



ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) APLICADO A ANÁLISE DA AÇÃO DO FOGO NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA SERRA GERAL DO TOCANTINS – TOCANTINS E BAHIA - BRASIL

NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI) APPLIED TO THE ANALYSIS OF FIRE ACTION IN THE SERRA GERAL DO TOCANTINS ECOLOGICAL STATION – TOCANTINS AND BAHIA - BRAZIL

Jobherlane Farias Costa – UFT – Tocantins - Brasil
jobherlanecosta@hotmail.com

Victor Alves da Silva - IFG - Campus Campos Belos – Goiás - Brasil
victor.alvesdasilva@gmail.com

Sandro Sidnei Vargas de Cristo – UFT – Porto Nacional – Tocantins - Brasil
sidneicristo@uft.edu.br

RESUMO

A presente pesquisa trata de uma análise da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, localizada nos estados do Tocantins e da Bahia, tendo como principal objetivo analisar a ação do fogo, entre os anos de 1998 e 2022. Como metodologia se utilizou técnicas de Sensoriamento Remoto tendo como base a subtração de imagens, ou seja, a aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Para isto, utilizou-se o software QGis, versão 2.14 e as imagens de satélites Landsat 5, 7 e 8 e Ressorcesat – 1. Deste modo, foram identificadas áreas atingidas pelo fogo e as alterações ambientais decorrentes do mesmo. De modo geral, observou-se uma intensa ação do fogo sobre a vegetação do Cerrado, no período analisado, bem como uma redução da sua ação, na área, o que pode estar associado as mudanças de uso e ocupação da terra e ao Manejo do Fogo Integrado do Fogo (MIF) implantado na estação ecológica.

Palavras-chave: Ação do Fogo, Sensoriamento Remoto, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada e Unidade de Conservação da Natureza.

ABSTRACT

The present research is about an analysis of the Ecologic Station of Serra Geral do Tocantins localized in the states of Tocantins and Bahia, with the main objective of analyzing the action of fire, between the years of 1998 and 2022. As a methodology, we used Remote Sensing techniques based on image subtraction, in other words, the application of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). To this end, the software QGis, version 2.14, and the satellite images Landsat 5,7, and 8 and Ressorcesat-1 were used. Thus, we've identified areas hit by fires and the environmental changes due to them. On the whole, we've observed an intense action by the fire over Cerrado's vegetation in the analyzed period, as well as a reduction of their action in the last few years, in the area, which might be



associated with the changes in land use and occupation, and the Management of Integrated Fire (MIF) implanted in the ecologic station previously mentioned.

Keywords: Fire Action, Remote Sensing, Normalized Difference Vegetation Index e Nature Conservation Unit.

INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais ocorrem em diversas partes do mundo, provocando impactos no uso da terra, na biodiversidade, no clima regional e em alguns casos à saúde humana, fator ligado a liberação de gases traço e aerossóis. Também pode ser considerado uma das mais importantes fontes de danos aos ecossistemas florestais, por sua vez, causam modificações na química da atmosfera e mudanças climáticas, que têm impactos diretos e indiretos sobre diversos habitats e os ecossistemas (VAN DER WERF et al., 2006; FEARNSSIDE et al., 2009).

No Brasil, essa situação se assemelha, grande parte das Unidades de Conservação da Natureza (UCs) vem sendo atingidas por incêndios florestais. A ocorrência desses eventos pode ser considerada uma grave ameaça para a conservação da biodiversidade e manutenção dos processos ecológicos fundamentais ao ambiente (PRUDENTE, 2010).

Alguns biomas, como o Cerrado, são dependentes do regime de fogo, em que o fogo é considerado uma força dominante na evolução da biota, e que algumas espécies se adaptam muito ao regime de fogo. A passagem do fogo pode beneficiar os processos ecológicos e as espécies vegetais deste bioma, pois, as queimadas estimulam o rebrotamento, a floração e a germinação de sementes e a ciclagem de nutrientes (BORGES, 2021, p. 169). Entretanto, o fogo de forma irresponsável e o aumento de frequência de incêndios pode resultar em prejuízos para a vegetação, em especial, a arbórea (Ratter *et al.*, 1997).

Deste modo, a ação do fogo pode ser mensurada em alguns casos pela dimensão dos estragos ocasionados pela sua passagem, levando em consideração alguns fatores como frequência, intensidade e condições climáticas que acrescentam potencialidade a esses eventos.



Ainda vale ressaltar que, as informações sobre a localização e a extensão dos incêndios florestais, são importantes para a definição de estratégias de combate e prevenção, bem como para a avaliação de danos ecológicos e econômicos, além de serem úteis no delineamento de estratégias que podem implicar redução de gastos provocados por incêndios florestais em áreas agrícolas ou de vegetação nativa (DE JESUS, 2011).

Portanto, métodos de identificação podem ser utilizados como é o caso do uso do Sensoriamento Remoto e de maneira específica, a aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Assim, traz rapidez e eficiência no monitoramento e detecção dos incêndios florestais, viabilizando o controle do fogo, redução dos custos operacionais e possivelmente atenuação dos danos, nos anos seguintes, visto que esses locais vulneráveis se tornam conhecidos.

Com base nisso, os registros de áreas atingidas pelo fogo e, a necessidade de se obter dados históricos e espacializados, o Sensoriamento Remoto tem se tornado importante, pois auxilia na captura das imagens, numa frequência temporal e espacial satisfatória para muitos estudos científicos. Além disso, este permite o acesso remotamente aos locais de difíceis acessos, além da identificação da passagem do fogo em períodos distintos.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar a ação do fogo através do Sensoriamento Remoto bem como, a dinâmica do fogo na área da EESGT entre os anos de 1998 a 2022.

CARACTERIZAÇÃO E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Caracterização Geral

