

Dinâmica espaço-temporal de queimadas no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros por sensoriamento remoto entre 2020 e 2025

Spatiotemporal dynamics of wildfires at Chapada dos Veadeiros National Park through remote sensing between 2020 and 2025

Dinámica espacio-temporal de incendios forestales en el Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros mediante teledetección entre 2020 y 2025

Stffane Beatriz Figueredo Lemes*

Felipe Casanova**

Karla Maria Silva de Faria***

*Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Geografia na Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil – stffanebeatriz@discente.ufg.br

**Doutorando em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil – felipe.casanova@ufrj.br

***Professora Dra. na Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil – karla_faria@ufg.br

Recebido em 09/06/2026. Aceito para publicação em 21/07/2026.
Versão online publicada em 10/08/2026 (<http://seer.ufrgs.br/paraonde>)

Resumo:

O Cerrado é um bioma marcado pela alta biodiversidade e a ocorrência de incêndios tem sido intensificada por ações antrópicas, que podem comprometer a estrutura e a funcionalidade dos ecossistemas. Nesse contexto, o presente estudo analisa a dinâmica espaço-temporal das áreas queimadas no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV) durante a estação seca entre os anos de 2020 e 2025, com o objetivo de caracterizar a frequência, a espacialização e a dinâmica espaço-temporal do fogo, visando subsidiar o manejo integrado do Parque. A metodologia baseou-se no uso de imagens Sentinel-2 (MSI), empregando o Índice de Queima Normalizado (NBR), composições em falsa cor SWIR e dados de focos de incêndio do sistema FIRMS/NASA (MODIS e VIIRS). As análises multitemporais permitiram identificar padrões heterogêneos de ocorrência do fogo, com maior extensão das áreas queimadas em cada um dos anos analisados, destacando-se 2022 como o ano de maior expressividade em extensão espacial na estação seca. A área total mapeada afetada pelo fogo no período analisado foi de 82.068 hectares. A integração das metodologias demonstrou elevada coerência espacial entre cicatrizes de fogo e focos ativos durante a estação seca, evidenciando a eficácia do sensoriamento remoto no monitoramento de incêndios em áreas protegidas. Os resultados reforçam a importância do acompanhamento contínuo das queimadas para o planejamento ambiental e para o fortalecimento das estratégias de prevenção e manejo do fogo no Cerrado.

Palavras-chaves: Cerrado. Índice NBR. Incêndio florestal. Hotspot. Unidade de Conservação.

Abstract:

The Brazilian savannas (Cerrado) is a biome characterized by high biodiversity, where fire occurrences have been intensified by anthropic actions, potentially compromising ecosystem structure and functionality. In this context, this study analyzes the spatial and temporal dynamics of burned areas in the Chapada dos Veadeiros National Park during the dry season between 2020 and 2025, aiming to characterize fire frequency, spatial distribution, and spatio-temporal dynamics to support the integrated management of the Park. The methodology was based on the use of Sentinel-2 (MSI) imagery, employing the Normalized Burn Ratio (NBR), SWIR false-color composites, and active fire data from the FIRMS/NASA system (MODIS and VIIRS). Multitemporal analyses allowed the identification of heterogeneous fire occurrence patterns, with a greater extent of burned areas in each of the analyzed years, highlighting 2022 as the most significant year in terms of spatial extent during the dry season. The total mapped area affected by fire during the analyzed period was 82.068 ha. The integration of methodologies demonstrated high spatial coherence between fire scars and active fires, evidencing the effectiveness of remote sensing in monitoring wildfires within protected areas. The results reinforce the importance of continuous fire monitoring for environmental planning and for strengthening fire prevention and management strategies in the Cerrado.

Keywords: Brazilian Savannas. NBR index. Forest fire. Hotspot. Protected Area.

Resumen:

La sabana brasileña (Cerrado) es un bioma marcado por la alta biodiversidad. La ocurrencia de incendios se ha visto intensificada por acciones antropogénicas, lo que puede comprometer la estructura y la funcionalidad de los ecosistemas. En este contexto, el presente estudio analiza la dinámica espaciotemporal de las áreas quemadas en el Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros durante la estación seca entre los años 2020 y 2025, con el objetivo de caracterizar la frecuencia, la espacialización y la dinámica del fuego, buscando subsidiar el manejo integrado del Parque. La metodología se basó en el uso de imágenes Sentinel-2 (MSI), empleando el Índice Normalizado de Quema (NBR), composiciones en falso color SWIR y datos de focos de incendio del sistema FIRMS/NASA (MODIS y VIIRS). Los análisis multitemporales permitieron identificar patrones heterogéneos de ocurrencia del fuego, con una mayor extensión de las áreas quemadas en cada uno de los años analizados, destacando 2022 como el año de mayor expresividad en extensión espacial durante la estación seca. El área total mapeada afectada por el fuego en el período analizado fue de 82.068 ha. La integración de las metodologías demostró una elevada coherencia espacial entre las cicatrices de fuego y los focos activos, evidenciando la eficacia de la teledetección en el monitoreo de incendios en áreas protegidas. Los resultados refuerzan la importancia del seguimiento continuo de las quemas para la planificación ambiental y para el fortalecimiento de las estrategias de prevención y manejo del fuego en la sabana.

Palabras-claves: Sabana brasileña. Índice NBR. Incendio forestal. Punto caliente. Unidad de Conservación.



1. Introdução

O Cerrado se configura como o segundo maior bioma brasileiro, ocupa 23,3% do território nacional e apresenta 51,2% de cobertura de vegetação nativa. Somente 8,21% do Cerrado é protegido por unidades de conservação (UCs), motivo pelo qual é um dos biomas brasileiros que mais sofrem com a conversão de vegetação natural em pastagens e áreas agrícolas (MapBiomias,

2025), sendo considerado um *hotspot* mundial de biodiversidade, com abundância de espécies endêmicas e grande perda de habitats (Oliveira, Pietrafesa e Barbalho, 2008).

As UCs são, portanto, fundamentais para a manutenção da biodiversidade do Cerrado; como exemplo, destaca-se o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV). O Parque em questão foi fundado em 1961, com 625 mil hectares de área protegida; dadas as reduções sucessivas ao longo do tempo, decorrentes de conflitos sociais e fundiários, atualmente o parque contempla somente 240.611 hectares protegidos (ICMBIO, 2021).

O plano de manejo do Parque, elaborado pelo ICMBIO (2021), destaca o papel ecológico do fogo, que é fundamental para a manutenção de algumas fitofisionomias do Cerrado, como o Cerrado *Stricto Sensu* e os Campos Sujos. Em contrapartida, outras fitofisionomias são sensíveis às queimadas, como as matas galeria, as nascentes e as veredas (Nascimento, 2001; ICMBIO, 2025).

É válido salientar que as queimadas naturais ocorrem principalmente na transição das estações seca e chuvosa, sendo, normalmente, resultado da combinação entre vegetação seca e ocorrência de raios. Esses incêndios ocupam áreas menores, pois logo são dissipados pelas chuvas (Ramos-Neto e Pivello, 2000). Por outro lado, as queimadas de origem antropogênica, sobretudo aquelas causadas pelo manejo agrícola e pela conversão de áreas naturais em áreas agrícolas, normalmente tomam proporções muito maiores e até catastróficas, atingindo ambientes sensíveis que podem causar transtornos irreversíveis na estrutura do ecossistema (Ramos-Neto; Pivello, 2000; Nascimento, 2001; Domiciano; Oliveira, 2012).

Dentre os principais impactos das queimadas antropogênicas no Cerrado destacam-se a alteração dos regimes naturais do fogo e o aumento das emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para a intensificação das mudanças climáticas (Bedia *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2025). Portanto, o uso manejado do fogo é fundamental para a prevenção de incêndios catastróficos, manutenção da biodiversidade e dos processos ecológicos e para a conservação dos ambientes sensíveis, sendo de extrema importância nas UCs, conforme destaca Schmidt *et al.* (2016) em estudo sobre o manejo integrado do fogo em áreas protegidas. Para tanto, é necessário conhecer a dinâmica e os padrões das queimadas naturais, além do combate aos incêndios antropogênicos. O monitoramento e a identificação de padrões das queimadas são fundamentais para uma gestão estratégica e preventiva no âmbito da gestão do PNCV, conforme o Plano de Manejo (Brasil, 2021).

Nesse contexto, o Sensoriamento Remoto se destaca como um conjunto de técnicas e processos fundamental no monitoramento e na gestão do fogo em UCs de grande extensão, pois

permite a obtenção de informações sobre um determinado alvo da superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com ele através dos atributos obtidos pelas imagens de satélite (Rosa, 2009; Chen; Morton; Randerson, 2024). No âmbito dos estudos relacionados ao fogo, o sensoriamento remoto possibilita a detecção de focos de incêndio ativos no momento da passagem do satélite e a identificação de áreas impactadas por queimadas recentes, por meio da delimitação das cicatrizes do fogo deixadas sobre o solo (Reis, 2023).

