

Mapeamento da Dinâmica das Cicatrizes de Queimadas nos Municípios de Cuiabá e Chapada dos Guimarães – MT

Mapping the Dynamics of Fire Scars in the Municipalities of Cuiabá and Chapada dos Guimarães - MT

Fábio Rodrigues Vinhal de Oliveira^{*a}; Victor Hugo de Moraes Danelichen^a

^aUniversidade de Cuiabá, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência Ambientais. MT, Brasil.

*E-mail: fabiovinhal1@gmail.com.

Resumo

Os municípios de Cuiabá e Chapada dos Guimarães fazem parte do cerrado brasileiro que possui diversidade florística, porém também são áreas suscetíveis a queimadas, com o crescimento populacional exponencial em ambas cidades. Portanto para mensuração das cicatrizes de queimadas nos municípios foi utilizado a técnica NBR (Índice de Queimada Normalizada) por determinação de resultado com índice *kappa* por sensoriamento remoto de 2015 a 2019. A técnica aplicada na pesquisa foi por uso de imagem do satélite Sentinel-2 possuindo o sensor MSI (Instrumento Multiespectral) provenientes da ESA (Agência Espacial Europeia), sendo utilizado pelo espectro eletromagnético contendo 13 bandas com resolução de 10 a 60 metros, e a determinação dos cálculos foi usado *softwares* de GIS (Sistema de Informação Geográfica) por faixas de espectro de infravermelho-próximo e infravermelho-médio. O estudo avalia/compara imagens das cicatrizes de queimadas na área de estudo de 2015 a 2019 enfatizando os períodos de seca e chuvosa com comparativo de precipitação na região de Cuiabá, apresenta locais com crescimento de queimadas que possuem estradas, apresenta local da barrem do lago de manso (abastecimento hídrico do município de Cuiabá), determina que ao passar do tempo a vegetação na região está sofrendo com as queimadas presentes sendo por natural, acidental ou criminosa.

Palavras-chave: NBR. Bioma. Sensoriamento Remoto.

Abstract

The municipalities of Cuiabá and Chapada dos Guimarães are present in the Brazilian cerrado, which has floristic diversity, but they are also areas susceptible to burns, with exponential population growth in both cities. Therefore, to measure burn scars in the study municipalities, the NBR (Normalized Burn Index) technique was used by determining the result with kappa index by remote sensing from 2015 to 2019. The applications of the research techniques were applied by using image of the Sentinel-2 satellite by MSI (Multispectral Instrument) sensor from ESA (European Space Agency) using the electromagnetic spectrum with 13 bands with a resolution of 10 to 60 meters, the determination of the calculations was used by GIS software (Geographic Information System) by near-infrared and mid-infrared spectrum ranges. The study evaluates/compares images of the scars of fires in the study area from 2015 to 2019, emphasizing the dry and rainy periods with a comparison of precipitation in the region of Cuiabá, presents places with growth of fires that have roads, presents a place of the lake barrem de manso (water supply for the municipality of Cuiabá), determines that over time the vegetation in the region is suffering from the present burns, whether natural, accidental or criminal.

Keyword: NBR. Biome. Remote Sensing.

1 Introdução

O cerrado brasileiro possui aproximadamente 204,7 milhões de hectares, cerca de 24% do território brasileiro e está localizado em 12 estados e no Distrito Federal (ROCHA *et al.*, 2011). Este bioma é a principal região brasileira produtora de grãos e gado de corte (principalmente em Mato Grosso), também tem a maior diversidade florística que possui floresta decídua na encosta dos morros e floresta de galeria ao longo dos rios (CAMARGO *et al.*, 2014).

As áreas do cerrado são suscetíveis a queimadas, portanto é existente a diminuição da clorofila na vegetação, resultante de aumento de refletância no espectro visível e diminuição na região do infravermelho-próximo (ROSAN; ALCÂNTARA, 2015). Desta forma, os impactos das queimadas são relevantes para o ecossistema local, tais como a perda da biodiversidade

e alterações nos ciclos biogeoquímicos e na atmosfera (MORAES *et al.*, 2005).

