

**UNIVERSIDADE ESTADUAL  
DO CEARÁ - UECE**

Av. Dr. Silas Munguba, 1700 -  
Campus do Itaperi, Fortaleza/CE

**ANÁLISE DA RESPOSTA  
ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO  
APÓS INCÊNDIOS: ESTUDO  
DO PARQUE ESTADUAL DE  
JARAGUÁ (GO)**

**Matheus Bleza Santos**

**Karla Maria Silva de Faria**

**Gervásio Barbosa Soares Neto**

Citação: SANTOS, M. B.; FARIA, K. M. S.; SOARES NETO, G. B. ANÁLISE DA RESPOSTA ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO APÓS INCÊNDIOS: ESTUDO DO PARQUE ESTADUAL DE JARAGUÁ (GO). **Revista GeoUECE (online)**, v. 09, número especial (2), p. 63-72, jul. 2020. ISSN 2317-028X.



**ANÁLISE DA RESPOSTA ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO APÓS INCÊNDIOS: ESTUDO DO PARQUE ESTADUAL DE JARAGUÁ (GO)**

**EVALUATION OF SPECTRAL INDICES FOR VEGETATION FIRE: STUDY OF JARAGUÁ STATE PARK (GO)**

**ANÁLISIS DE LA RESPUESTA ESPECTRAL DE LA VEGETACIÓN DESPUÉS DEL FUEGO: ESTUDIO DEL PARQUE ESTADAL DE JARAGUÁ (GO)**

**Matheus Bleza SANTOS<sup>1</sup>**

**Karla Maria Silva de FARIA<sup>2</sup>**

**Gervásio Barbosa SOARES NETO<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Graduando em Geografia da Universidade Federal de Goiás e Instituto de Estudos Socioambientais, e-mail: matheus.blesa@gmail.com.

<sup>2</sup> Professora do Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais e do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás, e-mail: karla\_faria@ufg.br.

<sup>3</sup> Professor do Instituto Federal de Brasília, e-amil: legeographe@gmail.com.

**RESUMO**

A conversão do bioma Cerrado ao longo das décadas tem provocado as mais variadas discussões em torno da sua viabilidade econômica e ecológica. Nesse sentido, o objetivo desse estudo é avaliar a recuperação de uma área protegida que sofreu queima a partir dos índices NDVI e NBR. Observou-se que os baixos valores do NDVI confirmam a grande propagação do fogo e a alteração o sistema foliar das plantas. Os valores médios de pluviosidade para o período estudado não possuem alterações de forma significativa, variando de um ano para o outro em torno de 5 mm, indicando a não influencia da chuva na equação. Já os valores de NBR (*Normalized Burned Ratio*) apresentaram forte taxa de rebrotamento das espécies atingidas pela queima. O intervalo entre  $< -0.25$ , por exemplo, apresentou uma porcentagem aproximada de 86% da área de estudo. Em paralelo, as regiões que se caracterizam como “não queimadas” e com baixa recuperação após a passagem do fogo estão isoladas entre mata de galeria e matas ciliares.

**Palavras chave:** Fogo. Cerrado. NDVI. NBR.

**ABSTRACT**

The conversion of the Cerrado biome over the decades has provoked the most varied discussions about its economic and ecological viability. In this sense, the objective of this study is to evaluate the recovery of a protected area that suffered burning from the NDVI and NBR indices. It was observed that the low NDVI values confirm the great spread of fire and the alteration of the leaf system of the plants. The average rainfall values for the studied period do not change significantly, varying from year to year around 5 mm, indicating no influence of rain in the equation. Already the values of NBR (*Normalized Burned Ratio*)



presented strong regrowth rate of the species affected by the burning. The interval between  $<-0.25$ , for example, showed an approximate percentage of 86% of the study area. In parallel, the regions that are characterized as “unburned” and with low recovery after the fire are isolated are between gallery forest and riparian forest.

