

Análise de severidade de áreas queimadas no município de Poconé – MT

Severity analysis of burnt areas in the municipality of Poconé - MT

Análisis de severidad de áreas quemadas en el municipio de Poconé – MT

Recebido: 09/03/2022 | Revisado: 16/03/2022 | Aceito: 23/03/2022 | Publicado: 29/03/2022

Mariane da Silva Novais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6806-1913>
Instituto Federal de Mato Grosso, Brasil
E-mail: mari.novaes1@gmail.com

Evelin Dias Barros Latorraca

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9834-2444>
Instituto Federal de Mato Grosso, Brasil
E-mail: evelin_latorraca@hotmail.com

Adele Caroline Braga R. de Campos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9940-1140>
Instituto Federal de Mato Grosso, Brasil
E-mail: camposadele@gmail.com

Noelto da Cruz Teixeira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4728-9556>
Instituto Federal de Mato Grosso, Brasil
E-mail: teixeira.cruz@ifmt.edu.br

Geraldo Antônio Gomes de Almeida

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4868-4224>
Instituto Federal de Mato Grosso, Brasil
E-mail: geraldo.almeida@ifmt.edu.br

Norka da Silva Albernaz Marcilio

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9942-7551>
Instituto Federal de Mato Grosso, Brasil
E-mail: norka.albernaz@ifmt.edu.br

Resumo

O objetivo deste trabalho foi analisar a severidade de áreas queimadas no município de Poconé localizado no Estado de Mato Grosso. Utilizou-se técnicas de sensoriamento remoto, utilizando o sensor OLI (Operational Land Imager) do satélite Landsat 8 para analisar os níveis de severidade com 3 cenas do mês de abril (pré-fogo) e 3 cenas do mês de setembro (pós-fogo). O dNBR (Normalized Burn Ratio Difference) permitiu identificar 70,08% de áreas queimadas da área total do município, atingindo cerca de 1.201.269,36 de hectares. As áreas atingidas pelos incêndios nos biomas presentes, também, foram analisadas no município, computando cerca de 68,80 % no bioma Cerrado e de 70,41% no Bioma Pantanal, somando uma área de 228.947,09 ha e 972.038,65 ha, respectivamente.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto; NBR; Pantanal.

Abstract

The objective of this work was to analyze the severity of burned areas in the municipality of Poconé located in the State of Mato Grosso. Remote sensing techniques were used, using the OLI sensor (Operational Land Imager) of the Landsat 8 satellite to analyze the severity levels with 3 scenes in April (pre-fire) and 3 scenes in September (post-fire). The dNBR (Normalized Burn Ratio Difference) allowed the identification of 70,08% of burned areas in the total area of the municipality, reaching about 1.201.269,36 hectares. The areas affected by fires in the present biomes were also analyzed in the municipality, computing about 68,80% in the Cerrado biome and 70,41% in the Pantanal Biome, totaling an area of 228.947,09 ha and 972.038,65 ha, respectively.

Keywords: Remote sensing; NBR; Wetland.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue analizar la severidad de las áreas quemadas en el municipio de Poconé ubicado en el Estado de Mato Grosso. Se utilizaron técnicas de teledetección utilizando el sensor OLI (Operational Land Imager) del satélite Landsat 8 para analizar los niveles de severidad con 3 escenas en abril (pre-incendio) y 3 escenas en septiembre (post-incendio). El dNBR (Normalized Burn Relación Diferencia) permitió identificar el 70,08% de áreas quemadas en el área total del municipio, alcanzando cerca de 1.201.269,36 hectáreas. También se analizaron las áreas afectadas por incendios en los biomas presentes en el municipio, computando alrededor del 68,80% en el Cerrado bioma y 70,41% en el Bioma Pantanal, totalizando una superficie de 228.947,09 ha y 972.038,65 ha, respectivamente.

Palabras clave: Teledetección; NBR; Humedal.

1. Introdução

O município de Poconé possui dois tipos de bioma: o Cerrado (20%) e o Pantanal (80%) com sua maior extensão coberta pela planície do Pantanal que segundo Ferreira (2013) possui um de seus principais fenômenos ecológicos, o regime anual de cheia e seca, que sofre interação entre as espécies aquáticas e terrestres, bem como atividades pecuária, pesca e turismo, importantes para a movimentação da economia regional e local.

Além disso, é um dos biomas mais suscetível ao fogo onde nos períodos úmidos, desenvolvem plantas herbáceas, arbustivas, aquáticas e semi-aquáticas, acumulando biomassa e nos períodos secos que vai de maio a setembro, com a diminuição da umidade no solo e no ar tornam a floresta mais inflamável, a vegetação seca vira combustível para o fogo, aumentando a ocorrência de queimadas de maior extensão e gravidade (Nepstad et al., 2004; Roy et al., 2005; Pausas; Bradstock, 2007; Silva et al., 2021)

Nos últimos 36 anos, o bioma Pantanal foi o que mais queimou e as áreas de vegetação campestre e savanas foram as mais afetadas, respondendo por mais de 75% das áreas queimadas com 93% do total no período ocorreu em vegetação nativa; apenas 7% ocorreu em área antrópica (Mapbiomas, 2021).

Em 2020, um total de 3,9 milhões de hectares foram atingidos por incêndios no bioma Pantanal, o que representa aproximadamente 30% de sua área total. No período de janeiro até outubro de 2020, cerca de 23% da sua totalidade foi consumida pelas queimadas, o que mostra um aumento, de aproximadamente, quatro vezes maior em relação ao ano anterior (Bourscheit, 2020; Libonati et al., 2020; Costa et al., 2021).