O ecossistema da região de Cuiabá possui estação de seca bem definida (maio a setembro) e clima tropical semi-úmido caracterizado principalmente por ser uma cidade calorosa, sendo de suma importância prevenir focos de incêndio/queimadas na região tendo em vista critérios de saúde pública (baixa umidade relativa do ar) e preservação do meio ambiente (MACHADO *et al.*, 2014). Por outro lado, Chapada dos Guimarães possui o clima tropical, se enquadra em dias relativamente quentes e alternadamente úmido e seco (variações climáticas), possui diversidade de relevo (morro, chapadas e vales) com altitudes de 250 a 800m em relação ao nível do mar (VASCONCELOS, 2016).

O sensoriamento remoto é uma importante ferramenta

de obtenção de informações em diferentes escalas temporais e espaciais (FISHER *et al.*, 2017), onde envolve o melhor entendimento do alvo desejado remotamente, consequentemente por um tipo de veículo (drone, satélite, VANT e entre outros), ou seja, a compreensão de lugares de difíceis acesso é facilmente explorada por essa ferramenta.

Diante disso, o satélite Sentinel-2 lançado em 23 junho de 2015 proveniente da missão Copernicus, é compreendido por dois satélites em órbita polar com fases de 180° entre si, sendo que seu objetivo é o monitoramento da variabilidade nas condições da superfície do solo, possui ampla largura de faixa (290 km), na qual carrega o sensor MSI (Instrumento Multiespectral) que possui 13 bandas espectrais com resoluções de 10, 20 e 60 metros (ESA, 2020).

O monitoramento de queimadas é uma técnica utilizada por profissionais capacitados para identificar cicatrizes de queimadas, há algumas técnicas, uma delas é o índice espectral NBR (Índice de Queimada Normalizada) por possuir um grande potencial para detecção das cicatrizes de queimadas e avaliação de severidade o fogo (ROSAN; ALCÂNTARA, 2015). O NBR enfatiza áreas de queimadas onde é avaliado por um algoritmo matemático, levando em consideração as reflectâncias das faixas espectrais dos infravermelhos próximo e médio (BARROSO *et al.*, 2016).

Sendo assim, o objetivo do estudo foi apresentar a dinâmica em espaço-temporal das cicatrizes de queimadas nos municípios de Cuiabá e Chapada dos Guimarães - MT por sensoriamento remoto, utilizando técnica de NBR pela equação do índice *kappa*.

2 Material e Métodos

2.1 Área de Estudo

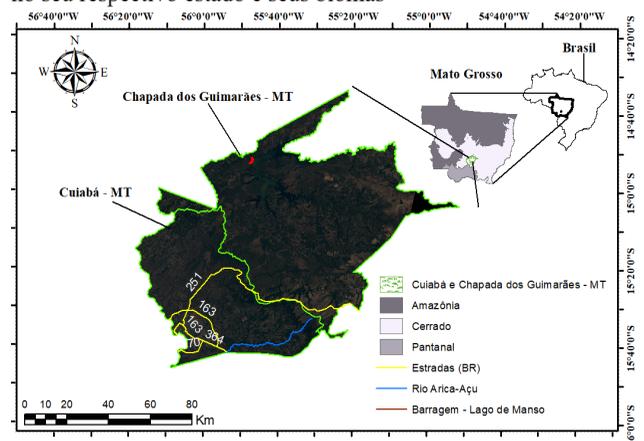
Localizada na região Centro-Oeste distante 1071,8 km da capital Brasília, fundada em 1719 por Pascoal Moreira Cabral (SIQUEIRA, 2015), Cuiabá faz divisa com os municípios: Acorizal, Rosário Oeste, Chapada dos Guimarães, Santo Antônio de Leverger e Várzea Grande (CUIABÁ, 2007). Chapada dos Guimarães está no meio do cerrado mato grossense a 1.011,7km da capital Brasília (VASCONCELOS, 2016), desbravada também por Pascoal Moreira Cabral.