**Key-words:** Fire. Cerrado. NDVI. NBR.

## RESUMEN

La conversión del bioma Cerrado durante un largo período de décadas ha llevado a muchas discusiones sobre su viabilidad económica y ecológica. En este sentido, u objetivo de este estudio es apoyar la recuperación de un área protegida que sufrió la quema de dos índices NDVI y NBR. Los bajos valores de NDVI confirmaron la gran propagación del fuego y la alteración o sistema foliar de las plantas. Los valores promedio de precipitación para el período en estudio son significativamente diferentes, varían de año a año dentro de 5 mm, lo que indica que no hay influencia de la ecuación. Los valores de NBR (relación de combustión normalizada) mostraron una fuerte tasa de regeneración de la especie en cuestión. O el rango entre  $<-0.25$ , por ejemplo, muestra un porcentaje aproximado del 86% del área de estudio. Al mismo tiempo, las regiones caracterizadas como "sin marcar" y con poca recuperación después del incendio están aisladas entre el bosque de la galería y la mailia ciliar.

**Palabras-clave:** Fuego. Cerrado. NDVI. NBR.

## 1. INTRODUÇÃO

As discussões que permeiam em torno da conversão do bioma cerrado tem se estendido ao longo das décadas pelos pesquisadores das mais diversas áreas nas ciências da natureza. A inserção do Brasil na lógica de exportação de produtos primários ao grande comércio exterior trouxe novos desafios aos biomas brasileiros, em especial ao Cerrado (KLINK;MACHADO, 2005).

Carvalho et. al. (2009) analisando a fragmentação da vegetação no estado de Goiás constatou que a conversão do cerrado em agricultura agride mais a biodiversidade em comparação com as pastagens, sendo que as maiores manchas de vegetação remanescente restringe-se as áreas protegidas por dispositivos legais, como Áreas de Preservação Ambiental (APP), Reservas legais (RL) e as Unidades de Conservação, mas que não apresentam conexão adequada para manutenção da biodiversidade.

A forte pressão exercida no bioma Cerrado com o advento da expansão agrícola, necessita uma gama maior de estudos que visam analisar o poder de



reação do mesmo, bem como possibilita a análise de sua fragilidade e potencialidade perante aos novos usos.

Os exemplos dessa pressão podem ser extraídos através de ferramentas advindas do geoprocessamento, que possibilitaram mapear e estudar diversas áreas de forma mais otimizada e global pelo meio acadêmico e privado. Projetos como o LANDSAT, realizado pela NASA na década de 70, permitiu a expansão desses estudos de forma abrangente, em grande parte pela qualidade das imagens e da gratuidade na disposição. A temática dos incêndios no Cerrado, por exemplo, o acompanha desde os processos de expansão do ciclo do ouro e do arroz (BARBOSA, 2008).

De forma mais recente, alguns parques importantes inseridos no contexto de Goiás sofreram com queimadas importantes, entre eles o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros em 2017 e Parque Altamira de Moura Pacheco, em 2018. A inserção do fogo, quando controlado, é uma forma de manejo adequada para a prevenção de grandes eventos como estes ocorridos nos parques. Van Leeuwen (2008) analisando o comportamento espectral em áreas com incêndios programados e controlados concluiu que a variabilidade do índice NDVI foi menor e que a recuperação da vegetação da área tratada em comparação com a não tratada foi maior.

Dentre as diversas ferramentas, análises e cálculos estatísticos surgiu o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) que se caracteriza por parametrizar a assinatura espectral de determinado alvo, principalmente de cobertura vegetal, apresentando respostas específicas relacionadas a realização de fotossíntese das plantas (ROUSE et. al., 1973; MYNENI et. al., 1995). Dos diversos usos que essa álgebra tem por objetivo analisar, a mais divulgada é para a agricultura de precisão, visando obter dados do desenvolvimento de culturas.

O algoritmo desenvolvido por Koutsias e Karteris (1998) NBR (*Normalized Burned Ratio*) foi amplamente difundido pelo sistema de controle e prevenção de fogo dos Estados Unidos a partir das imagens Landsat 7, o qual apresentou um alto nível de acurácia para a detecção dessas queimadas. Grandes diferenças entre os valores das imagens que antecedem à queima e imagem posterior à queima indicam, por exemplo, a alta severidade do fogo na área estudada.