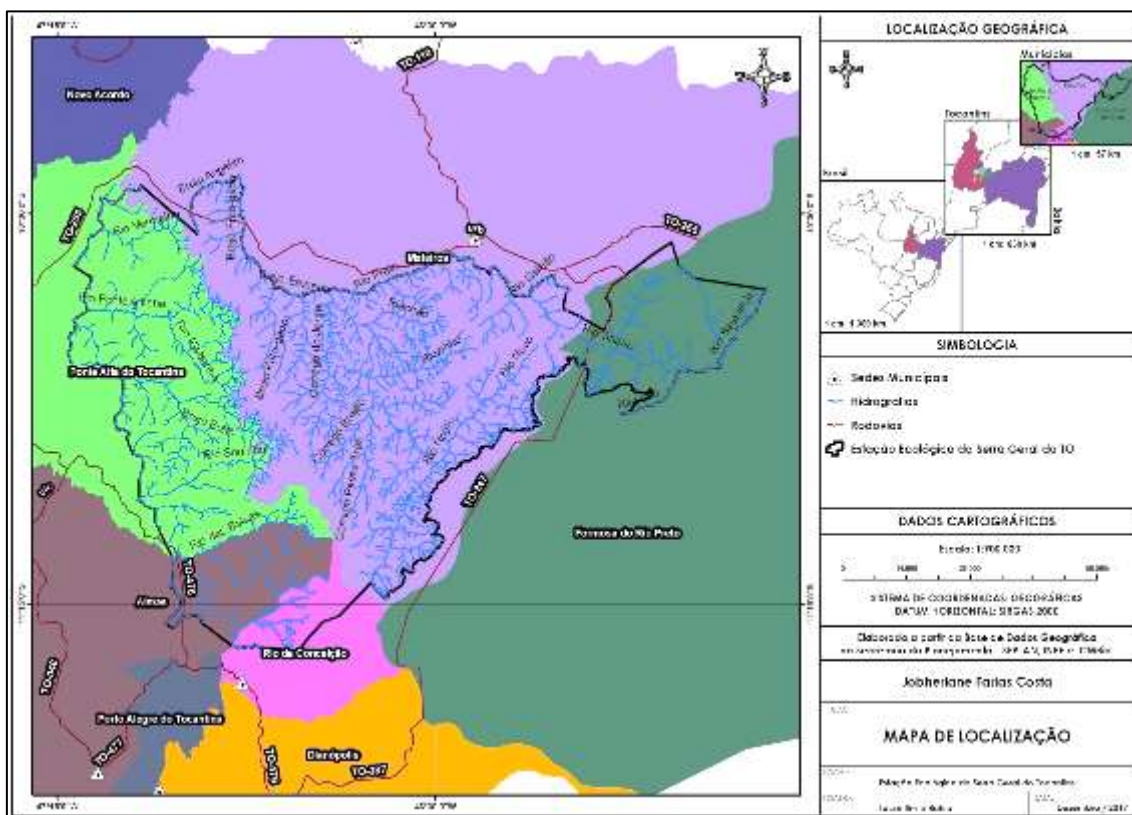
A Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins (EESGT) é uma UC integrante do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) - Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000. De acordo com o decreto presidencial, estabelecido em 27 de setembro de 2001,

a EESGT foi criada com o objetivo de proteger e preservar amostras dos ecossistemas do cerrado, além de auxiliar no desenvolvimento de pesquisas científicas.

É uma das UCs maiores do país e sua área perfaz aproximadamente 707.139ha. Dos quais, cerca de 631.598ha (89,3% da área) ficam no Estado do Tocantins e de 75.541ha (10,7% da área) ficam no Estado da Bahia o que representa quase 40% da área total protegida por UC de proteção integral em território tocantinense (Figura 1).

Sua área está inserida em grande parte na região sudeste do Tocantins, com abrangência em quatro municípios: Mateiros, Ponte Alta do Tocantins, Almas e Rio da Conceição, além disso, a mesma ultrapassa o limite estadual do Tocantins, com uma pequena porção no extremo oeste Baiano, no município de Formosa do Rio Preto.

Figura 1-Localização da Área de Pesquisa



Fonte: Autores, 2018



A EESGT é gerida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), e sua sede fica localizada no município Rio da Conceição, Tocantins, ao sul de seus limites. De acordo com a divisão regional do Brasil, em mesorregiões e microrregiões geográficas, o Norte tocantinense fica na microrregião de Dianópolis e a Baiana na microrregião de Barreiras.

É importante caracterizar os Aspectos Climáticos Regionais descritos a partir de dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), são identificados na área dois períodos contrastantes: uma marca o período chuvoso da área em questão que vai desde outubro a abril, e outro marca o período seco que são os meses de maio a setembro.

O clima também tem influência temporal na origem da vegetação do cerrado, pois as chuvas, ao longo do tempo geológico, intemperizam os solos deixando-os pobres em nutrientes essenciais (WALTER, 2006).

A vegetação do Cerrado é constituída basicamente por dois estratos: o arbóreo/ arbustivo, de caráter lenhoso, e o herbáceo/ subarbustivo, formado pelas gramíneas, outras ervas e pequenos subarbustos (COUTINHO, 1990).

Procedimentos Metodológicos

Para análise das alterações ambientais utilizou-se de material bibliográfico e cartográfico disponibilizados pelos órgãos públicos, tais como cartas topográficas e imagens de satélite e realizou-se visitas a campo com apoio do Instituto Brasileiro de ICMBio para o reconhecimento da área aferição dos dados.

Entre os locais visitados na UC estão a cachoeira da Fumaça, a Mata da Lagoa Espreada, a Lagoa Espreada, a borda da Serra da Muriçoca, o Morro do Fumo, entre outros. Além disso, foi possível conhecer alguns instrumentos utilizados pelos brigadistas (sede - EESGT) no combate aos Incêndios Florestais, a exemplo das bombas de água e dos abafadores (Figuras 2A e 2B).

Figura 2 - Instrumentos de combate ao Fogo na EESGT



Fonte: Autores, 2018

Em campo foram observados alguns pontos específicos que apresentavam sinais da ação do fogo sobre a cobertura vegetal nos mais diferentes estágios. Locais estes, que após identificados, foram mapeados, descritos e fotografados *in locu*. Também houve aferições de materiais cartográficos preliminares que foram pré-editados em laboratório. Utilizou-se como apoio, um receptor de navegação do sistema GPS e uma máquina fotográfica digital.

Após a visita a campo partiu-se para os trabalhos em laboratório assim, com base na definição dos anos de análise, fez-se a escolha das imagens de satélites correspondentes, tendo-se como base o período seco devido ser a época propícia a ocorrências de incêndios florestais/queimada. A partir de então, foram selecionadas as imagens em formato digital junto ao United States Geological Survey (USGS) disponíveis gratuitamente (Tabela 1).

Tabela 1-Características das imagens e Sensores utilizados na pesquisa

SATÉLITE SENSOR	COMPOSIÇÃO FALSA COR	ÓRBITA/ PONTO	DATAS DE AQUISIÇÃO	RESOLUÇÃO ESPACIAL (m)
LANDSAT-5 Sensor Thematic Mapper (TM)	5R, 4G, 3B	220-067	15/09/1998	30
		220-068	15/09/1998	
		221-068	06/09/1998	
		221-067	22/09/1998	
LANDSAT-5 Sensor Thematic Mapper (TM)	5R, 4G, 3B	220-067	07/09/2001	30
		220-068	07/09/2001	
		221-068	28/07/2001	
		221-067	12/09/2001	
LANDSAT -5 Sensor Thematic Mapper TM	5R, 4G, 3B	220-067	24/09/2007	30
		220-068	24/09/2007	
		221-067	01/10/2007	
		221-068	01/10/2007	
LANDSAT- 8 Sensor OLI	6R, 5G,4B	220-067	14/09/2015	30
		220-068	14/09/2015	
		221-067	05/09/2015	
		221-068	05/09/2015	
LANDSAT- 8 Sensor OLI	6R, 5G,4B	220-067	20/07/2018	30
		220-068	20/07/2018	
		221-067	20/07/2018	
		221-068	20/07/2018	
LANDSAT- 8 Sensor OLI	6R, 5G,4B	220-067	15/07/2022	30
		220-068	15/07/2022	
		221-067	06/07/2022	
		221-068	06/07/2022	

Fonte: Autores, 2018 e 2022

As imagens de satélites foram mosaicadas e em seguida foram pré-processadas, o que consistiu em de diferentes rotinas de tratamento digital de imagem de satélite. Sendo assim, os procedimentos metodológicos permeiam ações que podem ser sintetizadas em duas etapas principais: pré-processamento (correção atmosférica, correção geométrica) e processamento (realce e classificação).



