

AVALIAÇÃO MULTITEMPORAL DO NDVI EM ÁREAS QUEIMADAS PARA O ESTUDO DA RESILIÊNCIA DE FITOFISIONOMIAS DO CERRADO NO PARQUE NACIONAL DA CHAPADA DOS VEADEIROS – GO

Kamila Vieira de Moraes¹

Universidade de Brasília (UnB)
Brasília, DF, Brasil

Potira Meirelles Hermuche²

Universidade de Brasília (UnB)
Brasília, DF, Brasil

Enviado em 8 dez. 2022 | Aceito em 16 ago. 2023

Resumo: As queimadas impactam de diferentes formas os ecossistemas terrestres e nem todos estão adaptados ao mesmo regime de fogo, inclusive dentro de um mesmo bioma, como no caso do Cerrado brasileiro. O objetivo da pesquisa é avaliar a resiliência de diferentes formações do Cerrado no contexto de eventos de fogo por meio da análise multitemporal do índice de vegetação NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index* – no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros – GO. Foram utilizados dados de cicatrizes de áreas queimadas do INPE, distribuição espacial da vegetação do MapBiomias e imagens MODIS para cálculo do somatório acumulado das cicatrizes de área queimada e NDVI acumulado por formação (campestre, savânica e florestal). Os resultados corroboram com as evidências científicas do comportamento da vegetação do Cerrado, demonstrando a diferente resiliência das formações vegetais aos mesmos episódios persistentes de fogo.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Sensoriamento Remoto; Área de Proteção; Fogo.

MULTITEMPORAL EVALUATION OF NDVI IN BURNT AREAS FOR THE STUDY OF CERRADO PHYTOPHYSIOGNOMY RESILIENCE IN THE CHAPADA DOS VEADEIROS NATIONAL PARK – GO

Abstract: The Fires impact terrestrial ecosystems in different ways and not all are adapted to the same fire regime, even within the same biome, as in the case of the Brazilian Cerrado. The objective of the research is to evaluate the resilience of different Cerrado formations in the context of fire events through the multitemporal analysis of the NDVI vegetation index - Normalized Difference Vegetation Index - in Chapada dos Veadeiros National Park - GO. Data on scars from burned areas from INPE, spatial distribution of vegetation from MapBiomias and MODIS images were used to calculate the accumulated sum of scars from burned areas and NDVI accumulated by formation (grassland, savanna and forest). The results corroborate the scientific evidence of the behavior of Cerrado vegetation, demonstrating the different resilience of plant formations to the same persistent fire episodes.

Keywords: Geoprocessing; Sensing Remote; Protected Area; Fire.

1. Bacharel em Geografia, Laboratório de Sistemas de Informações Espaciais – LSIE, Campus Darcy Ribeiro, ICC, Módulo 21, Universidade de Brasília-UnB. kmila.moraes21@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0820-9170>

2. Doutora em Geografia, Professora Adjunta do Departamento de Geografia da Universidade de Brasília – UnB, Laboratório de Sistemas de Informações Espaciais – LSIE, Campus Darcy Ribeiro, ICC, Módulo 21, Universidade de Brasília-UnB. potira@unb.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3059-5001>.

EVALUACIÓN MULTITEMPORAL DEL NDVI EN ÁREAS QUEMADAS PARA EL ESTUDIO DE LA RESILIENCIA DE LA FITOFISIONOMÍA DEL CERRADO EN EL PARQUE NACIONAL DA CHAPADA DOS VEADEIROS – GO

Resumen: Los incendios afectan a los ecosistemas terrestres de diferentes maneras y no todos ellos están adaptados al mismo régimen de incendios, incluso dentro del mismo bioma, como es el caso del Cerrado brasileño. El objetivo de esta investigación es evaluar la resiliencia de diferentes formaciones del Cerrado en el contexto de eventos de fuego mediante un análisis multitemporal del NDVI - Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada - en el Parque Nacional de Chapada dos Veadeiros - GO. Se utilizaron datos sobre cicatrices de áreas quemadas del INPE, distribución espacial de la vegetación de MapBiomas e imágenes MODIS para calcular la suma acumulada de cicatrices de áreas quemadas y el NDVI acumulado por formación (pastizal, sabana y bosque). Los resultados corroboran las evidencias científicas sobre el comportamiento de la vegetación del Cerrado, demostrando la diferente resiliencia de las formaciones vegetales a los mismos episodios de incendios persistentes.

Palabras clave: Geoprocesamiento, Teledetección, Zonas de Protección; Fuego.



Introdução

Ao longo da história humana, o fogo tem sido frequentemente utilizado como ferramenta de manejo do solo para as atividades agropastoris (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Mas nas últimas décadas as queimadas, sobretudo aquelas provenientes de atividades humanas, geralmente associadas à agricultura e pecuária que visam a expansão de terras para a substituição de pastagens ou culturas, têm provocado um desequilíbrio entre as ocorrências de fogo e a recuperação dos ecossistemas, gerando a fragmentação e degradação da biodiversidade local (LOTUFO *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2020).

No entanto, no Cerrado brasileiro, o fogo é um evento natural, recorrente e até imprescindível para o equilíbrio dos ecossistemas e para a conservação da biodiversidade (COUTINHO, 2002; SCHMIDT *et al.*, 2016a; SAMPAIO *et al.*, 2016; GORGONE BARBOSA *et al.*, 2016). Sua vegetação é determinada por um conjunto de fatores que envolve a sazonalidade das chuvas, a deficiência de nutrientes do solo e o fogo (MIRANDA *et al.*, 2010), que regula e condiciona as fitofisionomias do Cerrado *lato sensu*, fazendo com que muitas espécies de sua flora necessitem do fogo ao longo do seu ciclo vital (WALTER e RIBEIRO, 2010). Ainda de acordo com os autores, essa necessidade acontece porque a ação do fogo nas savanas e campos interfere na distribuição, riqueza e composição da vegetação, permitindo a vantagem competitiva das espécies adaptadas, as denominadas pirofíticas. Entretanto, o fogo pode causar danos rigorosos às fitofisionomias não adaptadas, reduzindo a biomassa das espécies, como ocorre nas Matas de Galeria. (WALTER e RIBEIRO, 2010).

Segundo Schmidt (2016a), a vegetação pirofítica, por outro lado, possui adaptações anatômicas e fisiológicas que as conduzem a uma resiliência em eventos de fogo, como frutos lenhosos ou serotinosos; cascas espessas e reservas subterrâneas; capacidade de rebrota a partir de estruturas subterrâneas ou aéreas; floração, dispersão ou germinação de sementes, colaboradas pela ocorrência do fogo. Assim, o restabelecimento da vegetação nesses ambientes começa logo

após a passagem do fogo. Por isso, a alteração no regime de fogo, seja pela sua exclusão ou pelo aumento da sua frequência, bem como a mudança da época das queimadas, pode ocasionar a transformação da composição de espécies e da estrutura da vegetação (SCHMIDT *et al.*, 2016a).

Além disso, por muito tempo, e como tendência mundial, houve a hegemonia das políticas de fogo zero, que visam a supressão do uso do fogo por meio de legislações restritivas. Vigorava, portanto, a concepção de que o fogo era prejudicial para a manutenção dos recursos naturais e para as populações de modo geral. Tais políticas ignoravam os fatores climáticos, econômicos, culturais e ecológicos, além de não atender ao objetivo principal, que era a redução de incêndios, ao contrário, fez com que houvesse acúmulo de biomassa e, por consequência, ocorrência de incêndios com maior severidade. Outro ponto é que a estratégia de exclusão do fogo gerou muitos gastos em equipamentos e recursos humanos para o combate ao fogo e ações de conscientização da população que não foram eficazes (DIAS e

MIRANDA, 2010; SCHMIDT *et al.*, 2016a; SCHMIDT *et al.*, 2016b; FALLEIRO *et al.*, 2016; BARRADAS *et al.*, 2020).

Nesse sentido, as queimadas geram diferentes consequências para a vegetação do Cerrado, dependendo de fatores ecológicos, sociais, econômicos e culturais. Assim, os estudos no âmbito dos impactos do fogo no Cerrado e as suas consequências nos diferentes tipos de vegetação são substanciais para a formulação de políticas governamentais e métodos capazes de orientar procedimentos aos órgãos ambientais competentes e às populações que utilizam o fogo, a fim de evitar ou controlar incêndios e para a realização eficiente do manejo do fogo nas áreas savânicas e campestres, nas quais o fogo se faz um instrumento de conservação da biodiversidade (RAMOS *et al.*, 2016; LAZARINI *et al.*, 2016; BARRADAS *et al.*, 2020; BORGES *et al.*, 2021).

Dessa maneira, o uso de dados derivados de sensoriamento remoto se mostra essencial, pois são fontes de informações acerca dos fenômenos terrestres, os quais possibilitam estudar as características espectrais dos alvos, como a cobertura dos solos, áreas agrícolas e florestais, realizar análise temporal da paisagem, além da detecção e avaliação de áreas queimadas (SILVA *et al.*, 2020), uma vez que a identificação dessas áreas proporciona informações sobre a extensão dos incêndios florestais, a localização espacial dos eventos de queimadas e a perda de vegetação, o que é importante para compreender e quantificar fenômenos pós-incêndio, como emissões de gases, erosão do solo e recuperação da cobertura vegetal (SMIRAGLIA *et al.*, 2020). Nesta perspectiva, diversos estudos acerca da análise dos efeitos do fogo e identificação de áreas queimadas estão sendo produzidos por meio de índices espectrais de vegetação no Brasil e no mundo (PEREIRA *et al.*, 2016; FERNANDES *et al.*, 2016; LAZAJ, 2016; CHEN *et al.*, 2016; FORNACCA *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2019; PIO e VIEIRA, 2020; KIM *et al.*, 2021).

Portanto, compreendendo a importância das Unidades de Conservação (UC) para a proteção dos ecossistemas, a pesquisa se propõe avaliar a resiliência de diferentes formações do Cerrado no contexto de eventos de fogo por meio da análise multitemporal do índice de vegetação NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index* – no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros – GO.