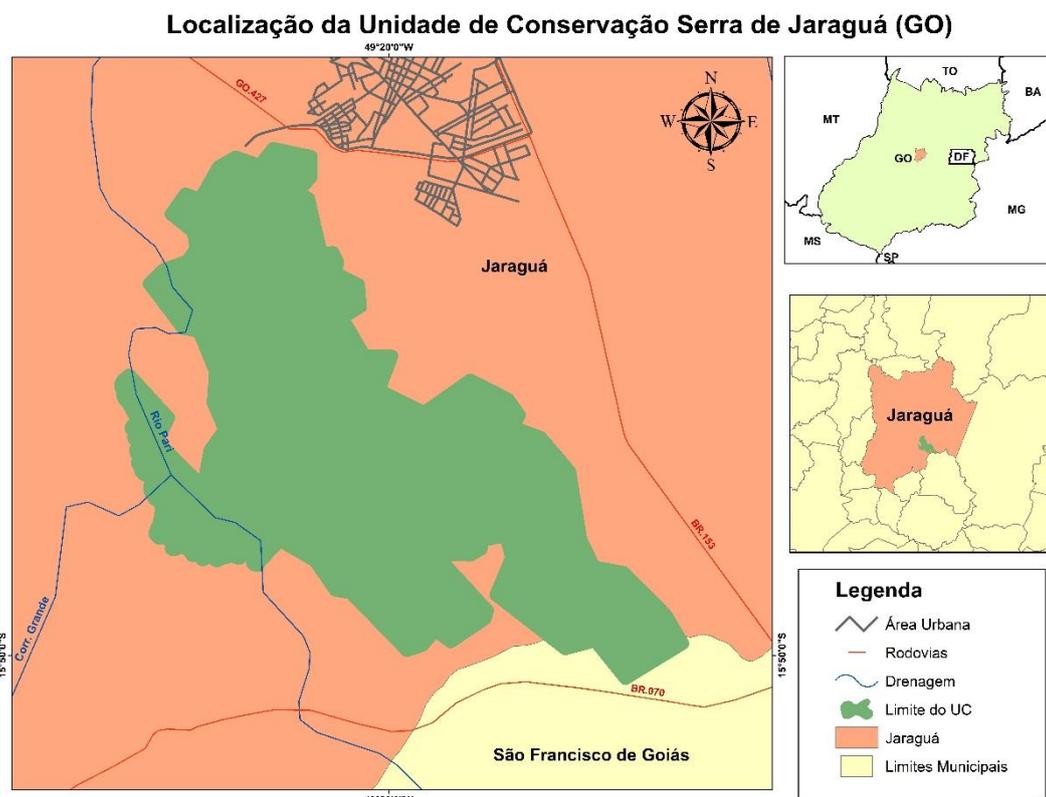
Nesse contexto, essa pesquisa objetiva a analisar o comportamento do vigor vegetativo, a partir dos valores NDVI obtidos nos anos de 2015 e 2018 e dos valores de NBR no Parque Estadual do Jaraguá – localizado nos municípios de Jaraguá e São Francisco de Goiás, situado na porção centro-oeste do estado de Goiás.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

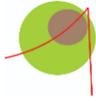
### 2.1. Localização da área de estudo

O Parque Estadual da Serra de Jaraguá está localizado entre dois municípios goianos na região central do Estado: Jaraguá e São Francisco de Goiás, com uma área de 2.828,71 hectares (Figura 01).

**Figura 1.** Mapa de Localização da Área de Estudo.



Este, foi instituído pela Lei Estadual Nº.13.247/1998 pertencente ao grupo de unidade de Proteção Integral e já sofreu com dois grandes eventos de queima



desde sua institucionalização: em 2013, que chegou a consumir 63% da área total e, mais recente, em 2015, sendo que este último foi associado a ação criminosa.