O município de Cuiabá tem extensão territorial de 3.538,167 km², devido a conturbação com a cidade vizinha Várzea Grande possuem aproximadamente 800 mil habitantes, Cuiabá encontra-se no centro geodésico da América do Sul com as coordenadas 15°35'56" latitude sul e 56°06'01", é válido

enfatizar que sua precipitação anual de aproximadamente 1.500 mm e sua temperatura média mensal varia entre 21,9 °C e 31,3 °C (DIAS *et al.*, 2015). O município possui sua área urbana aproximadamente de 530 ha (CUIABÁ, 2007; MACHADO *et al.*, 2014). Chapada dos Guimarães encontra-se nas coordenadas 15°27'38" latitude sul e 55°44'59", tem sua extensão territorial de 6.249,44 km², sua população é estimada de 19.500 habitantes (VASCONCELOS, 2016).

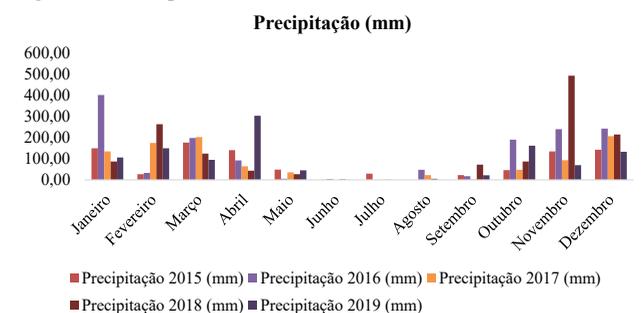
Cuiabá possui o clima é caracterizado por tropical semiúmido (Aw de acordo com a classificação de Koppen) que possui estações bem definida de seca e chuvosa, sua vegetação apresenta algumas espécies frutíferas, ornamentais e gramíneas (MACHADO *et al.*, 2014). Chapada dos Guimarães tem o clima caracterizado por clima tropical (Cw de acordo com a classificação de Koppen), tendo variações de temperaturas durante vários períodos durante o ano (VASCONCELOS, 2016), na Figura 1 está a delimitação das duas cidades.

Figura 1 - Localização da área de estudo em território brasileiro no seu respectivo estado e seus biomas



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 2 - Precipitação de Cuiabá



Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

Quadro 1 - Quantitativo de precipitação

Mês	Precipitação 2015 (mm)	Precipitação 2016 (mm)	Precipitação 2017 (mm)	Precipitação 2018 (mm)	Precipitação 2019 (mm)
Janeiro	149,20	399,60	134,40	87,20	106,20
Fevereiro	27,40	33,00	174,00	262,40	148,80
Março	175,60	197,80	201,80	124,00	94,40
Abril	140,00	91,60	64,40	43,60	302,60
Mai	48,80	5,40	35,40	26,80	45,40

Mês	Precipitação 2015 (mm)	Precipitação 2016 (mm)	Precipitação 2017 (mm)	Precipitação 2018 (mm)	Precipitação 2019 (mm)
Junho	0,40	4,80	0,00	2,60	0,00
Julho	29,60	0,00	0,80	0,40	0,00
Agosto	0,00	48,00	22,80	5,40	0,00
Setembro	23,00	17,60	2,60	72,00	21,80
Outubro	46,00	189,40	47,60	86,80	160,80
Novembro	134,00	238,80	93,20	490,60	69,40
Dezembro	142,20	241,80	206,60	214,40	132,40

Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

As precipitações para Cuiabá e suas adjacências estão definidas em estações de seca e chuvosa, sendo de maio a setembro o período de seca e outubro a abril chuvosa, conforme a análise de precipitação do gráfico da Figura 2 e o Quadro 1.

2.2 Dados Sensor Orbital

O sensor MSI (ESA, 2020) possui 13 bandas espectrais subdivididas em suas respectivas resoluções: quatro bandas com 10 m, seis bandas com 20 m e três com 60 m. Este sensor possui dois tipos de nível do produto, sendo eles: nível 0, nível 1A e nível 1B, porém esse tipo de produto não é disponibilizado aos usuários, já os produtos ortorretificados (nível 1C e nível 2A) possui imagem dividida em ladrilhos de 100 km na projeção UTM de Datum WGS84 e são disponibilizados aos usuários.