Conforme apontam Alves *et al.* (2018), Pirajá *et al.* (2023) e Bento *et al.* (2024) em estudos sobre identificação de áreas queimadas através de sensoriamento remoto, para a identificação das cicatrizes e de focos de incêndio florestal ativos, usualmente fazem-se cálculos e aplicam-se índices a partir do comportamento espectral dos alvos com uso de diferentes bandas espectrais. As áreas recém-queimadas sofrem severa redução da estrutura foliar, gerando queda na reflectância da faixa do Infravermelho Próximo (NIR). Em contrapartida, essas mesmas áreas apresentam alta reflectância no Infravermelho de ondas curtas (SWIR), devido à presença de cinzas, solo exposto e redução da umidade no solo. Ao aplicar composições de falsa cor e criar índices como o Índice de Queima Normalizado (NBR), torna-se possível delimitar com maior precisão e acurácia as áreas queimadas e quantificar a severidade do impacto gerado pelas queimas. Muitos dos dados de detecção de fogo e de anomalias de variações térmicas são captados por sensores orbitais, tais como os sistemas de monitoramento global, a exemplo do FIRMS da NASA.

No contexto brasileiro, a compreensão e a gestão do fogo são fortemente subsidiadas por plataformas de monitoramento em escala nacional. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio do Programa Queimadas, disponibiliza dados históricos e em tempo quase real de focos de calor detectados por diferentes sensores (INPE, 2026). Do mesmo modo, o MapBiomas Fogo fornece séries históricas de cicatrizes de queimadas em dados mensais e anuais com resolução de 30m (MapBiomas, 2026).

Este trabalho diferencia-se dos projetos supracitados ao utilizar imagens orbitais com maior resolução (10m), integrando dados de anomalias térmicas (FIRMS/NASA) e índices espectrais (NBR e SWIR). Essa abordagem baseia-se em um recorte temporal focado na análise de imagens dos meses de setembro e outubro, período que marca o fim do pico da estação seca e que, sazonalmente, apresenta a maior incidência e tendência de propagação de queimadas.

O presente artigo visa, portanto, caracterizar a frequência, a espacialização, a dinâmica e a intensidade dos focos de incêndio e respectivas cicatrizes no PNCV durante a estação seca

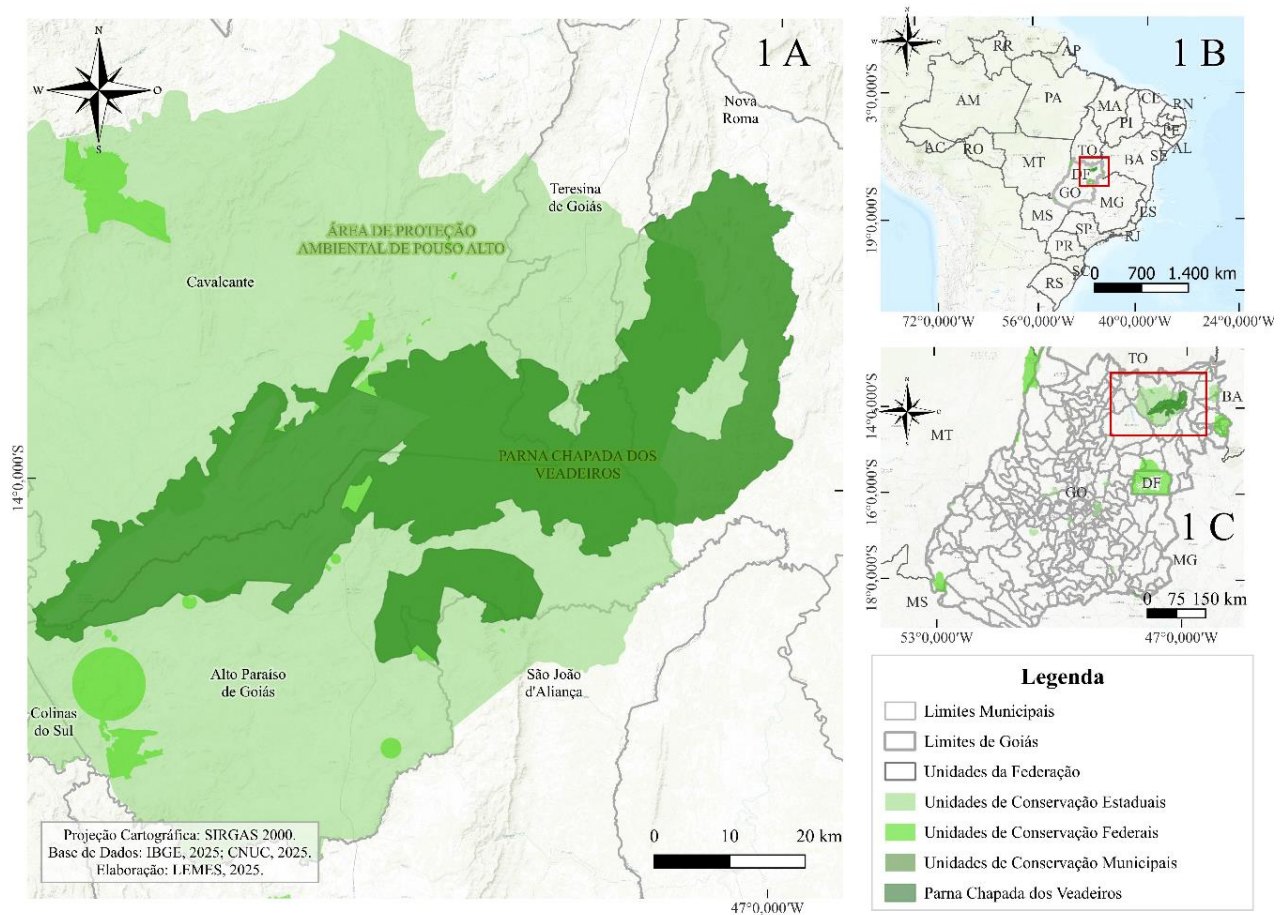
entre os anos de 2020 e 2025, com vistas a subsidiar o manejo integrado do fogo no Parque, fornecendo informações para o planejamento de queimas prescritas.

2. Materiais e métodos

2.1 Área de estudo

Inicialmente, é importante apresentar a área de estudo. A Figura 1.A cumpre a função de localizar o PNCV, situado na região nordeste do estado de Goiás, com inserção em parte dos limites político-administrativos dos municípios de Alto Paraíso de Goiás, Cavalcante, Teresina de Goiás, Nova Roma, São João d'Aliança e Colinas do Sul.

Figura 1 - Mapa de localização do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A Figura 1.B contextualiza o Parque em âmbito nacional, enquanto a figura 1.C apresenta o estado de Goiás e suas demais UCs, o que representa um potencial de áreas legalmente protegidas na região nordeste do estado. Destaca-se, ainda, a matriz de áreas protegidas adjacentes à área de estudo, com destaque à sobreposição e a continuidade com a Área de

Proteção Ambiental (APA) de Pouso Alto, que funciona como amortecimento do PNCV e outras diversas Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN).

2.2 Aquisição e caracterização dos dados orbitais

Para a análise da dinâmica de áreas queimadas e da severidade dos incêndios, foram utilizadas imagens do sensor *MultiSpectral Instrument* (MSI) a bordo da constelação de satélites Sentinel-2, disponibilizadas pela Agência Espacial Europeia (ESA) através da plataforma *Copernicus EO Browser*. A escolha desse sensor se justifica pela sua resolução espacial de alta resolução (10 e 20 metros) e pela resolução radiométrica adequada para o monitoramento de cicatrizes de fogo.

Foram selecionadas bandas espectrais específicas com base em sua sensibilidade à vegetação e às alterações na superfície do solo após ação do fogo, sendo elas a Banda 2, Banda 8 e Banda 12 (Quadro 1).

Quadro 1 - Informações das bandas utilizadas

Sensor	Satélite	Banda	Comprimento de onda	Resolução
MultiSpectral Instrument (MSI)	Sentinel-2	2 – Azul	490 nm	10 m
		8 – Infravermelho Próximo/NIR	842 nm	10 m
		12 – Infravermelho de ondas curtas/SWIR	2190 nm	20 m

Organização: Os autores (2025).

A banda 2 (Azul - 490 nm), possui resolução espacial de 10 m e foi utilizada para a discriminação visual entre solo e vegetação, além de auxiliar na identificação de características antrópicas, dada sua capacidade de penetração atmosférica e sensibilidade à absorção de clorofila (INPE, 2025; Sentinel hub, 2025). A banda 8 (Infravermelho Próximo/NIR - 842 nm) foi fundamental para o cálculo de índices de vegetação, essa banda possui resolução de 10 m e alta sensibilidade ao conteúdo de biomassa. Em áreas queimadas, a reflectância nesta faixa tende a decair devido à destruição da estrutura foliar. Por fim, a banda 12 (Infravermelho de Ondas Curtas/SWIR 2 - 2190 nm) possui resolução de 20 m — contudo, foi reamostrada para 10 m no processamento para ficar nos mesmos parâmetros que as demais imagens — e é excelente para a detecção de cicatrizes de queimada conforme destaca o *Sentinel Hub* (2025).

Áreas recém-queimadas apresentam alta reflectância no *Short-Wave Infrared*, que significa Infravermelho de Onda Curta (SWIR) devido ao solo exposto e à presença de cinzas; o solo degradado após a queimada tende a apresentar uma coloração arroxeada, criando um

contraste com a vegetação, facilitando a interpretação. Para criar essa composição na falsa cor, foi realizada o mosaico das imagens da B4, B8 e B12. Também foi utilizado o produto *True Color Image* (TCI), uma composição RGB (*red, green e blue*) que deixa a imagem na “cor real” das bandas B4, B3 e B2 padronizada pela ESA, com fins de inspeção visual e validação das cicatrizes de queimada.