Deve ser destacado que a Unidade de conservação foi mediante a Lei Estadual Nº. 18.844 de 10/06/2015 alterada de estação ecológica para a categoria de parque.

## 2.2. Procedimentos metodológicos

A elaboração do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada se deu a partir de imagens disponibilizadas pelo satélite SENTINEL-2, das quais foram obtidas de forma gratuita na plataforma Earth Explorer ([www.earthexplorer.com](http://www.earthexplorer.com)). As imagens referentes ao ano de 2015, são datadas logo após o evento da queima no parque, a fim de obter maior acurácia do quanto prejudicado ficou o estrato vegetal.

A validação da área queimada se deu a partir da verificação de pontos disponibilizados pelo site INPE Queimadas e segundo a metodologia apresentada por Koutsias e Karteris (1998), que apresenta o índice NBR (Normalized Burned Ratio) o qual teve uma acurácia de 97.62% para imagens Landsat 7.

Devido a falta de imagens Sentinel-2 para o período anterior ao incêndio em 2015 utilizou-se imagens Landsat 8, realizando um *resample* através do método vizinho próximo para células no valor de 10 metros na plataforma *ArcMap*. Já para o ano de 2018, a imagem foi coletada no período seco, para evitar distorções atmosféricas.

A sequência deste trabalho se deu a partir da coleta de dados das estações pluviométricas com equidistância mais linear.

Considerar dados pluviométricos é importante, pois como as primeiras chuvas exercem grande importância nos ambientes tropicais, principalmente no Planalto Central Brasileiro (SALOMÃO, 1998; BARROS, 2003), são elas que provocam maior remoção de partículas de solos descobertos, ocasionando processos erosivos, assim como provocam queimadas a partir de fortes raios que encontram na biomassa seca combustível ideal para sua propagação (NASCIMENTO, 2001). Difere-se, portanto, do fogo provocado pelo homem, o



qual é extremamente prejudicial ao bioma. Geralmente, estes ocorrem no entre os períodos mais seco do ano, acarretando na perda de nutrientes do solo, além de sua rápida propagação, devastando vastas áreas (CARVALHO, 2009).

Os dados pluviométricos são disponibilizados de forma gratuita a partir da plataforma HidroWeb, gerenciada pela Agência Nacional de Água (ANA). Foram coletados dados de quatro estações, sendo elas: Jaraguá, Ouro Verde de Goiás, Pirenópolis e Itaberaí. Apesar da frequência de dados não ser contínua, este ainda é um excelente mecanismo para uma abordagem inicial visando obter o índice pluviométrico de determinada área. Sendo assim, foi realizada a média aritmética dos valores do período que antecedeu a queima no parque para o índice de 2015 e os dados disponíveis do ano de 2018.

Todos esses dados foram trabalhados no ambiente SIG ArcMap 10.3 utilizando as ferramentas disponíveis no ArctoolBox das quais se destacam: Raster Calculator, para valor de NDVI, NBR e IDW, para o índice pluviométrico.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o processamento dos dados, foram identificados e categorizadas as áreas de acordo com um intervalo pré-estabelecido das imagens do período de 2015 e 2018 como podem ser visualizado na tabela 1.

**Tabela 1** – Área ocupada no período após o fogo e sua recuperação após três anos

Valores NDVI		
Legenda	Área (hectares) - 2015	Área (hectares) - 2018
-0,096 - 0,328*	1883,85	267,14
0,329 - 0,418	337,02	651,05
0,419 - 0,492	207,68	882,52
0,493 - 0,586	244,35	707,06
0,587 - 0,744	154,82	319,67
Ruído total	0,27	