Dos três biomas existentes no estado de Mato Grosso no ano de 2020, o Pantanal foi o mais afetado e entre todos os municípios mato-grossenses, Poconé foi o que teve maior área queimada com 869.170 hectares afetados por incêndios florestais, dos quais 854.686 hectares (98,3%) estavam em áreas do Pantanal e 14.484 hectares (1,7%) estavam em áreas de Cerrado (Silgueiro et al., 2021).

No Bioma Cerrado sua vegetação natural é composta de cerrado, cerradão, mata ciliar, mata semidecídua e mata de encosta, com a grande parte dessa vegetação suprimida desde os anos 70 do século passado em decorrência do aumento de áreas agricultáveis e a expansão urbana (Junior et al., 2020; Teixeira et al., 2021).

Os incêndios ocorridos nos períodos de estiagem, podem ocorrer naturalmente ou propositalmente, contudo às atividades humanas tem sido apontada como as mais causadoras de incêndios florestais cujos focos de calor são ocasionados pelo uso incorreto do fogo para o desmatamento, renovação de pastagens para agricultura extensiva, caça, controle de pragas, produção de carvão e pela negligência humana (Fiedler et al., 2006).

O uso de imagens orbitais de satélite de sensoriamento remoto, permite detectar e localizar os focos de calor em tempo real, bem como a redução do custo nas operações de combate e diminuição de danos ambientais (Batista, 2014) e, de grande importância é a utilização desta tecnologia para o monitoramento de áreas queimadas, sendo uma técnica de grande eficiência na análise dos dados com extensas porções territoriais (Costa et al., 2019).

De acordo com Vedovato (2015) quantificar o tamanho da região queimada é de extrema necessidade para mensurar as proporções do impacto causado pelos incêndios. No entanto a estimativa de áreas queimadas e a severidade em campo seria um trabalho com alta demanda de tempo e recursos, considerando a possibilidade de recobrir extensas áreas e a dificuldade de acesso (Fernandes et al., 2020).

Entretanto, estudos têm demonstrado grande potencial da utilização do índice espectral NBR (Índice de Queimada Normalizada) para a detecção das cicatrizes de queimadas e avaliação da severidade do fogo. Neste processo a obtenção da severidade do fogo por meio do sensoriamento remoto, baseia-se nas alterações que sofrem a vegetação após a queima em regiões distintas do espectro eletromagnético (Loboda et al., 2007; Rosan et al., 2015).

Assim, objetiva-se com este trabalho a utilização de imagens de satélites artificiais para analisar a severidade das

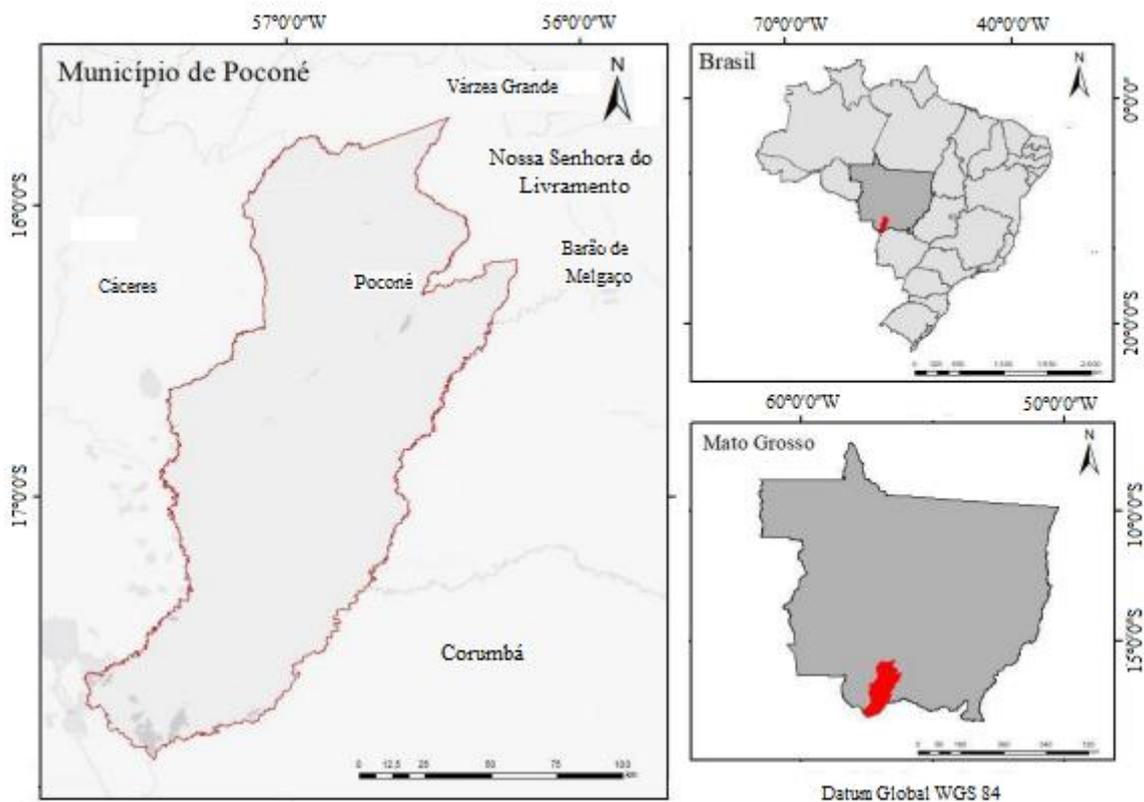
queimadas no município de Poconé, estado de Mato Grosso.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de Estudo

O município de Poconé está localizado no estado do Mato Grosso, região Centro-Oeste do Brasil, distante 104 km da capital Cuiabá com altitude média de 153 m. Os limites territoriais apresentam coordenadas geodésicas entre as latitudes 15°40'00" Sul e 17°50'00" Sul e longitudes 56°20'00" Oeste e 57°45'00" Oeste, referenciada ao Datum Global WGS 84 (Figura 1). Os municípios limítrofes são Barão de Melgaço-MT, Cáceres-MT, Nossa Senhora do Livramento-MT e Corumbá-MS.