Após o pré-processamento, realizou-se a aplicação do NDVI, onde sua variação é calculada pela Equação 1 descrita matematicamente abaixo:

$$NDVI = \frac{(IVP - Ver)}{(IVP + Ver)} \quad [Eq.1]$$

Onde,

IVP: Reflectância da vegetação na banda do infravermelho próximo;

VER: Reflectância da vegetação na banda do vermelho.

Na presente pesquisa utilizou-se dois sensores (Landsat 5 - TM e Landsat 8 - OLI) as bandas serão diferentes:

NDVI (Landsat 5) = (Banda 4 – Banda 3) / (Banda 4 + Banda 3) (Equação 1), onde Banda 4 equivale a reflectância no intervalo espectral do infravermelho próximo e Banda 3 no vermelho.

NDVI (Landsat 8) = (Banda 4 – Banda 5) / (Banda 4+ Banda 5) (Equação 2), onde Banda 5 equivale a reflectância no intervalo espectral do infravermelho próximo e Banda 4 do vermelho.

Os índices de vegetação são obtidos das várias combinações matemáticas das reflectâncias em várias faixas espectrais da radiação eletromagnética (LIU, 2015).

A escala de medida do NDVI varia no intervalo de -1 a +1, onde os valores positivos indicam aumento da vegetação, enquanto o zero e valores negativos indicam áreas sem vegetação (JENSEN, 2011). Assim, o NDVI tem como objetivo básico reduzir o volume de dados a ser analisado e redistribuir a informação espectral entre as novas principais componentes (MENESES e ALMEIDA, 2012).

A aplicação do NDVI, foi realizada com o software QGis versão 2.14.13, de maneira específica, através da sua Calculadora Raster, onde aplicou-se a equação matemática do índice (equação 1), gerando um arquivo matricial. Em seguida, aplicou-se uma paleta de cores (estilo de Banda) para melhor visualização dos resultados, ou seja, áreas com ou sem vegetação.

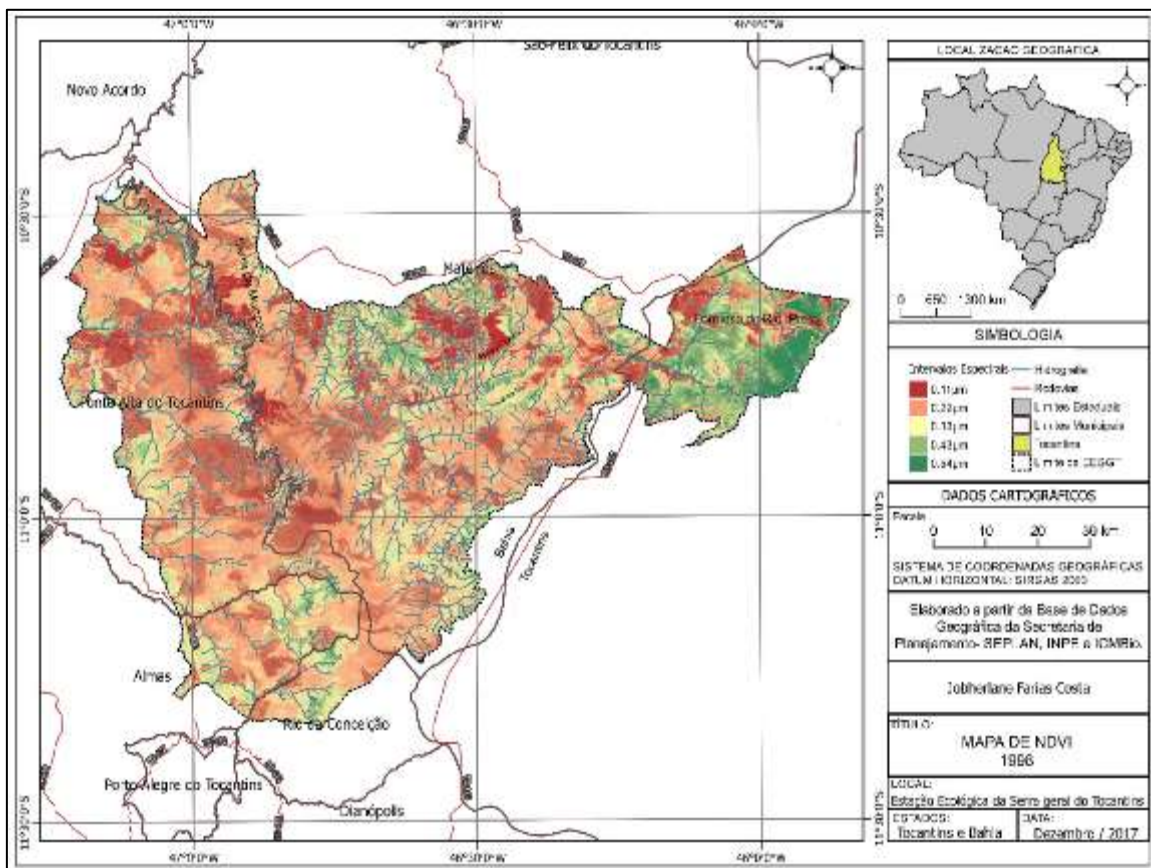
LEVANTAMENTO E ANÁLISE DA DINÂMICA DO FOGO NA EESGT

Na busca de analisar a dinâmica do fogo na EESGT entre os anos de 1998 a 2022, o levantamento dos dados e a obtenção dos resultados, tiveram como base a observação dos intervalos espectrais extraídos da equação aplicada no NDVI. Desta maneira, foi possível observar que:

Ação do Fogo em 1998

Neste ano de análise, verificou-se que o comportamento espectral dos alvos, nas áreas sem vegetação, inferindo a ação do fogo, onde a resposta espectral dos pixels nas áreas onde o vigor da vegetação era baixo, acusaram valores com intervalos espectrais entre de 0.11 a 0.22 μ m (Figura 3).