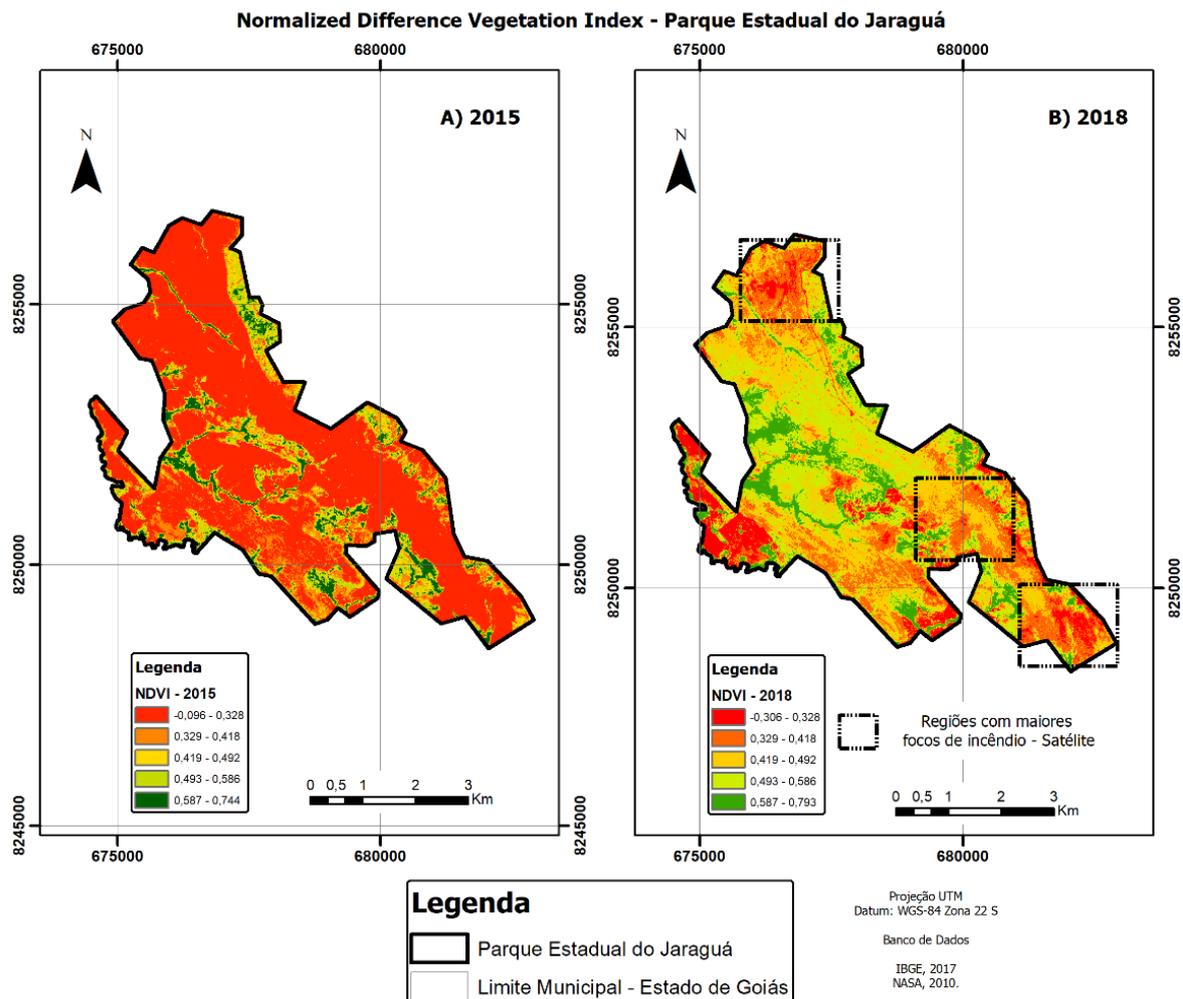
\* para os valores do ano de 2018 a faixa delimitada foi de -0,306 a 0,328.

Observa-se que os baixos valores do NDVI confirmam a grande propagação do fogo e a alteração o sistema foliar das plantas. Os valores médios de pluviosidade para o período estudado não possuem alterações de forma significativa, variando de um ano para o outro em torno de 5 mm. Infere-se,



portanto, que o padrão de distribuição de chuvas não distorce o resultado, uma vez que a constância dela se mantém na região core do Cerrado.

