégias em casos inesperados, fazendo com que a restauração tenha um manejo adaptativo. Assim, objetivos claros e o uso de indicadores mensuráveis garantem transparência, acompanhamento e eficácia no alcance das metas de recuperação (GANN *et al.*, 2019).

O sexto princípio afirma que a restauração ecológica visa o nível mais alto de recuperação possível, em relação aos seis atributos do ecossistema de referência. A

recuperação completa pode não ser possível de ser alcançada em todos os ecossistemas, e nesses casos os gestores devem adotar uma política de melhoria constante, através de monitoramento e ajustes ao longo do tempo. Ferramentas como o Sistema Cinco Estrelas e a Roda de Recuperação Ecológica foram propostas para ajudar a estabelecer metas graduais, visualizar o progresso e trazer resultados de forma mais transparente. Essas ferramentas auxiliam os projetos que inicialmente alcançam apenas níveis intermediários a avancem para melhores padrões de qualidade ecológica (GANN *et al.*, 2019).

O sétimo princípio diz que a restauração ecológica ganha valor cumulativo quando aplicada em grandes escalas. Dessa forma, projetos em larga escala, como de paisagem, bacias hidrográficas e regionais, permitem a melhoria da conectividade ecológica, a proteção de recursos hidrológicos e a expansão de corredores para a fauna. Contudo, os projetos em larga escala também possuem desafios, como utilizarem mais recursos financeiros e institucionais, além da mediação de conflitos entre diferentes interesses sociais e econômicos. Para lidar com desacordos como esses, um mecanismo interessante é o planejamento participativo e integrado, juntando a restauração com conservação e uso sustentável (GANN *et al.*, 2019).

O oitavo princípio coloca a restauração ecológica dentro de um continuum de atividades restaurativas, que inclui ações de mitigação, reabilitação, recuperação de áreas degradadas e compensações ambientais. O continuum restaurativo apresenta um contexto para entender como as diferentes práticas se relacionam entre si, assim como ajuda a identificar as práticas mais apropriadas para o contexto em questão, a Figura 4 demonstra isso de modo visual (GANN *et al.*, 2019).

FIGURA 4 - Continuum restaurativo.



Fonte: Princípios e Padrões Internacionais para a Prática da Restauração Ecológica. GANN, (2019).

Na Figura 4, é possível observar que, da esquerda para a direita, há um aumento nos índices de saúde ecológica, biodiversidade, qualidade e quantidade dos serviços ecossistêmicos. Observa-se também que a restauração ecológica pode ser aplicada em diferentes tipos de paisagem, incluindo áreas urbanas, suburbanas, agrícolas e industriais (GANN *et al.*, 2019).

Nesse *continuum*, cada intervenção deve ser planejada de acordo com seu potencial, objetivos e considerando também as condições locais, garantindo que contribuam com a diminuição da degradação e com o aumento nos ganhos ecológicos (GANN *et al.*, 2019).

TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO EM ÁREAS QUEIMADAS NO CERRADO BRASILEIRO: DIAGNÓSTICO E PLANEJAMENTO DA ÁREA

O diagnóstico está presente na primeira etapa de qualquer processo de recuperação ecológica, a partir dele é possível definir quais as técnicas mais adequadas a serem utilizadas de acordo com a degradação. Entender o atual estado da área, assim como os fatores que levam a sua degradação, é essencial para que a recomposição seja eficaz (ALMEIDA, 2016b).

O diagnóstico envolve a avaliação do potencial de regeneração natural da área, que pode ser classificado em alto, médio ou baixo. Para isso deve-se considerar a presença de agentes regenerativos, o banco de sementes, se há plântulas ou rebrotas de espécies nativas e a proximidade de fragmentos conservados (KUHLMANN; RIBEIRO, 2021; RIBEIRO *et al.*, 2023). Além disso, também deve-se identificar a fitofisionomia de referência, sendo que esse conhecimento é fundamental para determinar a escolha das espécies que vão representar melhor a vegetação original (RIBEIRO *et al.*, 2023).

Outro aspecto importante é identificar fatores associados a degradação, visto que eles apresentam riscos para a recomposição. Os mais comuns são o solo compactado, a presença de espécies exóticas invasoras, a recorrência de incêndios naturais e antrópicos, a erosão e a presença de formigas cortadeiras (SKORUPA *et al.*, 2021). Essa identificação e descrição dos riscos permite planejar ações de manejo mais assertivas, levando em consideração as características do local, dessa forma alguns exemplos medidas que podem ser tomadas são a descompactação do solo, o controle de invasoras ou o isolamento da área para reduzir novas pressões.

Sendo assim, realizado o diagnóstico do local degradado, é possível fazer o planejamento da recuperação. Portanto, o diagnóstico ambiental serve de base para guiar todo o processo de restauração, trazendo maior eficácia e menores riscos de erro.

TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO EM ÁREAS QUEIMADAS NO CERRADO BRASILEIRO: CONDUÇÃO DE REGENERAÇÃO NATURAL

A condução da regeneração natural é uma das técnicas de recuperação mais simples e de menor custo, visto que dependerá da capacidade de resiliência da vegetação nativa. Ela é indicada para locais com alto potencial de regeneração natural, sendo esses representados pela presença de plântulas, rebrotas e de remanescentes naturais de vegetação nativa nas proximidades (até 200 metros) para recompor a cobertura vegetal de forma espontânea (KUHLMANN; RIBEIRO, 2021).

