



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Correlação entre área plantada x queima da cana-de-açúcar no Litoral e Zona da Mata de Pernambuco

José Rafael Ferreira de Gouveia¹, Cristina Rodrigues Nascimento², José Galdino de Oliveira Júnior³, Geber Barbosa de Albuquerque Moura⁴, Pabício Marcos Oliveira Lopes⁴

¹ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n; Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil, CEP: 52171-900. E-mail: ferreira.gouveia@hotmail.com (autor correspondente);

² Professora Doutora, Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n; Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil, CEP: 52171-900. E-mail: crisrodnas@gmail.com;

³ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n; Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil, CEP: 52171-900. E-mail: dinojr95@gmail.com;

⁴ Professor Doutor, Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n; Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil, CEP: 52171-900. E-mail: geber.moura@ufrpe.br; pabicio.lopes@ufrpe.br.

Artigo recebido em 12/12/2021 e aceito em 06/03/2022.

RESUMO

Servindo como matéria-prima para a produção de biomassa e biocombustíveis, a cana-de-açúcar se apresenta como uma cultura vastamente utilizada. No estado de Pernambuco, sua produção ocorre nas mesorregiões Metropolitana do Recife e Mata Pernambucana. O estado apresenta relevo acidentado, o que dificulta a utilização de máquinas colheitadeiras, neste sentido, a colheita é realizada de forma manual com a queima para despalha e posterior corte. Esta prática implica em diversos prejuízos para a fauna e flora local, além de contribuir com o efeito estufa. Este artigo tem como objetivo avaliar a correlação entre área plantada e a queima da cana-de-açúcar nas mesorregiões citadas, através de dados obtidos de imagens de satélites. Para tanto, foram utilizadas imagens do sensor MODIS a bordo das plataformas combinadas TERRA e AQUA a fim de identificar as áreas afetadas pela queima. Os mapas disponibilizados pelo Mapbiomas foram empregados para a caracterização da cobertura vegetal das áreas analisadas. Para caracterizar a prática da queima e a resposta da vegetação, foram utilizados os gráficos do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) disponibilizados pelo SATVeg. Os dados demonstram que o coeficiente de correlação entre o NDVI e a ocorrência dos focos de calor é fraco. Apesar disto, os valores mais baixos do índice NDVI coincidem com o período de queima, o que evidencia a utilização desta prática para a realização da colheita da cana-de-açúcar. Desta maneira, as técnicas de sensoriamento remoto possibilitaram a identificação de áreas de produção de cana-de-açúcar com base nas áreas afetadas pela queima.

Palavras-Chave: NDVI, imagens de satélite, focos de calor, cobertura vegetal.

Correlation between Planted Area x Sugar Cane Burning on the Coast and Zona da Mata of Pernambuco

ABSTRACT

Serving as a raw material for the production of biomass and biofuels, sugarcane presents itself as a widely used crop. In the state of Pernambuco, its production takes place in the Metropolitana do Recife and Mata Pernambucana mesoregions. The state has a rugged terrain, which makes it difficult to use harvesting machines, in this sense, the harvest is carried out manually with burning for husk and subsequent cutting. This practice entails several damages to the local fauna and flora, in addition to contributing to the greenhouse effect. This article aims to evaluate the correlation between planted area and sugarcane burning in the aforementioned mesoregions, using data obtained from satellite images. For this purpose, MODIS sensor images aboard the combined TERRA and AQUA platforms were used in order to identify the areas affected by the burning. The maps provided by Mapbiomas were used to characterize the vegetation cover of the analyzed areas. To characterize the practice of burning and the response of vegetation, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) graphs provided by SATVeg were used. The data demonstrate that the correlation coefficient between the NDVI and the occurrence of hot spots is weak. Despite this, the lowest values of the NDVI index coincide with the burning period, which shows the use of this practice to carry out the sugarcane harvest. In this way, remote sensing techniques enabled the identification of sugarcane production areas based on the areas affected by the burning.

Keywords: NDVI, satellite images, hot spots, vegetation cover.

Gouveia, J. R. F., Nascimento, C. R., Oliveira Júnior, J. G., Moura, G. B. A., Lopes, P. M. O.

Introdução

A cana-de-açúcar é uma cultura amplamente utilizada no Brasil e no mundo, sendo uma das mais importantes para o agronegócio brasileiro (Silva, T. et al., 2019). De acordo com Alves, K. et al. (2021), o Brasil é um dos maiores produtores da cana-de-açúcar e de alguns de seus derivados, como o açúcar e o etanol, do mundo. Xu et al. (2020) e Xin et al. (2020) ressaltam que além das utilidades mais convencionais da cana-de-açúcar, a cultura produz grande quantidade de biomassa, desta forma, servindo como matéria-prima de baixo custo, podendo ser empregada como bioenergia ou biocombustível, impulsionando o desenvolvimento sustentável.

A produção e área colhida de cana-de-açúcar, na safra 2018/19, foi de 620,44 milhões de toneladas e 8,59 milhões de hectares, respectivamente, representando redução de 2% e 1,6%, em relação à safra 2017/18. No Nordeste, apesar da região ter apresentado na safra 2018/19 área plantada inferior ao da safra passada, esta região obteve média regional 9% maior que a constatada na safra anterior, visto que a boa distribuição da precipitação durante fases importantes do desenvolvimento fenológico contribuiu positivamente para o aumento da produtividade. Em especial, Pernambuco, apresentou incremento de 5,6% na produção de 2018/19 em comparação à safra 2017/18, (Conab, 2019). O período de colheita da cana-de-açúcar em Pernambuco é realizado usualmente no verão, entre os meses de setembro a fevereiro, dessa forma, abrangendo parte do domínio canavieiro nordestino ao abarcar as mesorregiões Metropolitana do Recife e Mata Pernambucana (Souza et al., 2020; Dutra Filho et al., 2020; Barbosa e Moraes, 2021). A Companhia Nacional de Abastecimento – Conab (2020) resalta que os meses de outubro a janeiro são aqueles que concentram o período de colheita no estado.

O relevo acidentado, do estado impossibilita a utilização de máquinas colheitadeiras de cana-de-açúcar, sendo a colheita realizada ainda de forma manual com a queima para a despalha e o corte rente ao solo (Jucá, 2019). Peres e Previtali (2021) ressaltam que a colheita da cana-de-açúcar por queima, traz efeitos negativos para a biodiversidade, gerando danos ao ecossistema. A prática interfere também nas características físicas, químicas e biológicas do solo, além de causar danos à saúde da população, em função do lançamento de matéria seca do solo e liberação de gás carbônico na atmosfera, o qual é responsável por contribuir com o efeito estufa

(Farias et al., 2020; Silva, R. et al., 2021; Teixeira et al., 2021).

O Sensoriamento Remoto, como ciência se mostra uma ferramenta eficiente para o monitoramento de áreas afetadas pela queima, através da análise das imagens de satélites (Souza Neto et al., 2021). Segundo Gouveia et al. (2021) e Pacheco e Silva Junior (2021), o Sensoriamento Remoto, a partir de produtos como as imagens de satélite, contribui na obtenção de informações espaciais e temporais em diferentes escalas. Tais informações viabilizam a caracterização e análise de eventos de focos de calor, além de mensurar a área e a biomassa efetivamente afetadas pela queima, dessa forma, fornecendo importantes contribuições para estudos sobre esta temática.