Figura 3-Mapa do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI - 1998



Fonte: Autores, 2018



Assim, observou-se a presença de valores que caracterizam a passagem do fogo, junto ao principal patamar de dissecação que atravessa a área no sentido sudeste – noroeste (0,11 a 0,22 μm), local conhecido como a Serra da Muriçoca, nos topos planos das feições de chapadas (Serra Geral) além de mesas e mesetas (Serras do Meio, da Estiva e da Bocaina) ambas localizadas na porção leste e nordeste da área, resultados semelhantes ao encontrado por Cristo (2013).

Os locais onde haviam maior densidade da cobertura vegetal eram os setores norte (local entre a barra do Rio Novo e margem esquerda do Rio Preto) e nordeste da área (cabeceiras do Rio Sapão), locais que acusaram valores numéricos mais elevados, ficando entre 0.43 a 0.54 μm .

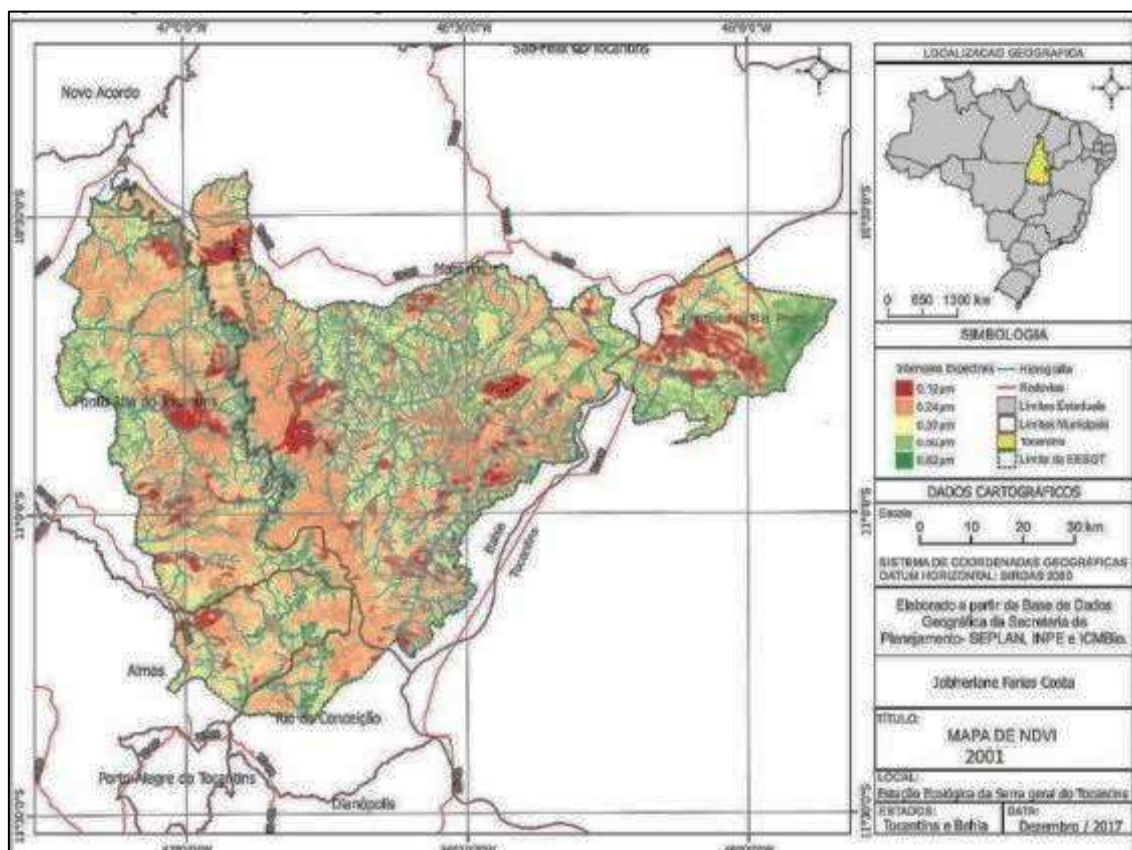
Ação do Fogo em 2001

Neste ano de análise, verificou-se que o comportamento espectral dos alvos, nas áreas sem vegetação, inferindo a ação do fogo, onde a resposta espectral dos pixels nas áreas onde o vigor da vegetação era baixo, acusaram valores com intervalos espectrais entre de 0.12 a 0.24 μm (Figura 4).

Deste modo, observou-se a presença de valores que caracterizam a passagem do fogo, em uma faixa significativa de área, junto ao principal patamar de dissecação que atravessa a área no sentido sudeste – noroeste (0,12 a 0,24 μm), local conhecido como a Serra da Muriçoca, com abrangência desta faixa, onde se encontram várias cabeceiras de drenagens com significativa importância local (Rios Ponte Alta, Soninho, Das Balsas, Do Peixinho e Manoel Alves). Também uma do setor nordeste (cabeceiras do Rio Sapão).

O local com maior densidade de cobertura vegetal é o setor centro - norte (local entre a barra e as cabeceiras do Rio Novo) e em menor escala, no nordeste da área (cabeceiras do Rio Sassafrás afluente do Rio Sapão), locais com valores numéricos mais elevados, entre 0.50 a 0.62 μm .

Figura 4-Mapa do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI - 2001



Fonte: Autores, 2018

Ação do Fogo em 2007

Com o NDVI aplicado no ano de 2007, o intervalo espectral apresentou entre 0.09 a 0.15 μ m, representando um baixo vigor vegetativo e conseqüentemente uma intensa ação do fogo, já para as áreas com vigor vegetativo mais elevado, o intervalo ficou entre 0.15 a 0.33 μ m (Figura 5).