Segundo Durigan *et al.* (2011), a condução da regeneração natural se baseia em criar condições adequadas para que a sucessão ecológica ocorra de maneira contínua. Para isso, deve-se eliminar os agentes de perturbação, como a recorrência de incêndios, a competição com espécies invasoras (como a braquiária e o capim gordura), a presença de formigas cortadeiras, entre outros. Essas ações são chamadas de tratamentos silviculturais, que nesse caso tem o objetivo de favorecer as espécies nativas já presentes no local.

Algumas das práticas que auxiliam na recomposição da vegetação são o isolamento da área por uso de cercas, para evitar a entrada de gado; a construção de aceiros, para reduzir o risco de incêndios; o controle de espécies exóticas competidoras, como o capim-colonião; o coroamento das mudas presentes, limpando ao redor delas; e o controle de formigas cortadeiras, que podem acabar com as plântulas (ALMEIDA, 2016b; KUHLMANN; RIBEIRO, 2021).

Outro fator importante para que a condução da regeneração natural aconteça é a qualidade do solo. O potencial de regeneração da área está diretamente relacionado ao solo, dessa forma, solo deve ter condições físicas e químicas adequadas para a germinação das sementes e para o estabelecimento de plantas jovens. Como exemplo, solos compactados, com ausência de camada de matéria orgânica, com poucos nutrientes e muito ácidos, irão dificultar ou até impedir esses processos (SKORUPA *et al.*, 2021).

Assim, mesmo sendo uma técnica de baixo custo e recomendada para áreas menos degradadas, a condução da regeneração natural depende de diversos fatores, como da existência de regenerantes, da boa qualidade do solo e da eliminação de agentes de perturbação.

TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO EM ÁREAS QUEIMADAS NO CERRADO BRASILEIRO: PLANTIO DE ESPÉCIES NATIVAS EM ÁREA TOTAL

O plantio de espécies nativas em área total é indicado quando a área possui baixo potencial de regeneração natural, havendo alta presença de plantas exóticas, solo exposto na maior parte do local, baixa ou nenhuma presença de plântulas ou rebrotas. Dessa forma, processos operacionais de pré-plantio, plantio e pós-plantio se fazem necessários, devido a isso nesse método há um maior gasto, seja com mão de obra, insumos para plantios, mudas ou manutenção da área (KUHLMANN; RIBEIRO, 2021; SKORUPA, *et al.*, 2021; RIBEIRO *et al.*, 2023). Essas características são comuns em locais submetidos a queimadas recorrentes, que esgotam o banco de sementes, diminuem a diversidade da microbiota, prejudica a ciclagem de nutrientes e a fertilidade do solo, o que impossibilita a capacidade de regeneração espontânea (SILVA *et al.*, 2021).

De acordo com Skorupa *et al.* (2021), o plantio deve ser antecedido pelo preparo correto do solo, como a descompactação, o controle de processos erosivos e a correção da fertilidade, assim serão garantidas boas condições físicas e químicas para desenvolvimento das mudas. Para a escolha das espécies a serem plantadas, deve-se considerar a fitofisionomia de referência da área, assim como utilizar diferentes grupos sucessionais, como pioneiras, secundárias e clímax. Dessa forma, os diversos estágios de sucessão que se formarão com os diferentes grupos, irão garantir o recobrimento do solo desde os primeiros meses até a estruturação da vegetação, permitindo assim que espécies de ciclos longos se desenvolvam e permaneçam na vegetação a longo prazo.

Dentro dessa metodologia é possível utilizar diferentes modalidades, como o plantio de mudas, a semeadura direta (conhecida como muvuca de sementes) e o plantio de estacas diretamente na área. O plantio de mudas é uma das formas que traz resultados mais rápidos em termos de cobertura do solo, seu ponto negativo é que tende a ser uma modalidade mais cara; a semeadura direta traz uma maior cobertura da área ao longo do tempo, contudo exige maior manutenção; já o plantio de estacas é ideal para determinadas espécies florestais e arbustivas, entretanto

são poucas as espécies que aceitam esse tipo de propagação, necessitando de irrigação constante (ALMEIDA, 2016b; SKORUPA, *et al.*, 2021; KUHLMANN; RIBEIRO, 2021).

Por fim, mesmo com custos mais elevados e dependência de monitoramento, o plantio de espécies nativas em área total é muitas vezes a única opção para a recuperação de áreas severamente degradadas.

TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO EM ÁREAS QUEIMADAS NO CERRADO BRASILEIRO: PLANTIO INTERCALADO DE ESPÉCIES NATIVAS E EXÓTICAS

O plantio intercalado de espécies nativas e exóticas é uma modalidade prevista no Código Florestal Brasileiro (Lei n. 12.651/2012, art. 66, §3º), que permite os pequenos produtores rurais utilizar até 50% de espécies exóticas na recomposição florestal. Essa lei foi criada como alternativa para viabilizar economicamente a restauração ecológica, principalmente em propriedades familiares que dependem da geração de renda que suas terras fornecem.