Em contrapartida, outras ferramentas são utilizadas para a obtenção de dados que auxiliam na detecção de áreas queimadas através das imagens de satélite. Neste sentido, os chamados focos de calor, monitorados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), correspondem a arquivos vetoriais representados por pontos geográficos identificados na superfície do solo, a partir da detecção de áreas com temperatura acima de 47 °C e área mínima de 900 m² (Marques e Costa Sobrinho, 2020). Tais dados são derivados dos satélites de órbita polar AQUA, TERRA, NPP, NOAA-18, 19, 20, METOP-B e C, e dos satélites geoestacionários MSG-03, GOES-16, em uma frequência diária, através do projeto: Banco de dados de queimadas – BDQ (INPE, 2021). Cada satélite polar fornece dois imageamentos por dia, e os geoestacionários produzem algumas imagens por hora, das quais no total o INPE processa mais de 200 imagens por dia, especificamente para detecção desses dados (Alves, J. et al., 2021).

No caso das imagens de satélite, cada alvo presente na superfície terrestre, pode ser mapeado utilizando como referência seu comportamento espectral. A vegetação, por exemplo, apresenta um comportamento específico nas regiões do visível (vermelho) e infravermelho próximo, o que possibilita discriminar áreas de vegetação afetadas ou não pela queima (Bandeira e Cruz, 2021). Assim sendo, várias pesquisas sobre detecção e monitoramento de áreas atingidas pelo fogo incidem na avaliação de bandas espectrais (Oliveira Júnior, 2019).

O índice mais disseminado em estudos relacionados à avaliação de mudanças ambientais é o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), proposto por Rouse et al. (1974) (Krzek e Santos, 2021). Este índice permite construir perfis sazonal e temporal do comportamento da vegetação, o que auxilia na análise de mudanças

fenológicas das folhas e períodos de senescência, como também, a ocorrência de processos de queimadas em campo (Araújo et al., 2018; Oliveira Júnior et al., 2021; Trentin et al., 2021). Os valores do NDVI podem variar de -1 a 1, onde os valores próximos a 1 indicam um maior vigor vegetativo, ao passo que os mais próximos a 0 (zero) demonstram uma superfície com baixo vigor vegetativo ou não vegetada (Bezerra et al., 2021).

Diversas plataformas orbitais podem ser aplicadas para o monitoramento de queimadas, o sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) a bordo dos satélites TERRA e AQUA, é capaz de gerar imagens de diferentes produtos da superfície terrestre, oceanos e atmosfera. Além disso, apresentam as características de possuírem uma alta sensibilidade radiométrica (12 bits) e espectral (36 bandas), operando no intervalo de faixa de 0,4 a 14,4 μm do espectro eletromagnético. O sensor possibilita a aquisição de imagens com resolução espacial de 250 m, 500 m e 1.000 m e tempo de revisita ao mesmo ponto entre 1 a 2 dias de acordo com a latitude do local (Madhavan et al., 2021; NASA, 2021).

Segundo Benfica et al. (2021), imagens MCD64A1, provenientes do sensor MODIS a bordo da plataforma combinada TERRA e AQUA, vêm sendo utilizadas para compor informações para o *Global Fire Emissions Database* (GFED). Este produto mensal é capaz de mapear e identificar a data de queima, para o dia mais próximo, através de imagens com resolução espacial de 500 m. Codificando a data de queima de acordo com o dia ordinal do ano civil, onde os pixels com valores no intervalo de 1-366 representam áreas afetadas pela queima, o valor 0 indica os pixels de terra não queimadas, -1 sinaliza dados ausentes e -2 para pixels de áreas localizadas na água (Giglio et al., 2020). Boschetti et al. (2019) ressalta que o produto MCD64A1 opera através de um rebuscado algoritmo que aumenta a possibilidade de detecção de áreas menores de queima, dessa forma, reduzindo os erros provenientes da determinação do dia de queima e diminuindo a amplitude de áreas não mapeadas em regiões que apresentam nuvens ou ruídos.

O Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (Mapbiomas) é

composto por uma rede de instituições colaborativas e tem a finalidade de mapear as principais formas de uso e cobertura do solo em uma série temporal (Cruz e Cruz, 2021; Mapbiomas, 2021a; Molena et al., 2021). Costa et al. (2018) e Souza Jr et al. (2020), afirmam que os mapas gerados pelo Mapbiomas possuem um mapeamento mais inclusivo, podendo ser utilizados para a identificação de áreas de plantio e em outros projetos de pesquisa voltados para as áreas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento.

Segundo Albuquerque et al. (2020) e Santos et al. (2021) a ferramenta Web, desenvolvida pela Embrapa Informática Agropecuária, Sistema de Análise Temporal da Vegetação (SATVeg) se apresenta altamente eficiente para o estudo da dinâmica das áreas de agricultura, servindo assim como ferramenta para estudos de monitoramento da vegetação. Visto que este produto proporciona um gráfico de análise temporal do índice de vegetação NDVI criado a partir produto MOD13Q1 derivado do sensor MODIS, satélite TERRA (EMBRAPA, 2021).

Diante disso, o presente artigo tem como objetivo avaliar a relação entre a área plantada e a queima da cana-de-açúcar no Litoral e Zona da Mata de Pernambuco, no período de 2016 a 2019, nos meses de outubro a janeiro, a partir da utilização dos focos de calor disponibilizados pelo INPE, imagens do sensor MODIS com a plataforma combinada TERRA e AQUA, imagens do Mapbiomas e índice de vegetação NDVI proporcionado pelo SATVeg.

Material e métodos

Área de estudo

A pesquisa foi realizada nas mesorregiões Metropolitana do Recife e Mata Pernambucana, destacadas na Figura 1. Estas mesorregiões estão divididas em microrregiões, das quais as usinas de cana-de-açúcar em funcionamento estão distribuídas: Itamaracá (1), Suape (2), Mata Setentrional Pernambucana (5), Vitória de Santo Antão (1) e Mata Meridional Pernambucana (8); sendo que 1, 2, 5, 1, 8, representam, respectivamente, as quantidades de usinas em funcionamento (NOVACANA, 2021).