2.3 Critérios espaço-temporais e pré-processamento

Para compor as imagens da área do PNCV, foi necessário criar o mosaico de duas cenas do Sentinel-2, identificadas pelos códigos LKE e LHK na coluna “cenas” no Quadro 2. Assim, em todo o processo de *download* das imagens, foi indispensável a obtenção de ambas as cenas. Por se tratar de cenas diferentes, as datas de aquisição não coincidem, portanto, o critério adotado foi a maior proximidade temporal possível entre elas e a menor presença de nuvens, sendo o melhor período do ano entre setembro e outubro, sendo, também, o período com a maior incidência de queimadas dada a estação seca.

O quadro 2 apresenta os anos das imagens utilizadas, as cenas que compõem o mosaico e as respectivas datas de aquisição. Observa-se que o intervalo entre as datas das cenas que compõem cada mosaico é de no máximo dois dias, o que não afeta a análise realizada neste trabalho.

Quadro 2 - Datas das imagens do Sentinel-2 utilizadas para os mapeamentos desta pesquisa

IMAGENS SENTINEL-2 BAIXADAS		
ANO	CENAS	DATA
2020	LKE	06/10/2020
	LHK	04/10/2020
2021	LKE	21/09/2021
	LHK	19/09/2021
2022	LKE	16/10/2022
	LHK	14/10/2022
2023	LKE	16/10/2023
	LHK	14/10/2023
2024	LKE	30/09/2024
	LHK	28/09/2024
2025	LKE	02/10/2025
	LHK	03/10/2025

Organização: Os autores (2025).

Nos anos de 2020, 2022, 2023 e 2025, as imagens foram obtidas no mês de outubro, período que marca o fim do pico de queimadas e oferece maior probabilidade de observar

cicatrizes no solo. Já nos anos de 2021 e 2024, as imagens do mês de outubro continham a presença de nuvens, o que impossibilitou a análise por meio da composição em cores falsas, cores reais e pelo Índice de Queima Normalizado (*Normalized Burn Ratio* - NBR). Nesses casos, optou-se por utilizar imagens obtidas no final de setembro, garantindo uma proximidade temporal (fim da estação seca) entre os anos analisados.

2.4 Cálculo do índice NBR

Para a identificação das áreas queimadas, foi aplicado o índice NBR. Este, avalia a resposta espectral oposta à da vegetação saudável e das áreas queimadas nas faixas do *Near Infrared*, que significa Infravermelho Próximo (NIR), e SWIR (Alves *et al.*, 2018). A fórmula utilizada segue a equação:

$$NBR = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$$

Onde, para Sentinel-2, NIR corresponde à banda 8 e SWIR à banda 12. O índice representa dados de -1 a 1, em que os valores de NBR mais próximos a -1 indicam uma maior severidade da queima, uma vez que o fogo consome a biomassa e deixa cicatriz de queimada no solo. Ou seja, quanto menor o valor encontrado, maiores as chances dessa área estar queimada; quanto maiores os números e mais próximo de 1, mais saudável se encontra a vegetação (Pirajá *et al.*, 2023; Bento *et al.*, 2024).

2.5 Utilização dos dados de focos de incêndio da FIRMS (NASA)

Como etapa de confirmação da ocorrência dos incêndios identificados pelo NBR e pela composição em falsa cor SWIR, utilizaram-se dados vetoriais de focos de calor ativos provenientes do sistema *Fire Information for Resource Management System* (FIRMS) da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA).

A identificação de focos de incêndio foi realizada a partir dos produtos *Fire Maps* disponibilizados pela NASA, os quais se baseiam principalmente nos sensores MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) e VIIRS (*Visible Infrared Imaging Radiometer Suite*).

O sensor MODIS, a bordo dos satélites Terra e Aqua, possui resolução espacial aproximada de 1 km e é de passagem diária, sendo frequentemente utilizado no monitoramento global de incêndios. O sensor VIIRS, embarcado nos satélites Suomi NPP e NOAA-20, apresenta maior resolução espacial (cerca de 375 m), o que permite a detecção de focos de menor extensão e maior precisão espacial. Ambos os sensores empregam algoritmos baseados na identificação de variações térmicas nas bandas do infravermelho, o que possibilita a detecção

de focos de queima ativa no momento da passagem dos satélites (Román *et al.*, 2024; Wang *et al.*, 2025).

É válido salientar que em razão das diferenças dos sensores (resolução, período orbital), um mesmo foco de incêndio pode ser detectado simultaneamente, gerando registros espacialmente muito próximos ou sobrepostos. Assim, na representação cartográfica, é comum que os pontos se sobreponham, especialmente por conta da escala adotada para este estudo, o que significa que o sensor cujos pontos aparecem em maior evidência no mapa não apresenta necessariamente um número superior de detecções. A utilização dos dados do MODIS e do VIIRS teve como objetivo ampliar a capacidade de identificação dos focos de incêndio, proporcionando uma base de dados mais abrangente para a análise das ocorrências de fogo na área de estudo.

Por fim como destacado, este trabalho integra os dados de focos de calor detectados pelos sensores MODIS e VIIRS com índice NBR e interpretação a partir de composição em falsa cor utilizando o SWIR. A sobreposição das camadas vetoriais areolares com essas informações em ponto permitiu confirmar a ocorrência de incêndios e refinar a delimitação das áreas atingidas dentro do território do PNCV, garantindo que o mapeamento final represente com maior fidelidade a realidade dos eventos de queima na área, pelo menos na estação seca. Em alguns casos, como observado no ano de 2021, em que a maior parte das cenas para o período analisado apresentavam limitações para a interpretação visual e cálculo preciso do NBR, o registro das anomalias pelos sensores preencheu a lacuna temporal deixada pelos sensores ópticos, servindo como ferramenta de comprovação da ocorrência do fogo. Por outro lado, nos períodos com condições atmosféricas favoráveis, a concordância entre os valores negativos do NBR, as áreas destacadas pela composição SWIR e os agrupamentos de focos ativos do FIRMS garantiu a validação dos resultados.

3. Resultados e discussões

O uso do sensoriamento remoto para o monitoramento de áreas queimadas constitui uma estratégia eficiente para compreender a dinâmica espacial e temporal do fogo. O uso de bandas espectrais, associado à análise multitemporal, possibilita identificar cicatrizes deixadas no solo pelos incêndios, e assim, avaliar sua extensão e indicar padrões de recorrência dos eventos (Fernandes *et al.*, 2016).

Dessa forma, a análise das áreas queimadas no PNCV entre 2020 e 2025 foi realizada a partir da integração de três metodologias distintas, porém complementares. Essas abordagens

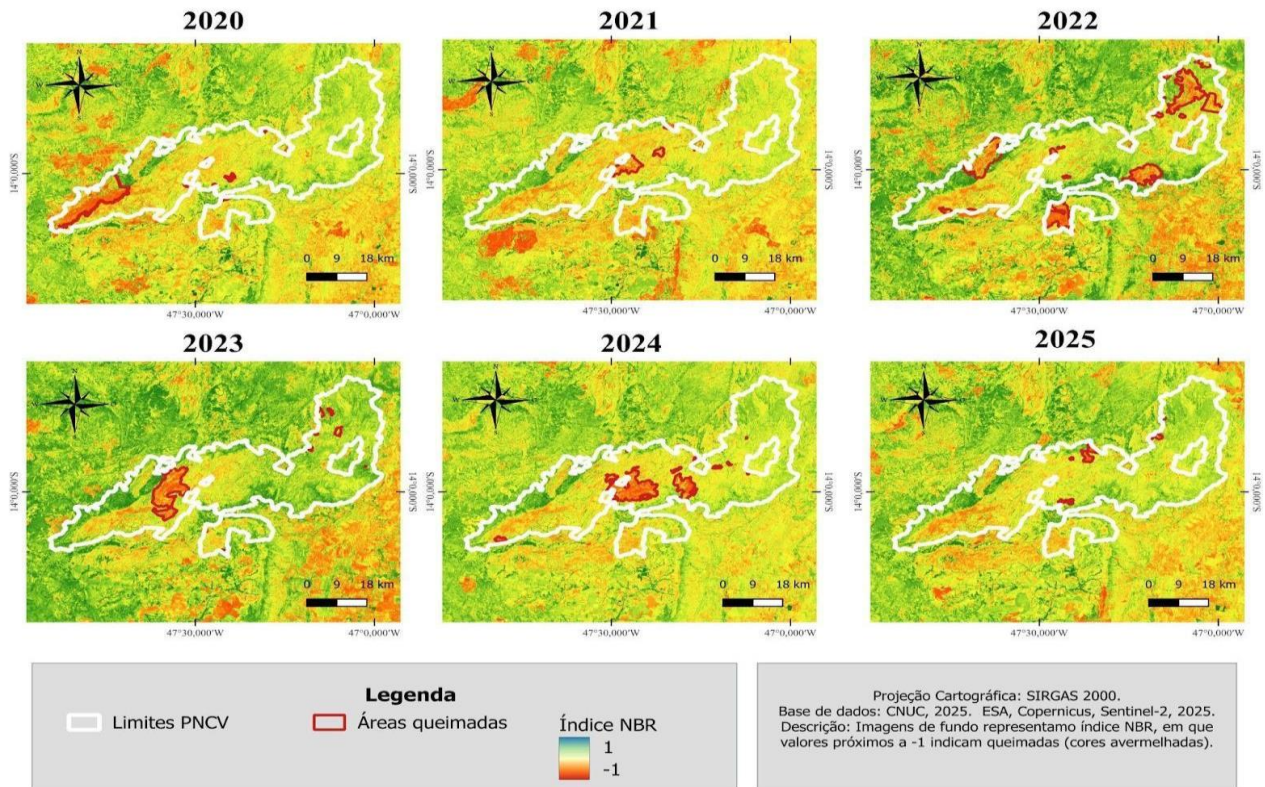
permitiram avaliar o mesmo fenômeno sob perspectivas espectrais e quantitativas, ampliando a eficácia da identificação dos padrões espaciais e temporais do fogo na área de estudo.