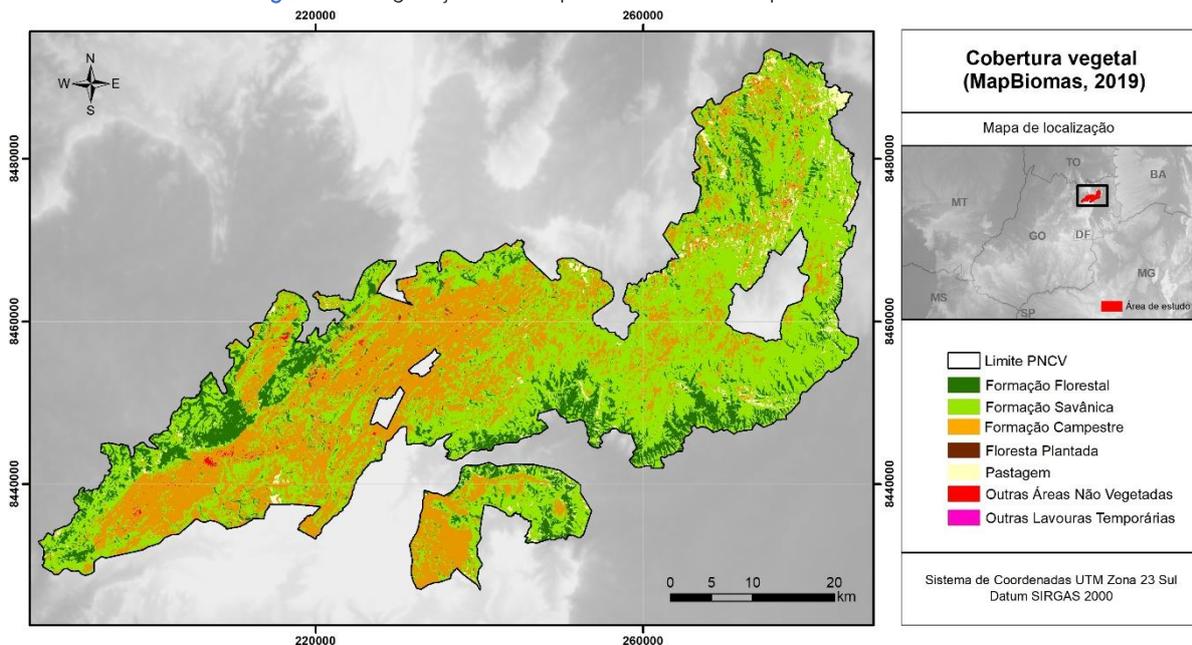
Como objetivos específicos tem-se: analisar as áreas queimadas no interior do parque ao longo do tempo; compreender a ocorrência multitemporal do fogo nas formações campestre, savânica e florestal; e analisar o comportamento do NDVI acumulado ao longo do tempo em cada formação.

Materiais e métodos

Área de estudo

O Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV) possui aproximadamente 240.500 ha (RIBEIRO *et al.*, 2021) e está situado no nordeste do estado de Goiás. Na região do PNCV há a ocorrência de todas as formações: florestais, savânicas e campestres, com fitofisionomias de Mata de Galeria, Mata Mesofítica, Cerradão, Cerrado Denso, Vereda, Cerrado Rupestre, Cerrado Ralo, Campo Rupestre, Campo Sujo e Campo Limpo, sendo predominantes as fitofisionomias de Cerrado *stricto sensu* e os campos, enquanto o Cerradão é encontrado em menor proporção (TSN, 2009). Abaixo, a Figura 1 apresenta o uso e cobertura da terra do ano de 2019 do Projeto MapBiomas (2019) com a distribuição dos tipos de vegetação do PNCV. De acordo com o mapa, nota-se que a vegetação encontra-se bastante setorizada, com predominância das formações florestais nas bordas do parque, as formações savânicas especialmente na porção leste e as formações campestre na porção oeste do parque.

Figura 1 – Vegetação do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

O clima da região é classificado como Aw – tropical chuvoso – de acordo com Köppen, e é caracterizado pela sazonalidade, com invernos secos e verões chuvosos (RIBEIRO e WALTER, 2008). A precipitação varia em torno de 1.500mm a 1.750mm anuais, sendo considerados secos os meses de junho a agosto e chuvosos os meses de novembro a março (TSN, 2009). As características naturais da região do PNCV o faz ser considerado um *hotspot* da biodiversidade (FRANÇA e MARTINS, 2020).

Análise da Paisagem por morfometria

Com o intuito de caracterizar a paisagem na área de estudo, foram levantados os aspectos físicos que podem apresentar correlação com a ocorrência de fogo, especialmente as variáveis morfométricas. Assim, a análise baseada em dados morfométricos do PNCV ocorreu partir de

imagens SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission* – com resolução de 30 metros, obtidas no portal *EarthExplorer* do *United States Geological Survey* (USGS, 2021). Para recobrir toda a área do parque foram adquiridas quatro cenas e realizado o mosaico destas no *software* ArcGIS 10.6. Posteriormente, aplicou-se a ferramenta *Fill* para remover discrepâncias entre os valores mínimos e máximos das cotas altimétricas do terreno e assim, foram gerados os mapas de declividade e aspecto, que correspondem à direção da vertente em relação ao azimute.

A partir dos mapas morfométricos, foi possível gerar uma imagem falsa cor RGB composta pela altitude (*Red*), declividade (*Green*) e aspecto (*Blue*) com o objetivo de compartimentar visualmente a paisagem para melhor compreensão das unidades existentes na área de estudo (HERMUCHE *et al.*, 2002).

Análise multitemporal do fogo por tipo de formação

Para a análise multitemporal do fogo entre os anos de 2011 e 2019, foram obtidos dados vetoriais de cicatrizes de queimadas no Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios Florestais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2021). Esses dados são extraídos de imagens dos satélites Landsat-5/TM e Landsat-8/OLI de resolução espacial de 30 metros. Nesta pesquisa foram utilizadas as órbitas ponto 221_069 e 221_070. Devido a inexistência de dados disponíveis dos anos de 2012 e 2016 para a órbita ponto 221_070, utilizou-se apenas cicatrizes de área queimada dos anos de 2011, 2013, 2014, 2015, 2017, 2018 e 2019. Além disso, foram usadas apenas as cicatrizes de queimadas dos meses que haviam dados disponíveis nas duas órbitas ponto, contabilizando 99 vetores, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Cicatrizes de área queimada

	2011	2013	2014	2015	2017	2018	2019
MAIO							X
JUNHO	X						
JULHO	X						
AGOSTO		X	X	X	X	X	X
SETEMBRO		X	X	X	X	X	X
OUTUBRO			X				X

No *software* ArcGis 10.6 foi elaborada uma imagem somatório das áreas queimadas de acordo com os seguintes passos:

1. União dos *shapefiles* de cicatrizes de queimadas por ano;
2. Conversão dos dados por ano para *raster* com as seguintes classes: 0 para áreas sem ocorrência de queimadas e 1 para as áreas queimadas;
3. Somatório das imagens de todos os anos por meio da ferramenta *Raster Calculator*;
4. Resultado: Arquivo *raster* único com a recorrência espacial das áreas queimadas do PNCV somadas. Os pixels com valor 0 representam áreas que não queimaram em nenhum momento; valor 1 áreas que queimaram em 1 ano; valor 2 áreas que queimaram 2 anos e assim sucessivamente.

Desse modo, com a finalidade de comparar a ocorrência de queimadas nas três formações, foi utilizado, como base para o limite das formações, o dado Uso e Cobertura da Terra, da Coleção 5 do bioma Cerrado, do ano de 2019, adquirido no portal do MapBiomas (PROJETO MAPBIOMAS, 2019). O dado, originalmente em formato *raster*, foi convertido em vetor no ArcGIS 10.6 e separados por tipo de formação.

As imagens do somatório das áreas de queimada foram recortadas no *software* ENVI 4.5 com base nos limites para cada formação.

Avaliação multitemporal do NDVI

Com o intuito de analisar a influência das queimadas na resiliência da vegetação, foram utilizadas as imagens do produto de índice de vegetação MOD13Q1 do satélite TERRA/MODIS da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) referente ao *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), obtidas por meio do portal *Brazil Data Cube* (INPE, 2021).

De acordo com Chen *et al.* (2016), os índices de vegetação permitem uma análise simples, eficaz e segura das condições da vegetação e o NDVI é um índice eficiente para determinar o potencial fotossintético da vegetação (GANDHI *et al.*, 2015), pois está intensamente relacionado à biomassa de superfície (BA *et al.*, 2019). O produto MOD13Q1 possui resolução espacial de 250m e resolução temporal de 16 dias, contendo em seus *pixels* as melhores observações disponíveis durante o intervalo de aquisição da imagem (SARVIA *et al.*, 2021).

As imagens foram empilhadas em sequência cronológica para a construção de um cubo temporal, que representa o comportamento espectral do índice de vegetação ao longo do tempo (REZENDE FILHO, 2017). Dessa forma, foram utilizadas 56 imagens referentes aos anos e meses dos dados de área queimada utilizados na pesquisa para não ocorrer a superestimação dos valores de NDVI nos períodos em que não há dados de queimadas no PNCV. A seguir, a Tabela 2 indica as imagens obtidas.