Os parâmetros geofísicos possuem reflectância no nível 2A, obtém efeitos atmosféricos corrigidos. Seu principal objetivo é mapas de fração de vegetação não fotossinteticamente ativa, dados de monitoramento de enchentes, albedo de superfície, idade da floresta, densidade de copas, cicatrizes de queimaduras, índices estruturais de risco de incêndio, carga de combustível, detecção de mudanças na cobertura do solo e mapas de cobertura da neve (ESA, 2020). É possível a geração de mapas de cobertura do solo de interesse geral e mapeamento mais focado de parâmetros específicos da vegetação, como Fração de radiação fotossinteticamente ativa absorvida (FAPAR), Índice de Área Foliar (LAI), Coberta de Vegetação fracionada, Clorofila Foliar (LCC) e Teor de Água nas Folhas (LWC) (ESA, 2020).

2.3 Coleta e processamento de dados

O banco de dados das imagens foi extraída da *European Space Agency* (ESA) juntamente da missão Copernicus do endereço eletrônico (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>), as imagens da pesquisa correspondem aos meses de 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019, referenciado ao Datum WGS84 zona 21S.

Os dados oriundos da ESA são de formatação de arquivo “JPEG2000”, a localização da área de estudo está dividida em 5 quadrantes, sendo eles descrita por “21LWD”, “21LWC”, “21LXD”, “21LXC” e “21LYD”. O quadrante “21LYD” tem apenas parte de sua imagem em todos os dados extraídos, desta forma uma parte da região leste do município de Chapada dos

Guimarães não possui dados.

Para o processamento de dados utilizamos o *software* ERDAS IMAGINE, consistiu em usar o algoritmo da NBR conforme equação:

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

$$NBR = \frac{\text{banda 8} - \text{banda 11}}{\text{banda 8} + \text{banda 11}}$$

Banda 8 (infravermelho próximo, 842 nanômetros) e banda 11 (SWIR 1, 1610 nanômetros). Ainda no ERDAS IMAGINE foi necessário mosaicar essas imagens em apenas uma, de formatação de arquivo “GEOTIFF”, no *software* ArcGIS foi necessário realizar o recorte do município. A equação anterior é proveniente do índice kappa, inserido com os dados de NBR (bandas do satélite), que varia de -1 a +1, desta forma subtendido que valores próximos a -1 são propícios a área de queimada e valores próximos a +1 são indicativos de área sem ou pouca queimada.

Portanto o NBR (Índice de Queimada Normalizada) tem o objetivo de detectar as cicatrizes de queimadas e avaliar a sua severidade em determinada região, tendo em vista que a composição desse índice se destaca pelo uso de espectro eletromagnético que sofre alterações após a queima (ROSAN; ALCÂNTARA, 2015). O NBR corresponde com reflectância na faixa espectral do infravermelho próximo e infravermelho médio, representado na equação de determinação do índice acima (BARROSO *et al.*, 2016).

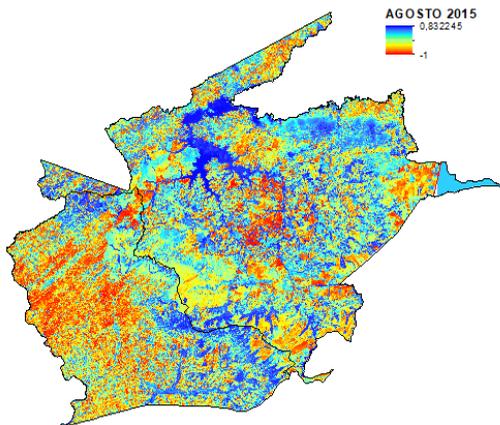
2.4 Resultados e discussão

A análise temporal foi fundamentada em pontos decorrentes do índice NBR, apresentando variância do segundo semestre de 2015 até dezembro de 2019. Para região de Cuiabá a primeira imagem disponível pela ESA em 2015 foi apenas no mês de agosto, em sequência janeiro de 2016 e subsequência nos meses em diante.

