

**ANÁLISE DO GRAU DE SEVERIDADE DO INCÊNDIO OCORRIDO EM 2020 NA  
RPPN ENGENHEIRO ELIEZER BATISTA, CORUMBÁ/MS**

ANALYSIS OF THE SEVERITY DEGREE OF THE FIRE THAT OCCURRED IN 2020  
AT RPPN ENGENHEIRO ELIEZER BATISTA, CORUMBÁ/MS

ANÁLISIS DEL GRADO DE SEVERIDAD DEL INCENDIO OCURRIDO EN 2020 EN  
LA RPPN ENGENHEIRO ELIEZER BATISTA, CORUMBÁ/MS

**Rodrigo Rocha<sup>1</sup>**

**Adriana Maria Güntzel<sup>2</sup>**

**Resumo:** Através de imagens multiespectrais de satélites é possível realizar o monitoramento de áreas queimadas, utilizando-se índices de vegetação para analisar e comparar áreas saudáveis e áreas degradadas pelo fogo. O objetivo deste trabalho foi analisar uma unidade de conservação no Bioma Pantanal, que foi impactada pelos incêndios ocorridos no ano de 2020, e estimar o grau de severidade do incêndio nesse local. A partir da utilização de imagens Sentinel-2, do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e do Índice de Queimada Normalizada (NBR), foi possível identificar as cicatrizes de incêndio e estimar o grau de severidade do evento. Os resultados indicaram grau severo de impacto pelo fogo na RPPN Engenheiro Eliezer Batista no ano de 2020. A utilização dos índices de vegetação foi uma ferramenta útil no monitoramento da saúde da vegetação e na detecção de focos de incêndios, e através dos cálculos direcionados, mostraram resultados importantes para um melhor entendimento sobre a ação do fogo em áreas de planícies de inundação, podendo ser aplicados em áreas similares.

**Palavras-chave:** Geotecnologias; Índices Espectrais; Focos de Calor; Pantanal.

**Abstract:** Through multispectral satellite images, it is possible to monitor burned areas, using vegetation indices to analyze and compare healthy areas and areas degraded by fire. The aim of this study was to analyze a conservation unit in the Pantanal Biome, which was impacted by fire occurred in the year 2020, and to estimate the degree of severity by fire in that place. Using Sentinel-2 images, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Normalized Burning Index (NBR), it was possible to identify the fire scars and estimate the severity of the event. The results indicated a severe degree of impact by fire in the RPPN Engenheiro Eliezer Batista in the year 2020. The use of vegetation indices was a useful tool in monitoring the health of the vegetation and in the detection of fire outbreaks, and through the targeted calculations,

---

<sup>1</sup> Mestrando em Recursos Naturais no Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Campo Grande-MS. E-mail: [rocha2496@gmail.com](mailto:rocha2496@gmail.com) Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/8101155000791954>. Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-3841-8600>.

<sup>2</sup> Doutora em Ecologia e Recursos Naturais. Docente da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Campo Grande. E-mail: [amguntzel@uems.br](mailto:amguntzel@uems.br). Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/2138115859073177>. Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-9184-2304>.

showed important results for a better understanding of the action of fire in areas of floodplains, which can be applied in similar areas.

**Keywords:** Geotechnologies; Spectral indices; Hot spots; Wetland (Pantanal).

**Resumen:** A través de imágenes satelitales multiespectrales es posible monitorear áreas quemadas, utilizando índices de vegetación para analizar y comparar áreas sanas y áreas degradadas por el fuego. El objetivo de este trabajo fue analizar una unidad de conservación en el Bioma Pantanal, que fue impactada por los incendios ocurridos en el año 2020, y estimar el grado de severidad del incendio en ese lugar. Usando imágenes Sentinel-2, el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y el Índice de Quema Normalizado (NBR), fue posible identificar las cicatrices del incendio y estimar la gravedad del evento. Los resultados indicaron un grado severo de impacto por fuego en la RPPN Engenheiro Eliezer Batista en el año 2020. El uso de índices de vegetación fue una herramienta útil en el monitoreo de la salud de la vegetación y en la detección de focos de fuego, y a través de los cálculos dirigidos, mostró resultados importantes para una mejor comprensión de la acción del fuego en áreas de llanuras aluviales, que pueden ser aplicados en áreas similares.

**Palabras clave:** Geotecnologías; Índices Espectrales; Puntos Calientes; Humedal.

## Introdução

Há um consenso no meio científico de que a conservação da biodiversidade e, conseqüentemente, a manutenção dos serviços ambientais prestados pelos diferentes biomas globais, é imprescindível para a manutenção da vida no planeta. Por outro lado, as atividades de populações humanas cada vez maiores, demandam quantidades proporcionais de recursos naturais e produzem impactos ambientais incompatíveis com a proteção da biodiversidade.

A criação de áreas protegidas no Brasil, as Unidades de Conservação, resultou da necessidade do cumprimento das diretrizes acordadas na Convenção sobre a Diversidade Biológica, documento que reconhece, além do valor intrínseco, a importância da biodiversidade para a evolução e manutenção dos sistemas necessários à vida da biosfera, e a responsabilidade dos Estados pela conservação de sua diversidade biológica e pela utilização sustentável de seus recursos naturais (MMA, 2000).

Sobre a relevância da abordagem das unidades de conservação, Lopes e Vialogo (2013, p. 80), observam que:

É de grande relevância e merece atenção, porque não visa somente conhecer o que é feito para proteger e preservar, visando a garantia de um meio ambiente ecologicamente equilibrado para as futuras gerações, preocupação nitidamente expressa no artigo 225, da Constituição Federal (1988), mas também permite verificar se existe aplicabilidade, fiscalização e o quanto as unidades de conservação são eficazes para o alcance desse propósito constitucional.

Atualmente, o Brasil possui 1544 unidades de conservação (UCs) continentais (MMA, 2021), de diversas categorias e graus de proteção ambiental, com objetivos que abrangem a proteção da biodiversidade em todos os níveis (genética, específica, de ecossistemas e recursos hídricos) e a valorizam econômica, social e culturalmente, no sentido de proteger os recursos naturais necessários à subsistência e os valores culturais de populações tradicionais, além de promover a recuperação de ecossistemas degradados e proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental (BRASIL, 2000).

Apesar desse número relativamente expressivo de unidades de conservação, as áreas legalmente protegidas representam em torno de 18% da superfície do país, considerando as áreas federais, estaduais e municipais (MMA, 2021). Drummond et al. (2021, p. 342) trazem à tona a seguinte reflexão:

O crescimento dos tipos e dos números de UCs e das áreas por elas protegidas e afetadas traz consigo uma série de questões que merecem atenção. A complexidade do sistema cresce exponencialmente com a expansão dos números e categorias de UCs e da extensão dos espaços a serem geridos. Isso demanda mais recursos para manter e capacitar profissionais, alcançar regularização fundiária, construir infraestrutura, adquirir equipamentos, fiscalizar, estimular a pesquisa científica, promover a visitação e a educação ambiental e alcançar o apoio de setores mais amplos da sociedade à criação e ao funcionamento das UCs.