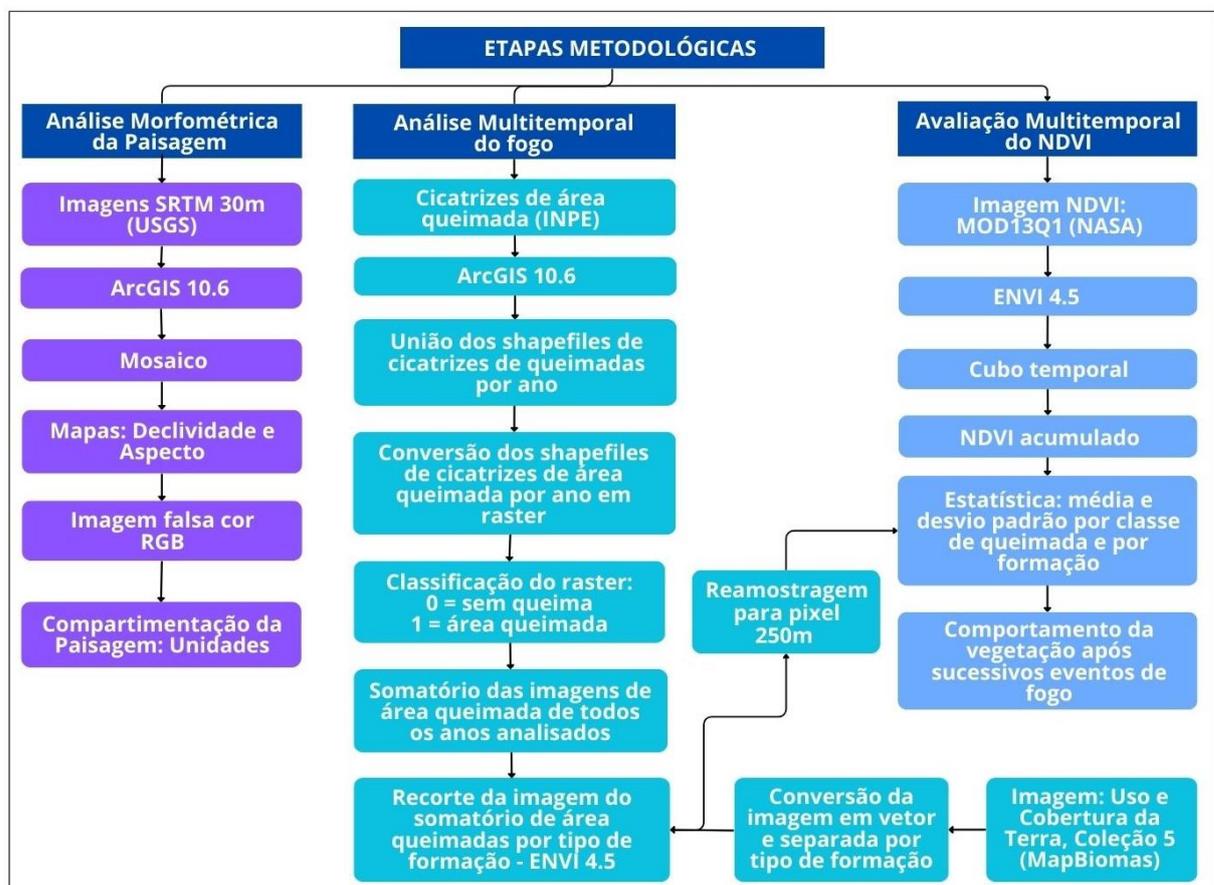
Tabela 2 – Imagens MODIS/MOD13Q1

	2011	2013	2014	2015	2017	2018	2019
MAIO							X
							X
JUNHO	X						
	X						
JULHO	X						
	X						
AGOSTO		X	X	X	X	X	X
		X	X	X	X	X	X
SETEMBRO		X	X	X	X	X	X
		X	X	X	X	X	X
OUTUBRO			X				X

De posse do cubo temporal, foi realizado, no *software* ENVI 4.5, o somatório das bandas, resultando em uma única imagem de NDVI acumulado ao longo do tempo. Para compatibilização entre a imagem de NDVI acumulado e o arquivo *raster* do somatório das queimadas, este foi reamostrado para um pixel de 250 metros, compatível com as imagens MODIS.

Com base nesses dados, foi realizado o cálculo das estatísticas de média e desvio padrão de todos os pixels presentes em cada classe de queimada (sem queimada, queimou 1 vez, queimou 2 vezes, ...), por formação (campestre, savânica e florestal) para compreensão do comportamento da vegetação após eventos sucessivos de fogo ao longo dos anos analisados. A Figura 2 apresenta as etapas metodológicas da pesquisa.

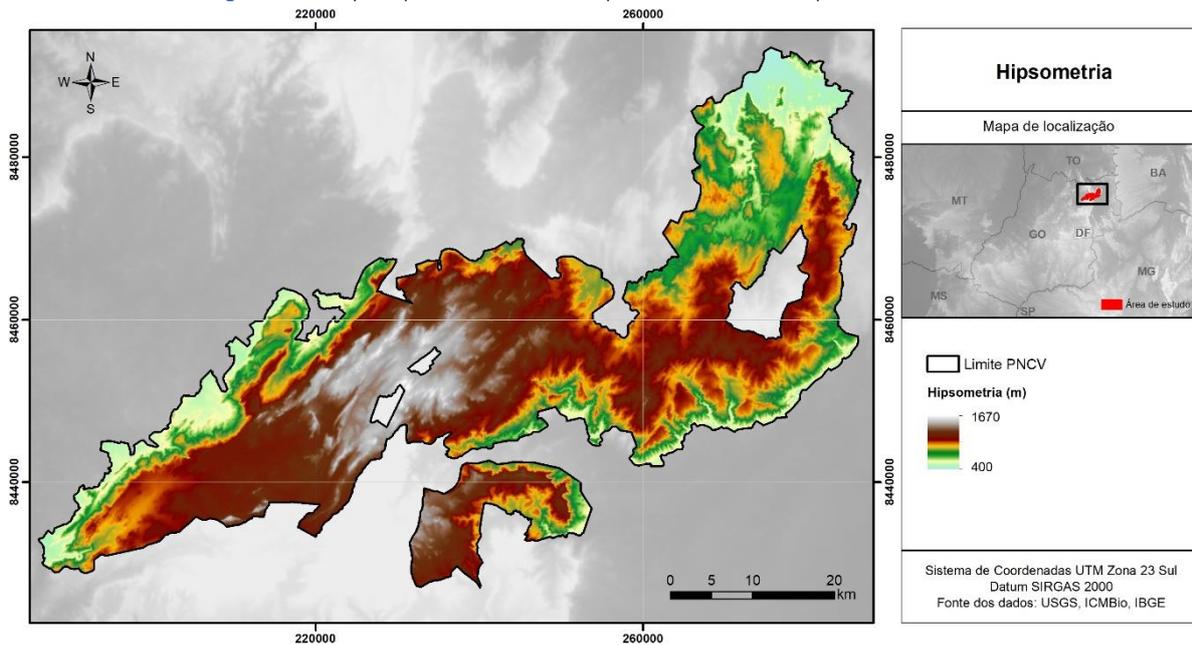
Figura 2 – Etapas metodológicas



Resultados e discussão

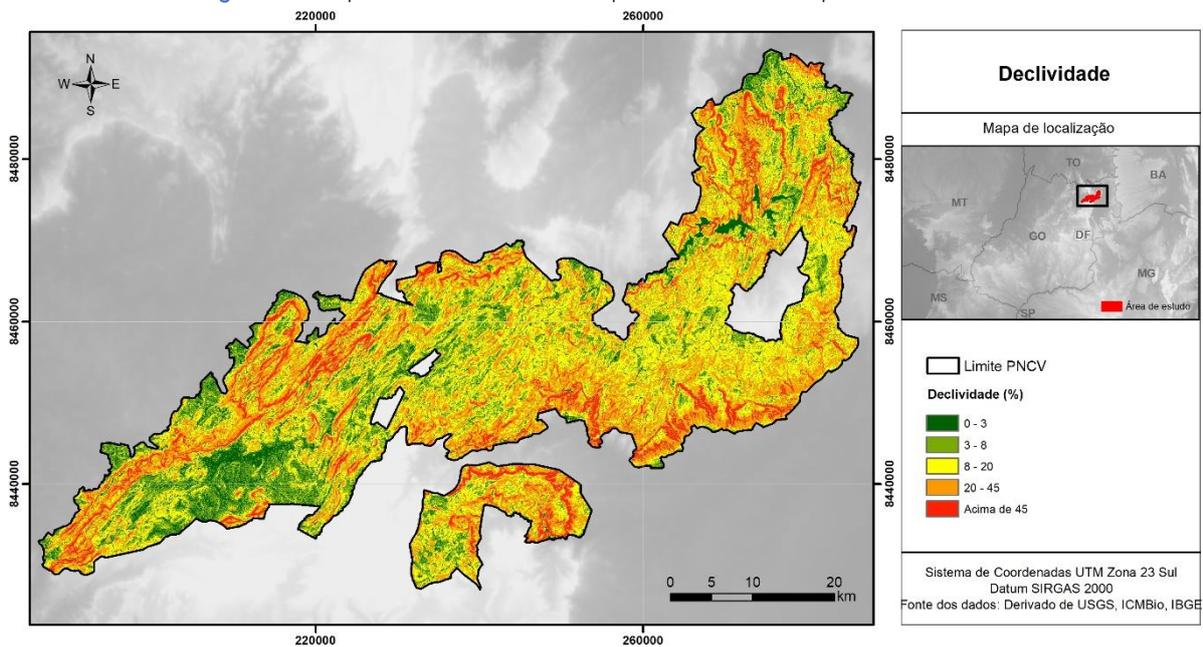
A hipsometria da área de estudo (Figura 3) varia de aproximadamente 400m (especialmente nas bordas do parque, nas direções noroeste, nordeste e sul), até 1670m na região central, com um grande desnível de aproximadamente 1300m. O mapa de declividade (Figura 4) complementa o anterior, indicando altas declividades nas bordas dos relevos mais elevados, inclusive com vales encaixados à sul, estando a área mais plana situada na porção sudoeste e o restante apresenta relevo ondulado. Nesse sentido, segundo Carvalho Júnior *et al.* (2015), a morfologia da região do PNCV foi desenvolvida a partir de um elevado controle tectônico que explica a grande variação topográfica.