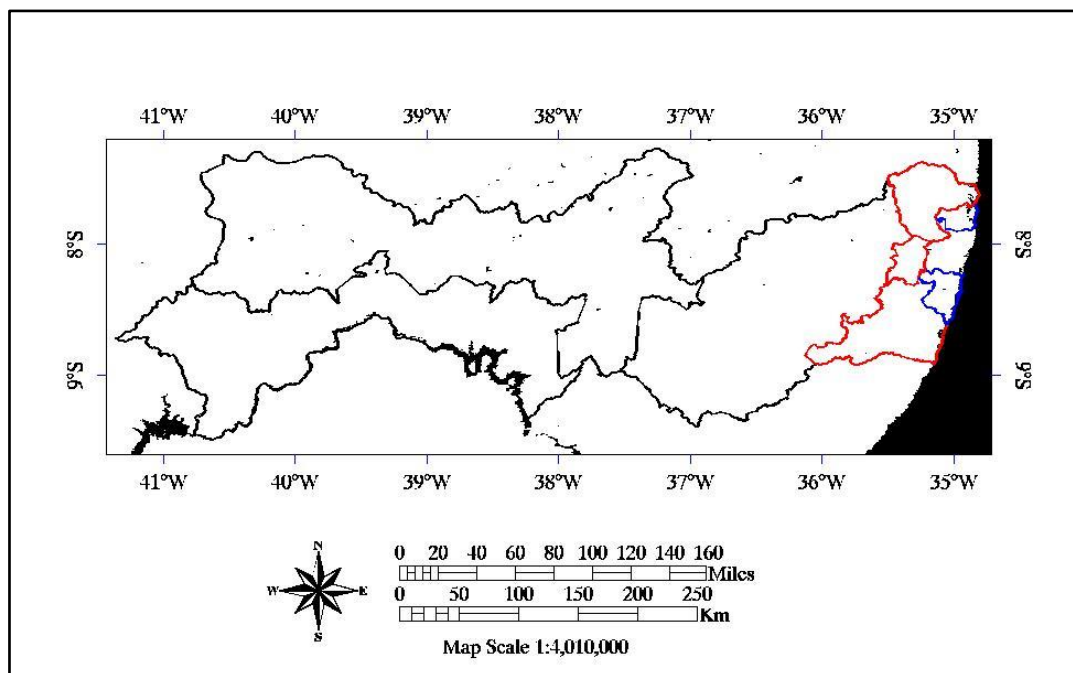


Figura 1. Localização espacial da área de estudo, destacando as microrregiões que possuem usinas de cana-de-açúcar nas Mesorregiões Metropolitana do Recife (azul) e Mata Pernambucana (vermelho).

Dados Climáticos

Para a realização da análise climática foi utilizada uma série mensal de 30 anos de dados (1989-2018), através das normais climatológicas do total de precipitação anual, dos municípios: Vitória de Santo Antão, Recife e Cabo de Santo Agostinho. Os municípios foram distribuídos de forma que o estudo da climatologia fosse representativo das mesorregiões estudadas. Os dados pluviométricos para esta análise foram extraídos da Agência Nacional de Águas (ANA), Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (AGRITEMPO).

A série de precipitação total anual foi submetida a análise da técnica de *Quantis*, de acordo com a metodologia proposta por Monteiro et al. (2012), gerando uma classificação da série estudada em três grupos: Seco (S), Chuvoso (C) e Normal (N). Esta análise foi realizada com o intuito de caracterizar o período seco do ano nas mesorregiões de estudo, visto que a incidência de queimadas pode ser intensificada nesse período.

Quantificação da Ocorrência de Áreas com Focos de Calor

Após a análise e caracterização dos meses de ocorrência da colheita da cana-de-açúcar (outubro a janeiro), nas safras dos anos de 2016 a 2019, e sabendo-se que a prática da queima é recorrente nas mesorregiões de estudo devido a

impossibilidade da utilização de máquinas colheitadeiras por causa do relevo acidentado, foi feita a coleta e quantificação dos focos de calor em escala mensal através dos dados gerados do Banco de Dados de Queimadas – BDQ/INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

Processamento de Imagens de Satélite MODIS/TERRA

A fim de identificar os dias exatos de queima nas áreas de estudo foram cruzadas as informações dos focos de calor do INPE com imagens de satélite. Para isto, foi utilizado o produto MCD64A1 do sensor MODIS da plataforma orbital combinada TERRA e AQUA, disponibilizado no site da *United States Geological Survey* (USGS). O processamento da imagem foi executado no software *Environment for visualizing images* (ENVI), versão 4.2, no qual foi utilizado o tile h14v09, sendo as imagens convertidas do formato *HDF-EOS para *GeoTIFF através do software *Modis Reprojection Tool* (MRT). O produto mensal MCD64A1, Coleção 6, tem como finalidade identificar a data da ocorrência de queima para o dia mais próximo da queima de maior intensidade, apresentando resolução espacial de 500 m. A data é codificada de forma que os pixels de área queimada se apresentem como o dia ordinal do ano civil no intervalo 1-366. Onde o valor 0 (zero) representa os pixels de terra não queimadas, -1 sinaliza dados ausentes e -2 para pixels de áreas localizadas na água (Giglio et al., 2020).

Processamento de Imagens Mapbiomas

Após a identificação dos dias exatos e os pontos (vetores) de queima, foi necessário utilizar as imagens do Mapbiomas, Coleção 6, para identificar quais dessas áreas afetadas pela queima estavam sendo utilizadas exclusivamente para o cultivo da cana-de-açúcar. Desta forma, foi utilizado o Mapbiomas que é responsável pela produção de mapas anuais no formato matricial (30x30 m) sobre a cobertura e uso do solo no Brasil desde o ano de 1985 a 2020, organizando os diferentes tipos de cobertura e uso do solo através de uma identificação numérica (ID), na qual a cultura da cana-de-açúcar está inserida na classificação de cobertura vegetal 20 (Mapbiomas, 2021b; Mapbiomas, 2021c).

Monitoramento de Perfil Temporal do NDVI

Foi utilizado o Sistema de Análise Temporal da Vegetação (SATVeg), para análise temporal dos valores do NDVI após a determinação dos dias de ocorrência da queima e caracterização das áreas utilizadas para o cultivo da cana-de-açúcar. A análise do comportamento da vegetação no período de estudo foi analisada através do índice de vegetação NDVI (Equação 1).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

ρ_{NIR} = Refletância da banda do infravermelho próximo;

ρ_{RED} = Refletância da banda do vermelho.

Com este intuito, utilizou-se a ferramenta Web SATVeg, desenvolvida pela Embrapa Informática Agropecuária. Esta ferramenta plota gráficos do perfil temporal de índices vegetativos, como o NDVI, derivados das imagens do sensor MODIS, a bordo do satélite Terra, utilizando o produto MOD13Q1, com o objetivo de caracterizar as variações da biomassa vegetal durante uma série temporal. Neste produto, o NDVI é analisado em composições de máximos valores do índice em intervalos de 16 dias, com resolução espacial de aproximadamente 250 m.

Correlação entre as variáveis NDVI e focos de calor – Para a determinação do grau de relacionamento existente entre o NDVI e os focos de calor foi realizada a análise de correlação linear através do método de Pearson (Equação 2) (Dutra et al., 2021).

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}}$$

Eq. (2)

Onde:

r_{xy} = coeficiente de correlação linear de Pearson;

n = quantidade de pares de observações;

x_i = i-ésima observação da variável x ;

y_i = i-ésima observação da variável y ;

$\bar{X}$ = média das observações da variável x ;

$\bar{Y}$ = média das observações da variável y .

Esta técnica permite identificar o quanto uma variável qualquer pode interferir nos resultados de outra. Os resultados possíveis para o coeficiente de correlação (r) são aqueles compreendidos entre -1 a 1, quanto mais próximos de 1 ou -1, significa que a correlação é forte, o oposto é verdadeiro. Neste sentido, a correlação pode ser classificada como: muito fraca, $0,00 \leq r < 0,20$; fraca, $0,20 \leq r < 0,40$; moderada, $0,40 \leq r < 0,70$; forte, $0,70 \leq r < 0,90$; muito forte, $0,90 \leq r \leq 1,00$. Os valores acima de 0 indicam correlação positiva, ou seja, uma variável cresce à medida que a outra também cresce. Em contrapartida, para valores menores que 0 a correlação é negativa, ou seja, enquanto uma variável cresce, a outra decresce (Fialho e Santos, 2021).

Resultados e discussão

A Figura 2 (2a, 2b e 2c) apresenta a análise climática na série temporal de 1989 a 2018 para os municípios estudados (Vitória de Santo Antão, Recife e Cabo de Santo Agostinho). É possível observar que os meses mais secos do ano nas mesorregiões de estudo são de outubro a janeiro, o que coincide com o período de colheita da cana-de-açúcar, visto que, é nesta época do ano que a cultura alcança o seu ápice da fase de maturação do seu desenvolvimento fenológico em campo.