Esses autores também consideram que há ainda a “necessidade de um planejamento abrangente e integrado, baseado em uma visão de sistema, para possibilitar o monitoramento das ações, das fraquezas e ameaças, dos avanços e da efetividade da gestão do conjunto de UCs.

A Lei nº 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), além de estabelecer “normas e critérios para a criação, implantação e gestão das UCs, trata das áreas do entorno, denominadas Zonas de Amortecimento (ZA)”, cujo propósito “é funcionar como um filtro de impactos gerados pelas atividades antrópicas, que possam refletir no comprometimento das funções estabelecidas pelas UCs” (BRASIL, 2000).

Sobre a Zona de Amortecimento, Sayer (1991) apud Brito et al. (2021), a define como zona-tampão ou área periférica onde “são impostas restrições ao uso de recursos ou são adotadas medidas especiais de desenvolvimento para aumentar o valor de conservação da área” e Brito et al. (2021) consideram que “além de prever a ordenação por meio de restrições ao uso dos recursos naturais, essas áreas constituem zonas de transição gradual entre uma unidade de conservação estritamente protegida e locais onde o seu uso é progressivamente intensificado.

Sendo assim, as zonas de amortecimento representam um grande desafio na gestão das unidades de conservação, uma vez que junto com o estabelecimento dessas áreas no entorno das mesmas, surgem “problemas ambientais, dificuldades de ordem econômica, social, e principalmente política, o que em geral ocasiona graves conflitos entre as populações locais e as ações dos responsáveis por sua gestão” (LOPES; VIALOGO, 2013, p. 107).

Embora as unidades de conservação tenham sido criadas visando regulamentar a forma de utilização dos recursos naturais, Santos et al. (2020) observam que:

Os anseios pelo crescimento econômico a qualquer custo em diversos aspectos impulsionam os governos de países em processo de desenvolvimento, como o Brasil, a adotar práticas adversas ou em desarmonia com os objetivos e metas delineadas para o alcance da sustentabilidade. Processos modificadores de paisagens, como o desmatamento, queimadas, expansão da fronteira agropecuária (implantação de atividades agrossilvipastoris), mineração, urbanização sem planejamento, contribuem para o surgimento de problemas e catástrofes socioambientais como, por exemplo, enchentes, erosão, aparecimento de pragas e doenças, mudanças edafoclimáticas etc.

Entre os problemas ambientais enfrentados pela gestores de unidades de conservação no Brasil, em diversos biomas, atualmente, o fogo tem sido o mais recorrentemente citado na literatura e divulgado pela mídia. Costa e Brites (2004) *apud* Leite e Farias (2018, p. 63), esclarecem que:

As queimadas, provocadas ou acidentais, ocorrem com bastante frequência na região do Pantanal, e a ocorrência de focos de queimadas, principalmente nos meses caracterizados por baixas quantidades de chuvas, aumenta consideravelmente, tornando difícil a tarefa de acompanhamento, delimitação precisa e controle das regiões atingidas.

Jesus et al. (2020), em um estudo abordando a incidência de fogo nos biomas brasileiros, observaram as maiores áreas de ocorrência de focos de fogo nos biomas Amazônia e Cerrado, com este último apresentando a maior área queimada. Conseqüentemente, as unidades de conservação localizadas nestes biomas tiveram maior quantidade de focos detectados.

O estado de Mato Grosso do Sul abriga em seu território os biomas Cerrado, Pantanal e Mata Atlântica, motivo pelo qual é considerado estratégico no que se refere à conservação da biodiversidade no país (BRITO et al., 2021). Segundo os mesmos autores, o estado possui 131 unidades de conservação, que abrangem 15,20% de seu território (74 de 79 municípios), sendo

que 35 são unidades de conservação de Proteção Integral, onde é obrigatório o estabelecimento de zona de amortecimento em seu entorno.

As reservas particulares do patrimônio natural (RPPNs) constituem áreas protegidas previstas no SNUC e integram as unidades de conservação de uso sustentável, às quais têm como objetivo principal de manejo a conservação da diversidade biológica, prestando-se às atividades de pesquisa científica e à visitação com fins turísticos, recreativos e educacionais (SNUC, 2000).

A RPPN Engenheiro Eliezer Batista situa-se em uma região apontada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2018) como de importância biológica extremamente alta, o que significa ser prioritária para a conservação dos recursos naturais e ter urgência de ações de proteção, geração de conhecimento sobre a sua biodiversidade e criação de unidades de conservação de proteção integral e de uso sustentável. O ato de criação da RPPN deu-se por meio da Portaria nº 51, de 24 de julho de 2008, e abrange 62,2% da área da propriedade denominada Reserva Natural Engenheiro Eliezer Batista, integrando o mosaico de reservas particulares, parque e áreas naturais protegidas existentes na região do Alto Rio Paraguai, sub-região da Nhecolândia (CORUMBÁ, 2011).

Na região do Pantanal, a sub-região da Nhecolândia é historicamente uma das mais importantes na criação de gado extensiva, caracterizando-a como atividade econômica consolidada (Garagorry et. al., 2010 apud Leite e Faria, 2020). De acordo com Pott, 1982 *apud* Leite e Faria (2018):

No sistema extensivo como o Pantanal, a utilização do fogo tem sido um instrumento importante para melhorar a qualidade da forragem produzida. A queima é realizada anualmente contudo, sua utilização é feita de forma seletiva e localizada, procurando eliminar ou conter a expansão de espécies indesejáveis e promover o rebrote das forrageiras de baixa aceitabilidade, sendo comumente queimadas as áreas de caronal (*Elyonurus muticus*), de capim fura – bucho (*Paspalum carinatum* e *P. stellatum*), de capim rabo – de – burro (*Andropogon bicornis*) e cerrado ralos.

Entretanto, alterações nos padrões climáticos globais resultaram em redução do volume hídrico nos diferentes biomas brasileiros, sendo que o Pantanal apresentou a maior redução na superfície de água entre 1988/1989 e 2018 (MAPBIOMAS, 2021):

Mais seco, o Pantanal está também mais suscetível ao fogo. Os períodos úmidos favorecem o desenvolvimento de plantas herbáceas, arbustivas, aquáticas e semi-aquáticas, acumulando biomassa. No período seco, a vegetação seca vira combustível para o fogo. De todos os biomas brasileiros,

o Pantanal foi o que mais queimou nos últimos 36 anos: 57% de seu território foi queimado pelo menos uma vez no período, ou 86.403 km<sup>2</sup>. Áreas de vegetação campestre e savanas foram as mais afetadas, respondendo por mais de 75% das áreas queimadas. Ao todo, 93% do fogo no período ocorreu em vegetação nativa; apenas 7% em área antrópica. Em 2020 foram mais de 2,3 milhões de hectares queimados, desde 1985 esse valor só é menor do que a área queimada de 1999, com 2,5 milhões de hectares.