A pesquisa foi dividida pelo limite territorial dos municípios para melhor entendimento de cada região, em Cuiabá a região centro-norte do município possui longo trecho da estrada BR-251 se estendendo até o município de Chapada dos Guimarães, a região sul possui localização mais povoada e também abrangendo as estradas BR-163, 364 e 070, a região sudeste abrange limites da cidade de Chapada dos Guimarães e deságue no rio Aricá-açu.

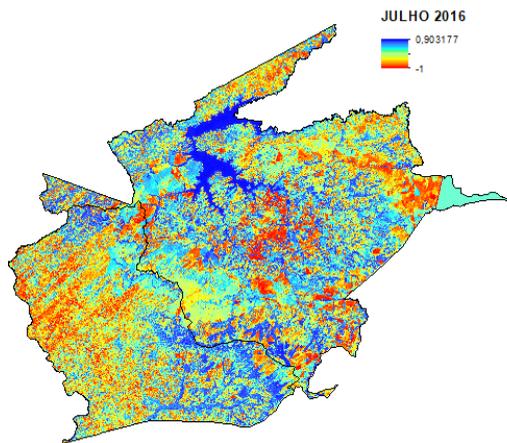
Em Chapada dos Guimarães a região noroeste possui a barragem do lago de manso (responsável pelo abastecimento de Cuiabá) e parte do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, a região sul possui o relevo chapada (escarpas) onde altitude é aproximadamente 800m, já a região centro-leste (parte da região do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães) e nordeste do município abrange a planície da cidade.

Figura 3 - Início do monitoramento Sentinel-2 no município de Cuiabá e Chapada dos Guimarães



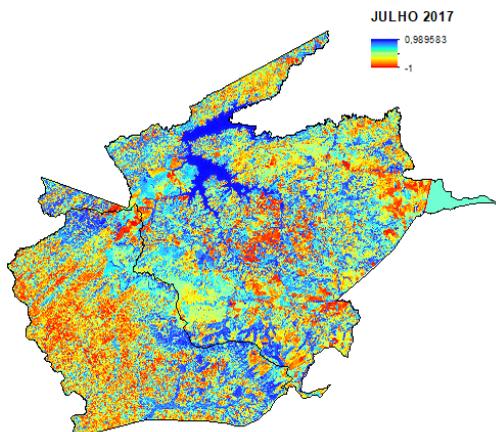
Fonte: dados da pesquisa.

Figura 4 - Aumento de queimadas no centro de Chapada dos Guimarães



Fonte: dados da pesquisa.

Figura 5 - Crescimento de queimada em Cuiabá e Chapada dos Guimarães

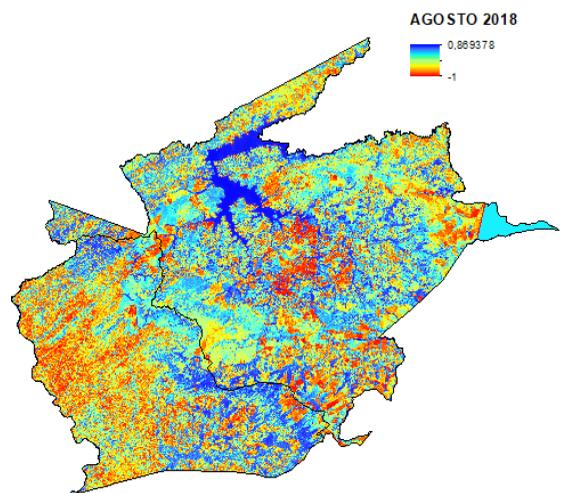


Fonte: dados da pesquisa.