Figura 1: Localização geográfica do município de Poconé – MT.



Fonte: Autores (2021).

O município de Poconé está localizado ao sul do estado de Mato Grosso, na bacia do rio Paraguai, que pertence à grande bacia platina (Figura 1). Possui uma área total de 1.731.507 hectares e 81% de sua área está inserida na Bioma Pantanal, com os 19% restantes no bioma Cerrado (IBGE, 2019).

2.2 Dados de Entrada

A escolha das imagens para a realização desse trabalho teve como critérios a cobertura de nuvem para melhor visualização da área de estudo e também o período de ocorrência antes e depois do fogo.

As imagens do satélite Landsat 8 tomadas pelo sensor Operational Land Imager (OLI) possui uma resolução temporal de 16 dias e resolução espacial de 30 metros para as bandas do visível e infravermelho, 15 metros para a banda pancromática,

com correção radiométrica e geométrica correspondente às cenas orbita ponto 226/71, 227/71 e 227/72 adquiridas, gratuitamente, pelo portal Earth Explore da United States Geological Survey (USGS, 2021).

Foram escolhidos os meses de abril de 2020 como pré-fogo (antes da ocorrência da queimada) e o de setembro de 2020 como pós-fogo (no ápice da queimada) e as bandas multiespectrais 3, 5 e 7.

Os dados vetoriais referentes aos limites do município, dos biomas, além da imagem classificada do uso e ocupação do solo foram obtidos da coleção 6,0 no site do MapBiomas com acesso pela plataforma do Google Earth Engine por meio da ferramenta de pesquisa, onde foi processado o recorte do município de Poconé no formato raster referente ao ano de 2020.

2.3 Procedimentos Metodológicos

Para realçar as características contidas numa imagem cada banda espectral é associada a uma cor segundo Florenzano (2011) e Novo (2010) o que resulta uma imagem colorida, tornando mais fácil de identificação dos objetos na cena. As cenas referentes às bandas 3, 5 e 7 foram reprojetaadas para o datum geodésico WGS 84, fuso 21S.

Com objetivo de facilitar a interpretação dos resultados, este estudo agrupou as 14 classificações propostas pelo MapBiomas em 8 classes de uso e ocupação do solo, tais como Formação Florestal, Formação Savânica, Área Pantanosa, Pastagem, Agricultura, Área Urbana, Mineração e Cursos D'água.

Definida as classes de uso e cobertura do solo, as mesmas foram convertidas para shapefile e realizado os cálculos de suas áreas em hectares (ha), gerando o mapa de uso e ocupação do solo.

Para o cálculo do NBR Normalized Burn Ratio, as imagens espectrais do sensor OLI, pré e pós-fogo, em níveis de cinza foram convertidas em reflectâncias. Posteriormente, calculou-se o NBR, utilizando as bandas 5 (B5) e 7 (B7), com a ferramenta "raster calculator" onde foi inserida a fórmula do cálculo do NBR conforme a equação 1.

$$NBR = (B5-B7)/(B5+B7) \quad \text{equação 1}$$

Onde,

B_5 = Valores em reflectância da banda 5

B_7 = Valores em reflectância da banda 7

O grau de severidade das queimadas foi calculado, utilizando a diferença entre o índice espectral NBR das imagens pré e pós-fogo, respectivamente, denominada de dNBR conforme a equação 2 e classificada em escala de severidades de acordo com os valores de Key e Benson (2006) multiplicado por 100, conforme a Tabela 1.

$$dNBR = NBR_{pré} - NBR_{pós} \quad \text{equação 2}$$

Os valores de dNBR foram utilizados para estimar a severidade de queima, sendo que, valores mais altos indicam danos mais graves, enquanto, valores negativos podem indicar rebrota após incêndios.

No intuito de avaliar a severidade do fogo nas principais classes de vegetação, Formação Florestal, Formação Savânica e Pastagem foram quantificadas as áreas destas classes para as severidades Baixa, Moderada-baixa, Alta-moderada e Alta nos Biomas Cerrado e Pantanal.

Tabela 1: Escala de níveis de severidade do dNBR.

| Nível de Severidade | dNBR | Cor |
|-----------------------------|------------|---|
| Áreas não queimadas | < 99 |  |
| Severidade baixa | 100 a 269 |  |
| Severidade moderada - baixa | 270 a 439 |  |
| Severidade alta - moderada | 440 a 659 |  |
| Severidade alta | 660 a 1300 |  |

Fonte: Key e Benson (2006).

3. Resultados e Discussões

3.1 Uso e ocupação da terra

Na Tabela 2 e na Figura 2 é possível observar uma dinâmica na distribuição das classes de uso e cobertura do solo na área de estudo. Nota-se que a classe Pastagem apresentou predominância nos biomas Cerrado (37%) e Pantanal (49,14%), seguida da classe Formação Savânica (34,98%) no bioma Cerrado e um baixo percentual de cobertura no bioma Pantanal (9,74%). Já a classe Formação Florestal apresentou um percentual de 26,69% no bioma Pantanal contra 15,65% no bioma Cerrado.