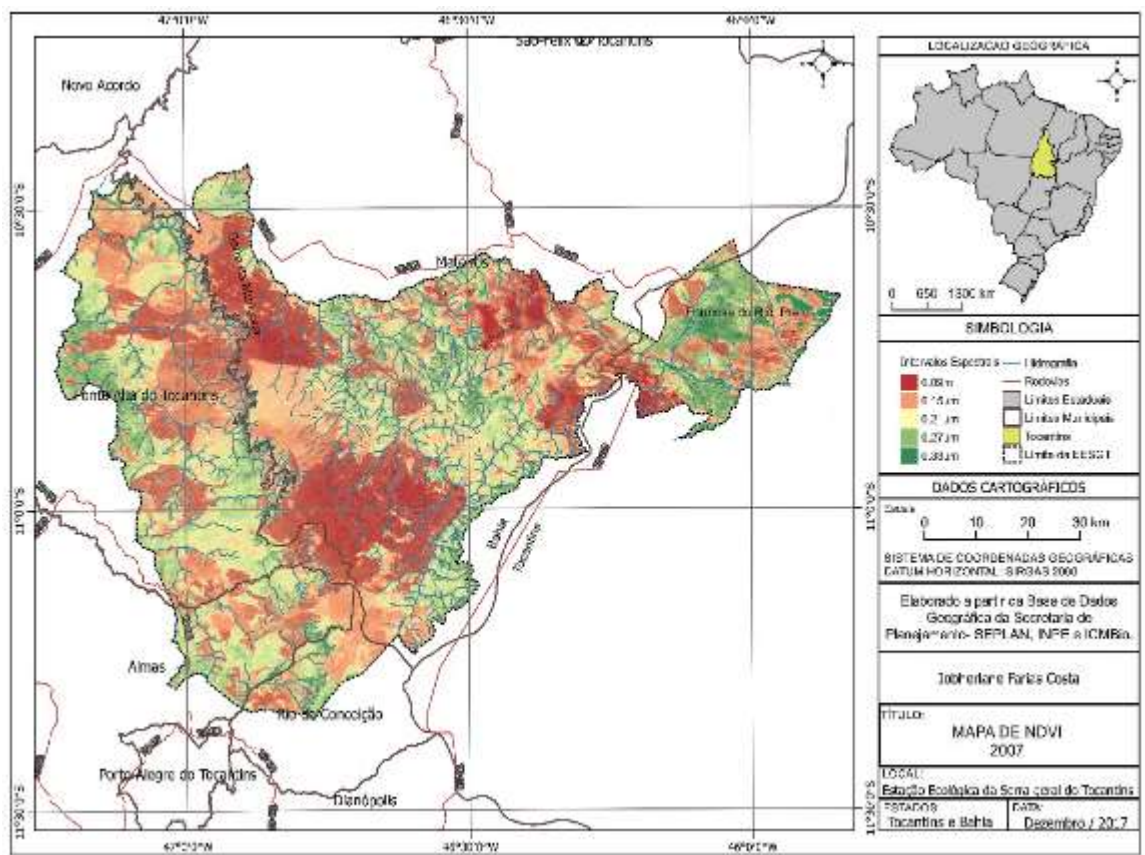
De modo geral, observou-se uma mudança no valor da reflectância, que decresceu em relação ao ano anterior. Isto, possivelmente está relacionado ao tipo de cobertura vegetal e a intensidade do fogo. Porém, nota-se a padronização dos valores circunvizinhos à área de queima, dando maior destaque para as cicatrizes de fogo.

Desta maneira, o ano de 2007 pode ser considerado um ano crítico em termos de ação do fogo, pois a incidência de queima foi alta e se distribuiu em diversos setores da Estação Ecológica em questão.

Neste sentido, pode-se destacar as porções noroeste (próximo a borda da Serra da Muriçoca e cabeceiras dos Rios Ponte Alta e Ponte Altinha), sudeste (próximo a borda da Serra da Muriçoca e as cabeceiras dos Rios Verde e Passa Três) e nordeste da área.

Setor nordeste, onde ocorre o fenômeno conhecido como “Águas emendadas” formando a lagoa do Veredão, onde se destaca como um divisor de águas de duas importantes bacias hidrográficas nacionais a do São Francisco e do Tocantins - Araguaia (CRISTO, 2013).

Figura 5-Mapa do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI – 2007



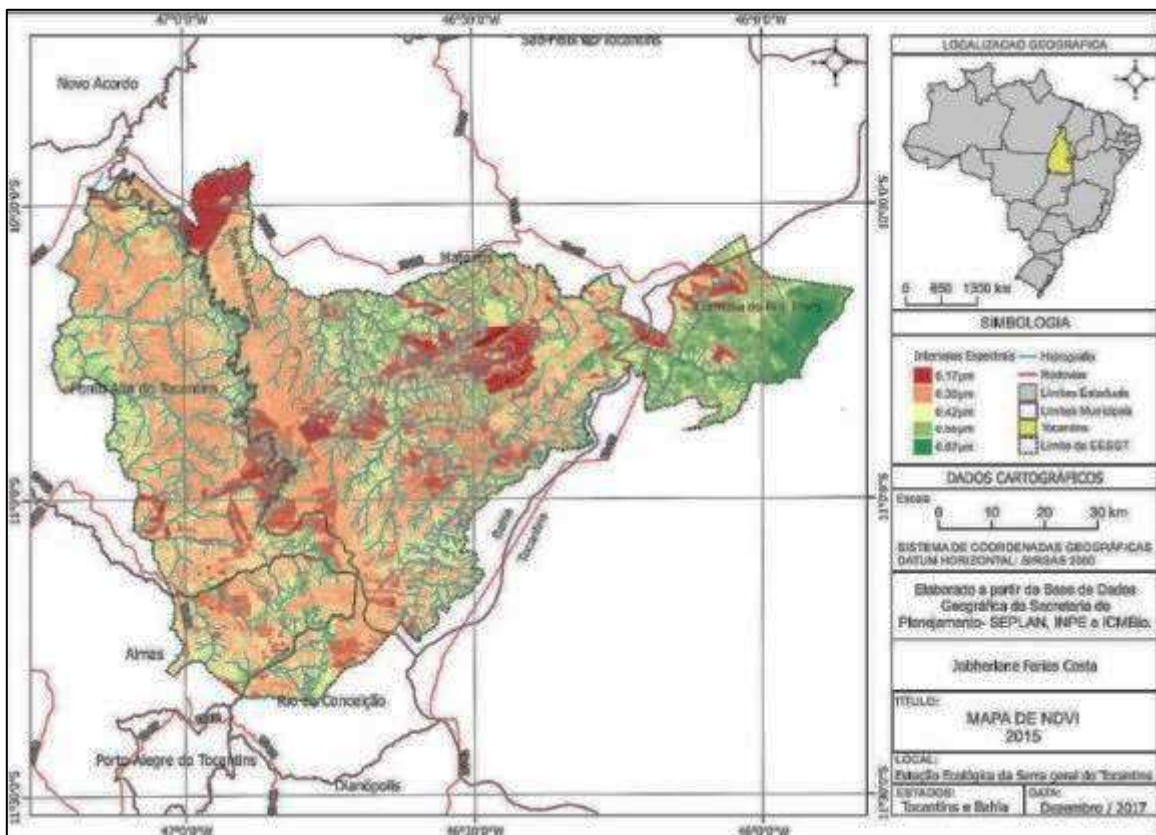
Fonte: Autores, 2018

Ação do Fogo em 2015

No ano de 2015, verificou-se que o comportamento espectral dos alvos, nas áreas sem vegetação, locais com indicativos de ação do fogo, ficaram entre de 0.17 a 0.30 μ m e as com maiores densidades de vegetação entre 0.55 a 0.67 μ m (Figura 6).