A análise multitemporal baseada no índice NBR, apresentada na Figura 2, revela uma heterogeneidade na distribuição espacial e na extensão das áreas queimadas no interior do PNVC entre 2020 e 2025. O comportamento espectral do NBR permitiu distinguir com precisão as cicatrizes de fogo (valores próximos a -1, representados pela cor vermelha) da matriz de vegetação preservada (valores positivos).

Observa-se a inexistência de um padrão espacial na ocorrência dos incêndios, com destaque para os anos de 2020, 2022, 2023 e 2024, que apresentaram as maiores extensões de áreas atingidas, porém em áreas geográficas distintas. Em contrapartida, nos anos de 2021 e 2024, as queimadas concentraram-se majoritariamente na porção central e sudoeste da UC.

O ano de 2022 indica um cenário de queima severa em diversos pontos do PNCV, enquanto nos anos de 2021 e 2025 apresentaram cicatrizes mais isoladas e de menor extensão territorial percebida por este índice. Essa variação espacial indica a dinâmica do fogo que depende do acúmulo de combustível vegetal, em que, áreas que sofrem queima em um determinado ano tendem a atuar como “barreiras naturais” à propagação do fogo nos períodos subsequentes, devido à redução (temporária) de material combustível, aspecto destacado por Fidelis e Pivelo (2011).

Figura 2 - Mapa do índice NBR de 2020 até 2025* PNCV



*As datas das cenas são apresentadas no Quadro 2.

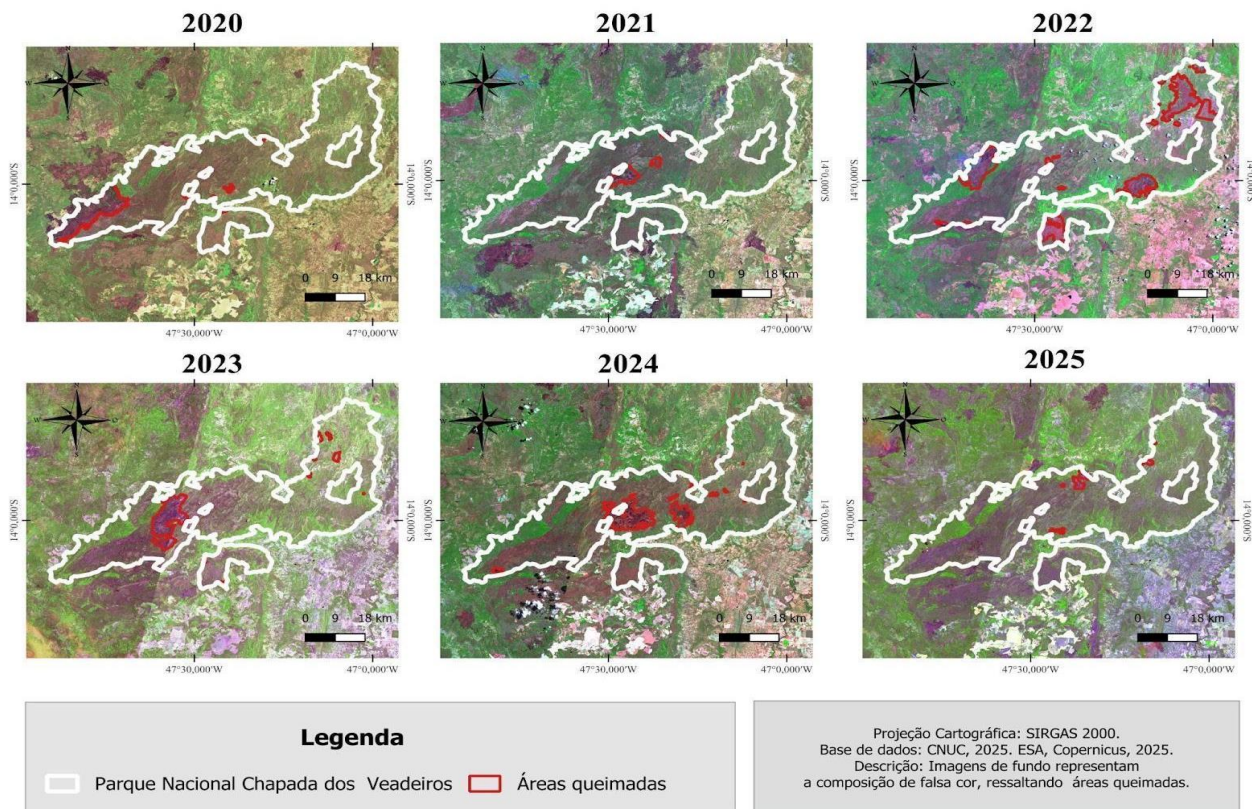
Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A Figura 3 evidencia como o regime de fogo pode atuar enquanto um agente transformador da paisagem, criando um mosaico de áreas em diferentes estágios de regeneração pós-fogo e alterando a conectividade estrutural dos remanescentes do Cerrado (Costa *et al.*, 2023).

Conforme percebido na Figura 3, as áreas em destaque pela composição em falsa cor SWIR, as áreas queimadas apresentam um tom arroxeado, sendo as mesmas áreas indicadas pelo índice NBR. Isso ocorre especialmente pela utilização da banda 12 em ambos os processos, que, embora empreguem metodologias distintas, utilizam imagens da mesma data. Dessa forma, os resultados obtidos por cada método mostraram concordância espacial, validando a coerência na identificação das áreas queimadas percebidas simultaneamente pelas duas abordagens.

A composição SWIR se destacou pela capacidade de tornar mais evidentes as cicatrizes de queimadas, uma vez que a banda do infravermelho de ondas curtas é sensível à redução da umidade da vegetação e às alterações na estrutura da biomassa após a passagem do fogo. Trata-se, portanto, de uma abordagem eficiente para a delimitação visual das áreas impactadas.

Figura 3 - Mapas das composições SWIR de 2020 até 2025* no PCNV



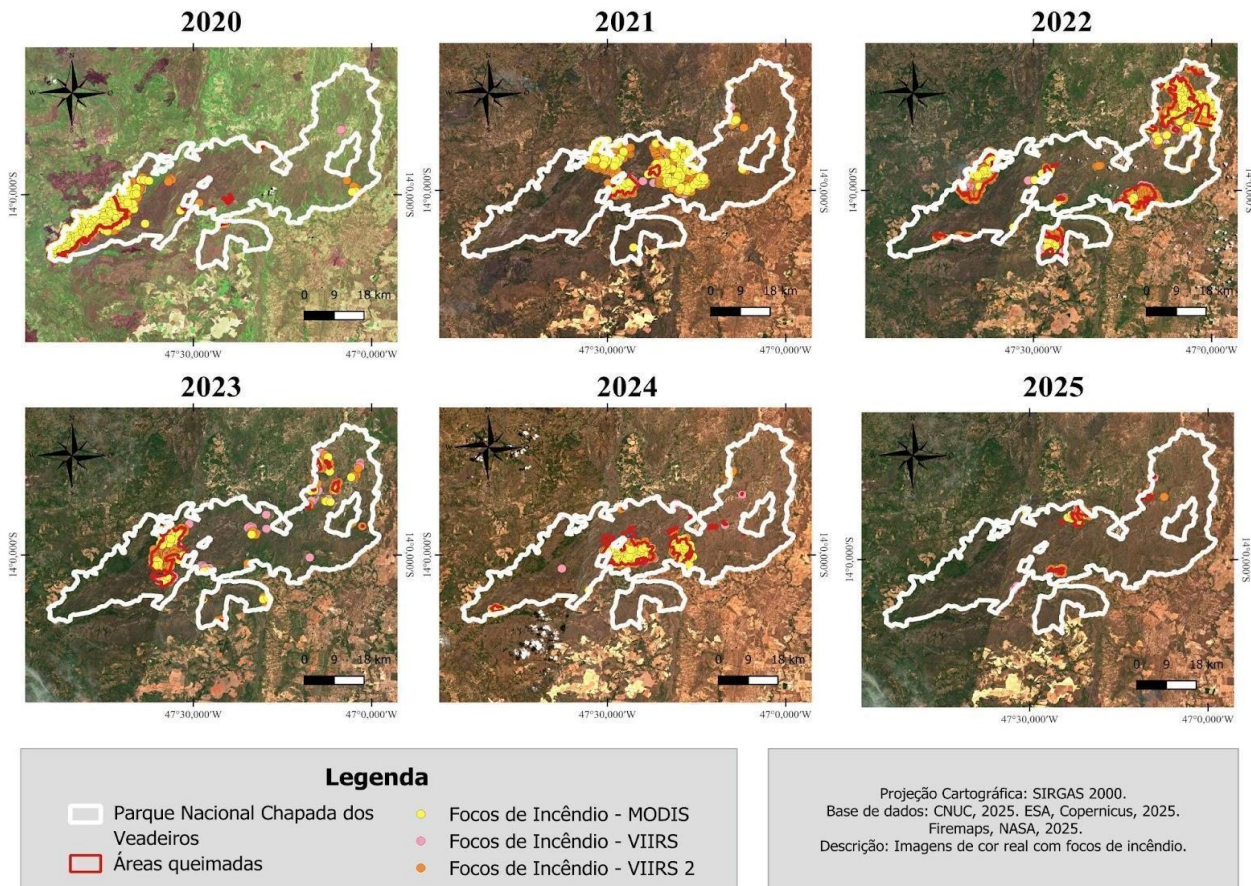
*As datas das cenas são apresentadas no Quadro 2.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Nota-se nos mapas NBR e composição falsa cor SWIR, que em 2021 houve uma pequena área identificada visualmente pelas imagens de satélite com cicatrizes de queimada. No entanto, os focos de incêndio na Figura 4, indicam diversos focos em uma área muito maior do que as demarcadas na Figura 2 e 3. Isso se deu porque essa queimada aconteceu posteriormente a imagem do dia 19/09/2021 e 21/09/2021, ou seja, ocorreram entre o final de setembro e o início de outubro, quando não havia imagens sem nuvens disponibilizadas, e por isso, não puderam ser percebidas nos mapas anteriores.