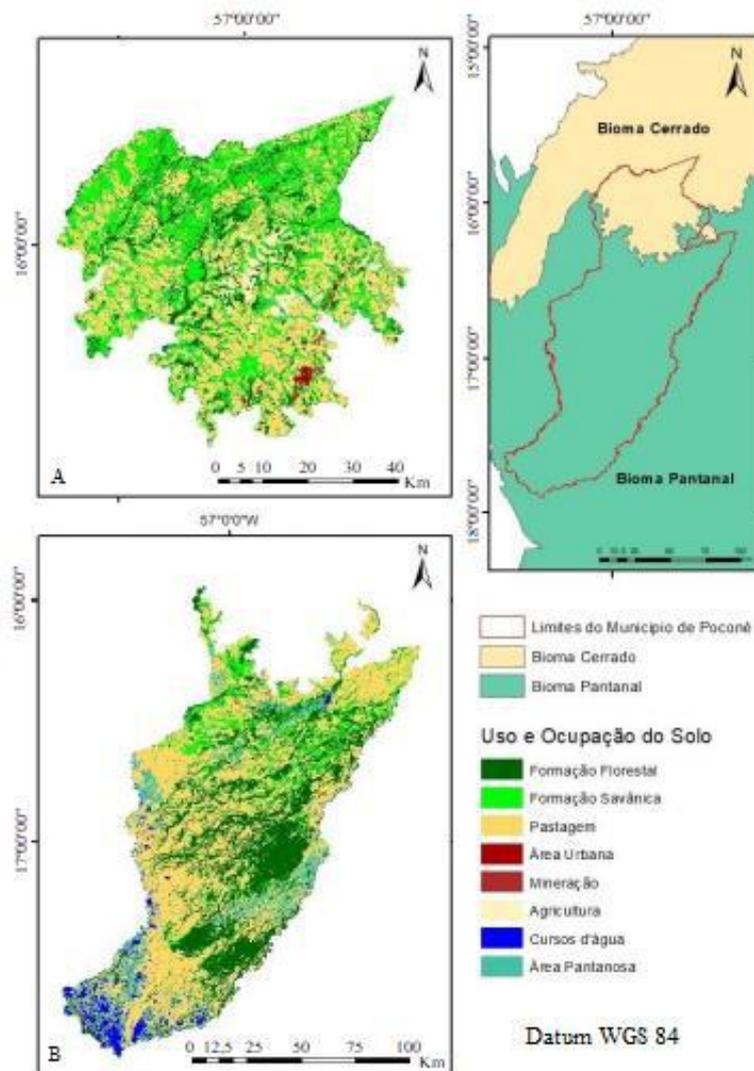
Tabela 2: Valores das áreas das classes de uso do solo dos biomas Cerrado e Pantanal dentro do município de Poconé.

| Classes | Áreas (ha) (Bioma Cerrado) | (%) | Áreas (ha) (Bioma Pantanal) | (%) |
|--------------------|-------------------------------|---------------|--------------------------------|---------------|
| Formação Florestal | 52075,28 | 15,65 | 368648,71 | 26,69 |
| Formação Savânica | 116431,91 | 34,98 | 134588,99 | 9,74 |
| Área Pantanosa | 8910,59 | 2,68 | 143193,89 | 10,37 |
| Pastagem | 125021,29 | 37,56 | 678838,02 | 49,14 |
| Agricultura | 26461,94 | 7,95 | 28,81 | 0,00 |
| Área Urbana | 1110,51 | 0,33 | 0,00 | 0,00 |
| Mineração | 2218,67 | 0,67 | 7,23 | 0,00 |
| Cursos d'água | 605,37 | 0,18 | 56146,21 | 4,06 |
| Total | 332835,57 | 100,00 | 1381451,88 | 100,00 |

Fonte: Autores (2021).

A Figura 2 apresenta o mapa de uso e ocupação do solo do município de Poconé referente ao ano 2020.

Figura 2: Classificação de uso e ocupação do solo: Biomas Cerrado (A) e Pantanal (B).



Fonte: Adaptado de MapBiomas (2020).

A classe Agricultura registrou um maior percentual no bioma Cerrado de 7,95% e a presença de Área Urbana (0,33%), foi apenas, no bioma cerrado. A classe de Área Pantanosa também é maior no bioma Pantanal tendo 10,37% e no Cerrado, apenas, 2,68%. A classe Cursos D'água registrou um percentual de 10,37% bioma Pantanal.

3.2 Severidade e detecção de áreas queimadas

Por meio da classificação de severidade como mostra a Figura 3 e Tabela 3, computou-se cerca de 70,08% da área total do município de áreas queimadas, atingindo cerca de 1.201.269,36 hectares. Porém, a maior parte dessa queima foi a de “Severidade baixa” onde atingiu cerca de 53,47% seguida da classe de “Severidade moderada-baixa” com 13,81%. As classes de menores áreas atingidas foram “Severidade alta-moderada” com 2,79% e a de “Severidade alta” com apenas 0,01%.