De acordo com Skorupa *et al.* (2021), a melhor opção é dar prioridade para as espécies nativas regionais, garantindo que a presença das exóticas não ultrapasse o limite legal e não atrapalhe o desenvolvimento das espécies do Cerrado. Ademais deve-se adotar práticas de manejo para evitar que espécies exóticas pioneiras dominem a área a ser recuperada, causando excesso de sombreamento ou competição desproporcional.

De acordo com Ribeiro *et al.* (2023), esse modelo pode ser interessante para áreas destinadas à recuperação ambiental que estejam associadas a Sistemas Agroflorestais (SAF). Nestes casos, o cultivo de espécies nativas pode ser combinado com frutíferas exóticas que sejam atraentes ao mercado, gerando assim renda ao produtor e contribuindo para a conservação dos recursos naturais.

Contudo, ressalta-se a importância de considerar as diferentes fitofisionomias do Cerrado, uma vez que esse sistema é mais adequado para ambientes florestais. Caso as formações sejam savânicas ou campestres, deve-se considerar outros sistemas, como os "sistemas agrossavânicos ou sistemas agrocampestres", e também os "sistemas agrocerradenses" (SACIs), que buscam reproduzir a estrutura, função, diversidade e a dinâmica das savanas ou dos campos (RIBEIRO *et al.*, 2023).

TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO EM ÁREAS QUEIMADAS NO CERRADO BRASILEIRO: ADENSAMENTO E ENRIQUECIMENTO

O adensamento e o enriquecimento são técnicas utilizadas em áreas com regeneração parcial, quando há presença de indivíduos de espécies nativas, mas a densidade ou a diversidade não garantem a recomposição adequada da vegetação. A técnica de adensamento é realizada quando é necessário aumentar a quantidade de indivíduos em áreas com pouca regeneração, enquanto a técnica de enriquecimento busca aumentar a diversidade de espécies em áreas já cobertas, mas empobrecidas em termos florísticos (SKORUPA *et al.*, 2021).

Segundo Kuhlmann e Ribeiro (2021), o adensamento consiste na introdução de sementes e/ou mudas de espécies nativas pioneiras, que vão cobrir o solo de modo mais rápido. Esse plantio deve ser realizado nos espaços vazios ou que estão ocupados por espécies invasoras indesejadas, com isso haverá o aceleração da recolonização por espécies nativas, além de melhorar as condições solo e da

infiltração da água, causando uma redução na erosão.

Já o enriquecimento é utilizado em áreas que, embora possuam grande quantidade de vegetação, tem baixa diversidade de espécies. Sendo assim, o enriquecimento consiste na introdução de espécies secundárias ou clímax, ampliando a complexidade estrutural e funcional da comunidade (SKORUPA *et al.*, 2021). Os plantios de enriquecimento podem ser feitos em linhas, núcleos ou de forma intercalada entre as espécies já estabelecidas, priorizando espécies nativas de importância ecológica, como as atrativas para polinizadores e dispersores de sementes (KUHLMANN; RIBEIRO, 2021).

Ambas as técnicas contribuem para a recomposição estrutural da vegetação e para o aumento da resiliência ecológica da área restaurada. Fortalecendo a cobertura do solo e trazendo diversidade para a composição florística, o adensamento e o enriquecimento favorecem a fauna local, reduzem a competição com espécies exóticas invasoras e aumentam o potencial de recuperação a longo prazo. Para isso, é imprescindível que o diagnóstico seja preciso, definindo se a limitação da área está relacionada à densidade ou à diversidade, garantindo que a recuperação seja feita de modo correto (KUHLMANN; RIBEIRO, 2021; SKORUPA *et al.*, 2021).

TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO EM ÁREAS QUEIMADAS NO CERRADO BRASILEIRO: NUCLEAÇÃO

As técnicas de nucleação têm como objetivo a replicação de processos naturais de colonização, formando “ilhas” ou núcleos de vegetação que se expandem ao longo do tempo. Dessa forma, essas manchas de vegetação ou de estruturas, irão favorecer a chegada de propágulos, além de servirem para atrair a fauna (SKORUPA *et al.*, 2021).

De acordo com Almeida (2016b), a nucleação é também conhecida como formação de ilhas de diversidade, essa técnica introduz núcleos de espécies nativas em locais estratégicos. Essas ilhas são compostas por espécies chaves, capazes de atrair dispersores de sementes e polinizadores, além de promover a diversidade estrutural da área. Dessa forma, a restauração não ocorre de modo homogêneo em toda a área, mas através de pontos que vão se ampliando e se conectando ao longo do tempo.

Essa técnica pode ser reproduzida de diferentes formas, dentre elas está a transposição de galharias em áreas abertas, a transposição de solo fértil assim como a de chuva de sementes, a construção de poleiros artificiais, e o plantio em núcleos de sementes e/ou mudas de espécies primárias, secundárias e clímax (KUHLMANN; RIBEIRO, 2021).

Uma das principais vantagens desse modelo de recuperação é o seu baixo custo, contudo costuma ser um processo mais lento, que depende da existência de fragmentos conservados nas proximidades. Dessa forma, em áreas extremamente isoladas ou com grande pressão de invasoras, a nucleação precisa ser combinada com outras técnicas (ALMEIDA, 2016b).

TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO EM ÁREAS QUEIMADAS NO CERRADO BRASILEIRO: MANEJO INTEGRADO DO FOGO

O manejo com fogo controlado é uma prática utilizada de modo planejado, para fins de conservação e também em sistemas agropecuários, com o objetivo de

reduzir a biomassa seca e acumulada, prevenindo incêndios de grandes proporções. Se bem realizado, pode contribuir para o equilíbrio ecológico do Cerrado, regulando processos naturais e até auxiliando na regeneração de algumas espécies adaptadas ao fogo. Contudo, se realizado erroneamente, pode gerar efeitos semelhantes aos das queimadas descontroladas, com perdas significativas para o ecossistema (MIRANDA *et al.*, 2004).

De acordo com Kuhlmann e Ribeiro (2021), o Manejo Integrado do Fogo (MIF) é uma abordagem que propõe o uso da queima controlada, assim como a prevenção e o combate a incêndios de grandes proporções, com o objetivo de conservação e uso sustentável. O MIF considera o regime de fogo mais apropriado para cada fitofisionomia, entendendo que há formações florestais no Cerrado, como as Matas de Galeria, que são sensíveis a queima, onde dessa forma o fogo seria prejudicial à biodiversidade.

O manejo integrado do fogo em propriedades rurais requer a definição de áreas específicas para a queima controlada, a escolha do período mais adequado do ano e a adoção de medidas de segurança que evitem a propagação descontrolada. Portanto, o fogo quando necessário deve ser aplicado em condições climáticas favoráveis e acompanhado por técnicos capacitados, garantindo assim que seus impactos permaneçam dentro dos limites pré-estabelecidos (KUHLMANN; RIBEIRO, 2021).

Outro aspecto relevante é a contenção do fogo, para isso pode ser realizada a construção de aceiros, que fazem o papel de barreiras reduzindo a propagação das chamas, delimitando as áreas de queima controlada e protegendo trechos de maior fragilidade ambiental (SKORUPA *et al.*, 2021).

Por fim, o manejo integrado do fogo também pode favorecer a rebrota de gramíneas nativas, estimular a floração de algumas espécies e manter a diversidade estrutural do Cerrado. Contudo, sua aplicação deve ser planejada de acordo com a frequência e a intensidade adequadas para cada ambiente, levando em consideração as causas de degradação da área, evitando que o fogo recorrente e descontrolado comprometa a resiliência do ecossistema (MIRANDA *et al.*, 2004).

TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO EM ÁREAS QUEIMADAS NO CERRADO BRASILEIRO: MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

O monitoramento é uma etapa crucial em projetos de recuperação ecológica, visto que é através dele que as técnicas utilizadas são avaliadas. Através do acompanhamento é possível identificar e corrigir falhas, ajustando as práticas de manejo e assim aumentando a probabilidade de sucesso da recomposição. Sendo assim, o monitoramento deve ser realizado ao médio e longo prazo, com acompanhamento contínuo (SKORUPA *et al.*, 2021).

Kuhlmann e Ribeiro (2021), ressaltam a importância de haver parâmetros e indicadores mensuráveis, assim como métodos específicos e modelos de relatório, para que seja possível analisar se a técnica empregada está desencadeando a recuperação da área. Entre os principais indicadores ecológicos estão: cobertura do solo, diversidade de espécies, densidade de regenerantes e a presença da fauna associada (principalmente dispersores e polinizadores).

Além disso, o monitoramento se faz necessário para atender às exigências legais dos Programas de Regularização Ambiental (PRA), apenas a partir de avaliações periódicas é possível verificar se a área restaurada cumpre os

parâmetros mínimos exigidos para sua quitação, como níveis adequados de cobertura do solo, diversidade e controle de espécies exóticas invasoras (SKORUPA *et al.*, 2021).

DESAFIOS E PERSPECTIVAS NA RECUPERAÇÃO ECOLÓGICA

Há desafios técnicos, financeiros e sociais para a recuperação ecológica do bioma Cerrado. De acordo com Neri *et al.* (2023), os efeitos de longo prazo do fogo recorrente afetam negativamente a densidade de espécies lenhosas, a diversidade florística e o estoque de carbono, fazendo com que a resiliência natural do bioma seja comprometida. Essa perda de capacidade de sucessão ecológica torna a restauração mais difícil, exigindo intervenções ativas e metodologias adaptadas às condições savânicas, como solos pobres e suscetibilidade à invasão por espécies exóticas.

No campo institucional, a escassez de recursos e a necessidade de acompanhamento contínuo são grandes desafios. Skorupa *et al.* (2021), destacam que o monitoramento é crucial para orientar o manejo adaptativo e comprovar se as áreas restauradas atendem às exigências legais dos Programas de Regularização Ambiental (PRA), avaliando critérios como cobertura do solo, diversidade de espécies e controle de invasoras.