Em 2020 e 2021, grandes incêndios florestais atingiram a região do Pantanal, destruindo milhares de hectares de vegetação nativa. Os dados de satélite mostram que os incêndios de 2020 no Pantanal foram os piores da história do bioma, resultando em mais de 26% de seu território consumidos pelo fogo, atingindo principalmente o Pantanal norte (Poconé, Barão de Melgaço e Cáceres), e a Serra do Amolar no Pantanal sul. Já em 2021, apesar de proporções menores, 12,6% do bioma foi consumido pelo fogo, desta vez, concentrados principalmente no Pantanal sul, na região de Corumbá, Miranda e Aquidauana (SOS PANTANAL, 2022).

No que tange às unidades de conservação, o estudo de áreas queimadas com o objetivo de avaliar as alterações provocadas por incêndios sobre a vegetação preservada fornece informações importantes para o planejamento das ações de prevenção, controle e combate de incêndios.

Nesse sentido, o sensoriamento remoto é uma ferramenta fundamental, pois fornece cobertura temporal e espacial ao monitoramento e análise destes eventos, além de possibilitar a elaboração de mapas temáticos, a partir do conhecimento da distribuição espacial e da extensão do fogo, permitindo localizar regiões com maiores e menores riscos de ocorrências de incêndios, ao longo das diferentes paisagens e tipos de ecossistemas florestais (JESUS et al., 2020; JÚNIOR; FERREIRA, 2020).

Diante desse cenário, o presente projeto tem como objetivo analisar o grau de severidade de incêndios na RPPN Engenheiro Eliezer Batista, durante o período de 2019 e 2020, por meio da aplicação de índices de vegetação, avaliando a efetividade dessas ferramentas para o entendimento da ação do fogo em áreas atingidas por incêndios florestais no Bioma Pantanal.

## **Material e Métodos**

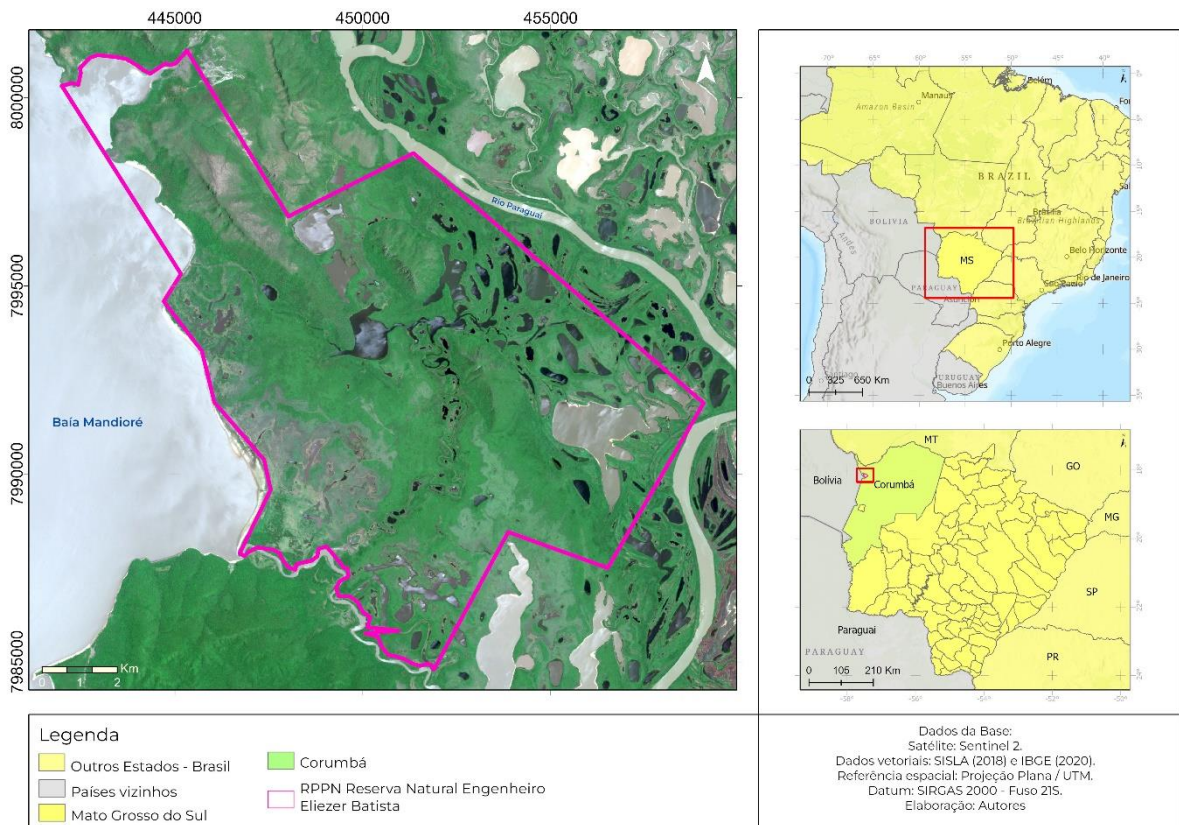
### **Área de estudo**

Localizada no estado de Mato Grosso do Sul, a Reserva Particular do Patrimônio Natural Engenheiro Eliezer Batista (RPPN – EEB), está situada a noroeste do município de Corumbá, cerca de 180 km da sede do município (18°05'25" e O 57°28'27"), entre o Rio



Paraguai e a Baía Mandioré, sendo o limite oeste da RPPN - EEB fazendo fronteira com a Bolívia (Figura 1).

**Figura 1** – Localização da Reserva Particular do Patrimônio Natural Engenheiro Eliezer Batista (RPPN – EEB).



**Fonte:** Satélite: Sentinel 2, SISLA (2018) e IBGE (2020). **Org.:** Autores (2019).

A Reserva Particular do Patrimônio Natural Engenheiro Eliezer Batista, possui cerca de 13.323,44 ha, com sua área integrando a sub-região do Pantanal do Paraguai, considerando as subdivisões do Pantanal (SILVA; ABDON 1998), além da Serra do Amolar.