Devido à quantidade de focos de incêndio identificados pelo sensor MODIS e pelos sensores VIIRS I e II, bem como pelo estudo de queimadas no PNCV entre 2020 e 2022 por Oliveira *et al.* (2024), efetivamente ocorreu essa queimada de grande extensão em 2021, confirmando a extensa área demarcada pelos pontos indicados pelos focos de incêndio assinalados na Figura 4, sendo o único ano no qual houve a inconsistência entre as informações das três metodologias utilizadas, justamente pela questão limitante da elevada cobertura de nuvens no mês de outubro de 2021.

Figura 4 - Mapa das imagens TCI do Sentinel-2 e dados de focos de incêndio do FIRMS/NASA*



*As datas das cenas são apresentadas no Quadro 2.
Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

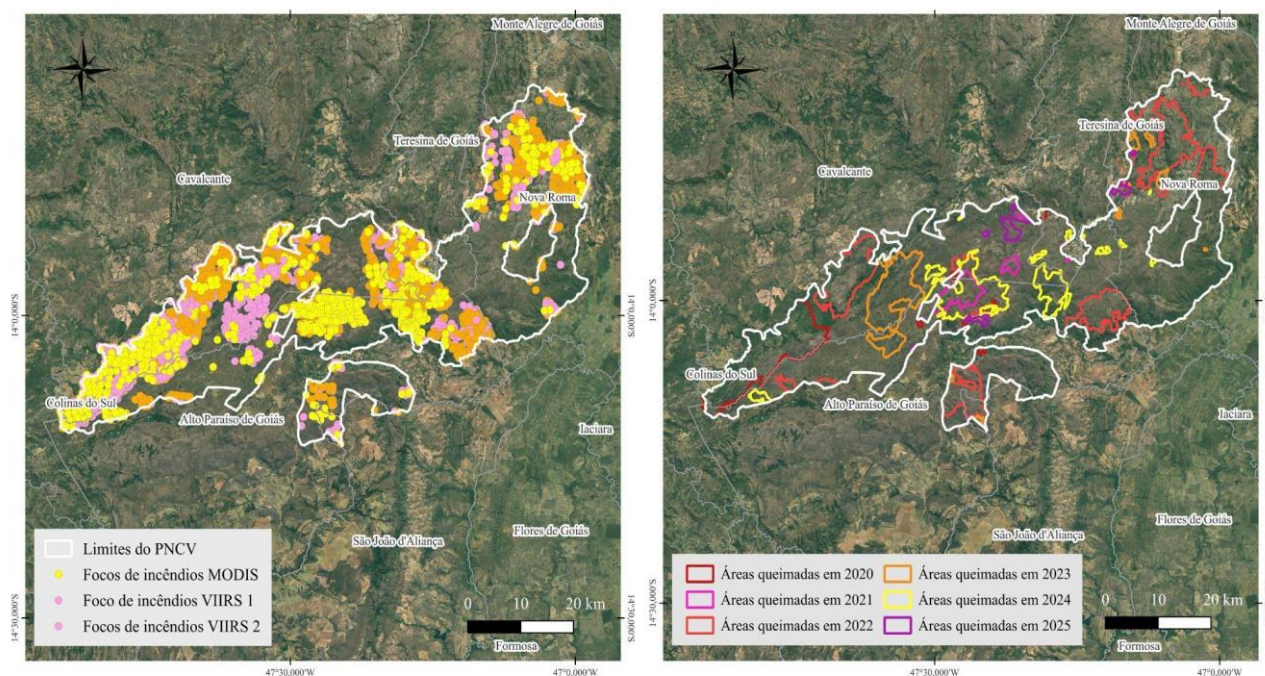
Os dados de focos de incêndio dos sensores MODIS e VIIRS acrescentaram detalhe à compreensão da dimensão temporal e pontual da ocorrência do fogo. Esses sensores, baseados na detecção de anomalias térmicas, possibilitam identificar a localização e a concentração dos incêndios ativos, permitindo associar a ocorrência do fogo às áreas posteriormente reconhecidas como queimadas nas imagens ópticas (Jesus; Setzer; Morelli, 2011; Pereira *et al.*, 2012). A sobreposição dos focos com as cicatrizes mapeadas reforça a coerência entre os dados de áreas queimadas.

O Índice NBR contribuiu para a análise das áreas afetadas, ao expressar o grau de alteração da vegetação decorrente do fogo. Valores mais baixos ou negativos indicaram áreas severamente impactadas, assemelhando-se aos padrões observados na composição SWIR e na distribuição dos focos de incêndio.

De maneira integrada, as três metodologias revelam padrões coerentes e semelhantes na dinâmica das queimadas na Chapada dos Veadeiros entre 2020 e 2025, evidenciando uma

certa recorrência espacial de áreas queimadas nesses anos, porém variando a localização dessas áreas afetadas, compondo uma extensa área queimada em proporção total nesses últimos anos, como observado na Figura 5.

Figura 5 - Áreas com focos de incêndio e queimadas identificadas de 2020 até 2025



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Embora fundamentadas em princípios distintos, as abordagens analisam o mesmo fenômeno e se complementam, fortalecendo o rigor metodológico e a confiabilidade dos resultados sobre a ocorrência e a distribuição das áreas queimadas encontradas nesta pesquisa.

Nota-se que existem mais focos de incêndio (VIIRS 2) identificados do que áreas demarcadas e observadas pelas metodologias apresentadas (NBR e SWIR). Isso acontece, pois, a data dos focos de incêndio são de agosto a início de outubro. Conforme aponta Silva *et al.*, (2021), nem todas essas áreas queimadas ao longo da estação seca podem ser observadas em imagens no fim da estação seca, visto que em algumas áreas que foram queimadas podem vir a nascer gramíneas rapidamente, não sendo possível identificar visualmente a cicatriz de queimada, dado que a sua permanência no solo pode ser curta. Por esse motivo os focos de incêndio podem parecer mais marcantes, pois, possivelmente ao longo do período seco em todos os anos avaliados ocorreram mais queimadas do que aquelas identificadas pelas abordagens SWIR e NBR, visto que a imagem de satélite apresenta o estado pontual de um dia. Destaca-se, contudo, que na maior parte dos casos, a ocorrência e a distribuição das queimadas

puderam ser analisadas com a composição SWIR e NBR, apresentando boa correlação com os focos apontados pelo VIIRS 2.

O quadro 3 apresenta os dados das poligonais delimitadas nos mapas apresentados anteriormente, que indicam a extensão das áreas queimadas que puderam ser visualizadas e identificadas pelas imagens de satélite no final da estação seca. Portanto, destaca-se que elas se limitaram ao que efetivamente na data da imagem de cada ano foi possível de observar utilizando a base das três metodologias, não expandindo para as áreas de focos de incêndio que não puderam ser validadas na data das imagens utilizadas.

A análise entre 2020 e 2025 evidencia uma dinâmica do fogo marcada por variações anuais que transformam a paisagem do PNCV. Ao longo do período, foram identificados 82.068,3 hectares afetados por queimadas. O ano de 2025 apresentou a menor extensão registrada, com 2.516,54 hectares, em função das limitações diante a presença de nuvens nas imagens de satélite do período analisado (o mesmo acontece com o ano de 2021). Já em 2022 nota-se a maior extensão espacial identificada, com 32.263,87 hectares queimados visíveis no solo na data de captação das imagens, correspondendo a quase 40% do total acumulado no espaço temporal analisado.