Outro ponto importante é o envolvimento das comunidades locais e povos tradicionais. Documentos como o relatório do ICV *et al.* (2018) e o Manifesto do Cerrado do WWF-Brasil (2023) mostram que a conservação do bioma deve estar associada à justiça socioambiental, valorizando o conhecimento e o papel de populações indígenas, quilombolas, geraizeiras e ribeirinhas na proteção da biodiversidade. Sendo assim, a educação ambiental é necessária para todas as idades, visando conscientizar as pessoas sobre os impactos do fogo criminoso, incentivando práticas compatíveis com a conservação e movimentando a sociedade na prevenção de queimadas.

Por fim, entre as perspectivas tem-se o uso sustentável da biodiversidade do Cerrado, que é uma alternativa promissora. De acordo com Lima (2022) e Lobato (2023), o aproveitamento de frutos e espécies nativas do Cerrado, como pequi, cagaita, araticum e buriti, fazem partes de estratégias de bioeconomia que visam a geração de renda combinada com a conservação ambiental. Além disso, com o avanço do sensoriamento remoto, o monitoramento e a avaliação em escala regional se tornam ainda mais eficazes, identificando áreas de prioridade de recuperação e fazendo o acompanhamento delas ao longo do tempo (MIRANDA *et al.*, 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos estudos revisados, verificou-se que os incêndios criminosos no Cerrado prejudicam a ecologia e a sustentabilidade do bioma, assim como intensificam processos de degradação e reduzem a resiliência natural dos ecossistemas.

Quanto às técnicas de recuperação em áreas queimadas no Cerrado brasileiro, conclui-se que não existe uma única técnica que é capaz de atender a todas as situações de degradação por incêndios antrópicos recorrentes no Cerrado. A literatura mostra que o sucesso da recuperação depende da combinação de diferentes métodos, considerando sempre o diagnóstico ambiental inicial. Sendo assim, há vários fatores a serem considerados no momento de definir as técnicas a

serem usadas, devendo analisar sempre o nível do grau de deterioração da área, sua capacidade de regeneração, histórico da área degradada e sua fitofisionomia e vegetação de referência.

A condução da regeneração natural é eficaz em áreas de alta resiliência, enquanto que o plantio de espécies nativas em área total é necessário em locais muito degradados. As técnicas intermediárias, como adensamento, enriquecimento e nucleação, permitem acelerar a sucessão em áreas parcialmente impactadas, podendo ser utilizadas em conjunto para aumentar sua eficácia. Assim, o sucesso de uma recuperação ecológica está diretamente relacionado à integração entre diagnóstico, planejamento e monitoramento contínuo.

Portanto, como exemplo de em áreas completamente devastadas devido a recorrência de incêndios antrópicos, considerando um solo empobrecido, presença de pouca ou nenhuma vegetação – assim como de plântulas e rebrotos, assoreamento de curso d'água e nascente prejudicadas, o potencial de regeneração seria mínimo ou em casos extremos, nulo. Com isso, faz-se necessária a aplicação de técnicas como plantio direto em área total, podendo conciliar ao longo do tempo técnicas de adensamento, enriquecimento e nucleação, assim como é possível utilizar da intercalação de espécies nativas e exóticas, com fins de atrair com mais facilidade faunas dispersoras e polinizadoras.

Por fim, tem-se que os incêndios criminosos no Cerrado são um grande fator de degradação ambiental nesse bioma, afetando o solo, a vegetação, a fauna e o ciclo hidrológico. Dados do INPE, estudos e pesquisas, mostram que a recorrência do fogo supera a capacidade de resiliência natural do bioma, afetando negativamente sua biodiversidade e serviços ecossistêmicos essenciais. A recuperação ecológica enfrenta alguns desafios ligados à escassez de recursos, fragilidade institucional e necessidade de técnicas mais complexas. Entretanto há também perspectivas interessantes, como a valorização da bioeconomia, o fortalecimento das comunidades locais e a o aumento de ações de educação ambiental. Sendo assim, a recuperação de áreas degradadas por incêndios criminosos no Cerrado não se reduz apenas às medidas ecológicas, mas também se mostra como um compromisso social e político para garantir a sustentabilidade e a resiliência do bioma.

REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de águas e saneamento básico. **Usos da água**. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/usos-da-agua> . Acesso em: 30 set. 2025.

AGUIAR, L. M. S.; MACHADO, R. B.; MARINHO-FILHO, J. A Diversidade Biológica do Cerrado. In: AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. de. (org.). **Cerrado: ecologia e caracterização**. V. 1. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 17-40.

ALMEIDA, D. S. Conceitos básicos. In: **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. 3ª ed. rev. and enl. Ilhéus, BA: Editus, 2016a. p. 24-30. ISBN 978-85-7455-440-2. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/8xvf4>. Acesso em: 15 set. 2025.

ALMEIDA, D. S. Modelos de recuperação ambiental. In: **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. 3ª ed. rev. and enl. Ilhéus, BA: Editus, 2016b. p. 100-137. ISBN 978-85-7455-440-2.

ARRUDA, V. L. S.; ALENCAR, A. A. C.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; RIBEIRO, D. DE F.; ARRUDA, F. V. et al. Assessing four decades of fire behavior dynamics in the Brazilian Cerrado. **Fire Ecology**, v. 20, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42408-024-00298-4>

BARBOSA, A. S.; SCHMITZ, P. I. Ocupação Indígena do Cerrado: Esboço de uma história. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (org.). **Cerrado: ecologia e flora**. Volume 1. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2008. p. 47–67.