**Figura 2.** NDVI para os anos de 2015 e 2018, respectivamente.

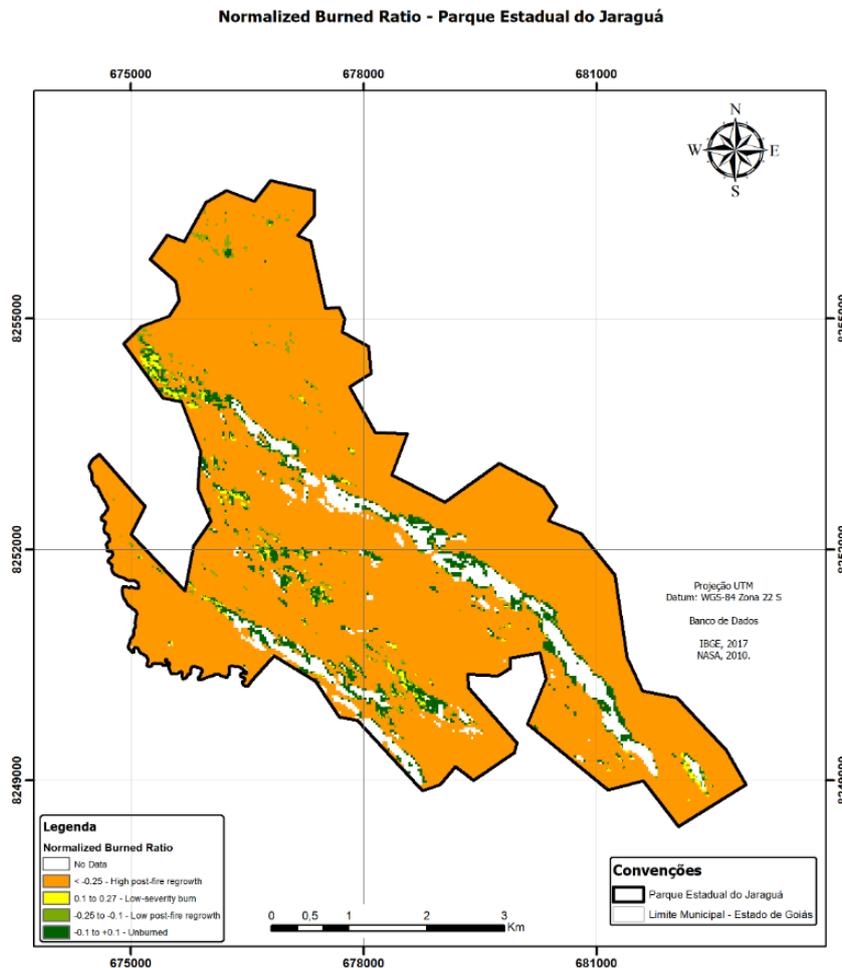


Enquanto no ano de 2015 os valores entre -0,096 e 0,328 correspondem aproximadamente 66,6% da área do parque, no ano de 2018 essa representação percentual cai para 9,4%. Segundo uma bibliografia extensa, valores de NDVI entre 0,2 e 0,6 representam arbustos e campos; valores acima de 0,6 a floresta tropical e ambientes temperados. Os valores do ano de 2018 ficaram entre o espectro médio, representando as características do cerrado rupestre, em ambiente montanhoso: camada arbustivo-herbácea destacada e estrato arbóreo presente nas matas de galeria e ciliares do parque.



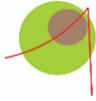
Os quadrantes demarcados em preto, na figura 1b foram os locais que apresentaram maior deficiência de rebrotamento da vegetação, em grande parte por ser área elevadas não congruentes, assim como possuíram alto declive e concentração de rochas, dificultando o desenvolvimento radicular.