Figura 3 – Mapa hipsométrico do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Figura 4 – Mapa de declividade do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

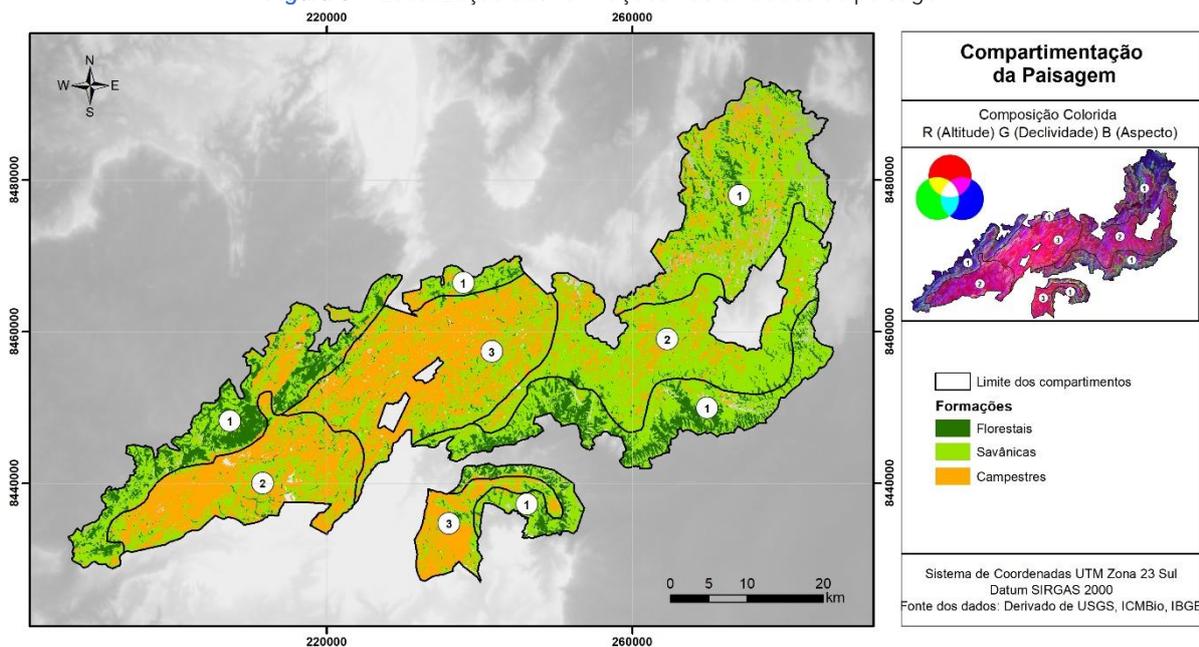
A compartimentação da paisagem a partir da análise visual da composição colorida dos parâmetros morfométricos (altitude, declividade e aspecto) indica visualmente a existência de basicamente 4 unidades homogêneas, indicadas no detalhe da Figura 5 pelas cores roxo (unidade 1), lilás (unidade 2), rosa/magenta (unidade 3) e verde (unidade 4).

A unidade 1, localizada especialmente na porção norte/noroeste e extremo sul da área, representa as áreas planas de baixa altitude; a 2 é representada pelos relevos intermediários, suave

ondulados e ondulados, localizados especialmente na porção leste do parque e no extremo oeste; a 3 é a área mais plana e de maiores altitudes, no centro da área de estudo e; a 4 são as altas declividades, distribuídas por toda a área, mas principalmente próximo às bordas do limite do parque.

A associação dos compartimentos com as formações vegetais encontradas na área indica que elas se apresentam bastante setorizadas nas unidades da paisagem (Figura 5): a formação florestal se concentra basicamente na unidade 1, nas áreas planas mais baixas, e próxima aos vales encaixados à sul. A savânica se concentra na unidade 2 a leste, apresentando uma mistura no extremo oeste com a vegetação campestre, provavelmente em função de outro controle da paisagem, como a geologia/litologia e tipos de solos. E unidade 3 é composta quase inteiramente por formações campestres. Nesse sentido, Bispo (2007) salienta que a altitude do relevo é um dos parâmetros essenciais para discriminar as classes de vegetação, pois está relacionado com os solos e com a disponibilidade hídrica que são essenciais para a classificação da vegetação (FONSECA e SILVA JÚNIOR, 2004). Assim, no PNCV a vegetação, o solo e a geomorfologia estão intrinsecamente associadas, influenciando diretamente na sua disposição ao fogo (CARVALHO JÚNIOR *et al.*, 2015).

Figura 5 – Localização das formações nas unidades da paisagem.

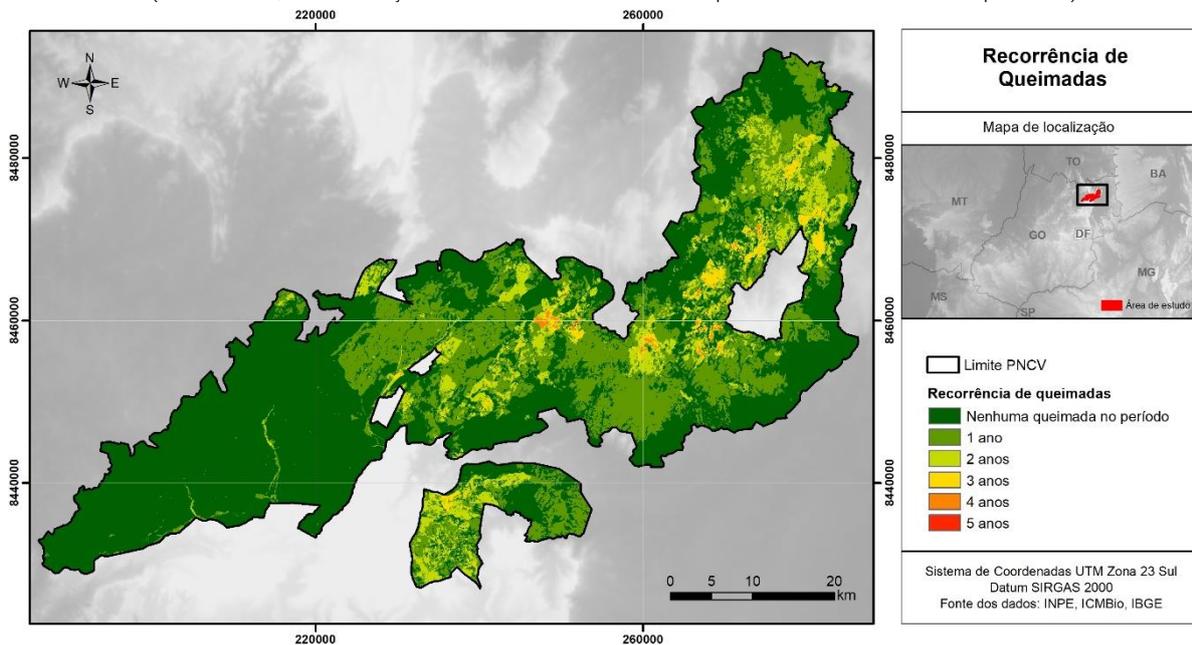


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Por meio do somatório das cicatrizes de área queimada durante os sete anos analisados (2011, 2013, 2014, 2015, 2017, 2018 e 2019) – Figura 6, os resultados mostraram que não houve ocorrência de fogo em todos os anos em nenhum local, sendo 5 anos a recorrência máxima. Além disso, as recorrências de três a cinco anos se referem a pequenas áreas fragmentadas. Outro resultado verificado é que boa parte da porção oeste/sudoeste do parque não sofreu ocorrências significativas de queimadas, localizadas na unidade 3, que provavelmente tem maior quantidade de água circulando no sistema, uma vez que é plana com altitudes intermediárias. Isso ocorreu também com segmentos à sudeste, próximos das bordas do PNCV, que estão associados à uma topografia mais elevada e à formações florestais relacionadas a cursos d'água, como Matas Ciliares e Matas de Galeria, por exemplo.

Nesse sentido, Souza e Vale (2019) apontam que as características da vegetação podem interferir na velocidade de propagação do fogo, pois o tipo de combustível pode potencializá-lo ou retardá-lo, uma vez que as fitofisionomias apresentam diferentes quantidades, composição e consumo do material combustível (SCHMIDT *et al.*, 2018). Ademais, o grau de umidade do solo também influencia a propagação do fogo, pois solos mais úmidos tendem a esquentar menos (COSTA e RODRIGUES, 2015), o que está relacionado com as características das unidades da paisagem. Por outro lado, as queimadas de um único ano foram as predominantes no parque, seguidas das queimadas de dois anos que cobrem grande parte da área central, sul e leste do PNCV.

Figura 6 – Recorrência das Queimadas no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (2011- 2019, com exceção dos anos de 2012 e 2016 que não haviam dados disponíveis).



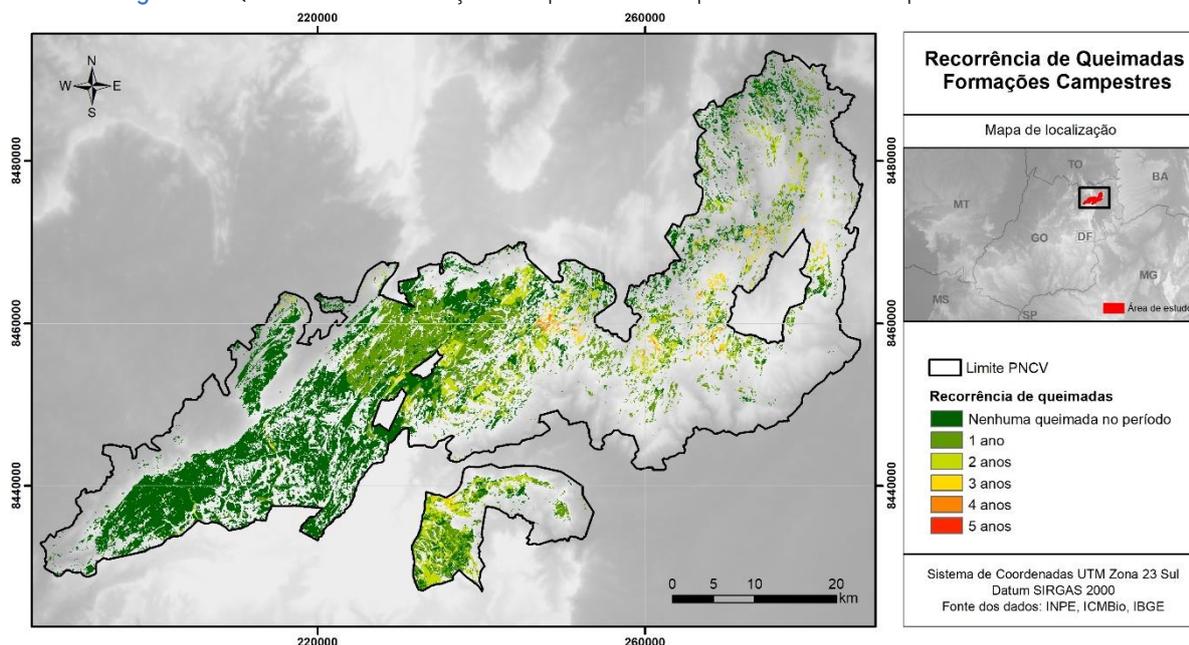
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

As análises das formações vegetais associadas às áreas queimadas demonstram que a maior parte da formação campestre se manteve sem queimadas ao longo do período analisado (Figura 7), especialmente na porção oeste, sobre a unidade 2. Das pequenas áreas que queimaram, a maior recorrência do fogo é de 3 e 4 anos e a recorrência de 1 ano prevaleceu na região central do parque, na unidade 3, em área contínua, que pode ter sido um evento fora do padrão.