BERLINCK, C. N.; LIMA, L. H. A.; CARVALHO JUNIOR, E. A. R. de. Historical survey of research related to fire management and fauna conservation in the world and in Brazil. **Biota Neotropica**, [s. l.], v. 21, n. 3, 2021. p. 1–10. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bn/a/5kjZRQYczV3zz3GwCPWpDHm/?lang=en>. Acesso em: 13 set. 2025.

BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. **Restauração florestal**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2015. p. 8-24.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 25 maio 2012.

BRASIL- Ministério do Meio Ambiente. **Cerrado**. Publicado em 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/biomas-e-ecossistemas/biomas/cerrado>. Acesso em: 23 jul. 2025

CALDAS, J. **Águas do cerrado são fundamentais para os rios brasileiros**. Portal Embrapa. Embrapa Cerrados. 16 nov/2009. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18061250/aguas-do-cerrado-sao-fundamentais-para-os-rios-brasileiros>. Acesso em: 12 set. 2025.

CAMPOS, J. DE O.; CHAVES, H. M. L. Tendências e variabilidades nas séries históricas de precipitação mensal e anual no bioma Cerrado no período 1977–2010. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 1, p. 157–169, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/LWst56M5MGDt4NmN7ZBSQhh/?lang=pt&format=html&stop=next>. Acesso em: 30 ago. 2025.

CÂNDIDO, K. **Aquífero Guarani: o gigante subterrâneo**. Brasília, DF: Fundação Joaquim Nabuco, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/revitalizacao-de-bacias/aquifero-guarani-o-gigante-subterraneo>. Acesso em: 9 set. 2025.

CARVALHO, I. S.; BARROS, K. A. L.; ALVES, D. B.; FERRAZ, T. M.; ALVARADO, S. T. Relações entre incidência de queimadas e a dinâmica da vegetação no Parque Nacional da Chapada Das Mesas, Maranhão - Brasil: Uma abordagem a partir de

métricas fenológicas derivadas de sensoriamento remoto. **Revista Geográfica Acadêmica**, [s. l.], v. 18, n. 2, 2024. p. 19–41. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/rga/article/view/8276/4091>. Acesso em: 13 set. 2025.

CORREIA FILHO, W. L. F.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; SANTIAGO D. B.; ABDO H. G.; ALMOHAMAD H. et al. A avaliação dos aspectos climáticos, ambientais e socioeconômicos do Cerrado brasileiro. **Ecological Processes**, [s. l.], v. 12, 19. 2023. <https://doi.org/10.1186/s13717-023-00433-0>.

COUTINHO, L. M. **Aspectos do Cerrado: Solo**. 2001. Disponível em: https://ecologia.ib.usp.br/cerrado/aspectos_fogo.htm. Acesso em: 23 jul. 2025.

COUTINHO, L. M. O cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, p. 130- 138, 1992. Volume especial Eco-Brasil.

DURIGAN, G.; MELO, A. C. G.; MAX, J. C. M.; CONTIERI, W. A. et al. **Manual para Recuperação da Vegetação de Cerrado**. 3. ed. rev. e atual. São Paulo: SMA, 2011.

GANN, G. D.; MCDONALD. T.; WALDER, B.; ARONSON, J.; NELSON, C. R. et al. **Princípios e padrões internacionais para a prática da restauração ecológica**. 2. ed. Washington, D. C. 20005 U.S.A.: Society for Ecological Restoration (SER), 2019.

GOMES, L.; SCHULER, J.; SILVA, C.; ALENCAR, A.; ZIMBRES, B. et al. Impactos da frequência de incêndios nas emissões líquidas de CO₂ na vegetação do Cerrado. **Fire** (2571-6255), [s. l.], v. 7, n. 8, 2024. 280p. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/fire7080280>. Acesso em: 13 set. 2025.

GOMES, M. A. F. **O Aquífero Guarani no contexto das mudanças climáticas globais**. Brasília: Embrapa, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/921054>. Acesso em: 9 set. 2025.

HOFMANN, G. S.; SILVA, R. C.; WEBER, E. J.; BARBOSA, A. A.; OLIVEIRA, L. F. B. et al. Alterações na circulação atmosférica e na evapotranspiração estão reduzindo as chuvas no Cerrado brasileiro. **Scientific Reports**. Jul/2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38174-x>. Acesso em: 30 ago. 2025.

IBAMA. **No mês de maio, Pantanal e Cerrado registram continuidade na queda no desmatamento; Amazônia é afetada por incêndios e seca histórica**. 9 jun. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2025/no-mes-de-maio-pantanal-e-cerrado-registram-continuidade-na-queda-no-desmatamento-amazonia-e-afetada-por-incendios-e-seca-historica>. Acesso em: 23 jul. 2025.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **SALVE: Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade Brasileira**. Disponível em: <https://salve.icmbio.gov.br/#/>. Acesso em: 8 set. 2025.