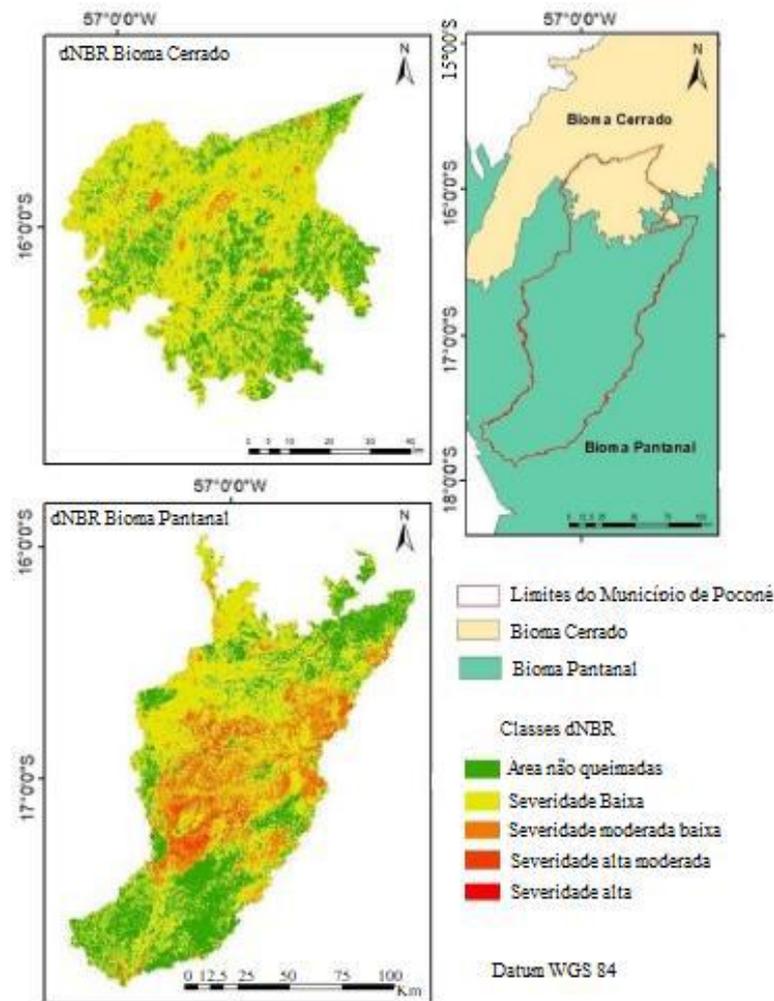
Tabela 3: Quantificação das áreas das classes de severidade de queimada no município de Poconé.

| Nível de Severidade | Área (ha) | (%) |
|-----------------------------|------------|--------|
| Áreas não Queimadas | 5122900,41 | 29,92 |
| Severidade baixa | 916635,62 | 53,47 |
| Severidade moderada - baixa | 236690,22 | 13,81 |
| Severidade alta-moderada | 47844,56 | 2,79 |
| Severidade alta | 98,96 | 0,01 |
| Total | 1714169,77 | 100,00 |

Fonte: Autores (2021).

Os tons alaranjados na Figura 3 representam áreas com ocorrência de queimadas mais severas e os tons amarelados mostra áreas queimadas com severidades Baixa ou Moderada-baixa devido a presença de áreas com solo exposto, pastagem ou formação campestre. Os tons de verde indicam áreas não queimadas que indica área de vegetação ou com rebrota.

Figura 3: Distribuição das classes de severidade para os biomas Cerrado e Pantanal.



Fonte: Autores (2021).

Para analisar os índices de severidade em cada bioma presente no município de Poconé foram quantificadas as áreas queimadas para cada nível de severidade com o objetivo de especificar qual bioma foi mais atingido pelos incêndios em um determinado nível no ano de 2020, como mostra a Figura 3 e a Tabela 4.

Para o Bioma Cerrado, aproximadamente, 68,79% do bioma foi atingido por algum nível de severidade, em destaque para a classe de “Severidade baixa” com 65,99% e de “Severidade Moderada-baixa”, com uma pequena porção de 2,78%, além das classes de “Severidade Alta-moderada” e “Severidade Alta” com 0,08% e 0,01%, respectivamente. O Bioma Pantanal somou 70,42% de área atingida pelas queimadas, mas quanto às mudanças nos níveis de severidade, 50,47% de sua área apresentou uma queima com nível de “Severidade-Baixa” e 16,49% de “Severidade Moderada-baixa”, seguida da classe de “Severidade Alta-moderada” com 3,45% e com menor proporção a classe de “Severidade alta” com 0,01%.

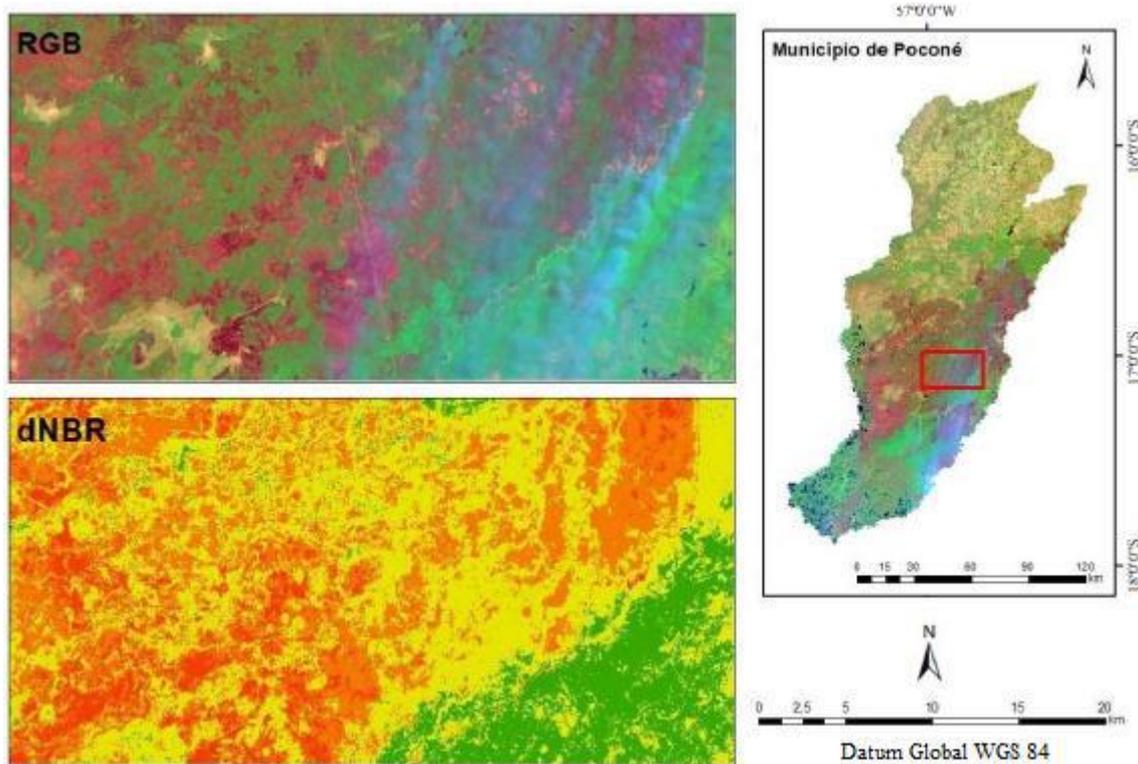
Tabela 4: Quantificação das áreas das classes de severidade de queimada dos biomas Cerrado e Pantanal.