Embora na região do PNCV a maioria das pastagens seja de origem natural, utilizadas para a pecuária extensiva, o uso de práticas tradicionais com fogo para preparar o solo e favorecer a rebrota do capim são comuns, provocando riscos de propagação do fogo de forma descontrolada e que pode atingir diversas áreas sensíveis (TSN, 2009). Nesse sentido, Fidelis *et al.* (2018) salientam que as fisionomias abertas do Cerrado estão sendo utilizadas como pastagens nativas e sendo queimadas anual ou semestralmente por pecuaristas durante o período de escassez de ração a fim de promover a rebrota para suprir a demanda alimentar dos animais. Além disso, em atividades pecuaristas intensivas, a vegetação nativa é normalmente removida para a introdução de gramíneas africanas mais produtivas (PIVELLO, 2011), o que pode ocasionar mudanças no comportamento e no regime de fogo impactando a regeneração das espécies nativas, pois locais com a presença de espécies

invasoras podem exibir chamas e temperaturas mais elevadas e com maior tempo de residência do fogo (GORGONE-BRBOSA *et al.*, 2016).

Figura 7 – Queimadas na formação Campestre no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A maior parte da área do PNCV é recoberta por formações savânicas, sendo essa a vegetação mais atingida por eventos de queimadas, com grande parte de sua extensão apresentando pelo menos 1 ano queimado (Figura 8). Já a recorrência de 4 anos de áreas queimadas em formações savânicas acontece em pequenas porções, geralmente associadas à recorrência de 3 anos, que são pouco maiores em extensão, como pode ser observado na Figura 9. No entanto, as áreas que não passaram por episódios de queimadas configuram a maior área do PNCV dentro desta formação, como pode ser observado na Tabela 3.

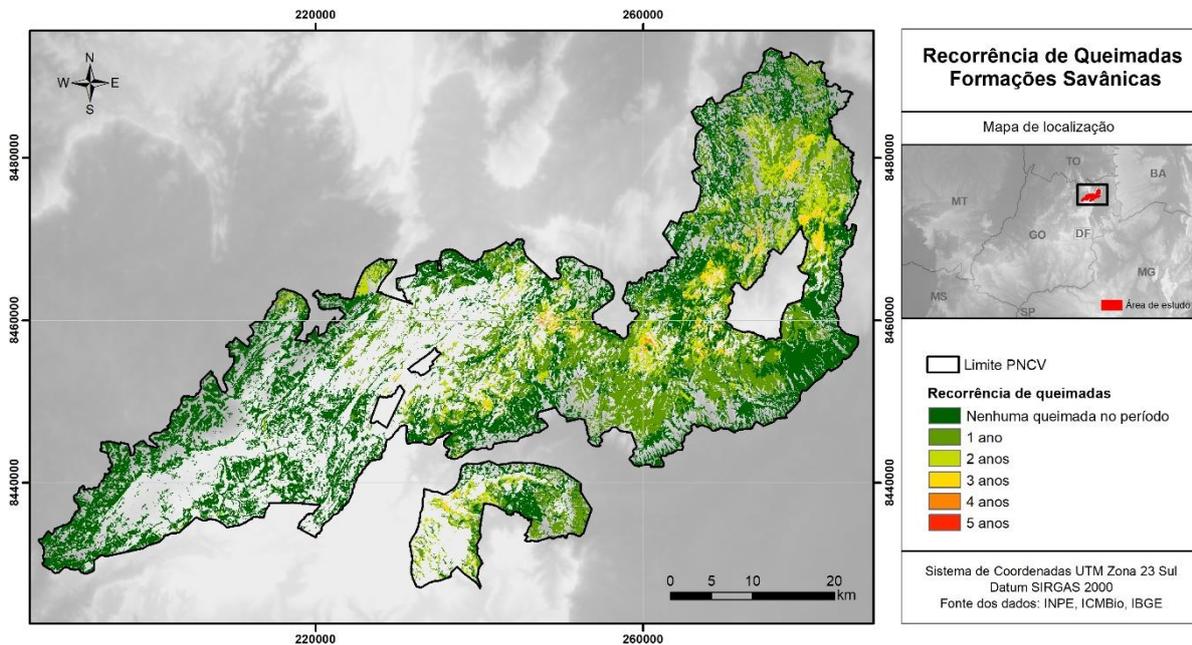
Já as áreas com recorrência de 5 anos são bastante reduzidas, podendo se referir a erros de classificação das imagens com dados de área queimada, uma vez que, de acordo com Correia *et al.* (2007), isso pode acontecer em classificações semiautomáticas em imagens providas de sensoriamento remoto, como é o caso do produto aqui utilizado.

Tabela 3 – Área Queimada por Vegetação

Ocorrências de queimadas	Campestre		Savânica		Florestal	
	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)
0	421,1	56,3	724,7	56,2	241,1	83,0
1	233,1	31,2	421,8	32,7	43,4	14,9
2	76,8	10,3	115,2	8,9	6,0	2,1
3	13,4	1,8	24,3	1,9	0,1	0,04
4	3,2	0,4	2,6	0,2	Não queimou	
5	Não queimou		0,03	0,0	Não queimou	
Total	747,6 km²	100%	1.288,6 km²	100%	290,6 km²	100%

Nesse sentido, a maior recorrência e extensão da área queimada na vegetação savânica pode estar relacionada com a propensão ao fogo devido à existência de árvores e arbustos dispersos sobre um estrato gramíneo (RIBEIRO e WALTER, 2008; SCHMIDT *et al.*, 2018). Por outro lado, embora o fogo seja um fator importante para ambientes savânicos, pois nesses ecossistemas as espécies reagem de forma positiva a um regime de fogo natural (MYERS, 2006; SCHMIDT *et al.*, 2016a), a elevada intensidade e recorrência se tornam uma importante perturbação, gerando danos como a perda da biodiversidade, maior suscetibilidade à processos erosivos (importante fato dada sua localização na unidade 1), aumento na emissão de aerossóis e de gases de efeito estufa, além dos danos ao solo com a compactação e diminuição da umidade, da biota e dos nutrientes edáficos (ROCHA *et al.*, 2021).

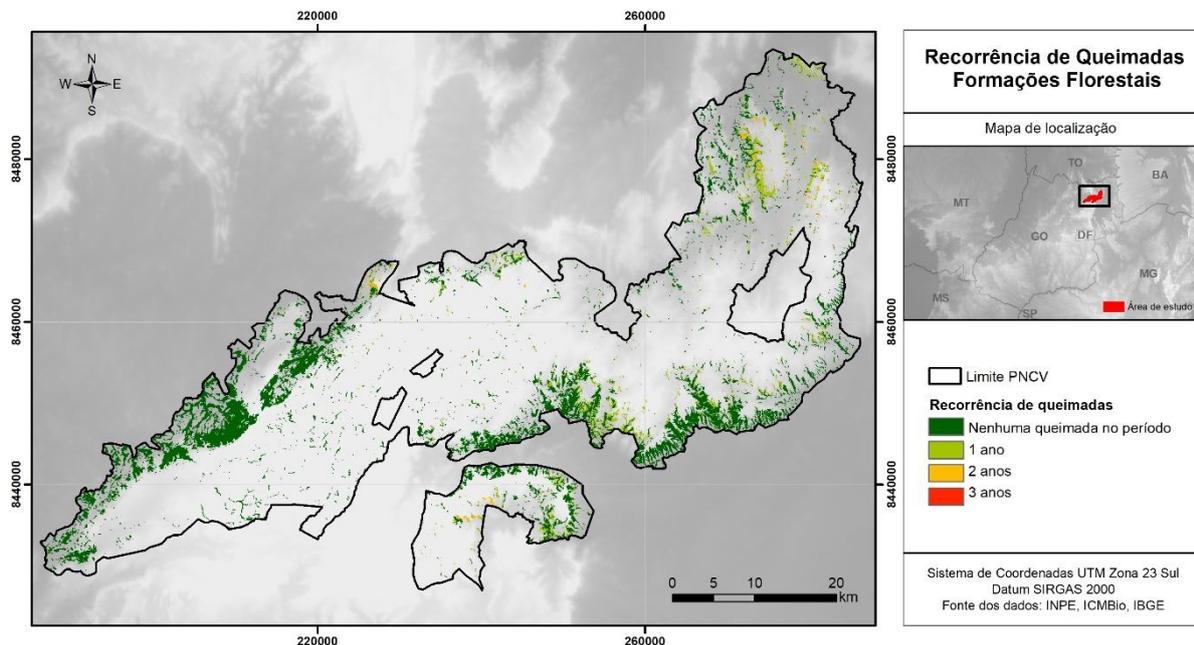
Figura 8 – Queimadas na formação Savânica no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (2011-2019)¹



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na Figura 9 é verificado que, diferentemente das demais formações, as fitofisionomias florestais apresentaram recorrência de fogo máxima de apenas 3 anos, sendo bastante reduzidas em área, evidenciando a baixa vocação à queimadas dessa formação. Além do mais, de modo geral, a formação florestal queimou em áreas específicas à nordeste e nas bordas norte e sul do parque, que podem estar associadas à proximidade com áreas planas no perímetro externo do parque ocupadas por pastagens, por exemplo. Dessa forma, a maior parte da área florestal do PNCV não passou por ocorrências de fogo durante os anos analisados, como observado na Tabela 3.

Figura 9 - Queimadas na Vegetação Florestal no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (2011-2019)¹



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Posto isso, Pivello (2011) explica que, no Brasil, a maioria dos tipos de vegetação está submetida à ocorrência de incêndios, ainda que em diferentes intensidades. Assim, de acordo com a autora, as florestas tropicais, semidecíduas e secas, arbustos, savanas e pastagens são queimadas pelo ser humano com diferentes objetivos, mesmo que a capacidade de combustão delas seja muito distinta. No caso do Cerrado, são predominantes as formas de vegetação típicas de Savana, com paisagens abertas e cobertura de gramíneas que são mais propensas ao fogo, diferentemente das florestas que queimam devido à elevada intensidade dos incêndios e não por sua predisposição ao fogo (RAMOS-NETO e PIVELLO, 2000).