Nota-se que o crescimento exponencial foi na região sul e noroeste de Cuiabá, onde justamente na região onde possui estradas que interligam para as cidades de Nobres, Acorizal e Rosário Oeste (MT-010, próxima a BR-251), Chapada dos Guimarães e Lago do Manso (BR-251 e MT-351). Portanto, devido ao fluxo de veículos nessas estradas, as áreas ao redor delas são mais propícias a ter focos de queimadas, sendo elas proposital ou acidental, há também a possibilidade de queimada natural, tendo em vista o calor rotineiro e falta de umidade para a vegetação do cerrado.

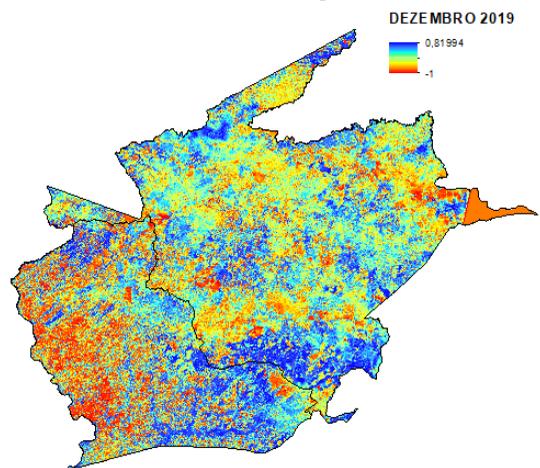
Em Chapada dos Guimarães os focos de queimadas foram na região central do município, justamente onde se localiza boa parte do Parque Nacional de Chapada dos Guimarães e o povoado da cidade, assim caracterizando focos de incêndios de forma antrópica.

Figura 6 - Observação específica na região sul de Cuiabá e região centro de Chapada dos Guimarães



Fonte: dados da pesquisa.

Figura 7 - Crescimento de focos de queimadas em Cuiabá



Fonte: dados da pesquisa.

De modo geral, fica evidente que os focos de queimadas se espelharam por todo município de Cuiabá, na qual no início da análise era focada apenas na região noroeste da cidade, já em Chapada dos Guimarães os focos foram centralizados apenas na região central do município. Desta forma aumentando

ainda mais a sensação térmica e destruindo a fauna e flora dentro e ao redor da área populacional.

Em 2017 obteve o maior pico de índice NBR, ao passar dos anos esse índice foi apenas diminuindo em decorrer dos focos de incêndio. Desta forma, é evidenciado que os focos de queimadas no município de Cuiabá se alastrou durante os anos, sendo assim se descentralizando da região noroeste da cidade.

A dinâmica das cicatrizes de incêndio/queimadas ao longo do tempo no município de Cuiabá se alastrou, de tal forma que afetou ainda mais a região mais povoada de sua extensão territorial, de acordo com a Figura 5 exemplifica que o município ainda em 2017 estava com pouca margem de focos de queimadas.

Chapada dos Guimarães obteve os focos de queimadas apenas na região central do município, em decorrência da estrada acesso vinda de Cuiabá cortando o Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, ou seja, na época de estiagem a vegetação está propícia a queimadas de todas as formas (natural, acidental ou criminosa).

Na Figura 6 indica o crescimento das cicatrizes de queimadas justamente a mais povoada de Cuiabá (sul), saindo de -0,15 em agosto de 2018 para -0,33. As Figuras 4 e 5 especificamente ilustram na Região Leste de Cuiabá que obtém o avanço de focos de queimadas mesmo tendo o rio Aricá-açu, vale exaltar que a figura é do espaço temporal de período de seca (MACHADO *et al.*, 2014).

Na pesquisa de Rosan e Alcântara (2015), a área de estudo foi em Cláudia-MT que enfatizou a detecção de áreas queimadas e severidade a partir do índice espectral Δ NBR e NBR, sendo o NBR para mensuração da queima na vegetação e Δ NBR para severidade do fogo (comparação de pré e pós fogo). Rosan e Alcântara (2015) também utilizaram o índice *kappa* para resultado de suas análises, obtendo o índice de 0,99, que segundo os autores, obteve ótima concordância na aplicação do NBR e Δ NBR para mapeamento de queimadas e indicativo de severidade das queimadas, portanto enfatiza que o uso determinação de cicatrizes de queimadas por sensoriamento remoto é essencial.