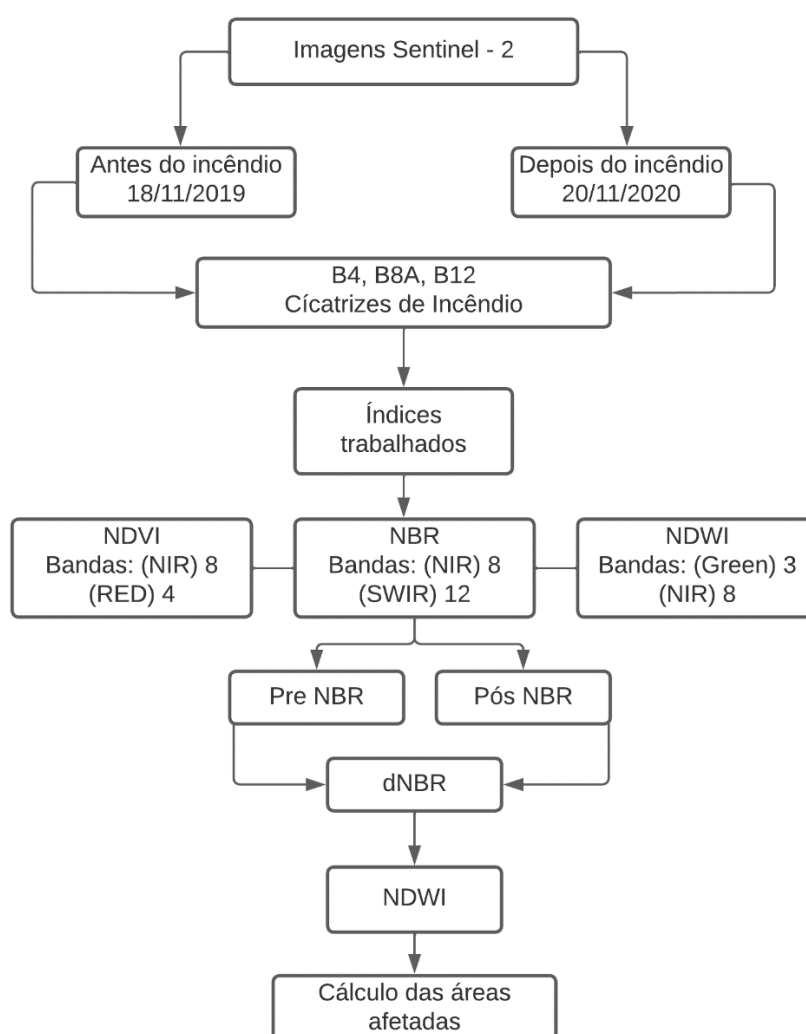
**Metodologia**

As imagens trabalhadas foram do Satélite Sentinel-2, com resolução de 10 metros, disponibilizadas de forma gratuita no site da United States Geological Survey (<http://earthexplorer.usgs.gov>). As cenas escolhidas foram de um ano anterior ao incêndio, na

data de 18 de novembro de 2019 e pós-incêndio, na data de 22 de novembro de 2020. Foram escolhidas estas imagens por apresentarem poucas nuvens cobrindo a cena e boa visibilidade.

A análise e o processamento das imagens foram realizados no software ARCGIS PRO 2.04 (ESRI, 2018). Foram recortadas as imagens utilizando como máscara um *shapefile* do limite do Parque Estadual, disponibilizado do site do SISLA (<http://sisla.imasul.ms.gov.br>). A organização da metodologia está descrita na figura 2.

**Figura 2** – Fluxograma organizacional da metodologia



**Fonte:** Autores (2019).

Para a realização desse estudo foram utilizadas técnicas de combinações de bandas espectrais, gerando uma imagem de falsa-cor, além da utilização de índices espectrais, os quais



determinam uma escala numérica para os valores dos pixels, através de equações matemáticas, possibilitando a identificação das cicatrizes de incêndios.

A utilização do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é importante no realce das bandas dos satélites através de operações matemáticas. Além de ser utilizado na avaliação do uso e cobertura da terra, o NDVI pode ser funcional em outras avaliações, como biomassa e detecção de mudanças do padrão do uso e cobertura de um determinado ambiente (SHIMABUKURU, 1998).

O cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi descrito por Jensen (1996), sendo utilizadas as bandas vermelhas (Red) e Infravermelho próximo (NIR) (Equação 1). As bandas selecionadas foram o infravermelho próximo (banda 8) e o vermelho (banda 4). Já para o cálculo do Índice de Queimada Normalizada (NBR), proposto por Key; Benson (1999), foram utilizadas as bandas de infravermelho próximo, NIR (*near infrared*) e o infravermelho de ondas curtas, SWIR (*short-wave infrared*) (Equação 2). Para essa equação, as bandas utilizadas foram a 8 (NIR) e a banda 12 (SWIR).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \text{ (Equação 1)} \qquad NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \text{ (Equação 2)}$$

Conforme Key; Benson (2006), o cálculo do grau de severidade ( $\Delta NBR$ ) ou  $dNBR$  é expresso na seguinte Equação:

$\Delta NBR = (\text{Pré-fogo NBR} - \text{Pós-fogo NBR})$  (Equação 3) onde: Pré-fogo = (NBR – Novembro de 2019) e Pós-fogo = (NBR – Novembro de 2020). Após o processamento, foi necessário reclassificar a imagem, utilizando a ferramenta “*Spatial Analyst Tool – Reclass - Reclassify*” no ARCGIS, escolhendo as classes e definindo os valores.

Após a reclassificação, foi necessário excluir o que não fosse relacionado à área de impacto. Os corpos hídricos foram excluídos utilizando o Índice de Umidade (NDWI) (Equação 4), que é resultado da refletância do verde nos corpos hídricos e a normalização com o vermelho próximo.