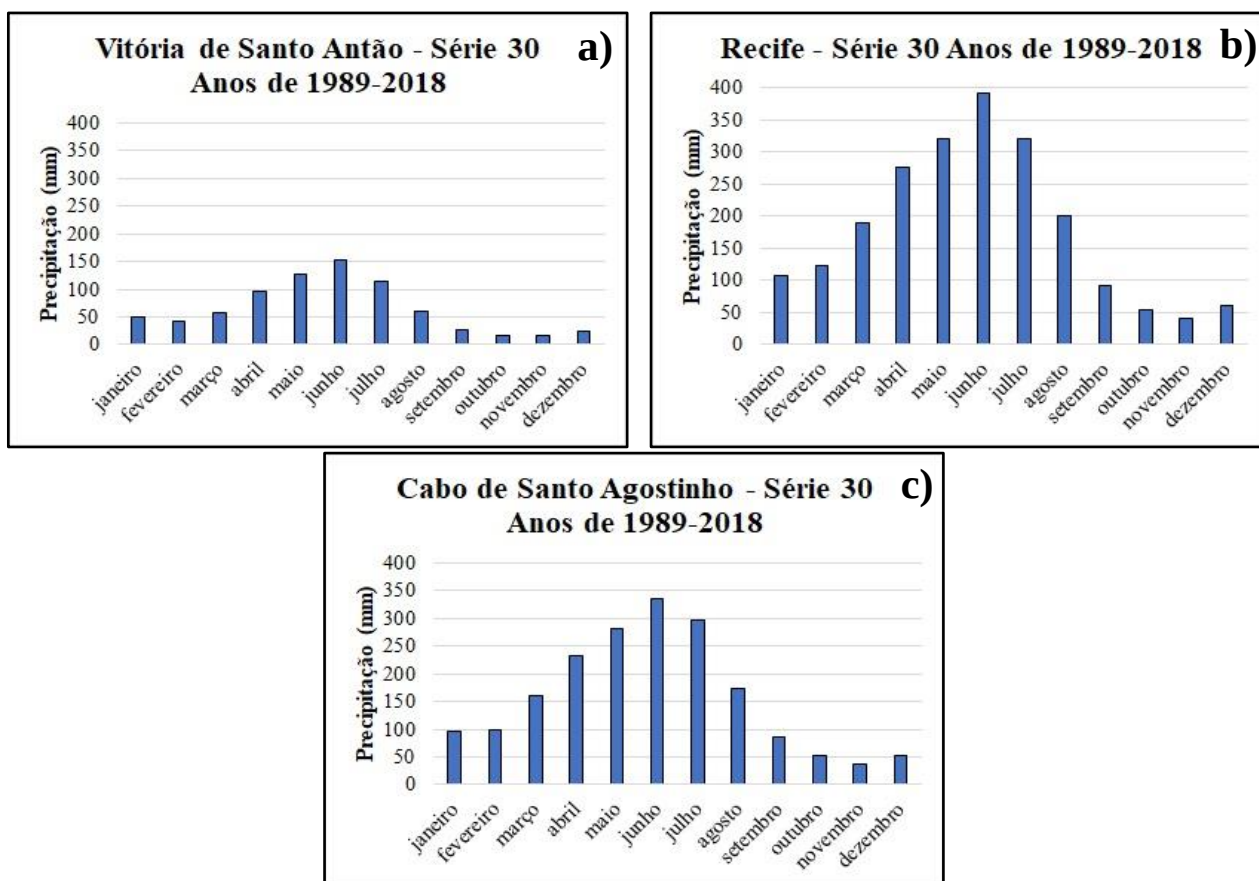


Figura 2. Distribuição temporal da precipitação média mensal da série temporal de 1989 a 2018 dos municípios analisados: a) Vitória de Santo Antão; b) Recife e c) Cabo de Santo Agostinho.

Verifica-se também que o período chuvoso da região ocorre entre os meses de abril a julho, com redução da precipitação a partir do mês de agosto.

De acordo com as normais climatológicas demonstradas na Figura 2 (2a, 2b e 2c) foi aplicada a técnica de *Quantis* baseado na média anual das precipitações observadas. Tais valores foram segmentados em três grupos: Períodos “SECOS”, os quais apresentaram precipitação iguais ou menores que a frequência acumulada de ocorrência de 25%, o que corresponde ao intervalo de valores menores que 1250,3 mm; os “NORMAIS”, com probabilidade entre 25% e 75%, ou seja, valores superiores a 1250,3 mm e inferiores a 1715,8 mm; e os “CHUVOSOS”, com probabilidade maior que

75%, em um intervalo de valores superiores a 1715,8 mm e inferiores a 2181,2 mm.

A Tabela 1 apresenta a classificação dos municípios quanto às classes acima citadas. Observa-se que no período estudado o município de Vitória de Santo Antão, representante da mesorregião da Mata Pernambucana, foi classificado como “SECO” em todos os anos analisados. Em contrapartida na mesorregião Metropolitana do Recife, o município do Cabo de Santo Agostinho foi classificado como “CHUVOSO” em todos os anos analisados, enquanto o município do Recife apresentou anos “NORMAIS” e “CHUVOSOS”, ou seja, com chuvas dentro e além do esperado.

Tabela 1. Classificação da técnica de *Quantis* da série temporal de 2016 a 2019.

Municípios	Anos			
	2016	2017	2018	2019
Vitória de Santo Antão	SECO	SECO	SECO	SECO
Recife	NORMAL	CHUVOSO	NORMAL	CHUVOSO
Cabo de Santo Agostinho	CHUVOSO	CHUVOSO	CHUVOSO	CHUVOSO

Diante da análise climática e estabelecido o período dos meses mais secos do ano da série temporal de 2016 a 2019, foram analisadas as áreas afetadas pela queima nas mesorregiões Metropolitana do Recife e Mata Pernambucana através da utilização dos dados vetoriais disponibilizados pelo Banco de Dados de Queimadas - BDQ do INPE.

A Tabela 2 apresenta o número de focos de calor por dia nos meses de outubro a janeiro entre os anos de 2016 a 2019. É importante salientar que

a coluna “Núm. Foc.” representa a quantidade de focos de calor detectados pelo monitoramento do INPE através de diferentes plataformas orbitais, disponibilizados pelo Banco de Dados de Queimadas – BDQ do INPE. Esta coluna destaca a maior quantidade diária de focos de calor identificados pelo INPE no mês de referência, o que significa que pode ter ocorrido focos de calor em outros dias no mês, porém, em menor quantidade.

Tabela 2. Quantidade de Focos de Calor por dia.

Meses	2016		2017		2018		2019	
	Data	Núm. Foc.	Data	Núm. Foc.	Data	Núm. Foc.	Data	Núm. Foc.
outubro	07/10/2016	117	09/10/2017	21	23/10/2018	106	29/10/2019	58
novembro	24/11/2016	126	11/11/2017	34	13/11/2018	72	24/11/2019	123
							30/11/2019	123
dezembro	04/12/2016	138	08/12/2017	50	27/12/2018	65	13/12/2019	115
janeiro	25/01/2017	127	08/01/2018	33	03/01/2019	57	16/01/2020	166

Onde: Núm. Foc. – Número de focos de calor.