A determinação do índice *kappa* com foco de cálculo do NBR para os municípios de Cuiabá e Chapada dos Guimarães apresentado na Figura 7 (última imagem temporal, 2019), apresenta resultado de 0,81, sendo que teve início de 0,83 em agosto de 2015, portanto as queimadas na região foram atacando as vegetações da área de estudo proposto. Sendo assim, a pesquisa apresentada obteve determinação de cicatrizes de queimadas a passar dos anos (2015 a 2019) que evidenciou diminuição da vegetação, já na pesquisa de Rosan e Alcântara (2015) foi considerado que a determinação de resultados por cálculo NBR por índice *kappa* foram positivos.

3 Conclusão

Resultados desse estudo mostraram que o uso do sensoriamento remoto para determinação de cicatrizes de queimadas nos municípios de Cuiabá e Chapada dos Guimarães pela técnica de NBR foi efetiva, pois foi capaz de determinar o crescimento das cicatrizes de queimadas tendo comparativo dos anos de 2015 a 2019.

Perante a isso, conclui-se que cicatrizes de queimadas na região de cerrado no município de Cuiabá se descentralizou e está avançando até em grandes áreas com rios e matas preservadas, em Chapada dos Guimarães o foco ainda continua no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães (região central do município).

Referências

- BARROSO, A.G. Identificação de desmatamentos recentes no cerrado utilizando as técnicas de diferença de imagens e índice de queimada por diferença normalizada. Brasília: Universidade de Brasília, 2016.
- CAMARGO, F.F.; SOUZA, T.R.; COSTA, R.B. Etnoecologia e etnobotânica em ambientes de Cerrado no Estado de Mato Grosso. *Interações*, v.15, n.2, p.353-360, 2014.
- CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá. Organização Geopolítica de Cuiabá. Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Urbano (IPDU). Cuiabá: IPDU, 2007.
- DIAS, V.R.M.; ALVES, M.C.; SANCHES, L. Métodos de ajuste de semivariogramas para modelagem espacial de íons de precipitação pluvial em Cuiabá, Brasil. *Ciênc. Nat.*, v.37, n.2, 2015.
- ESA. User Guide – Sentinel-2 MSI Introduction. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi>. Acesso em: 3 mar. 2022.
- FISHER, J.B. *et al.* The future of evapotranspiration. *Water Res. Res.*, v.53, n.4, p.2618-2626, 2017
- MACHADO, N.G.; SILVA, F.C.P.; BIUDES, M.S. Efeito das condições meteorológicas sobre o risco de incêndio e o número de queimadas urbanas e focos de calor em Cuiabá-MT, Brasil. *Ciênc. Nat.*, v.36, n.3, p.459-469, 2014.
- MORAES, E.C.; FRANCHITO, S.H.; BRAHMANANDA, V. Evaluation of surface air temperature change due to the greenhouse gases increase with a statistical-dynamical model. *J. Geophys. Res.*, v.110, p.1-8, 2005.
- ROCHA, G.F. *et al.* Detecção de desmatamentos no bioma Cerrado entre 2002 e 2009: padrões, tendências e impactos. *Rev. Bras. Cartog.*, v.63, p.341-349, 2011.
- ROSAN, T.M.; ALCÂNTARA, E. Detecção de áreas queimadas e severidade a partir do índice espectral Δ NBR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 2015. Anais... João Pessoa-PB, 2015.
- SIQUEIRA, E.M. História de Mato Grosso: seleção de conteúdo para o concurso público do governo de Mato Grosso. Cuiabá: Entrelinhas, 2009.
- VASCONCELOS, C.A. Inventário de herpetofauna da fazenda alto do céu, Chapada dos Guimarães, Mato Grosso. 2018. Disponível em: <https://www.repositoriodigital.univag.com.br/index.php/bio/article/view/390/390>