| Nível de Severidade | Áreas (ha) (Bioma Cerrado) | (%) | Áreas (ha) (Bioma Pantanal) | (%) |
|---------------------------|-------------------------------|---------------|--------------------------------|---------------|
| Áreas não queimadas | 103845,80 | 31,20 | 408441,80 | 29,59 |
| Severidade baixa | 219609,02 | 65,99 | 696770,30 | 50,47 |
| Severidade moderada-baixa | 9031,60 | 2,71 | 227632,50 | 16,49 |
| Severidade alta-moderada | 281,01 | 0,08 | 47562,45 | 3,45 |
| Severidade alta | 25,47 | 0,01 | 73,40 | 0,01 |
| Total | 332792,89 | 100,00 | 1380480,45 | 100,00 |

Fonte: Autores (2021).

A Figura 4 apresenta um recorte da área de estudo atingida pelo fogo visualizado pelas imagens RGB e dNBR, respectivamente, a fim de comparação, onde a região afetada com maior intensidade pelo fogo é mostrada na imagem colorida RGB, havendo uma conformidade das cicatrizes na cor roxa com as cores mais avermelhadas, tendendo a alta severidade.

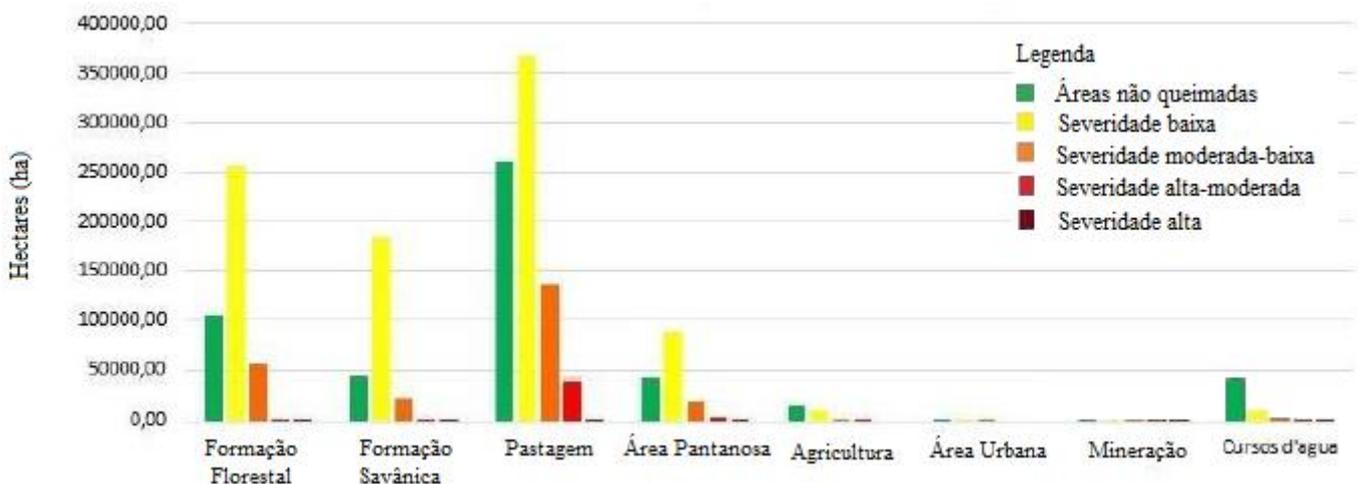
Figura 4: Composição colorida RGB e Cálculo dNBR de um recorte da área de estudo.



Fonte: Autores (2021).

A fim de quantificar os níveis de severidades para as classes de uso e ocupação do solo, verifica-se na Figura 5 as áreas atingidas pelo fogo em cada classe para todo o município de Poconé. A classe Pastagem foi a que apresentou maiores áreas queimadas com 541.907,99 hectares consumida por algum tipo de severidade, seguida da classe de Formação Florestal com 315.078,40 hectares. Obteve-se uma área de 206.972,09 hectares para a classe Formação Savânica e 110.893,74 hectares para a classe de Área Pantanosa, assim como as classes de Cursos D'água com 15.254,64 hectares, Agricultura 10.547,86 hectares, Mineração 150,57 hectares e Área Urbana com 258,14 hectares.