A partir da compreensão do comportamento das formações no contexto da presença de queimadas, os resultados da análise multitemporal do NDVI acumulado evidenciaram que a recuperação da vegetação campestre (Tabela 4) após os eventos de queima foi hábil, mesmo apresentando recorrência de queimadas de até 4 anos. Isso porque ao observar a porcentagem de diminuição do NDVI em relação ao T0 – valor de referência do NDVI (ausência de queimadas), a maior amplitude é de apenas 3,3% em dois anos de queima, a mais baixa se comparada com as fitofisionomias savânicas e florestais. Além disso, por meio do cálculo do desvio padrão dos valores acumulados de NDVI, é possível constatar a alta homogeneidade dos dados nas áreas campestres, cuja dispersão foi de apenas 0,3.

Tabela 4 – NDVI Acumulado da Vegetação Campestre

Tempo	Ocorrências de queimadas	Campestre		
		NDVI acumulado	% NDVI em relação ao T0	% de diminuição em relação ao T0
T0	0	26,3	100	0
T1	1	26,0	98,9	1,0
T2	2	25,4	96,6	3,3
T3	3	25,8	98,1	1,8
T4	4	25,7	97,5	2,4
T5	5	Não queimou		
		Desvio Padrão = 0,3	Maior amplitude (%) = 3,3	Média de diminuição (%) = 2,1

Em relação à formação savânica (Tabela 5), é possível observar que houve maior variação dos valores de NDVI comparados com os da vegetação campestre, chegando a marcar 11,2% de diferença ao valor do NDVI sem ocorrência de queimadas, com desvio padrão de 1,1. Uma explicação para isso é que a maior parte do PNCV é composto por formação savânica (Tabela 3), portanto, está mais sujeita a ocorrência de queimadas. Além do que, nas fisionomias de estrato herbáceo bem desenvolvido, como nas áreas de vegetação campestre e savânica, há elevada produção de biomassa na estação chuvosa que é convertida em combustível vegetal no período da estiagem, contribuindo para a ocorrência de queimadas (MIRANDA *et al.*, 2009). Contudo, formações campestres e savânicas tendem a se recuperar rápido após eventos de queima devido ao alto grau de suporte ao fogo e à seca em razão das suas características, com cascas grossas e extensos órgãos subterrâneos, como rizomas e xilopódios (COUTINHO, 2002; MIRANDA *et al.*, 2009), além da elevada capacidade de rebrota (SOUCHIE *et al.*, 2017; DURIGAN *et al.*, 2020).

Tabela 5 – NDVI Acumulado da Vegetação Savânica

Tempo	Ocorrências de queimadas	Savânica		
		NDVI acumulado	% NDVI em relação ao T0	% de diminuição em relação ao T0
T0	0	29,2	100	0
T1	1	27,9	95,7	4,2
T2	2	26,8	91,9	8,0
T3	3	26,8	91,8	8,1
T4	4	25,9	88,7	11,2
T5	5	27,6	94,7	5,2
		Desvio Padrão = 1,1	Maior amplitude (%) = 11,2	Média de diminuição (%) = 7,3

No que diz respeito às fitofisionomias florestais (Tabela 6), houve ainda maior diferença entre os valores de NDVI ao longo dos eventos de fogo em relação ao NDVI de referência, apresentando quase 17% de disparidade em 3 episódios de queimadas e com desvio padrão de 2,6, correspondendo, portanto, ao tipo de vegetação que manifestou a maior amplitude na diferença dos valores de NDVI e do desvio padrão, mesmo sendo a fitofisionomia que menos teve recorrência de queimadas, ressaltando, assim, a distinta capacidade de recuperação/ resiliência dos tipos fitofisionômicos do Cerrado.

Pertinente a isso, Schmidt *et al.* (2018) explicam que a capacidade regenerativa das espécies florestais é diferente, uma vez que estas são sensíveis aos efeitos do fogo, pois se submetidas à mesma frequência de queima das espécies adaptadas, a vegetação florestal pode sofrer transformações estruturais com a diminuição da densidade e da biomassa arbórea (DURIGAN *et al.*, 2020). Portanto, é proporcional o aumento dos valores do desvio padrão do NDVI com o aumento do estrato da vegetação, como nas fitofisionomias florestais que não são adaptadas ao fogo. Por outro lado, nas fitofisionomias campestre e savânicas o suporte à eventos de queimadas é maior, conseguindo recuperar a biomassa, demonstrando isso por meio da proximidade dos valores de NDVI mesmo durante episódios de queimadas recorrentes.

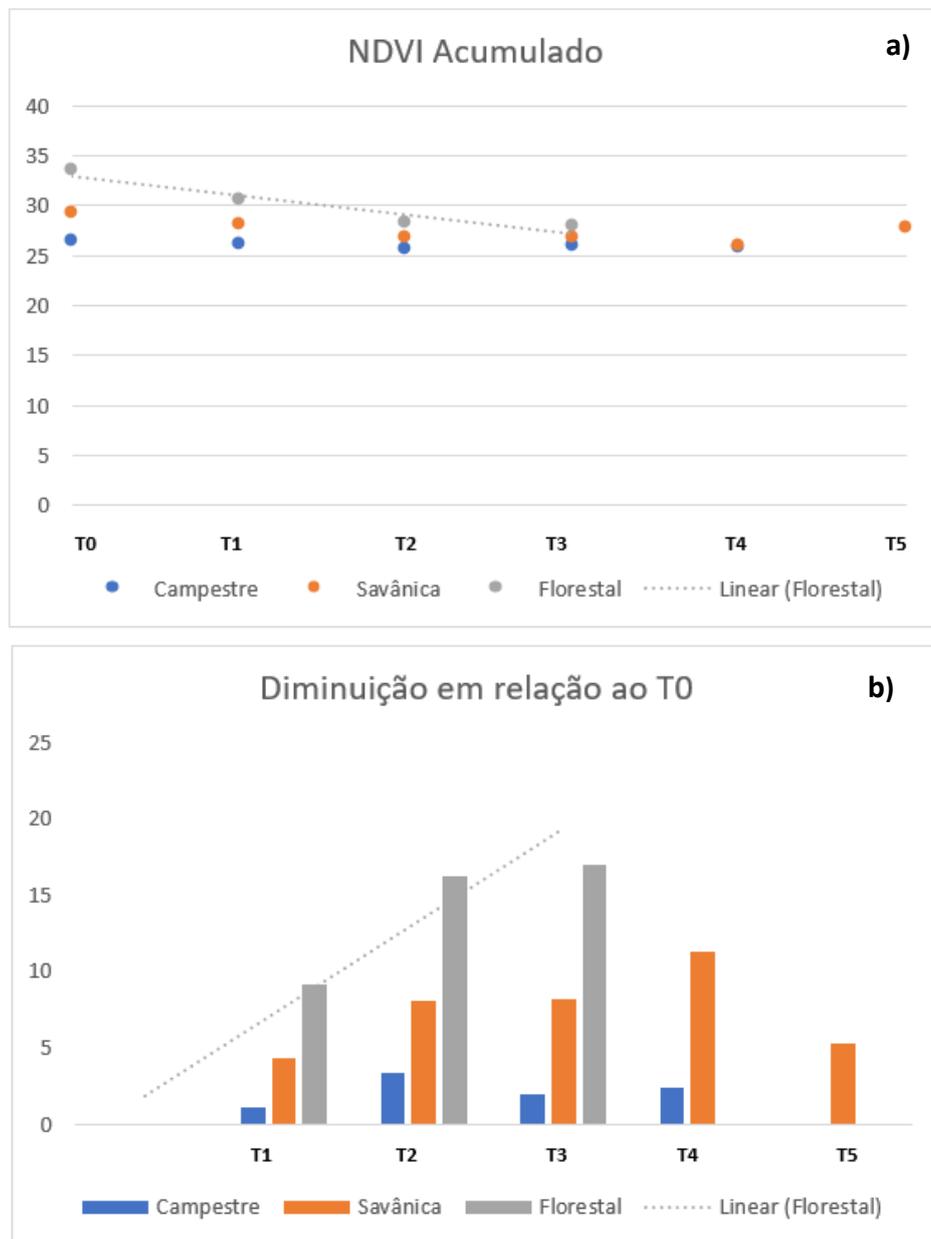
Tabela 6 – NDVI Acumulado da Vegetação Florestal

Tempo	Ocorrências de queimadas	Florestal		
		NDVI acumulado	% NDVI em relação ao T0	% de diminuição em relação ao T0
T0	0	33,6	100	0
T1	1	30,5	90,8	9,1
T2	2	28,1	83,7	16,2
T3	3	27,9	83,0	16,9
T4	4	Não queimou		
T5	5	Não queimou		
		Desvio Padrão = 2,6	Maior amplitude (%) 16,9	Média de diminuição (%) = 14,1

Os gráficos a seguir demonstram a tendência do NDVI aumentar ou diminuir mediante eventos de fogo pertinentes ao longo do período analisado (Gráficos 1 e 2). Por fim, os resultados mostram que as formações campestres apresentam a mais alta resiliência em relação a eventos de fogo; a formação savânica é a que mais apresentou ocorrências de queimadas e possui resiliência intermediária no contexto do trabalho e; a formação florestal, apesar de ter menor ocorrência de fogo, é a que apresenta a menor resiliência. Por outro lado,

é importante ressaltar as limitações da análise multitemporal do NDVI por meio das imagens MODIS, cuja resolução espacial de 250m interfere na precisão do imageamento da superfície, além disso, o uso de composições temporais pode acarretar na supressão de informações importantes devido a influência dos ruídos e dos componentes atmosféricos nas imagens (SANTANA, 2016).

Gráfico 1 – NDVI acumulado da Vegetação (a) e diminuição dos valores de NDVI em relação ao T0 da Vegetação (b)



Fonte: Elaborados pelos autores (2021)

Considerações Finais

Em virtude da pesquisa realizada, conclui-se que o método de análise do NDVI acumulado demonstra ser eficiente para avaliar e comprovar a capacidade de suporte das fitofisionomias do Cerrado após a incidência de fogo, pois minimiza valores discrepantes que podem subestimar ou superestimar os resultados de NDVI, principalmente em ambientes que as condições climáticas variam expressivamente, como no caso do Cerrado, que possui elevada sazonalidade.