**Figura 3.** Normalização antes e depois do fogo, 2015.



Os intervalos dos valores de NBR foram categorizados seguindo parâmetros definidos pelo USGS FireMon, o qual pode apresentar algumas distorções se tratando do ambiente tropical brasileiro. Diante dos resultados, as análises estatísticas desses valores se fazem necessária para maior acurácia do índice, assim como uma parametrização das imagens de satélite uma vez que houve perda de pixels fazendo a conversão de 30 metros para 10 metros.

O intervalo entre  $< -0.25$  apresentou uma porcentagem aproximada de 86% da área de estudo, significando que toda a área estudada possuiu uma



resposta positiva após a passagem do fogo, esta característica do Cerrado. As regiões que categorizadas como “não queimadas” e com baixa recuperação após a passagem do fogo estão isoladas em ilhas de mata de galeria e matas ciliares, estas ainda apresentando ruídos de acurácia.

#### 4. CONCLUSÃO

A disponibilização de imagens de alta qualidade radiométrica de forma gratuita e ampla para o meio acadêmico tem possibilitado a renovação de estudos a partir do sensoriamento remoto. Esse processo se mostra bastante útil, uma vez que órgãos públicos e privados fazem uso dessas ferramentas. A utilização de algoritmos, de uma maneira geral, ainda demonstra ser a forma mais adequada para o gerenciamento de áreas de conservação e grandes áreas de estudos. Apesar das aplicações diversas e ser amplamente difundido, o NDVI consegue sobressair na qualidade e acurácia do produto sendo utilizado inclusive para delimitação de chaves de classificação das fitofisionomias do cerrado. Apesar da perda de informação de alguns pixels, a equação normalizada da área queimada facilita no gerenciamento

Ambientes fragilizados pela ocupação antrópica e que possuem solos com características semelhantes da área estudada podem apresentar resposta da vegetação em um curto período possibilitando a reutilização dessas áreas de forma racional e holística.

De maneira preliminar, subentendesse que: a) a aquisição de dados deve respeitar os valores espaciais dos satélites, uma vez que apesar dos algoritmos utilizados para a conversão apresentarem alta acurácia, até 10% da informação pode ser perdida; b) A necessidade de uma base de dados para índices pluviométricos ou a utilização de dados satelitários permitirá uma maior fidelidade ao dado.

O Parque Estadual de Jaraguá, apresentou índices e uma importância para a manutenção da biota local, além de ser um ambiente rico em questões de ecoturismo, por exemplo. A alta taxa de recuperação de sua vegetação em detrimento de um evento traumático permite explorar a restauração de ambientes com as características semelhantes ao mesmo. Com a economia local pautada em gado de corte, o município de Jaraguá consegue conciliar as



pressões dos produtores locais frente a expansão desse sistema – vale ressaltar que o evento analisado no presente artigo foi de causa antrópica – portanto, a luta de interesses está latente no cerne dessa região.

## 5. AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física (LABOGEF) do Instituto de Estudos Sócio Ambientais/Universidade Federal de Goiás pela disponibilização de infraestrutura para realização da pesquisa.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, J.R. **A chuva no Distrito Federal: o regime e as excepcionalidades do ritmo**. 2003. xii, 221 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2003.

CARVALHO, J. X. De. **FOGO NO CERRADO: Causas e Consequências da Ação do Fogo no Bioma Cerrado no Município de Goiás**. 2009. 112 f. Monografia – Universidade Estadual de Goiás, 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional**. Santiago, 2018.

KLINK, C.A.; MOREIRA, A.G. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 148-155, 2005.

KOUTSIAS, N.; KARTERIS, M. Logistic regression modelling of multitemporal Thematic Mapper data for burned area mapping. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, p. 3499–3514, 1998.

MYNENI, R.B.; Hall, F.G.; Sellers, P.J.; Marshak, A.L. The interpretation of spectral vegetation indexes. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.33, p.481-486, 1995.

ROUSE, J. W.;R. H. Haas; J. A. Schell; D. W. Deering. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. **Third ERTS Symposium**, NASA SP-351 I, 309317, 1973.

SALOMÃO, F.X.T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In Guerra A.J.T, Silva A.S., Botelho R.G.M(org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil; 1999. p. 229-67