Quadro 3 - Total de áreas queimadas identificadas

ÁREAS QUEIMADAS PERCEBIDAS E DEMARCADAS PELAS IMAGENS DE SATÉLITE		
CENAS	DATA DAS IMAGENS	EXTENSÃO (Ha)
LKE	06/10/2020	17.360,97
LHK	04/10/2020	
LKE	21/09/2021	3.535,11
LHK	19/09/2021	
LKE	16/10/2022	32.263,87
LHK	14/10/2022	
LKE	16/10/2023	12.049,56
LHK	14/10/2023	
LKE	30/09/2024	14.342,25
LHK	28/09/2024	
LKE	02/10/2025	2.516,54
LHK	03/10/2025	
TOTAL		82.068,30

Organização: Os autores (2025).

A concentração de queimadas em um ano específico pode ter relação direta por fatores como a variabilidade climática, períodos prolongados de estiagem, acúmulo de material combustível e alterações no uso e cobertura da terra no entorno da unidade de conservação, além de questões políticas, sociais e ações antrópicas que potencializam a ocorrência de incêndios, conforme apontam Brito (2010), Júnior *et al.* (2017) e Fernandes *et al.* (2016). No entanto, é fundamental reforçar que, no contexto dessa pesquisa, que no ano de 2021, isso ocorreu em decorrência da presença de nuvens nas imagens que deixaram inviável a delimitação espacial da área queimada, visto que houve a identificação de diversos focos de incêndio pelo FIRMS/NASA.

As oscilações observadas nas cicatrizes de queima ao longo do período analisado evidenciam a importância do monitoramento contínuo para a compreensão dos regimes de fogo, subsidiando o planejamento de ações de conservação, prevenção e manejo ambiental. A integração entre o Índice NBR, as composições em falsa cor SWIR e os dados de focos de incêndio do sistema FIRMS/NASA permitiu uma leitura diversificada do fogo, articulando informações espectrais, espaciais e temporais.

Os resultados indicaram forte variabilidade de ocorrência de queimadas entre os anos, com destaque para o ano de 2022, responsável por mais de um terço da área total mapeada no período. Como ressaltam Fidelis e Pivello (2011), Ramos-Neto e Pivello (2000) e Rost, Cabral e Silva (2021) a recorrência e a severidade das queimadas no Cerrado estão associadas à interação entre clima, vegetação e uso da terra no entorno das UCs. Assim, o fogo no PNCV se manifesta, também, como resultado de pressões socioambientais que convertem vastas áreas nativas em áreas de uso agropastoril (Ferreira; Almeida, 2014).

Conforme apontam inúmeros autores, como exemplo de França e Ferreira (2005); Tomzhinski, Coura e Fernandes (2011); Granemann e Carneiro (2009) e Rocha (2016), o monitoramento de incêndios florestais por meio do sensoriamento remoto constitui um dos métodos mais eficazes para o reconhecimento de padrões espaciais recorrentes de incêndios, sua relação com fatores climáticos, com a disponibilidade de combustível vegetal e com ações antrópicas, bem como outras técnicas conjuntas de geoprocessamento permitem prevenir a ocorrência de queimadas ainda maiores e mais severas.

A integração de diferentes metodologias para a análise do mesmo fenômeno aumenta a assertividade dos resultados ao permitir a observação do fogo sob perspectivas complementares, como a espectral, espacial e quantitativa. Conforme Lazzarini, Lima, Feitosa

(2014), Pirajá *et al.* (2023) e Brito e Dias (2023), a combinação entre índices de queimadas, mapeamento multitemporal e dados auxiliares de detecção de focos contribui para a redução de erros e a melhoria da interpretação e compreensão dos regimes de fogo. Essa abordagem é especialmente relevante em áreas como o PNCV, que está em uma região ainda com alta preservação do Cerrado goiano. Destaca-se, contudo, que a área vem sofrendo elevada pressão antrópica nos últimos anos, especialmente pelo avanço das atividades agropastoris que têm convertido em áreas de plantio e criação de gado extensas áreas que anteriormente eram ocupadas por remanescentes vegetais de Cerrado (Ferreira; Almeida, 2014).

A coerência entre os resultados observados e as cicatrizes percebidas pelo NBR, realçadas pela composição SWIR e confirmadas pelos focos ativos dos sensores MODIS e VIIRS, reforça a eficácia do sensoriamento remoto como instrumento estratégico de monitoramento ambiental.

No entanto, a pesquisa evidenciou algumas limitações inerentes ao uso de imagens de satélite. É fundamental ressaltar que as áreas mapeadas deste estudo refletem a dinâmica do fogo estritamente nas datas de captação das imagens durante a estação seca (entre agosto e outubro), quando há maior ocorrência de incêndios florestais no Cerrado (MapBiomas, 2026). Em alguns anos, notadamente em 2021 e 2024, não foi possível avaliar a totalidade do mês de outubro devido à indisponibilidade de cenas isentas de nuvens ou ruídos espectrais que abrangessem todo o território do PNCV. Somado a isso, a rápida recuperação das gramíneas após a queima pode ocultar cicatrizes recentes em determinados períodos, o que justifica a importância de complementar as análises em escala de maior detalhe com plataformas de monitoramento contínuo, embora ofereçam dados em menor resolução, como é o caso do MapBiomas Fogo (MapBiomas, 2026).

Essas constatações dialogam com estudos de Pereira *et al.* (2012) e Silva *et al.* (2021), que reforçam a importância das análises multitemporais integradas e a validação com dados de fogo ativo, bem como da análise de seus efeitos após a queima. Destacar essas limitações é importante para estabelecer um comparativo dos resultados identificados por este estudo com o panorama regional do Cerrado e de outras UCs.

Ao comparar os resultados obtidos com os dados da plataforma MapBiomas Fogo (2026), o ano de 2021 apresentou a maior discrepância quantitativa. Segundo a plataforma, apenas no mês de outubro a área queimada alcançou 20.617 hectares; contudo, as imagens disponibilizadas para esse período não apresentavam condições adequadas para a interpretação e a delimitação das cicatrizes, conforme apontado anteriormente. Esse contraste

evidencia a relevância da abordagem metodológica proposta pelo estudo. Embora a limitação climática tenha inviabilizado o cálculo da extensão da área queimada exclusivamente pelas imagens de satélite para o referido mês, a incorporação de dados de anomalias térmicas e focos de incêndio dos sensores MODIS e VIIRS garantiu o registro da ocorrência desses eventos. Deste modo, destaca-se que a integração de dados ópticos com os focos de incêndio dos referidos sensores mitiga erros de omissão e assegura a detecção do fogo.

Embora os anos de 2021 e 2022 representem os picos de maior ocorrência e extensão de fogo no PNCV na série temporal analisada (conforme ilustrado na Figura 4 e corroborado pelos dados do MapBiomas Fogo (2026), na escala do bioma, o Cerrado apresentou uma tendência distinta. Ao avaliar o bioma como um todo, os anos com maior registro de incêndios foram 2024, 2020 e 2025, respectivamente. Em 2024, ano em que houve pico de áreas queimadas no bioma, os focos de incêndio concentraram-se expressivamente na porção ocidental do Cerrado, na faixa de transição com o bioma Amazônico, impactando severamente outras UCs, a exemplo do Parque Nacional do Araguaia, no Tocantins. Essa diferença reforça que os fatores que causam fogo no interior do PNCV respondem a fatores ambientais locais, os quais não necessariamente acompanham as tendências de todo o bioma, o que aponta a importância de análises em escala de detalhe para o PNCV e outras UCs do Cerrado.

Os resultados obtidos através deste estudo oferecem subsídios técnicos de grande relevância para o planejamento ambiental e o manejo integrado do fogo no PNCV. Estudos que identifiquem os padrões espaciais e temporais das queimadas possibilitam orientar a implementação de queimas prescritas, a definição de áreas prioritárias para prevenção e o fortalecimento das estratégias de proteção de áreas mais sensíveis (Myers, 2006; França *et al.*, 2007; Ramos; Fonseca; Morello, 2016). Ademais, o monitoramento de forma contínua, atrelada a diferentes frentes metodológicas, até mesmo com o uso da modelagem a fim de estudos preditivos, contribui para antecipar cenários críticos e reduzir a ocorrência de incêndios de grandes proporções.

Por fim, este estudo reafirma o papel do sensoriamento remoto como ferramenta indispensável para a gestão ambiental e monitoramento ambiental em áreas protegidas, especialmente neste caso as UCs. A abordagem metodológica adotada mostrou-se consistente para compreender a dinâmica do fogo no PNCV, especialmente na estação seca, e pode ser replicada em outras áreas protegidas.

4. Considerações finais

O presente estudo teve como objetivo caracterizar a dinâmica espaço-temporal das queimadas no PNCV entre os anos de 2020 e 2025, a partir do uso do sensoriamento remoto e do geoprocessamento, utilizando o Índice NBR, composição em falsa cor usando a banda SWIR e dados de focos de calor do sistema FIRMS/NASA.

Entre os anos analisados, foram identificados, no total, aproximadamente 82.068,3 hectares afetados por queimadas, não apresentando um comportamento padronizado de localização dos focos de incêndio. Em 2022, as áreas queimadas concentraram-se em mais de um terço do total mapeado, indicando a ocorrência de condições ambientais e antrópicas favoráveis à propagação do fogo, como estiagens prolongadas, acúmulo de biomassa combustível e pressões relacionadas ao uso e ocupação do território. Em contraste, 2025 apresentou menor área queimada percebida pelas imagens, já o ano de 2021 foi o que apresentou maiores limitações pela elevada cobertura de nuvens neste ano.