Ressalta-se que nem todo foco de calor representa uma queima, neste sentido, a fim de caracterizar as áreas de queima foram cruzados os focos de calor e as imagens do produto MCD64A1 que se refere ao produto de área queimada do Sensor MODIS, derivado dos satélites TERRA e AQUA. É possível observar a partir da Tabela 3 que o município de Goiana, no dia 24/11/2019, foi o mais afetado pela queima, apresentando um total de 7 focos de calor confirmados distribuídos em 3 áreas distintas. Além disso, observou-se também que os focos ocorreram somente no mês de novembro, não apresentando nenhum pixel referente aos dias de área de queima no mês de outubro, dezembro e janeiro entre os anos de 2016 a 2019 de acordo com a análise das imagens MCD64A1. Este fato está associado ao que foi observado por Boschetti et al. (2019), onde pequenas áreas de queima são omitidas pelo produto MCD64A1 devido a sua baixa resolução

espacial. Pode-se observar que, o evento de focos de calor se concentrou no município de Goiana, na mesorregião Metropolitana do Recife, entre os anos de 2016 e 2019, coincidindo de serem nos mesmos meses e dias (24/11) dos respectivos anos. Dessa forma, não houveram municípios afetados pelos focos de calor na mesorregião da Mata Pernambucana (Norte e Sul). Além disso, infere-se que ainda que a quantidade de focos de calor em Goiana em 2016 tenha sido maior que no mesmo município em 2019, os valores se mantiveram próximos um do outro.

Os municípios acometidos pelos focos de calor apresentam o grau de risco de incêndio igual a 1. Este índice varia do zero até o extremo 1, ele indica a probabilidade da incidência de um foco de calor e sua propagação, sendo influenciado significativamente pelas condições atmosféricas locais do dia.

Tabela 3. Incidências de queimada por município e data de ocorrência.

Município	Data	J.D.	Lat. (S)	Long. (W)	Núm. Foc.	Focos Conf.	Risco	Cobertura Vegetal
Goiana	24/11/2016	329	-7,650°	-35,000°	126	1	1	Cana-de-açúcar
Goiana	24/11/2019	328	-7,525°	-35,047°	123	3	1	Mosaico de Agricultura e Pastagem
Goiana	24/11/2019	328	-7,533°	-35,035°	123	2	1	Cana-de-açúcar
Goiana	24/11/2019	328	-7,533°	-35,030°	123	2	1	Mosaico de Agricultura e Pastagem

Onde: J.D. – Dia Juliano; Lat. (S) – Latitude/Sul; Long. (W) – Longitude/Oeste; Núm. Foc. – Número de focos de calor; Focos Conf. – Focos de calor confirmados como queima.

Gouveia, J. R. F., Nascimento, C. R., Oliveira Júnior, J. G., Moura, G. B. A., Lopes, P. M. O.

A Figura 3 exibe as imagens do produto MCD64A1 com destaque para o pixel referente à área queimada no município de Goiana no dia 24/11/2016 (Figura 3a) e a coincidência dos focos de calor do INPE sobre a área queimada (Figura 3b). A mesma dinâmica foi aplicada para o mesmo

município no dia 24/11/2019. Ressalta-se que os demais pixels com a escala de cinza mais brancos também representam queima, porém, em dias distintos ao de referência. Destaca-se que da mesma forma houveram focos de calor em outras áreas além daquela no município de Goiana.

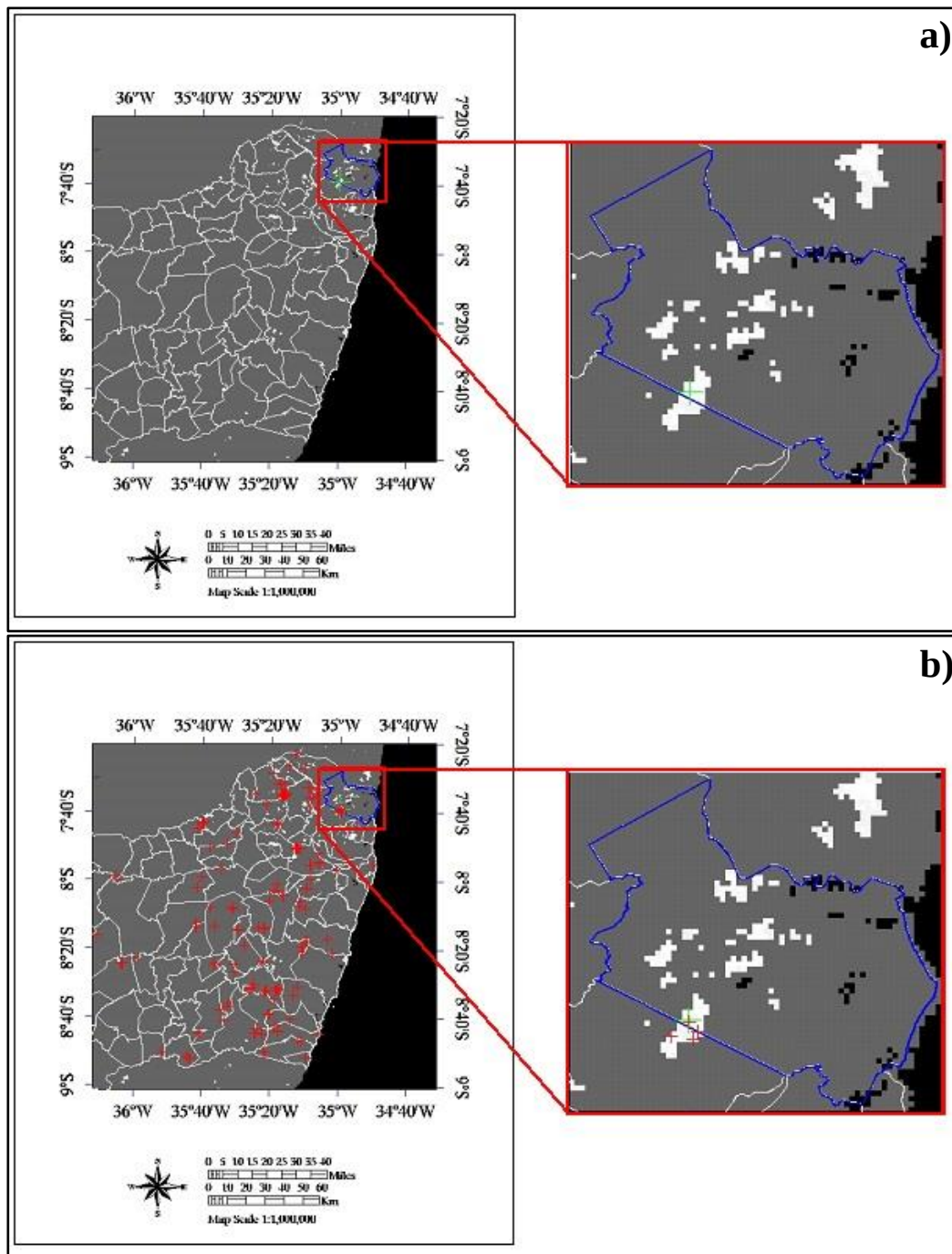


Figura 3. Imagem MCD64A1 do município de Goiana no dia 24/11/2016: a) apresentando o pixel identificado como área queimada; e b) coincidência dos focos de calor detectados pelo INPE.

Após a quantificação das áreas queimadas, através da utilização de imagens disponibilizadas pelo Mapbiomas foi possível identificar quais dessas áreas estavam sendo utilizadas para a produção de cana-de-açúcar. As imagens

apresentam pixels com valores distintos, os quais representam algum tipo de cobertura vegetal e utilização do solo. Com isto, houve a capacidade de observar que nos pontos de focos de calor encontrados, os pixels das imagens do Mapbiomas

variaram entre as categorias de coberturas vegetais: Cana-de-açúcar e Mosaico de Agricultura e Pastagem.