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR} \text{ (Equação 4)}$$

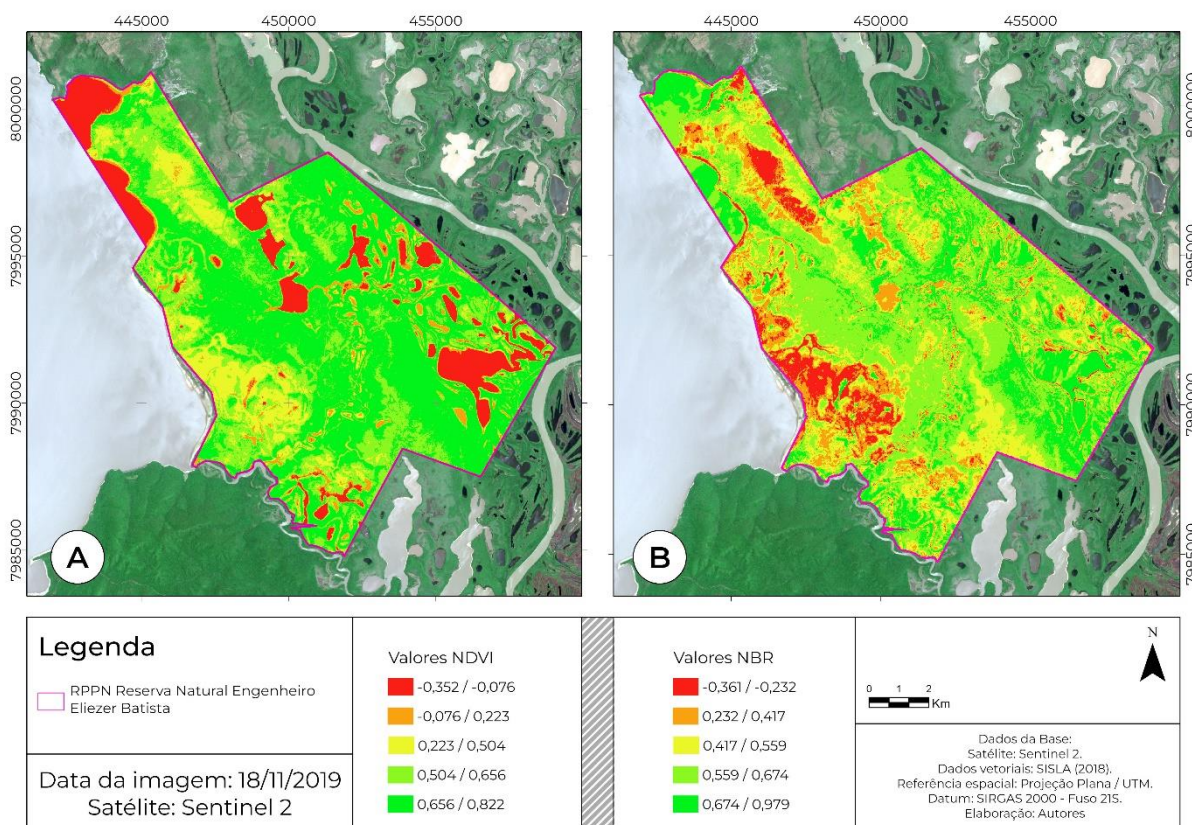
Assim, as bandas utilizadas foram: Banda 3, correspondente à cor verde e Banda 8, correspondente ao infravermelho próximo. Após esse processo foi necessária uma nova

reclassificação de imagem, visando a interpretação técnico-visual de características de ocupação e uso da área estudada, separando os corpos hídricos.

### Resultados e Discussão

Os resultados dos índices de NDVI (A) e NBR (B) respectivos ao ano de 2019 (Figura 3), mostram combinações de dados espectrais, analisando a cobertura vegetal antes do incêndio ocorrido. As classes analisadas aos valores de NDVI, apresentam números que variam de -0,352 até 0,656, em uma área onde o relevo predominante é a planície de inundação (CORUMBÁ, 2011).

**Figura 3** - Imagem dos Índices espectrais NDVI (A) e NBR (B) referentes ao ano de 2019.



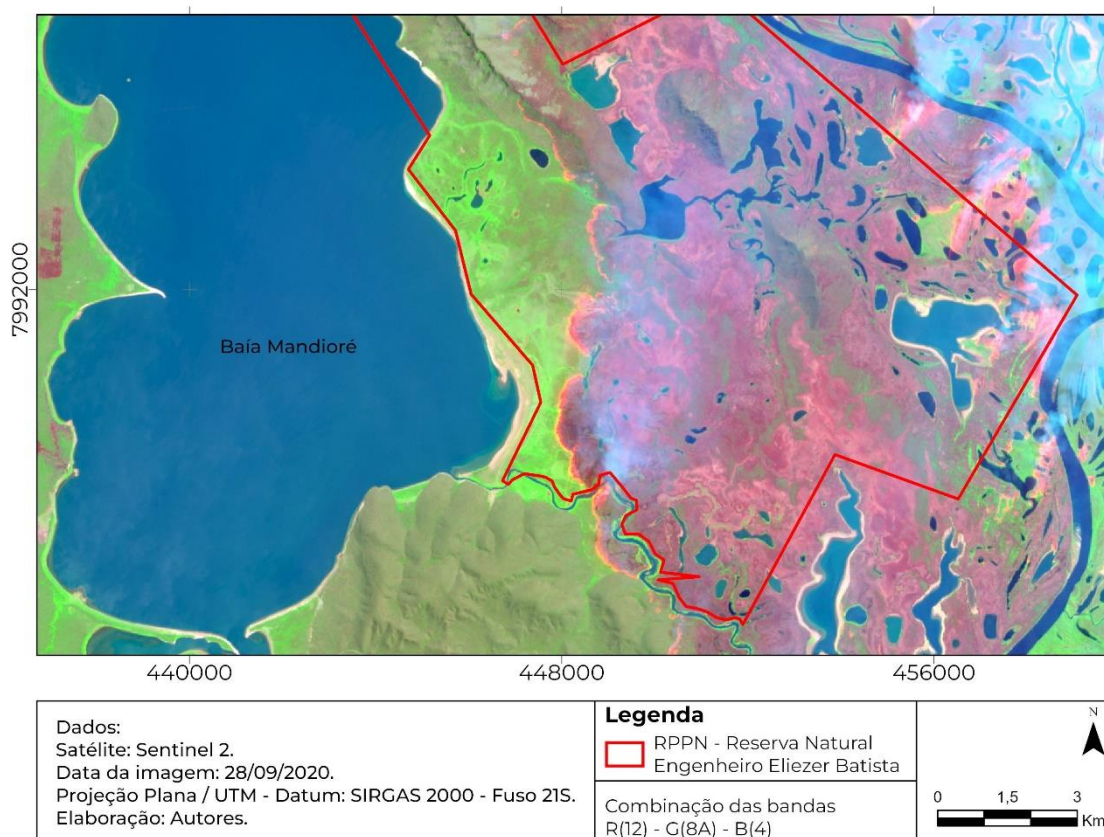
**Fonte:** Satélite: Sentinel-2, SISLA (2018). **Org.:** Autores (2019).

Os resultados observados, após cálculos referentes às equações 1 e 2, mostram valores tanto de NDVI (A) quanto NBR (B) equilibrados, onde valores próximos a 1, são correspondentes a locais onde a vegetação é densa, e valores próximos ao negativo (-1) indicam

locais com ausência de vegetação. A área possui corpos hídricos e solo exposto, onde os valores tendem a estar próximos ao negativo (para o NDVI).

Para melhor visualização da área atingida pelo incêndio, foi utilizada a composição falsa-cor (satélite Sentinel-2) das bandas RGB: 12, 8A e 4, onde R corresponde a banda 12, G corresponde a banda 8A e B corresponde a banda 4 (Figura 4), na data de 28 de setembro de 2020, onde foi um período que constantes focos de incêndios foram identificados dentro do Bioma Pantanal.