Desta maneira, os locais com valores que indicam a passagem do fogo (0,17 a 0,30 μ m), se assemelham a situação observada em 2001, onde se destaca uma faixa de terra, junto ao principal patamar de dissecação da estação, sentido sudeste – noroeste, local conhecido como a Serra da Muriçoca, além da abrangência desta faixa onde se encontram várias cabeceiras de drenagens importantes (Rios Ponte Alta, Soninho, Das Balsas, Do Peixinho e Manoel Alves).

Figura 6-Mapa do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI - 2015



Fonte: Autores, 2018



Ainda de forma semelhante ao ano de 2001, os locais com maior densidade da cobertura vegetal são os setores norte (entre a barra do Rio Novo e margem esquerda do Rio Preto) e nordeste da área (cabeceiras do Rio Sapão), locais que acusaram valores numéricos mais elevados, entre 0.55 a 0.67 μm .

Ação do Fogo em 2018

No ano de 2018, pode-se observar que o comportamento espectral dos alvos, nas áreas sem vegetação, locais com indicativos de ação do fogo, valores entre de 0.12 a 0.18 μm e, as com maiores densidades de vegetação com valores entre 0.22 a 0.49 μm (Figura 7).

Entre os locais com valores que indicam a passagem do fogo se destacam, uma faixa de terra, nas proximidades da borda Serra da Muriçoca, feição que atravessa a estação ecológica no sentido noroeste - sudeste, e os setores leste e noroeste, onde se encontram as cabeceiras dos Rios Soninho, Ponte Alta Grande e Ponte Altinha.

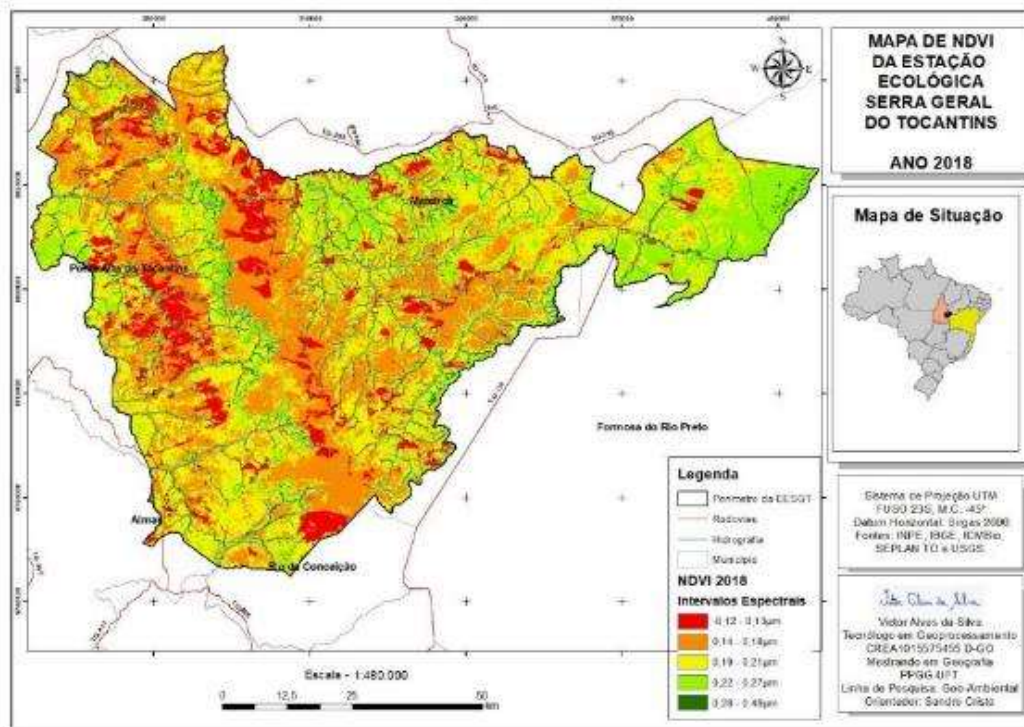
Os locais com maior densidade da cobertura vegetal são os setores norte (entre a barra do Rio Novo e margem esquerda do Rio Preto) e no nordeste da área (cabeceiras do Rio Sapão) onde fica o povoado dos Prazeres, locais que acusaram valores numéricos mais elevados, entre 0.22 a 0.49 μm .

Neste ano de análise, percebe-se uma distribuição maior entre as áreas com menores valores do índice, bem como a redução da classe que significa maior severidade da ação do fogo (0.12 – 0.13 μm), se restringindo mais as porções leste e noroeste da área de estudo, em locais mais distantes as áreas de dissecação, como é o caso da borda da Serra da Muriçoca.

Ainda percebe-se a ampliação das áreas com valores que indicam maior densidade de vegetação, como são os casos das porções norte, sudeste e nordeste da área, local onde se encontra o povoado dos Prazeres. Fato este, que pode estar relacionado a utilização do Manejo Integrado do Fogo (MIF) na gestão do fogo na unidade.

Em 2014, a equipe gestora da Estação Ecológica em questão, elaborou o primeiro Plano de Manejo Integrado do Fogo do Brasil, onde estava prevista o início de queimas prescritas na Unidade. Sendo que o primeiro Plano de MIF da EESGT foi elaborado em junho deste mesmo ano, após uma missão técnica-institucional à Austrália (BARRADAS et al., 2020, p. 79)