Nesse sentido, a análise sistêmica da paisagem da região por meio dos aspectos morfométricos, alinhados a ocorrência da vegetação e do fogo, é importante para o reconhecimento dos processos físicos que determinam as características da vegetação e que influenciam na capacidade de resiliência ao fogo ou na sua predisposição a queimadas. Além disso, demonstrou a forte relação entre relevo e a vegetação apresentados pela compartimentação da paisagem.

Portanto, embora a pesquisa manifeste algumas limitações, pois não apresenta qual é a frequência em que as queimadas ocorrem, se são queimadas consecutivas ou não, além da ausência dos dados dos anos de 2012 e 2016, o método indicou que a ocorrência de fogo recorrente em fitofisionomias florestais pode afetar a resiliência dessa vegetação, mesmo que possua reincidência menor do que nas fitofisionomias campestre e savânicas, o que pode alterar a estrutura da vegetação e interferir na disponibilidade dos recursos naturais desses ecossistemas. Assim, é importante o contínuo monitoramento da área para avaliar o seu potencial de regeneração aos efeitos do fogo e para coibir os eventos de queimadas descontroladas, principalmente nos períodos de estiagem, que aumentam a probabilidade de letalidade de espécies da flora e da fauna.

Referências

- BA, R.; SONG, W.; LI, X.; XIE, Z.; LO, S. (2019) Integration of Multiple Spectral Indices and a Neural Network for Burned Area Mapping Based on MODIS Data. *Remote Sensing*, 11(3), 326, p. 1-26. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/rs11030326>>. Acessado em: 29 mar. 2021.
- BARRADAS, A. C. S.; BORGES, M. A.; COSTA, M. M.; RIBEIRO, K. T. (2020) Paradigmas da Gestão do Fogo em Áreas Protegidas no Mundo e o Caso da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins. *Revista Biodiversidade Brasileira*, v.10, n.2, p. 71-86. Disponível em: <<https://doi.org/10.37002/biobrasil.v10i2.1474>>. Acessado em: 29 mar. 2021.
- BISPO, P. C. (2007) Dados geomorfométricos como subsídio ao mapeamento da vegetação. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: São José dos Campos, 120 p. Disponível em: <<http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2007/05.18.13.11/doc/publicacao.pdf>>. Acessado em: 23 out. 2021.
- BORGES, K. M. R.; OROZCO FILHO, J. C.; COAN, G. P. O.; VASCONCELOS. (2021) Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento como Subsídio ao Manejo do Fogo e ao Combate aos Incêndios Florestais em Unidades de Conservação Federais. *Revista Biodiversidade Brasileira*, v. 11, n. 2, p. 168-178. Disponível em: <<https://doi.org/10.37002/biobrasil.v11i2.1685>>. Acessado em: 23 out. 2021.
- CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F.; MARTINS, E. S.; GOMES, R. A. T. (2015) Chapada dos Veadeiros: The Highest Landscapes in the Brazilian Central Plateau. In: VIEIRA, B.; SALGADO, A.; SANTOS, L. (Ed.). *Landscapes and Landforms of Brazil. World Geomorphological Landscapes. Springer, Dordrecht*. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-94-017-8023-0_20>. Acessado em: 25 nov. 2021.
- CHEN, W.; MORIYA, K.; SAKAI, T.; KOYAMA, L.; CAO, C. X. (2016) Mapping a burned forest area from Landsat TM data by multiple methods. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, v. 7, n. 1, p. 384-402. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/19475705.2014.925982>>. Acessado em: 27 mar. 2021.
- CORREIA, V. R. M.; MONTEIRO, A. M. V.; CARVALHO, M. S.; WERNECK, G. L. (2007) Uma aplicação do sensoriamento remoto para a investigação de endemias urbanas. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 23, n. 5 p. 1015-1028. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-311X2007000500004>>. Acessado em: 19 out. 2021.
- COSTA, Y. T.; RODRIGUES, S. C. (2015) Efeito do fogo sobre vegetação e solo a partir de estudo experimental em ambiente de Cerrado. *Revista do Departamento de Geografia*, Universidade de São Paulo: São Paulo, [S. l.], v. 30, p. 149-165. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/101686>>. Acessado em: 19 out. 2021.
- COUTINHO, L. M. (2002) O bioma do cerrado. In: KLEIN, A. L. (Org.). *Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois*. São Paulo: Editora UNESP, Imprensa Oficial do Estado, p.77-92.
- DIAS, B. F. S.; MIRANDA, H. S. (2010) O Projeto Fogo. In: MIRANDA, H. S. (Org.). *Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado: Projeto Fogo*. Brasília: Ibama, p.15-22. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/efeitosdoregimedofogodigital.pdf>>. Acessado em: 13 set. 2020.
- DURIGAN, G.; PILON, N. A. L.; ABREU, R. C. R.; HOFFMANN, W. A.; MARTINS, M.; FIORILLO, B. F.; ANTUNES, A. Z.; CARMIGNOTTO, A. P.; MARAVALHAS, J. B.; VIEIRA, J.; VASCONCELOS, H. L. (2020) No net loss of species diversity after prescribed fires in the Brazilian Savanna. *Frontiers in Forests and Global Change*, v.3, p. 1-13. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.00013>>. Acessado em: 19 out. 2021.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. (1979) Súmula da X Reunião Técnica da Levantamento de Solos Ministério da Agricultura. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, série miscelânea, 83 p. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/327212>>. Acessado em: 24 nov. 2021.
- FALLEIRO, R. M.; SANTANA, M. T.; BERNI, C. R. (2016) As contribuições do Manejo Integrado do Fogo para Controle dos Incêndios Florestais nas Terras Indígenas do Brasil. *Revista Biodiversidade Brasileira*, v.6, n. 2, p. 88-105. Disponível em: <<https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.655>>. Acessado em: 13 set. 2020.

- FERNANDES, A. C. G.; COUTINHO, M. A. N.; SANTOS, V. G.; NASCIMENTO, C. R. (2016) Utilização de intervalos de índices de vegetação e temperatura da superfície para detecção de queimadas. *Caderno de Ciências Agrárias*, UFMG: Campus Montes Claros [S.l.] v. 8, n. 2, p. 30-40. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/ccaufmg/article/view/2845>>. Acessado em: 29 mar. 2021.
- FIDELIS, A.; ALVARADO, S. T.; BARRADAS, A. C. S.; PIVELLO, V. R. (2018) The Year 2017: Megafires and Management in the Cerrado. *Fire*, 1(3), 49, p. 1-11. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/fire1030049>>. Acessado em: 29 mar. 2021.
- FONSECA, M. S.; SILVA JÚNIOR, M. C. (2004) Fitossociologia e similaridade florística entre trechos de Cerrado sentido restrito em interflúvio e em vale no Jardim Botânico de Brasília, DF. *Acta Botanica Brasílica*, v. 18, n. 1, p. 19-19. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-33062004000100003>>. Acessado em: 24 out. 2021.
- FORNACCA, D.; REN, G.; XIAO, W. (2018) Evaluating the Best Spectral Indices for the Detection of Burn Scars at Several Post-Fire Dates in a Mountainous Region of Northwest Yunnan, China. *Remote Sensing*, v. 10, ed. 8: 1196, p. 1-21. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/rs10081196>>. Acessado em: 29 mar. 2021.
- FRANÇA, S. F., MARTINS, E. S. (2020) A dupla face dos polígonos que configuram, ambiental e historicamente, a microrregião da Chapada dos Veadeiros. *Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia*, [S. l.], v. 55, n. 113, p. 175–194. Disponível em: <<https://revistas.rcaap.pt/finisterra/article/view/16975>>. Acessado em: 13 out. 2021.
- GANDHI, G.M.; PARTHIBAN, S.; THUMMALUD, N.; CHRISTY, A. (2015) NDVI: Vegetation change detection using remote sensing and GIS: A case study of Vellore district. *Procedia Computer Science*, v. 57, p. 1199-1210. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.415>>. Acessado em: 28 mar. 2021.
- GORGONE-BARBOSA, E.; PIVELLO, V. R.; RISSI, M. N.; ZUPO, T.; FIDELIS, A. (2016) A Importância da Consideração de Espécies Invasoras no Manejo Integrado do Fogo. *Revista Biodiversidade Brasileira* v. 6, n. 2, p. 27-40. Disponível em: <<https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.522>>. Acessado em: 13 set. 2020.
- HERMUCHE, P. M.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO, A. P. F.; MARTINS, E. S.; DRUCK, S.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; SANTOS, N. B. F.; REATTO, A. (2002) Morfometria como suporte para elaboração de mapas pedológicos: I. Bacias hidrográficas assimétricas. *Embrapa Cerrados: Documentos*. Planaltina, Distrito Federal, n. 68, p. 1-25. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/567988/1/doc68.pdf>>. Acessado em: 25 nov. 2021.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Geociências: Downloads. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads/geociencias.html>>. Acessado em: 24 nov. 2021.
- ICMBIO. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Mapa Temático e Dados Geoestatísticos das Unidades de Conservação Federais. *Ministério do Meio Ambiente*. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/dados_geoespaciais/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais>. Acessado em: 13 abr. 2021.
- INPE. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Data Cube Explorer. v. 2.0.1, 2019-2021. Disponível em: <<https://brazildatacube.dpi.inpe.br/portal/explore>>. Acessado em: 20 ago. 2021.
- INPE. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios Florestais. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas>>. Acessado em: 07 out. 2021.
- KIM, Y.; JEONG, M.-H.; YOUM, M.; KIM, J.; KIM, J. (2021) Recovery of Forest Vegetation in a Burnt Area in the Republic of Korea: A Perspective Based on Sentinel-2 Data. *Applied Sciences*, v. 11(6) n. 2570, p. 1-16. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/app11062570>>. Acessado em: 29 mar. 2021.
- LAZAJ, L. (2016) Burnt areas detection and mapping using vegetation indices. *Remote Sensing*, p. 1-7. Disponível em: <<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11125.78560>>. Acessado em: 21 mar. 2021.
- LAZZARINI, G. M. J.; OLIVEIRA, L. N.; GIONGO, M.; LIMA, W.G.; FEITOSA, T. C S. (2016) Avaliação da Eficácia da Implementação de Brigadas Indígenas como Política de Combate a Incêndios Florestais.