**Figura 4** – Combinação da falsa-cor (R12; G8 e B4) para visualização de cicatrizes de queimadas.



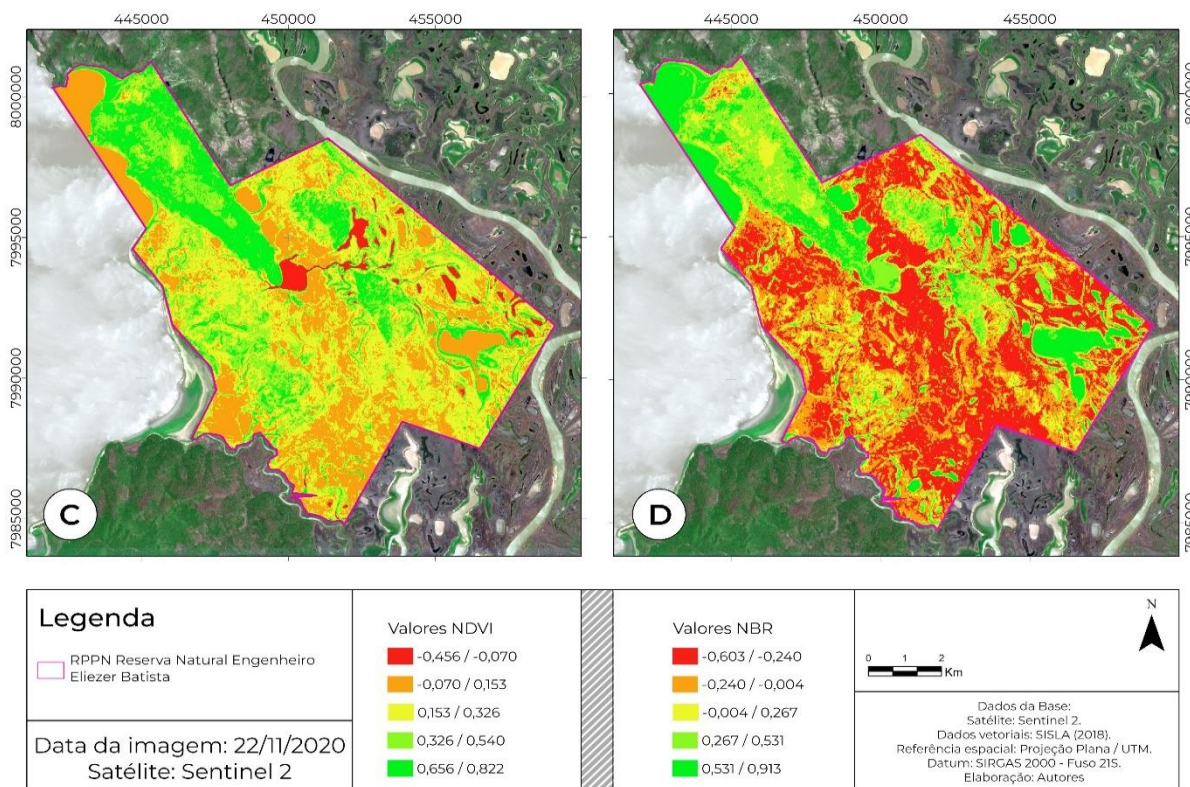
**Fonte:** Satélite: Sentinel-2. SISLA (2018). **Org.:** Autores (2019).

A utilização dessas bandas se dá pela fácil visualização de focos de incêndios e cicatrizes de queimadas, uma vez que ao avançar mais na faixa SWIR do espectro eletromagnético, há menos suscetibilidade à fumaça e neblina gerada por um incêndio em chamas (KEY; BENSON (1999). Como observado na imagem, os incêndios foram de grande proporção dentro da RPPN - EEB, consumindo quase toda sua área.



Os resultados após cálculos referentes as equações 1 e 2, mostram que após esse período de incêndio, no ano de 2020, a área da Reserva Particular do Patrimônio Natural Engenheiro Eliezer Batista (RPPN - EEB) foi bastante impactada pela ação do fogo (Figura 5).

**Figura 5** - Imagem dos Índices espectrais NDVI (C) e NBR (D) referentes ao ano de 2020.



**Fonte:** Satélite: Sentinel-2, SISLA (2018). **Org.:** Autores (2019).

Os valores referentes ao NDVI (C), mostram que grande parte da área onde havia uma maior cobertura de área verde no ano de 2019, apresenta valores que variam de -0,070 até -0,456, indicando que essas áreas, antes verdes, não foram preservadas. Outros valores se referem ao estresse hídrico da vegetação acometida pelo incêndio.

Os valores referentes ao índice NBR (D), indicam resultados melhores para a visualização das cicatrizes de queimadas, podendo ser observados valores negativos que aumentam conforme a área afetada pelo fogo (Figura 5).

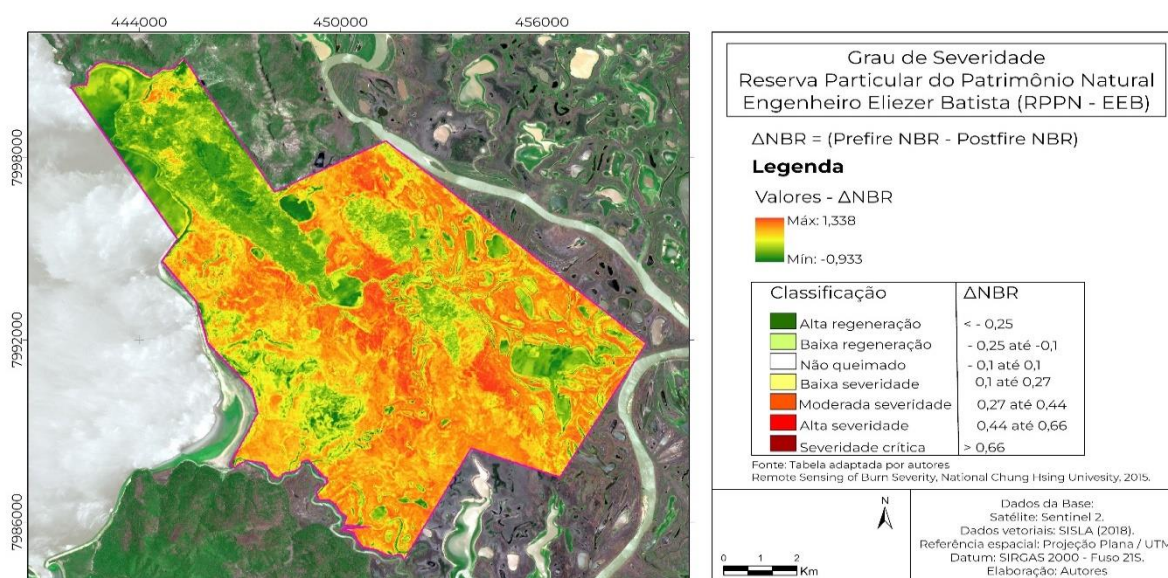
A comparação entre esses dois índices espectrais mostra que diferentemente do índice NDVI, onde os valores que se aproximam de ou são negativos, correspondem a uma vegetação afetada, estresse hídrico, corpos hídricos ou solo exposto, no Índice de Queimada Normalizada (NBR), os valores indicam o oposto, sendo que corpos d'água são representados por valores

positivos, uma vez que as bandas utilizadas são do infravermelho, que reduzem as interferências atmosféricas (Key; Benson, 2005). No caso do NDVI, por usar a banda vermelha da luz visível, podem ocorrer variações pelos componentes da camada atmosférica.