Em análise comparativa com os dados produzidos pelo MapBiomas Fogo (2026), observou-se uma divergência significativa entre a dinâmica do fogo no PNCV e as tendências regionais do Cerrado. Enquanto nos anos de 2021 e 2022 apresentam picos de ocorrência de fogo no Parque, o Cerrado, sem sua totalidade, registrou maiores índices em 2024, 2020 e 2025. Esse contraste demonstra que os eventos de fogo no interior da UC respondem primariamente a fatores locais, evidenciando a importância de estudos de detalhe e monitoramento contínuo nas UCs desse bioma.

A integração metodológica entre o NBR, a composição em falsa cor SWIR e os dados de focos de incêndio do FIRMS mostrou-se fundamental para ampliar a confiabilidade dos resultados. Enquanto os índices espectrais permitiram a delimitação das cicatrizes de queimada, os focos de calor acrescentaram a dimensão temporal e pontual da ocorrência do fogo, reduzindo incertezas associadas à interpretação de um método único. Essa abordagem integrada reforça o rigor metodológico do trabalho e demonstra que a análise conjunta de produtos orbitais é essencial para estudos de queimadas.

Do ponto de vista ambiental, os resultados contribuem para o planejamento do manejo integrado do fogo no PNCV. A identificação de padrões espaciais recorrentes e da variabilidade temporal das queimadas fornece subsídios para a definição de áreas prioritárias para prevenção, monitoramento e possíveis ações de queima prescrita, conforme orientações do plano de manejo. Além disso, o mapeamento das cicatrizes de fogo permite compreender como

o regime de queima influencia a conservação da biodiversidade e a proteção de fitofisionomias mais sensíveis, como matas de galeria, veredas e áreas de nascentes.

Apesar dos avanços, o estudo apresenta algumas limitações. A principal refere-se à dependência de imagens ópticas, que sofrem interferência da presença de nuvens, como observado especialmente no ano de 2021. Além disso, a rápida regeneração da vegetação do Cerrado pode ocultar cicatrizes de fogo em intervalos curtos de tempo, levando à não identificação de áreas queimadas quando se utiliza apenas uma data por ano. Nesse sentido, os focos de calor mostraram-se complementares, mas também possuem limitações relacionadas à resolução espacial dos sensores MODIS e VIIRS, que podem não detectar focos em áreas de pequena extensão.

Conclui-se que o sensoriamento remoto constitui uma ferramenta estratégica para o monitoramento de queimadas em UCs do Cerrado. A abordagem adotada neste trabalho demonstrou eficiência na identificação, validação e análise das áreas queimadas no PNCV, oferecendo suporte técnico-científico para a gestão territorial, a conservação da biodiversidade e o planejamento de ações preventivas diante os crescentes impactos e problemáticas que a pressão antrópica tem causado, especialmente em tempos de emergência climática.

5. Referências

- ALVES, D. B.; PÉREZ-CABELLO, F.; CAMBRAIA, B. C.; BONADEU, F.; SILVEIRA, A. L. P. Análise multitemporal de áreas afetadas pelo fogo no enclave de Cerrado do Parque Nacional dos Campos Amazônicos utilizando sensoriamento remoto e trabalho de campo. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 22, e18, p. 1-24, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/33584>. Acesso em: 2 jan. 2026.
- BEDIA, J.; HERRERA, S.; GUTIÉRREZ, J. M.; BENALI, A.; BRANDS, S.; MOTA, B.; MORENO, J. M. Global patterns in the sensitivity of burned area to fire-weather: implications for climate change. **Agricultural and Forest Meteorology**, [s. l.], v. 214-215, p. 369-379, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168192315007078>. Acesso em: 05 ago. 2025.
- BENTO, M. T. F., SILVA, M. R., AMORIM, M. E. R., FERNANDES, J. G., & CALOU, V. B. C. ÍNDICES ESPECTRAIS NDVI E NBR NA DETECÇÃO DE ÁREA QUEIMADA. **ENERGIA NA AGRICULTURA**, 39, 183–188. 2024. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/4850>. Acesso em: 07 ago. 2025.
- BRITO, A. G.; DIAS, R. R. Análise de dados espectrais aplicados a índices de queima em área do sudeste do estado do Tocantins. **Latin American Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 1, p.

403-420, jan. /mar. 2023. Disponível em:

<https://ojs.latinamericanpublicacoes.com.br/ojs/index.php/jdev/article/view/1331>. 05 jun. 2025.

BRITO, Daguiete Maria Chaves. Conflitos socioambientais na gestão de Unidades de Conservação: o caso da Reserva Biológica do Lago Piratuba/AP. 2010. 375 f. **Tese** (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Belém, 2010. Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/items/e3ecb07d-96b1-43ac-8519-9de2134d4b17>. Acesso em: 22 nov. 2025.

CHEN, Y.; MORTON, D. C.; RANDERSON, J. T. Remote sensing of fire: burnt area, emissions, and changing fire dynamics. **One Earth**, [S. l.], v. 7, n. 6, p. 1022-1028, jun. 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590332224002574>. Acesso em: 22 jul. 2025.

COSTA, J. P.; SILVA, I. C.; COSTA, G. M.; BROZINGA, A. W. Efeito do regime de fogo nas espécies arbóreas de cerrado sensu stricto. **GETEC**, [s. l.], v. 12, n. 41, p. 61-69, ago./dez. 2023. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/2843>.

DOMICIANO, Carlos S.; OLIVEIRA, Ivanilton J. Cartografia dos impactos ambientais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (GO). **Mercator**, Fortaleza, vol.11, n.25, p.179-199, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273624812014> Acesso em: 22 dez. 2025.
FERNANDES, A. C. G., COUTINHO, M. A. N., SANTOS, V. G., NASCIMENTO, C. R. Utilização de intervalos de índices de vegetação e temperatura da superfície para detecção de queimadas. **Caderno de Ciências Agrárias** [online] 8. 2016. Disponível: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ccaufmg/article/view/2845>. Acesso: 08 jan. 2026.

FERREIRA, L. C. G.; ALMEIDA, M. G. Usos e conflitos na APA do Pouso Alto (GO): uma abordagem sobre a percepção dos atores locais de Colinas do Sul e Cavalcante. **Ateliê Geográfico** - Goiânia (GO), v. 8. n. 1. p. 215-230, abril/2014. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/atelie/article/view/29955>. Acesso em: 09 de jun. 2025.

FIDELIS, A.; PIVELLO, V. R. Deve-se usar o fogo como instrumento de manejo no Cerrado e Campos Sulinos? **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 12-25, 2011. Disponível em: <https://revistaelectronica.icmbio.gov.br/index.php/BioBR/article/view/102>. Acesso em: 3 jan. 2026.

FRANÇA, D. DE A.; FERREIRA, N. J. Considerações sobre o uso de satélites na detecção e avaliação de queimadas. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais**. Goiânia, GO: Inpe, 2005. Disponível em: [https://dataserver-coids.inpe.br/queimadas/queimadas/Publicacoes-Impacto/material3os/2005_Franca et al ConsideracoesDeteccao XIISBSR DE3os.pdf](https://dataserver-coids.inpe.br/queimadas/queimadas/Publicacoes-Impacto/material3os/2005_Franca_et al_ConsideracoesDeteccao_XIISBSR_DE3os.pdf). Acesso em: 30 out. 2025.

FRANÇA, H.; RAMOS NETO, M.B.; SETZER, A. O fogo no Parque Nacional das Emas. **Série Biodiversidade**, v. 27. MMA, Ministério do Meio Ambiente. 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/263855170_O_Fogo_no_Parque_Nacional_das_Emas. Acesso em: 08 ago. 2025.

GRANEMANN, Daniel Carvalho; CARNEIRO, Gerson Luiz. Monitoramento de focos de incêndio e áreas queimadas com a utilização de imagens de sensoriamento remoto. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 1, n. 1, p. 54-62, dez. 2009. Disponível em: https://dataserver-coids.inpe.br/queimadas/queimadas/Publicacoes-Impacto/material3os/2009_monitora_vegetacao_sr.pdf. Acesso em: 15 dez. 2025.

ICMBIO. Plano de Manejo do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado/lista-de-ucs/parna-da-chapada-dos-veadeiros/arquivos/Plano_de_Manejo_9730998_PM_VERSAO_FINAL_PNCV_2021_10_01_versao_final_pos_portaria.pdf#page=7.08 Acesso em: 30 dez. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Sentinel-2**. São José dos Campos, 2025. Disponível em: <https://data.inpe.br/dados/sentinel-2/>. Acesso em: 30 dez. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Programa Queimadas**. São José dos Campos, 2026. Disponível em: https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/portal/pages/secao_informacoes/faq/ Acesso em: 07 jul. 2026.

JESUS, S. C.; SETZER, A. W.; MORELLI, F. Validação de focos de queimadas no Cerrado em imagens TM/Landsat-5. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais [...]**. São José dos Campos: INPE, 2011. p. 8051-8058. Disponível em: https://dataserver-coids.inpe.br/queimadas/queimadas/Publicacoes-Impacto/documentos/2011_Jesus_et al_Validacao_focos_XVBSR.pdf. Acesso em: 11 dez. 2025.

JÚNIOR, S. R.; ROCHA, G. F.; LIMA, E. Q.; BELÉM, F. L. As queimadas em unidades de conservação: estudo de caso da Reserva Biológica do Lago Piratuba. **Ciência Geográfica**, Bauru, v. 21, n. 2, p. 290-299, jan./dez. 2017. Disponível em: https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXI_2/agb_xxi_2_versao_internet/Revista_AGB_xxi_2-02.pdf Acesso em: 07 jul. 2026.