ICV - Instituto Centro de Vida. **Estratégias políticas para o Cerrado: Desenvolvimento socioeconômico responsável, conservação e uso sustentável da biodiversidade, redução do desmatamento e restauração da vegetação nativa.** Brasília, DF: [s.n.], 2018.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Banco de dados de focos de calor – Cerrado.** 2024. Disponível em: <http://queimadas.dgi.inpe.br>. Acesso em: 24 jul. 2025.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Programa Queimadas: TerraBrasilis – Portal de Dados.** 2025. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/portal/>. Acesso em: 14 set. 2025.

ISPNI - Instituto Sociedade, População e Natureza. **Povos Indígenas e Comunidades Tradicionais do Cerrado.** Abr/2021. Disponível em: <https://ispn.org.br/biomas/cerrado/povos-indigenas-e-comunidades-tradicionais-do-cerrado/>. Acesso em: 12 set. 2025.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. **Conservation of the Brazilian Cerrado.** Conservation Biology, v. 19, n. 3, p. 707–713, 2005.

KUHLMANN, M.; RIBEIRO, J. F. **Recomposição da Vegetação Nativa No Bioma Cerrado: Perguntas e Respostas.** Brasília, DF: Embrapa, 2021.

LIMA, D. **Economia da sociobiodiversidade fortalece extrativistas no Cerrado.** In: WWF-Brasil (org.). 2022. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?82752/Economia-da-sociobiodiversidade-fortalece-extrativistas-no-Cerrado>. Acesso em: 11 set. 2025.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. da. Recursos Hídricos do Bioma Cerrado: Importância e situação. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (org.). **Cerrado: ecologia e flora.** V.1. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2008. p.89-105.

LOBATO, B. **Cerrado revela diversas possibilidades de inserção na bioeconomia.** Brasília, DF: Embrapa, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/84506555/cerrado-revela-diversas-possibilidades-de-insercao-na-bioeconomia>. Acesso em: 11 set. 2025.

LUZ, B. **Incêndios criminosos destroem 30 mil hectares e geram R\$ 460 mi em multas - Vermelho.** Mai/2025. Disponível em: <https://vermelho.org.br/2025/05/09/incendios-criminosos-destroem-30-mi-hectares-e-geram-r-460-mi-em-multas/>. Acesso em: 23 jul. 2025.

MACHADO, R. B.; AGUIAR, L. M. S.; CASTRO, A. A. J. F.; NOGUEIRA, C. C.; RAMOS NETO, M. B. Caracterização da Fauna e Flora do Cerrado. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. de. (org.). **Savanas - desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais.** Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2008. p. 284-300.

MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; ABREU ANDRADE, S. M.; HARIDASAN, M.; MORAIS, H. C. Queimadas de Cerrado: Caracterização e impactos. In: AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. de. (org.). **Cerrado: ecologia e caracterização**. V.1. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 96-114.

MIRANDA, J. DA R.; SANTOS CRUZ, J. T.; LINHARES, L. K. G.; SALLES, G. B.; LAFETÁ, B. O. Análise temporal e espectral do sensor MODIS no monitoramento da regeneração pós-incêndio no Cerrado. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 18, n. 2, 2024.

MUELLER, C. C.; MARTHA JÚNIOR, G. B. A Agropecuária e o Desenvolvimento Socioeconômico Recente do Cerrado. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. de. (org.). **Savanas - desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2008. p.104-169.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C.G.; DA FONSECA, G. A.; KENT, J. Pontos críticos de biodiversidade para prioridades de conservação. **Nature**, v. 403, 2000. p. 853–858. doi: 10.1038/35002501.

NAGEL, G. W.; DE CARVALHO, L. A. S.; LIBONATI, R.; NEMIROVSKY, A. K. S.; BUSTAMANTE, M. M. C. Fire impacts on water resources: a remote sensing methodological proposal for the Brazilian Cerrado. **Fire**, v. 6, n. 5, p. 214, 2023. doi: 10.3390/fire6050214.

NERI, S. C. M.; BOMFIM, B.; PEREIRA, R. S.; SANTOS, P. V.; TETTO, A. F. Efeitos de décadas de incêndios na estrutura, composição, diversidade e estoques de carbono acima do solo de uma savana neotropical. **Forests** (19994907), [s. l.], v. 14, n. 12, 2023. p. 2294. <https://doi.org/10.3390/f14122294>.

PIMENTA, P.; **Berço das águas, Cerrado tem recursos hídricos pressionados pelo desmatamento**. Agência Senado, Brasília, DF, 15 mar. 2024. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2024/03/berco-das-aguas-cerrado-tem-recursos-hidricos-pressionados-pelo-desmatamento>. Acesso em: 10 nov. 2025.

PINTO, D. P.; SPLETOZER, A. G.; BARBOSA, S. G.; LIMA, G. S.; TORRES, C. M. M. E. et al. Periods of Highest Occurrence of Forest Fires in Brazil. **Floresta**, 51(2), 2021. p. 484–491. doi: 10.5380/rf.v51i2.70286

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T.; MARTINS, E. S. Solos do Bioma Cerrado - Aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (org.). **Cerrado: ecologia e flora**. V.1. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2008. p.116-132.