Para uma melhor avaliação das queimadas ocorridas dentro da área da RPPN - EEB, o Índice de Queimada Normalizada (NBR) é capaz de destacar melhor as cicatrizes de incêndios, onde são notados números referentes ao negativo, mostrando que grande parte da área da RPPN - EEB foi consumida pelo fogo, uma vez que a vegetação saudável possui refletância de infravermelho próximo muito alta, enquanto para infravermelho de onda curta, a refletância é consideravelmente baixa. Sendo assim, os valores altos de NBR indicam vegetação saudável, enquanto valores baixos indicam solo exposto ou queimadas recentes, como observado no estudo.

A partir dos dois cálculos referentes ao NBR de 2019 e 2020, é possível, obter os resultados referentes ao grau de severidade através da equação 3 (Figura 6). Por meio da comparação entre imagens pré-fogo e pós-fogo, é possível observar o comportamento do evento, onde quanto maior o valor de  $\Delta$ NBR, mais graves os danos causados;  $\Delta$ NBR negativo pode indicar aumento da produtividade da vegetação, funcionando de maneira oposta ao NBR.

**Figura 6** - Grau de Severidade ocorrido dentro da Reserva do Patrimônio Natural Engenheiro Eliezer Batista.



**Fonte:** Satélite: Sentinel-2, SISLA (2018). Tabela adaptada de Roy; Boschetti; Trigg (2006).

**Org.:** Autores (2019).



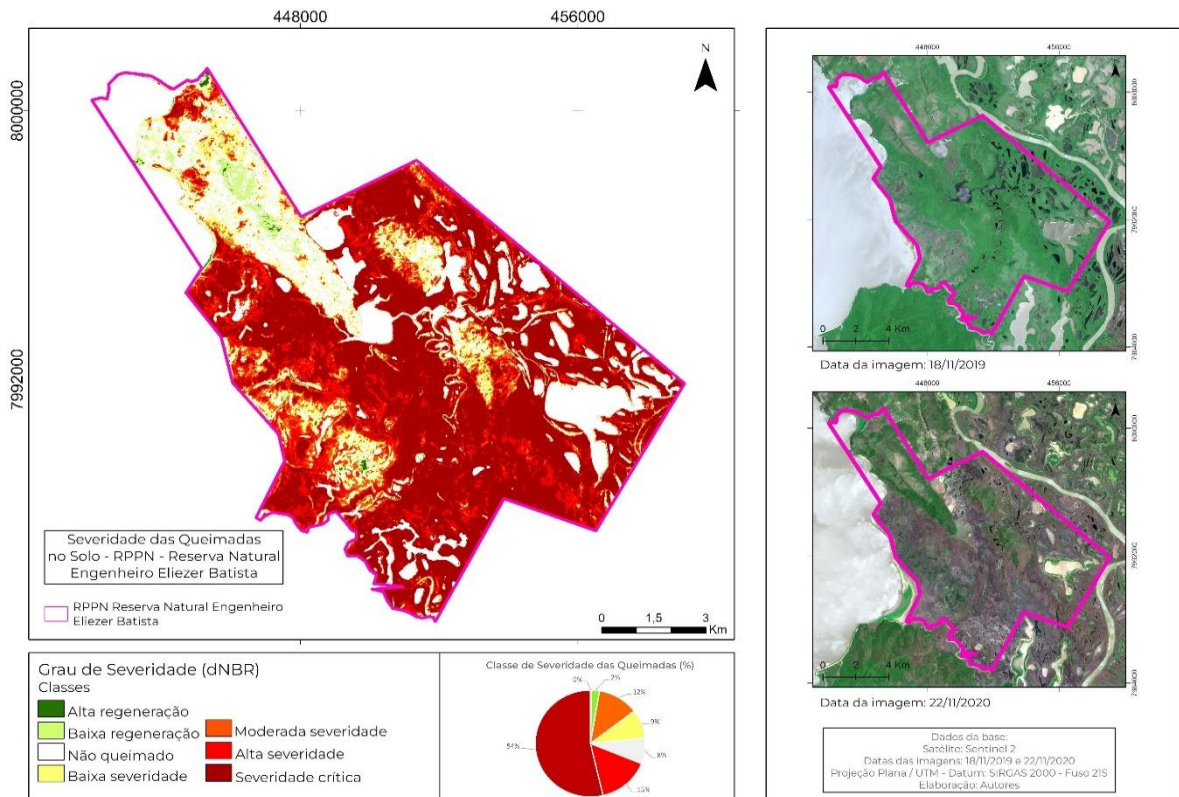
A importância do uso do Índice de NDVI diante de um cenário como esse, auxilia na verificação do comportamento da vegetação, utilizando imagens de duas épocas diferentes (novembro de 2019 e novembro de 2020) e através dessa análise temporal, é possível traçar o comparativo da área pré-fogo e pós-fogo além de avaliar a severidade da queimada com a utilização do índice do NBR.

Para um melhor entendimento do resultado, através da equação 4 do Índice de Umidade (NDWI), é possível separar corpos hídricos do restante da cena, sendo observado somente os valores referentes ao solo da RPPN – EEB (Figura 7).

Observou-se após os cálculos, que o  $\Delta NBR$  é capaz de identificar que grande percentual da área apresentou valores superiores a 0,66, classificando-a como de severidade crítica após os incêndios em setembro de 2020.

Severidade crítica foi observada em 54% da RPPN, 15% da área apresentou alta severidade; 12% severidade moderada, 9% baixa severidade, 8% da área não foi afetada pelo fogo e 2% de baixa regeneração.

**Figura 7 – Severidade das Queimadas na RPPN - EEB.**



**Fonte:** Satélite: Sentinel-2. SISLA (2018). **Org.:** Autores (2019).

Os valores obtidos pelo  $\Delta$ NBR, foram agrupados em sete classes, onde foram gerados resultados em Km<sup>2</sup> (Tabela 1) referentes a cada classe.

**Tabela 1** - Classificação do grau de severidade dentro da RPPN - EEB.

Classes	Área (km <sup>2</sup> )	%
Alta regeneração	0,38	0,36
Baixa regeneração	2,44	2,28
Não queimado	8,32	7,76
Baixa severidade	9,41	8,77
Moderada severidade	12,80	11,94
Alta severidade	16,26	15,17
Severidade crítica	57,55	5,69
Total	107,16	100,00

**Fonte:** Autores (2019).

Em torno de 74% da área apresentou severidade alta e crítica quanto a intensidade da degradação pelo fogo. Somando-se esse percentual à severidade moderada, o valor sobe para cerca de 87% da área impactada pelo incêndio. Os eventos relacionados ao fogo no Pantanal têm se tornado cada vez mais frequentes e severos nos últimos anos e em particular entre 2018 e 2020 (MIRANDA; MARTINHO; CARVALHO, 2021). Esses episódios se unem aos resultados de pesquisas recentes que demonstraram a perda de cerca de 29% da superfície de água no Pantanal (MAPBIOMAS, 2021), sendo esse um cenário altamente preocupante dada a importância do bioma para o ciclo hidrológico e climático (Ponce, 1995 apud JUNK (2005).