De acordo com o Mapbiomas (2021c), a cana-de-açúcar está inserida na identificação que engloba a cobertura vegetal de número de

identificação 20. Sendo assim, dos municípios estudados, apenas dois pixels apresentaram áreas de cultivo de cana-de-açúcar, com um pixel no município de Goiana em 2016 e outro ainda em Goiana, porém, em 2019. Ambos no dia 24/11, como demonstrados na Figura 4.

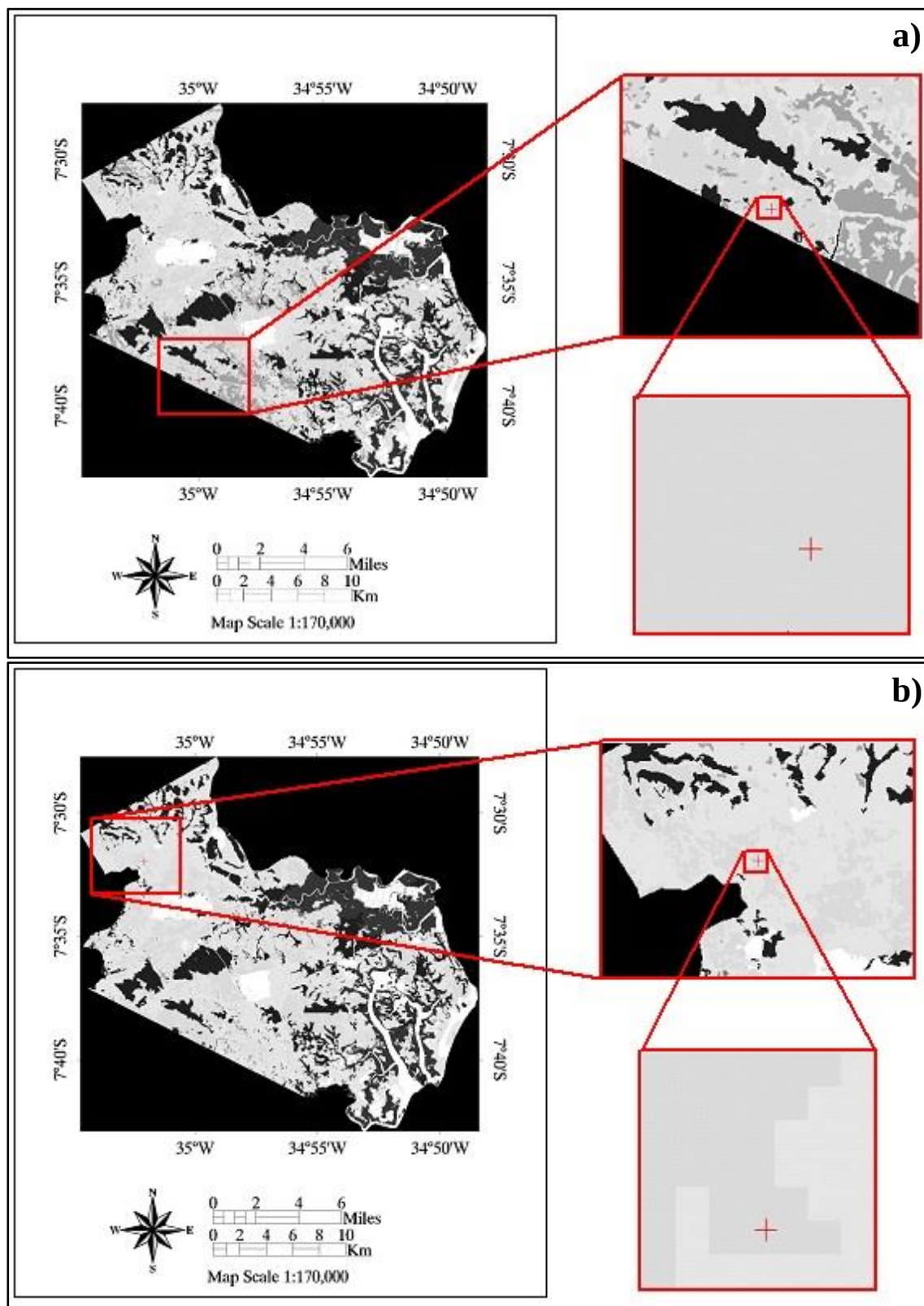


Figura 4. Imagem Mapbiomas destacando as áreas de cultivo de cana-de-açúcar no município de Goiana no dia: a) 24/11/2016; e b) 24/11/2019.

Para definir com mais clareza a possibilidade da caracterização de uma área utilizada para produção de cana-de-açúcar, foram analisados os gráficos de NDVI dos municípios afetados pelos focos de calor. A Figura 5 apresenta os gráficos de NDVI disponibilizados pelo SATVeg, o qual demonstra os índices numa análise

temporal de cinco anos, onde foram utilizados dados de 2014 a 2018 para Goiana em 2016 e de 2016 a 2021 para Goiana em 2019. A análise foi realizada dessa forma a fim de distribuir uma média de 2,5 anos antes e após a incidência de queima detectada.

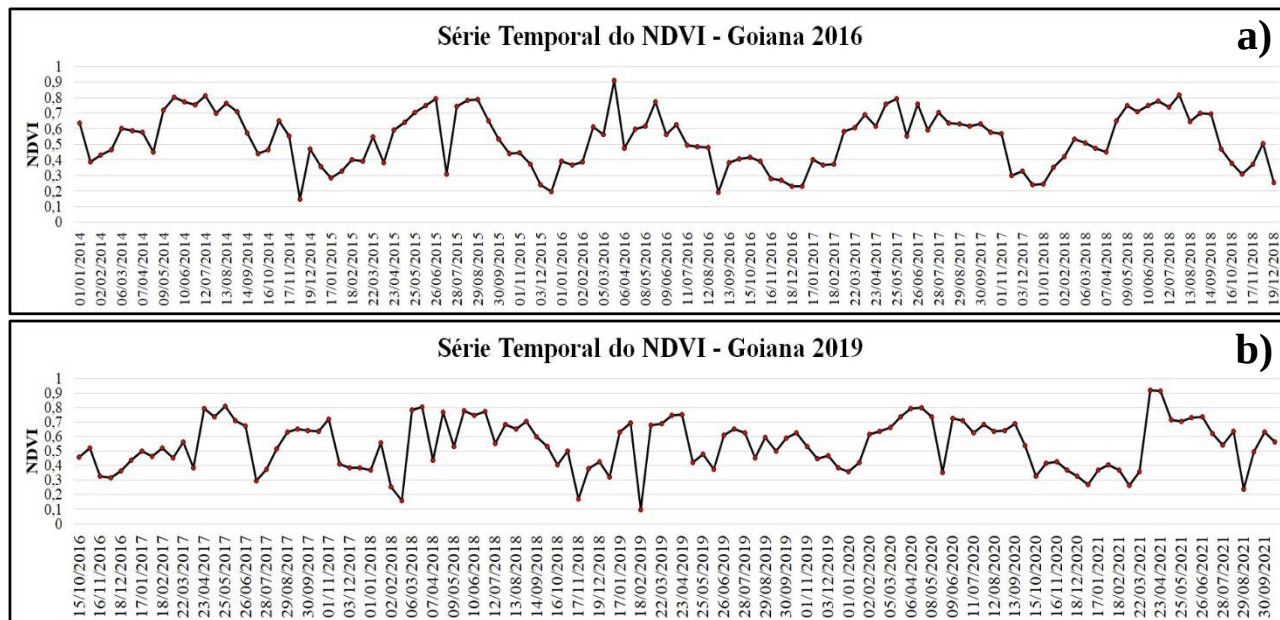


Figura 5. Gráfico do NDVI de para o município de Goiana nos anos de: a) 2014 a 2018; e b) 2016 a 2021.