Figura 7-Mapa do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI - 2018



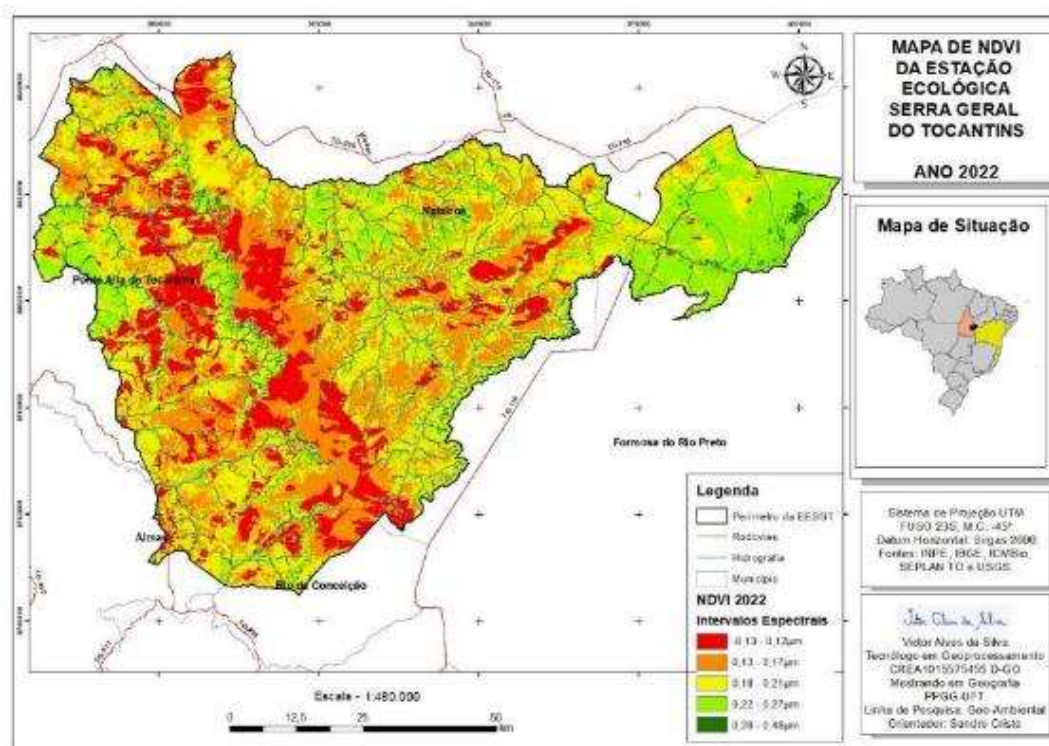
Ação do Fogo em 2022

Em 2022 e, portanto, mais próximo da situação atual da área de pesquisa, pode-se observar que o comportamento espectral dos alvos, nas áreas sem vegetação e, com indicativos de ação do fogo, ficaram com valores entre de - 0.13 a 0.17µm e, as áreas com maiores densidades de vegetação, com valores entre 0.22 a 0.48µm (Figura 8).

Os locais com valores que indicam maior ação do fogo, a exemplo de 2018, se destacam, por uma faixa de terra, nas proximidades da borda Serra da Muriçoca, cortando a estação ecológica no sentido noroeste - sudeste, e os setores leste e noroeste,

onde se encontram as cabeceiras de rios importantes como Soninho, Ponte Alta Grande e Ponte Altinha.

Figura 8-Mapa do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI - 2022



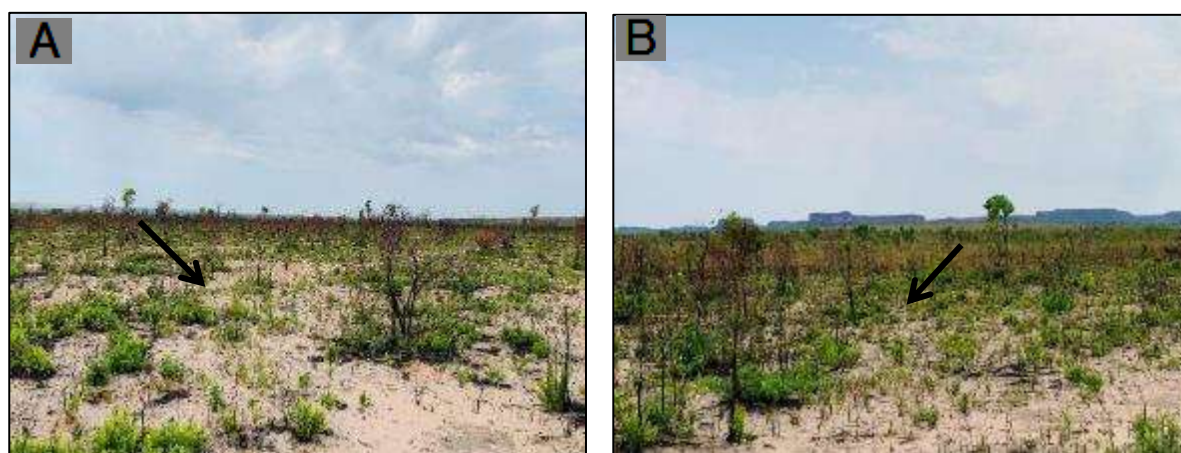
Fonte: Autores, 2022

Os locais com maior densidade da cobertura vegetal são os setores norte (entre a barra do Rio Novo e margem esquerda do Rio Preto), nordeste (cabeceiras do Rio Sapão) onde fica o povoado dos Prazeres e sudeste da área (Rio Verde cabeceiras do Rio Novo), locais com valores mais elevados, entre 0.22 a 0.48µm.

A exemplo do ano de 2018, também percebe-se uma distribuição maior entre as áreas com menores valores do índice, bem como a redução da classe que significa maior severidade da ação do fogo na área (- 13 – 0,12 µm), se restringindo mais as porções leste, centro e sudeste, em locais mais distantes as áreas de dissecação, como é o caso da borda da Serra da Muriçoca. Também percebe-se a ampliação da área com valores que indicam maior densidade de vegetação, como são os casos das porções nordeste,

norte e sudeste, o que também pode estar associado a intensificação do uso do MIF na gestão do fogo na unidade (Figuras 9A. e 9B).

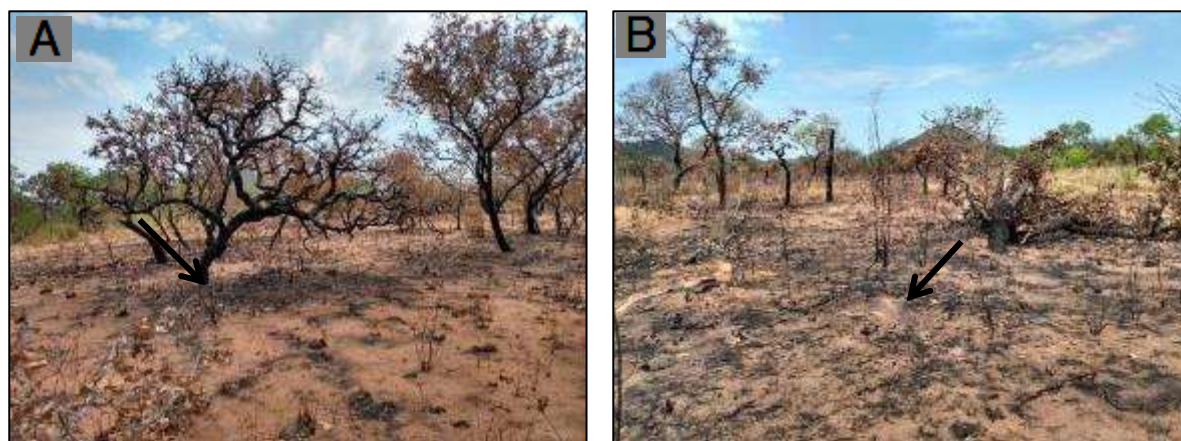
Figura 9 – Locais com aplicação do MIF na porção central da EESGT



Fonte: Autores, 2020

Apesar do uso do MIF na área de pesquisa representando a maior diversidade de locais com diferentes concentrações de massa vegetativa, ainda encontram-se locais atingidos por incêndios florestais onde pode-se perceber a severidade do fogo sobre a vegetação do Cerrado (Figuras 10A. e 10B).