Um dos principais conflitos existentes na área da reserva é a prática de manejo do pasto por meio de queimadas controladas. Uma vez que se trata de uma área protegida essencialmente de planície de inundação, o acúmulo da biomassa no solo torna-se um combustível de fácil acesso pelo fogo na época seca (SHIMABUKURU, 1998)), sendo urgente a implementação de ações de controle do uso do fogo nessa época do ano para a prevenção de novos incêndios.

As informações geradas em diferentes estudos sobre o grau de severidade dos incêndios, principalmente aqueles que ocorreram em áreas protegidas no Pantanal, são importantes para subsidiar ações de prevenção, combate e recuperação das áreas atingidas pelo fogo, às quais devem ser implementadas de forma integrada, envolvendo toda a sociedade da região e de áreas fronteiriças, assim como dos países cujos territórios abrangem o bioma.

### Considerações Finais

Conclui-se que a severidade causada pelo incêndio é apontada por ambos os índices utilizados (NDVI, NBR). Após comparação dos dois métodos aplicados, observou-se que as cicatrizes oriundas dos focos de incêndio foram melhor visualizadas através do índice NBR, mostrando maior eficiência deste índice na identificação das áreas queimadas.

A utilização dos índices de vegetação é um forte aliado no monitoramento da saúde da vegetação e na detecção de focos de incêndios, e através dos cálculos direcionados, mostraram resultados importantes para um melhor entendimento sobre a ação do fogo em áreas de planícies de inundação, podendo ser aplicados em áreas similares.

As informações aqui produzidas sobre o grau de severidade dos incêndios na RPPN Engenheiro Eliezer Batista, foram importantes para subsidiar ações de prevenção, combate e recuperação das áreas atingidas pelo fogo.

### Referências

ABDON, M. de M. et al. **Utilização de dados analógicos do Landsat-TM na discriminação da vegetação de parte da sub-região da Nhecolândia no Pantanal**. Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE), 1998.

BRASIL. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC**, Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. 5.ed. aum. Brasília: MMA/SBF, 2004. 56p.

BRITO, R.M.; GARCIA., P.H.M.; CHAVEZ, E.S. **Zonas de Amortecimento de Unidades de Conservação: Conceitos, Legislação e Possibilidades no Estado de Mato Grosso do Sul**. Revista Brasileira de Geografia Física v.14, n.03, 2021.

DRUMMOND, J.; FRANCO, J.L.DE A.; OLIVEIRA, D. DE. **Uma análise sobre a história e a situação das unidades de conservação no Brasil**. Conservação da Biodiversidade Legislação e Políticas Públicas. p. 341-385.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. 2a. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1996.

JESUS, J.B.; ROSA, C.N.; BARRETO, Í.D.C.; FERNANDES, M.M. Análise da incidência temporal, espacial e de tendência de fogo nos biomas e unidades de conservação do Brasil. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 1, p. 176-191, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509837696>.

JÚNIOR, C.M.P.; FERREIRA, R.V. **Avaliação do desempenho do índice  $\Delta$ NBR para a identificação de áreas incendiadas na microrregião de Uberaba, MG**. Brazilian

Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium, v. 11, n. 2, p. 159-169, 2020.

JUNK, W.J; CUNHA, C.N. Pantanal: a large South American wetland at a crossroads. *Ecological Engineering* v. 24, p. 391–401, 2005.

KEY, C.H.; BENSON, N.C. Landscape assessment: ground measure of severity, the Composite Burn Index; and remote sensing of severity, the Normalized Burn Ratio. **USDA Forest Service Gen. Tech. Rep.** RMRS-GTR-164-CD. 2006. 51p.

KEY, C.H.; BENSON, N.C. The Normalized Burn Ratio (NBR): A Landsat TM radiometric measure of burn severity. **United States Geological Survey, Northern Rocky Mountain Science Center: Bozeman, MT, USA**, 1999.

LEITE, E.F.; FARIA, R.R. Dinâmica espaço-temporal dos focos de calor na sub-região da Nhecolândia, Pantanal, MS. **Anais 7º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Jardim, MS, 20 a 24 de outubro 2018 Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 62-70.

LOPES, J.G.; VIALÔGO, T.M.LV. Unidades de Conservação no Brasil. **Revista JurisFIB** v. 4, p. 79-109. 2013.

MAPBIOMAS. **Pantanal perdeu 29% de superfície de água, entre a cheia de 1988/1989 e a última, em 2018**. 29 de setembro de 2021. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>

MATO GROSSO DO SUL. **Plano de manejo do Parque Estadual do Pantanal do Rio Negro**. Campo Grande: SEMAC-IMASUL, 2008.

MIRANDA, E.E.; MARTINHO, P.R.R.; CARVALHO, C.A. **Dinâmica de queimadas e incêndios na bacia do rio Paraguai e no Pantanal (2018 e 2020)**. Campinas: EMBRAPA Territorial, 2021.

MMA. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs.html>.

MMA. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **A Convenção sobre Diversidade Biológica – CDB**. Cópia do Decreto Legislativo no. 2, de 5 de junho de 1992. Brasília - DF MMA, 2000.

ESRI. ARCGIS PRO. **Environmental Systems Research Institute, Redlands, California, USA**, 2018.

ROY, D.P.; BOSCHETTI, L.; TRIGG, S.N. Remote sensing of fire severity: assessing the performance of the Normalized Burn Ratio. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, v.3, n.1, p.112-116, 2006.

SANTOS, P. R. DOS; SANTANA, V.V. DE; SANTOS, M.C.V. DOS; LOPES, V. DOS S. Breve análise da importância dos órgãos executores da política ambiental brasileira frente aos agravos ambientais em unidades de conservação. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e**

**Sustentabilidade** v. 7, n. 15, p. 211-223, 2020. Disponível em: [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2020\)071515](https://doi.org/10.21438/rbgas(2020)071515).

SHIMABUKURO, Y.E.; NOVO, E.M.; PONZONI, F.J. **Índice de vegetação e modelo linear de mistura espectral no monitoramento da região do Pantanal**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 33, n. 13, p. 1729-1737, 1998.

SOS PANTANAL. **Comparando os incêndios de 2020 com 2021 no Pantanal: O que mudou? 27 de dezembro de 2021**. Disponível em: <https://www.sospantanal.org.br/comparando-os-incendios-de-2020-com-2021-no-pantanal-o-que-mudou/>.

*Recebido em 30 de março de 2022.*

*Aceito em 09 de julho de 2022.*

*Publicado em 25 de agosto de 2022.*