A análise dos gráficos demonstra que os índices mais baixos do NDVI se encontram nos meses de setembro a fevereiro, o que coincide com as datas dos focos de calor citados acima de acordo com o período mais seco da mesorregião de estudo. O que indica que há alguma relação entre os focos de queima e os menores valores do NDVI nas áreas analisadas, o que corrobora para que seja verdadeira a premissa de que há a utilização da queima para a colheita da cana-de-açúcar.

Apesar disto, vale salientar que os gráficos do município de Goiana para os anos de 2016 e 2019 não apresentam valores negativos do NDVI, o que evidencia que não houve a presença de

nuvens ou água na área analisada. Além disto, os mínimos valores foram constatados no dia 03/12/2014 (0,1471) para a análise de 2016 e 18/02/2019 (0,0996) no gráfico de 2019. Estes resultados indicam a condição de mínima cobertura vegetal ou solo exposto.

Neste sentido, para os meses de outubro a janeiro, que são os meses que ocorre normalmente a colheita da cana-de-açúcar e são, concomitantemente, os mais secos do ano, nos anos de 2016 e 2019, no município de Goiana, foram obtidos os valores médios do índice NDVI descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Média Mensal do índice NDVI no município de Goiana nos anos de 2016 e 2019.

Município	Média Mensal NDVI - 2016			
	outubro	novembro	dezembro	janeiro (2017)
Goiana	0,4050	0,2807	0,2494	0,3157
Município	Média Mensal NDVI - 2019			
	outubro	novembro	dezembro	janeiro (2020)
Goiana	0,6238	0,4910	0,4277	0,3913

Ademais, foi possível inferir que na análise de 2016 os meses de dezembro e janeiro (2017) apresentaram os menores valores diários do NDVI no município afetado pela queima, sendo ambos iguais a 0,2292. Em contrapartida, para a análise de

2019 o mês que manifestou o menor índice foi janeiro (2020) com 0,3595. Este fato demonstra a relação entre a utilização da queima para a colheita da cana-de-açúcar e a ocorrência propriamente dita da queima nas áreas e datas já mencionadas, visto

que os menores índices de NDVI coincidem com os meses onde é praticada a colheita da cana-de-açúcar.

Na Figura 6 é exibida a correlação entre a quantidade de focos de calor identificados pelo INPE e o índice NDVI no município de Goiana nos anos em que ocorreram focos de calor confirmados como queima. Os dados para esta análise foram

obtidos através do SATVeg, o qual disponibiliza as informações do NDVI a cada 16 dias. Neste sentido, foram utilizados dados de três anos, sendo divididos em três momentos: um ano antes, no ano e um ano após a ocorrência dos focos de calor em cada município afetado. Esta análise foi realizada com o intuito de definir o grau de relação entre o evento das queimadas e o NDVI.

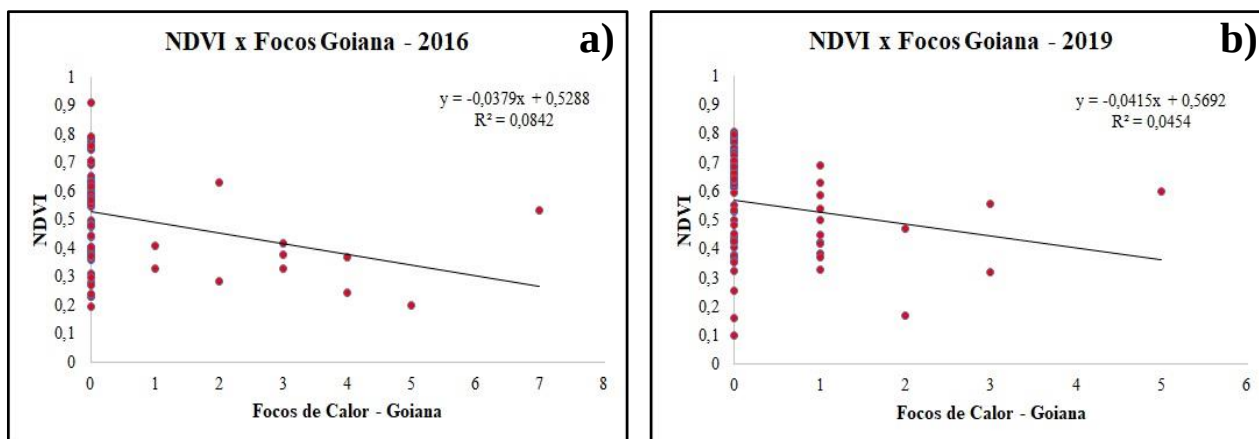


Figura 6. Correlação entre os focos de calor e o NDVI no município de Goiana: a) nos anos de 2015 a 2017; e b) nos anos de 2018 a 2020.

Apesar dos coeficientes de determinação (R^2), que representam a proporção da variabilidade de uma variável explicada pela outra, apresentarem valores muito baixos, constata-se a partir dos gráficos da correlação que as variáveis focos de calor e NDVI possuem coeficientes de correlações (r) negativos, sendo: -0,2902 e -0,2132, respectivamente. Isto indica que as variáveis apresentam significância de correlações fracas. O sinal negativo dos coeficientes de correlações exprime que à medida que os focos de calor aumentam, o índice NDVI diminui, ou seja, é uma relação inversamente proporcional.

Sendo assim, fica evidente que ainda que a relação entre as variáveis seja fraca, o aumento ou diminuição dos valores do índice NDVI dependem diretamente da ocorrência ou não dos focos de calor. Um fato que demonstra esse relacionamento é que os menores índices NDVI próximos à linha de tendência ocorrem quando o número de focos de calor é elevado.

A exemplo disto, observa-se baseado no gráfico para o município de Goiana em 2016 que enquanto o dia 22/03/2015 apresenta 0 focos de calor e 0,5467 de NDVI, no dia 02/02/2017 o mesmo município apresenta 4 focos e 0,3687 de NDVI. E esta mesma dinâmica ocorre com o município de Goiana em 2019.

Conclusões

Através do sensoriamento remoto, utilizando a análise de imagens do sensor MODIS,

Gouveia, J. R. F., Nascimento, C. R., Oliveira Júnior, J. G., Moura, G. B. A., Lopes, P. M. O.

combinado TERRA e AQUA, produto MCD64A1 e dos arquivos vetoriais de focos de calor, foi possível identificar as áreas queimadas no período de 2016 a 2019, nos meses considerados mais secos de acordo com a técnica dos *Quantis*, nas mesorregiões Metropolitana do Recife e Mata Pernambucana.

As imagens obtidas do Mapbiomas, se demonstraram de grande importância para a caracterização das áreas de acordo a cobertura vegetal. Isto possibilitou a detecção das áreas utilizadas para o cultivo da cana-de-açúcar onde estavam sendo utilizadas a prática da queima.