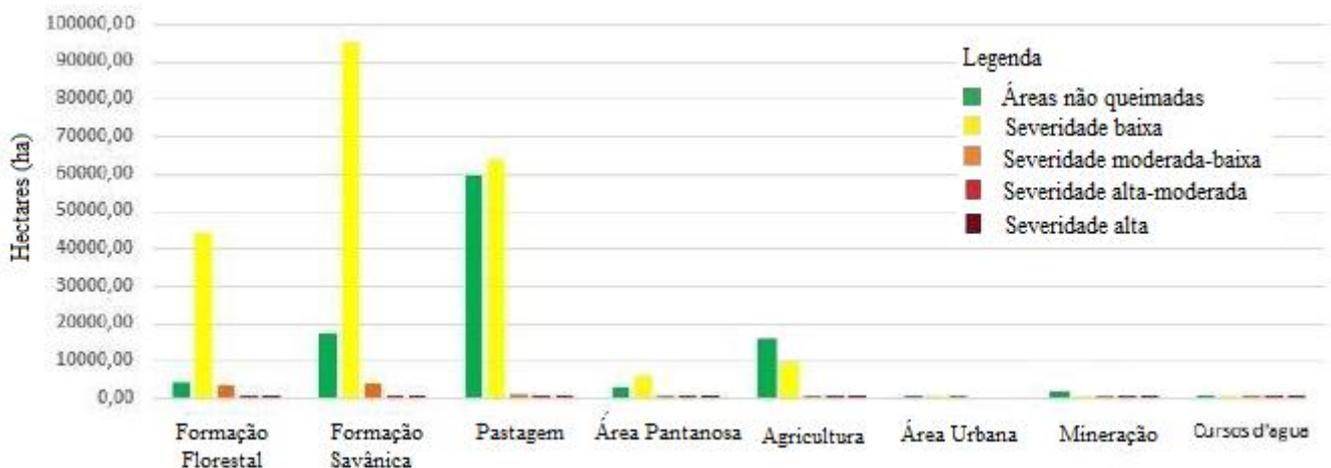
Figura 5: Valores dos níveis de severidade para as classes de uso e ocupação do solo no município de Poconé.



Fonte: Autores (2021).

Em sua publicação, Junior (2020) relata que as maiores presenças de queimadas ocorreram nas faixas de terra, relacionadas às ações agrícolas do entorno, cujos indícios são influenciados pelas ações antropogênicas nos padrões atuais de queima, tanto no desmatamento quanto no manejo agrícola.

Figura 6: Valores dos níveis de severidade para classes de uso e ocupação do solo do Bioma Cerrado no município de Poconé.

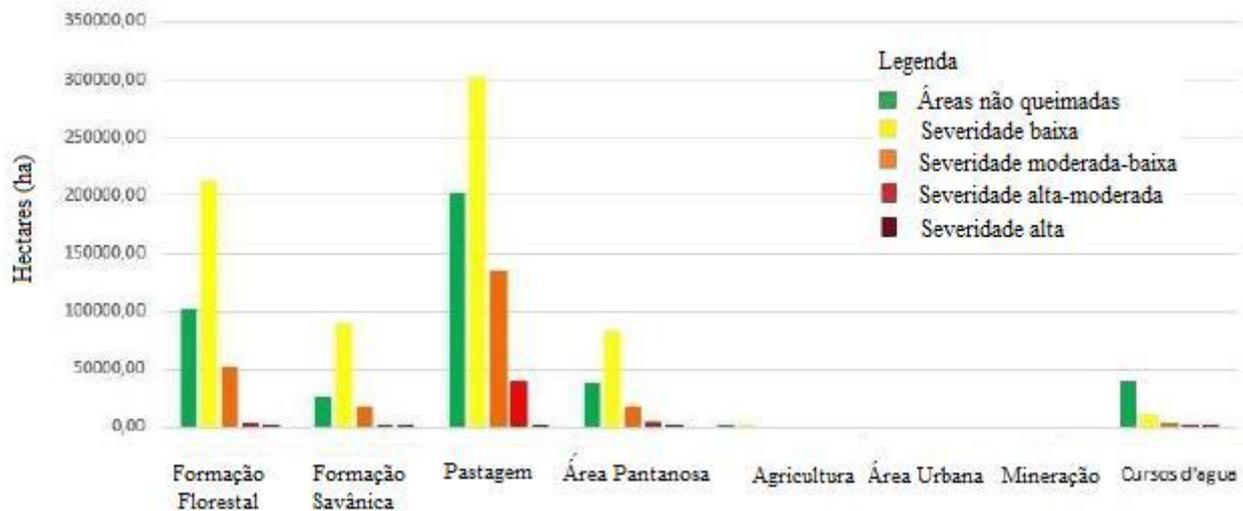


Fonte: Autores (2021).

A fim de comparar os níveis de severidade e analisar as severidades de forma distinta nos biomas, utilizou-se os valores do dNBR para cada classe temática como mostra as Figuras 6 e 7.

Em relação a Classe Pastagem pode-se observar que para o bioma Pantanal (Figura 7), os níveis de severidades sofreram maiores variações, apresentando mais níveis de severidade do dNBR (4 níveis) a mais do que o bioma Cerrado (2 níveis), onde ocorreu maior área da classe de “severidade baixa”. A classe Formação Florestal (bioma Pantanal) apresentou 2 classes de dNBR, “severidade baixa” e “severidade moderada baixa”, enquanto no bioma Cerrado apresentaram dimensões de áreas menores. A classe de Formação Savânica no Cerrado apresentou área maior para a classe “severidade baixa” do que no Bioma Pantanal. Na classe Área Pantanosa, também, houve valores maiores nas classes severidade Baixa, pois essa é uma classe mais predominante do bioma. Em relação a Classe de Agricultura os valores se concentram no bioma Cerrado, assim como as classes de Mineração e Área urbana.

Figura 7: Valores dos níveis de severidade para classes de uso e ocupação do solo do Bioma Pantanal no município de Poconé.



Fonte: Autores (2021)

4. Considerações Finais

Os resultados obtidos possibilitaram a identificação das áreas queimadas ocorrida nos meses secos do ano de 2020, a severidade e avaliar as suas dimensões para todo município e para as classes estudadas em cada bioma, associando com os fatores naturais e antrópicos na área de estudo.