RIBEIRO, J. F.; KUHLMANN, M.; OGATA, R. S.; OLIVEIRA, M. C.; VIERA, D. L. M. et al. **Guia de plantas do cerrado para recomposição da vegetação nativa**. 2. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2023.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 1998. p. 89-166.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (org.). **Cerrado: ecologia e flora**. V.1. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2008. p.151-212.

ROCHA, M. I. S.; NASCIMENTO, D. T. F. Ocorrência de focos de queimadas em áreas legalmente protegidas do bioma Cerrado (1999/2018). **Revista Ateliê Geográfico**, p. 122–145. 2022.

SALMONA, Y. B.; MATRICARDI, E. A. T.; SKOLE, D. L.; SILVA, J. F. A.; COELHO FILHO, O. A. et al. A worrying future for river flows in the Brazilian Cerrado provoked by land use and climate changes. **Sustainability**, v. 15, n. 5, e4251, 2023. DOI: 10.3390/su15054251.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. **Mapeamento de cobertura vegetal do Cerrado: estratégias e resultados**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008.

SANTANA, C. A. M.; CAMPOS, S. K.; MARRA, R.; ARAGÃO, A. A. Cerrado: Pilar da agricultura brasileira. In: BOLFE, E. L.; SANO, E. E.; CAMPOS, S. K. (ed.) **Dinâmica Agrícola no Cerrado: Análises e projeções**. V.1. Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 39-58.

SANTOS, F. L. M.; NOGUEIRA, J.; SOUZA, R. A. F.; FALLEIRO, R. M.; SCHMIDT, I. B. et al. Prescribed burning reduces large, high-intensity wildfires and emissions in the Brazilian savanna. **Fire**, v. 4, Ed. 3, p. 56, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/fire4030056>

SANZONOWICZ, C. **Solos do Cerrado**. In: EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Conteúdo migrado em: dez/2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-cerrado/solo>. Acesso em: 7 set. 2025.

SEOANE, C. E. S. **Recuperação de Áreas Degradadas como Instrumento para a Conservação das Florestas Nativas**. In: I Seminário Catarinense de Estudos Florestais, 2007, Xanxerê. Embrapa Florestas, 2007. p. 1.

SILVA, C.; VIANA, I.; SOUZA D. DE; SILVA, D.; PORTELLA, A. et al. Efeito do fogo na abundância e diversidade fúngica no solo do Cerrado. **Ciência Florestal**, [s. l.], v. 31, n. 4, 2021. p. 1910. ISSN 1980-5098. Disponível em: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=3c06f2e1-8484-3141-97a9-038c4c2d856f>. Acesso em: 13 set. 2025.

SILVA, F. A. M.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Caracterização Climática do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (org.). **Cerrado: ecologia e flora**. V.1. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2008. p. 69–88.

SILVA, L. D.; BASTOS, F. G.; LEITE, H. P. P.; FREIRE, L. V.; HIGA, A. R. et al. O Clima no Bioma Cerrado. In: SILVA, L. D.; HIGA, A. R.; VICTORIA, D. C.; BASTOS, F. G.; LEITE, H. P. P.; FREIRE, L. V. **Sistema de informações para planejamento florestal no cerrado brasileiro**. V.2. Piracicaba: ESALQ - USP, 2021. p. 12–29.

SKORUPA, L. A.; VIEIRA, D. L. M.; KUHLMANN, M.; SAMPAIO, A. B.; MORAES, L. F. D. et al. **Roteiro para elaboração de um projeto de recomposição de áreas degradadas ou alteradas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021.

SOUZA, D. M. G. **Latossolos**. In: EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Conteúdo migrado em: dez/2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-cerrado/solo/tipos-de-solo/latossolos>. Acesso em: 8 set. 2025.

SOUZA, E. S. **Biodiversidade do Cerrado**. In: EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Conteúdo migrado em: dez/2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-cerrado/biodiversidade>. Acesso em: 8 set. 2025.

STRASSBURG, B. B. N.; BROOKS, T.; FELTRAN-BARBIERI, R.; IRIBARREM, A.; CROUZEILLES, R. et al. Momento da verdade para o hotspot do Cerrado. **Nature Ecology & Evolution**. V.1. 2017. p. 1–3. DOI: 10.1038/s41559-017-0099

SUDECO – Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste. **Projeto Frutos do Cerrado fortalece a produção de frutas nativas e gera renda no DF**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/sudeco/pt-br/10-anos-sudeco/noticias-10-anos/projeto-frutos-do-cerrado-fortalece-a-producao-de-frutas-nativas-e-gera-renda-no-df>. Acesso em: 11 set. 2025.

VILELA, M.F. **Conservação dos Recursos Naturais**. In: EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Conteúdo migrado em: 08 dez. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-cerrado/ecologia/conservacao>. Acesso em: 8 set. 2025.

WWF-BRASIL. **Manifesto do Cerrado: proteger o berço das águas é preservar a vida**. 2023. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/cerrado/manifestodocerrado/. Acesso em: 24 jul. 2025.

XAVIER, M.V.B.; SANTOS, L. L.; FONSECA, A. P. M.; ALMEIDA, E. S.; ALMEIDA, L. V. O. et al. Capacidade de uso e manejo conservacionista do solo de um fragmento de cerrado sensu stricto, Montes Claros-MG. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, e41410716697, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16697>.