Figura 10 – Locais atingidos por incêndios florestais na porção central da EESGT



Fonte: S. S. V de Cristo, 2020



De maneira geral, obtendo-se como base a análise da ação do fogo na EESGT, entre os anos de 1998 e 2022, o NDVI vem corroborando com a observação dos aspectos climáticos serem os principais condicionantes a ação do fogo na área de pesquisa somados a outros fatores como a caça, criação de gado e até coleta do capim dourado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da ação do fogo em UCs é complexo por envolver questões internas de gestão e externas relacionadas as pressões de uso antrópico com seus interesses econômicos. Isto pode ser potencializado em unidades que se encontram no bioma Cerrado, no qual o uso de fogo é polêmico e de certa forma, comum.

Além disso, pode-se destacar as fragilidades naturais da região do jalapão, onde se encontra a área de pesquisa, como dos aspectos geológicos, geomorfológicos, solos, entre outros, que precisam ser conservados para a manutenção da fauna e flora local.

Diante deste cenário, averiguar qualitativamente os resultados e identificar as áreas com maior frequência de fogo e em quais anos ocorreram, torna-se fundamental para o planejamento de ações preventivas e mitigadoras que contribuem para conservação ambiental e manejo do fogo de maneira eficaz na EESGT.

Ainda, a espacialização das respostas espectrais tendo por base o NDVI, mostrou ser uma técnica útil em estabelecer um padrão (dinâmica) do comportamento do fogo. Contudo, deve-se considerar a interferência da resposta sazonal da vegetação e a capacidade de rebrota no cerrado, após a passagem do fogo que ocorre de maneira rápida e pode confundir na identificação das cicatrizes.

Contudo, para melhor compreensão da dinâmica/regime e o comportamento da ação do fogo é importante avançar em estudos que permitam obter um entendimento melhor do tema, bem como o histórico de uso na região considerando as mudanças de padrões de gestão do fogo.



REFERÊNCIAS

BARRADAS, A. C. S.; BORGES, M. A.; COSTA, M. M.; RIBEIRO, K. T. Paradigmas da gestão do fogo em áreas protegidas no mundo e o caso da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins. **Revista Biodiversidade Brasileira**, Brasília, n. 2, p. 71-86, ago. 2020. DOI <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v10i2.1474>. Disponível em: <https://revistaelectronica.icmbio.gov.br/index.php/BioBR/article/view/1474>. Acesso em: 23 nov. 2021

BORGES, K. M. R.; FILHO, J. C. O.; COAN, G. P. de O.; VASCONCELOS, T. M. M. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento como subsídio ao Manejo Integrado do Fogo e ao combate aos incêndios florestais em unidades de conservação federais. **Revista Biodiversidade Brasileira**, Brasília, n. 2, p. 168-178, mai. 2021. DOI <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v11i2.1685>. Disponível em: <https://revistaelectronica.icmbio.gov.br/BioBR/article/view/1685>. Acesso em: 23 nov. 2021.

DE JESUS, S. C. SETZER, A. W.; MORELLI, F. **Validação de Focos de Queimadas no Cerrado em imagens TM/Landsat-5**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 15, 2011.

COUTINHO, L. M. O cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência hoje**. vol. 12, nº 68, p. 22-30, Rio de Janeiro, 1990.

CRISTO, S. S. V. **Abordagem geográfica e análise do patrimônio geomorfológico em unidades de conservação da natureza**: aplicação na Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins e área de entorno-Estados do Tocantins e Bahia. 2013. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

FEARNSIDE, P. M. RIGHI, C. A., DE ALENCASTRO GRAÇA, P. M. L., KEIZER, E. W., CERRI, C. C., NOGUEIRA, E. M., e BARBOSA, R. I. Biomass and greenhouse gas emissions from land-use change in Brazil's Amazonian "arc of deforestation": The states of Mato Grosso and Rondônia. **Forest Ecology and Management**, v. 258, p. 1968 - 1978, 2009.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente** – Uma Perspectiva em Recursos Terrestres. Tradução da segunda edição: Epiphanyo, J.C.N. et al. Editora Parêntese, 598p. 2011.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 908 p.



MENESES. P. R.; ALMEIDA, T. Introdução ao Processamento de imagens de Sensoriamento Remoto. *In*: MENESES. P. R. **Princípios de Sensoriamento Remoto**. Brasília: UNB/CNPQ, 2012.p.1-33.

PRUDENTE, T. D. **Geotecnologia Aplicada ao Mapeamento de Risco de Incêndios Florestal no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e Área de entorno**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia- MG, 2010 114 f.

RATTER, J.A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, n. 80(3), p. 223-230, 1997.

VAN DER WERF, G R. RANDERSON, J. T., GIGLIO, L., COLLATZ, G. J., KASIBHATLA, P. S., & ARELLANO JR, A. F. Interannual variability in global biomass burning emissions from 1997 to 2004. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 6, n. 11, p. 3423-3441, 2006

WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas**. Tese. (Doutorado), Universidade de Brasília, 2006.

Jobherlane Farias Costa – Possui Curso Técnico em Agrimensura pelo Instituto Federal do Tocantins - IFTO (2010), Graduação em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Tocantins -UFT (2015), Mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Tocantins -UFT (2018).Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Cartografia e Sensoriamento Remoto aplicado a análise de alterações da paisagem em bacias hidrográficas e Unidades de Conservação da Natureza, atuando principalmente nos temas relacionados a: Bacias Hidrográficas; Unidades de Conservação da Natureza; Focos de Calor; Incêndios Florestais no bioma Cerrado; Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto .

Victor Alves da Silva - Graduado em Geoprocessamento pelo Instituto Federal de Goiás e Especialista em Administração Pública pela Universidade Cândido Mendes. Atualmente atua na área de Administração Pública como Chefe da Unidade de Execução Orçamentária e Financeira e como Gerente de Administração e Planejamento Substituto do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Campos Belos, onde desenvolve diversas atividades aplicadas à gestão e à administração do campus. Mestrando Geografia - Campus de Porto Nacional – UFT.

Sandro Sidnei Vargas de Cristo - Professor Associado I do Curso de Geografia do Campus de Porto Nacional - Universidade Federal do Tocantins; Graduação em Geografia Bacharelado - UFSM; Especialização em Sensoriamento Remoto Orbital e Sub-orbital - UFSM; Mestrado em Geografia - UFSC; Doutorado em Geografia - UFRGS, Pós-Doutorado em Geografia - UFSM. Área de atuação: Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, Meio Ambiente, Área de Risco, Unidades de Conservação Ambiental e Análise de Bacias Hidrográficas.

Recebido para publicação em 02 de junho de 2023.

Aceito para publicação em 04 de agosto de 2023.

Publicado em 15 de agosto de 2023.