LAZZARINI, G. M. J.; LIMA, W. G.; FEITOSA, T. C. S. Eficácia da utilização de sistemas de informações geográficas na definição de políticas públicas de combate a incêndios florestais. In: **10º Congresso Brasileiro de Sistemas**, 2014, Ribeirão Preto. Anais do 10º Congresso Brasileiro de Sistemas, 2014. Disponível em: <https://scispace.com/pdf/eficacia-da-utilizacao-de-sistemas-de-informacoes-38di4zz6ll.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2025.

MAPBIOMAS. Destaques do mapeamento anual de cobertura e uso da terra - Bioma Cerrado. **MapBiomas Brasil Coleção 10 (1985-2024)**. MapBiomas Data, V1. 2025. Disponível em: <https://data.mapbiomas.org/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.58053/MapBiomas/ZY6GAS> Acesso em: 29 dez. 2025.

MAPBIOMAS. **MapBiomas Fire Collection 5**. MapBiomas Data, v. 1. 2026. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/mapbiomas-fogo/>. Acesso em: 07 jul. 2026.

MMA, ICMBIO. **Cartilha sobre incêndios florestais e Manejo Integrado do Fogo (MIF):** imprensa. 1. ed. Brasília, DF: ICMBio, 2025. 58 p. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-diversas/outros/CartilhasobreIncndiosFlorestaiseMIF_EdioMMA_1_2025_14deAgosto.pdf. Acesso em: 19 fev. 2026.

MYERS, R. L. Convivendo com o fogo: manutenção dos ecossistemas e subsistência com o manejo integrado do fogo. Brasília: **The Nature Conservancy**, Iniciativa Global para o Manejo do Fogo, 2006. Disponível em: https://biblioteca.biofund.org.mz/wp-content/uploads/2021/01/1611297734-convivendo_com_o_fogo.pdf. Acesso em: 26 de nov. 2025.

NASCIMENTO, I. V. Cerrado: o fogo como agente ecológico. **Territorium**, Coimbra, n. 8, p. 25-35, 15 set. 2001. Coimbra University Press. Disponível em: https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723_8_3. Acesso em: 30 dez. 2025.

OLIVEIRA, A.C.; ROCHA, B. O.; COSTA, C. A. M.; KÖRTING, T. S. Classificação supervisionada de áreas queimadas do Cerrado utilizando atributos espectrais provenientes de séries temporais do sensor WFI. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 76, 2024. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/71999>. Acesso em: 06. ago. 2025.

OLIVEIRA, D. A.; PIETRAFESA, J. P.; BARBALHO, M. G. S. MANUTENÇÃO DA BIODIVERSIDADE E O HOTSPOTS CERRADO. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 9, n. 26, p. 101–114, 2008. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15700>. Acesso em: 29 dez. 2025.

PEREIRA, A. A.; PEREIRA, J. A. A.; MORELLI, F.; BARROS, D. A.; ACERBI JR., F. W.; SCOLFORO, J. R. S. Validação de focos de calor utilizados no monitoramento orbital de queimadas por meio de imagens TM. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 335-343, jun. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cerne/a/f8FXmqMx3PdxwNNBjdQHxxg/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 18. out. 2025.

PIRAJÁ, R. V.; OLIVEIRA, A. K. M.; MATIAS, R.; REZENDE FILHO, A. T. O uso dos índices espectrais NBR e Δ NBR empregando dados Sentinel 2 para identificar e delimitar áreas queimadas, utilizando como modelo uma área do Pantanal de Nhecolândia, Mato Grosso do Sul. **Ra'e Ga**, Curitiba, v. 56, p. 24-42, abr. 2023. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/download/85434/49103>. Acesso em: 29 de jun. 2025.

RAMOS, R. M.; FONSECA, R. L.; MORELLO, T. F. Unidades de conservação e proteção contra incêndios florestais: relação entre focos de calor e ações articuladas pelas brigadas contratadas. **Revista Biodiversidade Brasileira**, v. 6, n. 2, p. 135-148. 2016. Disponível em: <https://revistaelectronica.icmbio.gov.br/BioBR/article/view/558>. Acesso em: 19. jul. 2025.

RAMOS-NETO, M. B., PIVELLO, V. R. Lightning fires in a Brazilian savanna national park rethinking management strategies. **Environmental Manage.** 26, p. 675–684. 2000. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001130621>. Acesso em: 07 ago. 2025.

REIS, C. E. P. Detecção de fogo ativo por aprendizado profundo em imagens provenientes de satélites. 115 p. **Dissertação** (Mestrado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2023. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34T/4AQP858>. Acesso em: 1 jan. 2026.

ROCHA, F. F. **Detecção de queimadas através de imagens Landsat em unidades de conservação da Área de Proteção Ambiental das bacias do Gama e Cabeça de Veado – DF**. 2016. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Departamento de Geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/19292>. Acesso em: 10 out. 2025.

ROMÁN, M. O.; JUSTICE, C.; PAYNTER, I.; BOUCHER, P. B.; DEVADIGA, S.; ENDSLEY, A.; ERB, A.; FRIEDL, M.; GAO, H.; GIGLIO, L.; GRAY, J. M.; HALL, D.; HULLEY, G.; KIMBALL, J.; KNYAZIKHIN, Y.; LYAPUSTIN, A.; MYNENI, R. B.; NOOJIPADY, P.; PU, J.; RIGGS, G.; SARKAR, S.; SCHAAF, C.; SHAH, D.; TRAN, K. H.; VERMOTE, E.; WANG, D.; WANG, Z.; WU, A.; YE, Y.; SHEN, Y.; ZHANG, S.; ZHANG, S.; ZHANG, X.; ZHAO, M.; DAVIDSON, C.; WOLFE, R. Continuity between NASA MODIS Collection 6.1 and VIIRS Collection 2 land products. **Remote Sensing of Environment**, [S. l.], v. 302, art. 113963, mar. 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003442572300561X>. Acesso em: 30 dez. 2025.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 7. ed. Uberlândia: EDUFU, 2009.
ROST, E.; CABRAL, R. M. G.; SILVA, T. A. R. As dinâmicas ambientais e sociais das queimadas do Cerrado na microrregião do Meia Ponte. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 5, p. 45716-45734, maio 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/29438>. Acesso em: 28 jul. 2025.

SCHMIDT, I. B.; FONSECA, C. B.; FERREIRA, M. C.; SATO, M. N. Implementação do programa piloto de manejo integrado do fogo em três Unidades de Conservação do Cerrado. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 6, n. 2, p. 55-70, 2016. Disponível em: https://dataserver-coids.inpe.br/queimadas/queimadas/Publicacoes-Impacto/material3os/2016_Schmidt_etal_ProgramaPilotoManejoFogoCerrado_DE3os.pdf. Acesso em: 08 de out. 2025.

SENTINEL HUB. **Sentinel-2 Bands**. In: Custom Scripts. [S. l.], [2025]. Disponível em: <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/bands/>. Acesso em: 30 dez. 2025.

SILVA, I. T.; PESSI, D. D.; SILVA, N. M.; MIOTO, C. L.; GUARALDO, E.; PARANHOS FILHO, A. C. Técnicas de processamento de imagens para treinamento de fotointérpretes na avaliação visual de áreas úmidas e de manchas e cicatrizes de queimadas ou incêndios. **Revista de Geociências do Nordeste**, Natal, v. 7, n. 2, p. 110-118, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/23310>. Acesso em: 07 out. 2025.

SILVA, P. S.; LIBONATI, R.; GONÇALVES, L.G.; DACAMARA, C. C. The climatic patterns that control regional fire activity in the Brazilian savanna. **Agricultural and Forest Meteorology**, [s. l.], v. 374, art. 110792, 2025. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/394999717> The climatic patterns that control regional fire activity in the Brazilian savanna. Acesso em: 11 dez. 2025.

TOMZHINSKI, G. W.; COURA, P. H. R.; FERNANDES, M. C. Avaliação da Detecção de Focos de Calor por Sensoriamento Remoto para o Parque Nacional do Itatiaia. **Biodiversidade Brasileira**, [s. l.], ano 1, n. 2, p. 201-211, 2011. Disponível em:

<https://revistaelectronica.icmbio.gov.br/BioBR/article/view/140/115>. Acesso em: 30 nov. 2025.

WANG, C.; JIAO, Z.; FENG, Y.; GUO, J.; LI, Z.; GAO, G. TAN, Z.; YANGM F.; CHEN S.; DONG, X. Evaluation of MODIS and VIIRS BRDF Parameter Differences and Their Impacts on the Derived Indices. **Remote Sensing**, [S. l.], v. 17, n. 11, art. 1803, 2025. Disponível em:

<https://doi.org/10.3390/rs17111803>. Acesso em: 30 dez. 2025.

Contribuição dos autores (de acordo com a taxonomia [CRediT](#))

Stffane Beatriz Figueredo Lemes – participou da conceitualização, metodologia, investigação, visualização e redação do rascunho.

Felipe Casanova - participou da conceitualização, curadoria dos dados, redação do rascunho, validação e revisão final do texto.

Karla Maria Silva de Faria - participou da revisão final do texto.