- Revista Biodiversidade Brasileira*, v. 6, n. 2, p.106-120. Disponível em: <<https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.527>>. Acessado em: 13 set. 2020.
- LOTUFO, J. B. S.; MACHADO, N. G.; TAQUES, L. M.; MÜTZENBERG, D. M. S.; NETO, N. L.; BIUDES, M. S. (2020) Índices Espectrais e Temperatura de Superfície em Áreas Queimadas no Parque Estadual do Araguaia em Mato Grosso. *Revista Brasileira de Geografia Física - UFPE*, v. 13, n. 2, p. 648-663. Disponível em: <<https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.2.p648-663>>. Acessado em: 21 mar. 2021.
- MIRANDA, H. S.; NETO, W. N.; NEVES, B. M. C. (2010) Caracterização das queimadas de Cerrado. In: MIRANDA, H. S (Org.). Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado: Projeto Fogo. Brasília: Ibama, p.23-33. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/efeitosdoregimedofogodigital.pdf>>. Acessado em: 13 set. 2020.
- MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; NETO, W. N.; AIRES, F. S. (2009) Fires in the Cerrado, the Brazilian savanna. In: COCHRANE, M. A. (Ed.). *Tropical Fire Ecology: Climate Change, Land Use and Ecosystem Dynamics*. Springer Berlin Heidelberg, p.427-450.
- MYERS, R. L. (2006) Convivendo com o Fogo: Manutenção dos Ecossistemas e Subsistência com o Manejo Integrado do Fogo. *The Nature Conservancy: Tallahassee*. Tradução Margaret Batalha. Disponível em: <<http://www.conservationgateway.org/Files/Pages/convivendo-com-o-fogo%E2%80%94man.aspx>>. Acessado em: 13 set. 2020.
- OLIVEIRA, V. F. R.; SILVA, E. R. S.; SILVA, B. H. M.; VICK, E. P.; LIMA, C. G. R.; BACANI, V. M. (2020) Geoprocessamento aplicado ao mapeamento de risco a incêndios. *Revista Brasileira de Geografia Física - UFPE*, [S.l.], v. 13, n. 3, p. 1194-1212. Disponível em: <<https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.3.p1194-1212>>. Acessado em: 29 mar. 2021.
- PEREIRA, A. A.; TEIXEIRA, F. R.; LIBONATI, R.; MELCHIORI, E. A.; CARVALHO, L. M. T. (2016) Avaliação de Índices Espectrais Para Identificação de Áreas Queimadas no Cerrado Utilizando Dados Landsat TM. *Revista Brasileira de Cartografia: Rio de Janeiro*, v. 68, n. 8, p.1665-1680. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44386>>. Acessado em: 21 mar. 2021.
- PIO, F. P. B.; VIEIRA, E. M. (2020) Determinação das Áreas Atingidas por Queimadas em Bacias Hidrográficas por meio do Índice De Queimada (NBR), Estudo de Caso da Bacia do Rio Piracicaba-MG. *Revista Brasileira de Geografia Física - UFPE*, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 87-101. Disponível em: <<https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.1.p087-101>>. Acessado em: 29 mar. 2021.
- PIVELLO, V. R. (2011) The Use of Fire in the Cerrado and Amazonian Rainforests of Brazil: Past and Present. *Fire Ecology*, 7, p. 24-39. Disponível em: <<https://doi.org/10.4996/fireecology.0701024>>. Acessado em: 19 out. 2021.
- PROJETO MAPBIOMAS. Uso e Cobertura da Terra: Coleção 5 – Cerrado 2019. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/>>. Acessado em: 29 abr. 2021.
- RAMOS, R. M.; FONSECA, R. L.; MORELLO, T. F. (2016) 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. Disponível em: <<https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.558>>. Acessado em: 23 set. 2021.
- RAMOS-NETO, M. B.; PIVELLO, V. R. (2000) Lightning fires in a Brazilian savanna national park: rethinking management strategies. *Environmental Management*, 26: 6, p. 675-684. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s002670010124>>. Acessado em: 19 out. 2021.
- REZENDE FILHO, J. R. G. (2017) Análise multitemporal de vegetação em ecossistemas de áreas úmidas utilizando séries temporais derivadas do sensor MODIS na Ilha do Bananal – Tocantins. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade de Brasília, Brasília, 79 p. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/24034>>. Acessado em: 16 out. 2021.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. (2008) Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). *Cerrado: ambiente e flora*. Brasília: Embrapa Cerrados, p. 87-166.
- RIBEIRO, L. S.; FRANCO, J. L. A.; CUNHA, A. A. (2021) O título de Patrimônio Natural da Humanidade e a conservação da biodiversidade: o caso do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros.

- Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 56, p. 292-311. Disponível em: <<https://doi.org/10.5380/dma.v56i0.67691>>. Acessado em: 13 out. 2021.
- ROCHA, M. I. S.; NASCIMENTO, D. T. F. (2021) Distribuição espaço-temporal das queimadas no bioma Cerrado (1999/2018) e sua ocorrência conforme os diferentes tipos de cobertura e uso do solo. *Revista Brasileira de Geografia Física - UFPE*, [S.l.], v. 14, n. 3, p. 1220- 1235,. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/244925>>. Acessado em: 19 out. 2021.
- SAMPAIO, A. B.; BERLINCK, C. N.; MIRANDA, H.; SCHMIDT, I. B.; RIBEIRO, K. T. (2016) Editorial: Manejo de fogo em áreas protegidas. *Revista Biodiversidade Brasileira*, v.6, n.2, p. 1-3. Disponível em: <<https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.653>>. Acessado em: 13 set. 2020.
- SANTANA, N. C. (2016) Monitoramento de Queimadas no Sudoeste do Pará, a partir de séries temporais do sensor MODIS. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade de Brasília, Brasília, 63 p. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/20086>>. Acessado em: 25 nov. 2021.
- SARVIA, F.; DE PETRIS, S.; BORGOGNO-MONDINO, E. (2021) Exploring Climate Change Effects on Vegetation Phenology by MOD13Q1 Data: The Piemonte Region Case Study in the Period 2001–2019. *Agronomy*, 11(3), 555, p. 1-16. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/agronomy11030555>>. Acessado em: 16 out. 2021.
- SCHMIDT, I. B.; FONSECA, C. B.; FERREIRA, M. C.; SATO M. N. (2016a) Experiências Internacionais de Manejo Integrado do Fogo em Áreas Protegidas – Recomendações para Implementação de Manejo Integrado de Fogo no Cerrado. *Revista Biodiversidade Brasileira*, v. 6, n.2, p.41-54. Disponível em: <<https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.586>>. Acessado em: 13 set. 2020.
- SCHMIDT, I. B.; FONSECA, C. B.; FERREIRA, M. C.; SATO M. N. (2016b) Implementação do Programa Piloto de Manejo Integrado do Fogo em três Unidades de Conservação do Cerrado. *Revista Biodiversidade Brasileira*, v. 6, n. 2, p. 55-70. Disponível em: <<https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.656>>. Acessado em: 13 set. 2020.
- SCHMIDT, I. B.; MOURA, L. C.; FERREIRA, M. C.; ELOY, L.; SAMPAIO, A. B.; DIAS, P. A.; BERLINK, C. N. (2018) Fire management in the Brazilian savanna: First steps and the way forward. *Journal of Applied Ecology*, 55: p. 2094–2101. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/1365-2664.13118>>. Acessado em: 21 mar. 2021.
- SILVA, F. C. S.; PINHEIRO, F. R.; SOUZA, I. V.; DUARTE, V. B. R.; SILVA, M. V. C. DA; PORTELLA, A. C. F.; GIONGO, M. (2020) Técnicas de sensoriamento remoto para delimitação de áreas queimadas no Tocantins através do processamento digital de imagens Landsat 8-TM. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v. 8, n. 1, p. 6-11. Disponível em: <<https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v8n1.silva>>. Acessado em: 29 mar. 2021.
- SILVA, F. S.; PESTANA, A. L. M.; MARTINS, L. S. (2019) Sensoriamento Remoto Para Detecção de Queimadas no Cerrado Maranhense: Uma Aplicação no Parque Estadual do Mirador. *Revista Geográfica Acadêmica – UFRR*, v. 13, n. 2, p. 90-195. Disponível em: <<https://revista.ufrb.br/rga/article/view/5759>>. Acessado em: 29 mar. 2021.
- SMIRAGLIA, D.; FILIPPONI, F.; MANDRONE, S.; TORNATO, A.; TARAMELLI, A. (2020) Agreement Index for Burned Area Mapping: Integration of Multiple Spectral Indices Using Sentinel-2 Satellite Images. *Remote Sensing*, v. 12 (11), 1862, p. 1-17. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/rs12111862>>. Acessado em: 29 mar. 2021.
- SOUCHIE, F. F.; RODRIGUES PINTO, J. R.; LENZA, E.; GOMES, L.; MARACAHIPES SANTOS, L.; SILVÉRIO, D. V. (2017) Post-fire resprouting strategies of woody vegetation in the Brazilian savanna. *Acta Botanica Brasilica*, v. 31, n. 2, p. 260-266. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-33062016abb0376>. Acessado em: 19 out. 2021.
- SOUZA, M. A.; VALE, A. T. (2019) Levantamento de plantas de baixa inflamabilidade em áreas queimadas de Cerrado no Distrito Federal e análise das suas propriedades físicas. *Ciência Florestal: Santa Maria*, v. 29, n. 1, p. 181-192. Disponível em: <<https://doi.org/10.5902/1980509822416>>. Acessado em: 29 mar. 2021.
- TSN. TRANSMISSORA SUDESTE NORDESTE S/A. (2009) Plano de Manejo Parque Nacional Chapada dos Veadeiros. Encarte I. Disponível em: < [21](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado/lista-de-</p></div><div data-bbox=)

ucs/parna-da-chapada-dos-veadeiros/arquivos/pm_chapada_dos_veadeiros_1.pdf>. Acessado em: 13 out. 2021.

USGS. UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. EarthExplorer. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acessado em: 26 set. 2021.

WALTER, B. M. T.; RIBEIRO, J. F. (2010) Diversidade fitofisionômica e o papel do fogo no bioma Cerrado. In: MIRANDA, H. S. (Org.). *Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado: Projeto Fogo*. Brasília: *Ibama*, p.59-76. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/efeitosdoregimedofogodigital.pdf>>. Acessado em: 13 set. 2020.