O sensoriamento remoto e as ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas foram de grande valia na busca dos resultados, permitindo maior precisão, rapidez e baixo custo.

Apesar do município de Poconé ser mais afetado pelas intensidades das queimadas em 2020 o presente trabalho mostrou uma área maior de queimadas na classe de severidade baixa.

Desta maneira este trabalho poderá ser útil em tomadas de decisões pelos agentes públicos ou privados envolvidos em atividades ambientais voltados para o planejamento, manejo e combate às queimadas.

Como sugestões de trabalhos futuros, deve-se testar o uso de imagens de melhor resolução espacial e a seleção de imagens pós fogo nos meses de outubro e novembro propensos às queimadas, além dos meses secos.

Referências

- Batista, T. D. (2014). Utilização de Ferramentas de Geoprocessamento para Análise dos Focos de Calor e Áreas Queimadas no período de 2011 a 2013 e Determinação de Locais Ideais para Instalação de Torres de Vigia no Parque Nacional Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. Dissertação (Mestrado em Sistema de Informações Geográficas). Faculdade de Ciências Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia. Universidade de Lisboa, 128 p.
- Bourscheit, A. Mais fogo e muita chuva ameaçam o Pantanal. Brasil, 29 set. 2020. *O Eco*. <https://www.oeco.org.br/reportagens/mais-fogo-e-muita-chuva-ameacam-opantanal/>.
- Costa, M. H. (2019). Climate risks to Amazon agriculture suggest a rationale to conserve local ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(10), 584– 590.
- Ferreira, A. B. B. (2013). Pantanal Mato-Grossense: considerações sobre a proteção constitucional para um desenvolvimento econômico sustentável. *Revista Interações*, 14 (01), p. 12-20.
- Fernandes, L. C., Nero, M. A., Temba, P. C., & Elmiro, M. A. T. (2020). The use of remote sensing techniques by Modis (MCD45A1) images using to identify and evaluate burned áreas in the metropolitan region of Belo Horizonte - MG, Brazil. *Sustentabilidade em Debate*, 11 (2), 143–172.
- Fiedler, N. C, Merlo, D. A, & Medeiros, M. B. (2006). Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. *Revista Ciência Florestal*, Santa Maria, 16(2) 153-161.
- Florenzano, T. G. (2011). *Inicição em Sensoriamento Remoto*. (3a ed.), Oficina de Textos.

- IBGE. (2019). Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250.000. Série Relatórios Metodológicos. *Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais*. P. 1-168.
- Junior, A. L. P., Biudes, M.S., Machado, N. G., Arruda, A. G. R., Santos, L. O. F., & Ivo, I. O. (2020). Efeito da Mudança da Cobertura em Parâmetros Biofísicos em Cuiabá, Mato Grosso. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13, 1324-1334.
- Key, C. H., & Benson, N. C. (2006). Landscape Assessment: sampling and analysis methods. *USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. Rocky Mountain Research Station General Technical Report RMRS-GTR-164-CD*.
- Libonati, R., Da Camara, C. C., Peres, L. F., De Carvalho, L. A. S. & Garcia L. C. (2020). Rescue Brazil's burning Pantanal wetlands. *Nature* 588, 217–219.
- Loboda, T., O'neal, K. J., Csiszar, I. 2007. Regionally adaptable dNBR-based algorithm for burned área mapping from MODIS data. *Remote sensing of environment*, 109 (4), 429-442.
- MAPBIOMAS. O Projeto. <https://mapbiomas.org/o-projeto>.
- Nepstad, D. (2004) Amazon drought and its implications for forest flammability and tree growth: a basin-wide analysis. *Global Change Biology*, 10, 704–717.
- Novo, E. M. L. (2010). *Sensoriamento remoto princípios e aplicações*. (4a ed.), Blusher.
- Oliveira, A. C., Costa, P. O. S. V., & Vieira, R. B. (2021). *Uso de sensoriamento remoto para identificação de queimadas no Parque Estadual Encontro das Águas*. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil). Universidade Presbiteriana Mackenzie.75 p.
- Pausas J. G., & Bradstock R. A. (2007). Fire persistence traits of plants along a productivity and disturbance gradient in Mediterranean shrublands of SE Australia. *Global Ecology and Biogeography* 16, 330–340.
- Rosan, T. M., & Alcântara, E. (2015). Detecção de áreas queimadas e severidade a partir do índice espectral Δ NBR. In: *Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto*, (SBSR), João Pessoa. Anais [...]. São José dos Campos: INPE, p.526-533.
- Roy, D. P. et al. (2005). Prototyping a global algorithm for systematic fire-affected area mapping using MODIS time series data, *Remote Sens. Environ.* 97 (137), 137 – 162.
- Silva, M. V. M., Junior, A. D. M., Silva, G. K., Nóbrega, M. R. R., & Lima, C. E. S. C. S. (2021). Impacto dos cenários de mudanças climáticas e demandas consuntivas no desempenho dos reservatórios do rio São Francisco, Brasil, *XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/63627/1/2021_eve_mvmdasilva.pdf.
- Teixeira, N. C., Danelichen, V. H. M., Pereira, O. A., & Seixas, G. B. (2021). Dinâmica de Queimadas no Município de Cuiabá-MT por Sensoriamento Remoto. *Revista Brasileira de Geografia Física* 14 (02), 607-618.
- USGS, United States Geological Survey. Landsat Mission. (2021). <https://landsat.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8>.
- Vedovato, L. B., Jacon, A. D., Pessôa, A. C. M., Lima, A., & Aragão, L. E. O. C. (2015). Detection of burned forests in Amazonia using the Normalized Burn Ratio (NBR) and Linear Spectral Mixture Model from Landsat 8 images. *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE, 2984-2991.