De acordo com os dados do índice NDVI alcançados através dos gráficos disponibilizados pelo SATVeg, pôde-se verificar que os menores valores de NDVI coincidem com o período da colheita da cana-de-açúcar, demonstrando a prática da queima para este fim.

Sendo assim, ainda que o sensor MODIS apresente uma limitação para a detecção de pequenas áreas de queima, fruto da sua baixa resolução espacial, é possível identificar as áreas de produção da cana-de-açúcar nos municípios afetados pela queima, com base nos focos de calor detectadas e o sensor MODIS.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo incentivo à pesquisa.

Referências

- Albuquerque, Y. R. T., Almeida, A. Q., Mendes, L. A., Cruz, M. A. S., 2020. Regionalização das vazões mínimas, médias e máximas na bacia hidrográfica do rio Itapicuru-BA. *Research, Society and Development* [online] 9. Disponível: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7740>. Acesso: 23 nov. 2021.
- Alves, J. M. B., Silva, E. M., Araújo, F. C., Silva, L. L., 2021. Um Estudo de Focos de Calor no Bioma Caatinga e suas Relações com Variáveis Meteorológicas. *Revista Brasileira de Meteorologia* [online] 36. Disponível: <https://doi.org/10.1590/0102-77863630015>. Acesso: 22 nov. 2021.
- Alves, K. F., Silva, W. A., Silva, C. M., Silva, A., Conceição, A. J. L., Nascimento, K. P. M., 2021. Caracterização física de diferentes ordens de solo cultivados com cana-de-açúcar no Cerrado Maranhense. *Brazilian Journal of Development* [online] 7. Disponível: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n6-157>. Acesso: 16 nov. 2021.
- Araújo, A. L., Silva, M. T., Silva, B. B., Santos, C. A. C., Dantas, M. P., 2018. Análise das Mudanças de Parâmetros Biofísicos Sobre o Nordeste Brasileiro de 2002 a 2011 com Dados Modis. *Revista Brasileira de Meteorologia* [online] 33. Disponível: <https://doi.org/10.1590/0102-7786334002>. Acesso: 20 nov. 2021.
- Bandeira, T. V., Cruz, M. L. B., 2021. Estudo da cobertura vegetal do município de Guaiuba/CE com base na utilização dos índices de vegetação SAVI e NDVI. *Geosul* [online] 36. Disponível: <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e73138>. Acesso: 20 nov. 2021.
- Barbosa, G. S., Morais, I. R. D., 2021. Pequenas Cidades Inseridas no Domínio Canavieiro Nordeste: Características Socioeconômicas, Desafios e Possibilidades. *Geoiंगा: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PGE/UEM)* [online] 13. Disponível: <https://doi.org/10.4025/geoiंगा.v13i1.56382>. Acesso: 24 nov. 2021.
- Benfica, N. S., Silva, D. P., Delgado, R. C., 2021. Dinâmica de áreas queimadas através de dados orbitais do sensor modis e influência climática no parque nacional da Chapada Diamantina. *Brazilian Journal of Development* [online] 7. Disponível: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n8-014>. Acesso: 23 nov. 2021.
- Bezerra, M. V. F., Encina, C. C. C., Figueiredo, H. R., Dalmas, F. B., Paranhos Filho, A. C., 2021. Análise da cobertura vegetal de uma unidade de conservação do Pantanal de Mato Grosso do Sul, a partir da aplicação de sensoriamento remoto. *Research, Society and Development* [online] 10. Disponível: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i9.16342>. Acesso: 20 nov. 2021.
- Boschetti, L., Roy, D. P., Giglio, L., Huang, H., Zubkova, M., Humber, M. L., 2019. Global validation of the collection 6 MODIS burned area product. *Remote Sensing of Environment* [online] 235. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111490>. Acesso: 13 nov. 2021.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento, 2019. Acompanhamento da safra brasileira. Cana-de-açúcar, v. 5 - Safra 2018/19, n. 4 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-75, abril de 2019.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento, 2020. Acompanhamento da safra brasileira. Cana-de-açúcar, v. 7 - Safra 2019/20, n. 2 - Segundo levantamento, Brasília, p. 1-64, agosto de 2020.
- Costa, D. P., Santos, J. J., Chaves, J. M., Rocha, W. J. S. F., Vasconcelos, R. N., 2018. Novas Tecnologias e Sensoriamento Remoto: Aplicação de uma Oficina Didática para a Disseminação das Potencialidades dos Produtos e Ferramentas do Mapbiomas. *Sustainability, Agri, Food and Environmental Research* [online] 6. Disponível: <https://doi.org/10.7770/safer-V0N0-art1402>. Acesso: 22 nov. 2021.
- Cruz, C. L. Z., Cruz, C. B. M., 2021. Avaliação da Exatidão Temática da Cobertura e Uso da Terra Representada através do Mapbiomas no Rio de Janeiro. *GEOgraphia* [online] 23. Disponível: <https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2021.v23i50.a47001>. Acesso: 22 nov. 2021.
- Dutra, D. J., Elmiro, M. A. T., Coelho, C. W. G. A., Nero, M. A., Temba, P. C., 2021. Temporal analysis of drought coverage in a watershed area using remote sensing spectral indexes. *Sociedade & Natureza* [online] 33. Disponível: <https://doi.org/10.14393/SN-v33-2021-59505>. Acesso: 10 nov. 2021.
- Dutra Filho, J. A., Calsa Júnior, T., Simões Neto, D. E., Souto, L. S., Luna, R. G., Souza, A. S., Oliveira, O. H., Silva, F. A. C., 2020. Seleção de genótipos de cana-de-açúcar em três épocas de colheita. *Research, Society and Development* [online] 9. Disponível: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7187>. Acesso: 24 nov. 2021.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2021. Sistema de Análise

- Temporal da Vegetação – SATVeg. Tutorial. Disponível: <<https://www.satveg.cnptia.embrapa.br/satveg/pages/home.html>>. Acesso: 23 nov. 2021.
- Farias, C. J. L., Moraes Filho, R. A., Albuquerque, J. L., Silva, A. M. N., 2020. Práticas de RSAE em usinas de cana-de-açúcar: caso de uma região tradicionalmente produtora. *Revista Organizações em Contexto* [online] 16. Disponível: <https://doi.org/10.15603/1982-8756/roc.v16n32p155-187>. Acesso: 24 nov. 2021.
- Fialho, E. S., Santos, L. G. F., 2021. A Climatologia Urbana e o Uso do Sensoriamento Remoto: Um Estudo de Caso em uma Cidade de Pequeno Porte em Clima Tropical de Altitude. *Geografia* [online] 46. Disponível: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/16047/12167>. Acesso: 10 nov. 2021.
- Giglio, L., Boschetti, L., Roy, D., Hoffmann, A. A., Humber, M., Hall, J. V. NASA. National Aeronautics and Space Administration, 2020. Collection 6 MODIS Burned Area Product User's Guide Version 1.3. Disponível: https://lpdaac.usgs.gov/documents/875/MCD64_User_Guide_V6.pdf. Acesso: 10 nov. 2021.
- Gouveia, J. R. F., Nascimento, C. R., Oliveira Júnior, J. G., Moura, G. B. A., Lopes, P. M. O., 2021. Caracterização de Cicatrizes de Queimadas nas Mesorregiões do Sertão e São Francisco Pernambucano a partir de dados do Sensor MODIS. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 14. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.2.p881-996>. Acesso: 10 nov. 2021.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2021. Manual de referência de Queimadas. Disponível: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/porta/outros-produtos/manual>. Acesso: 22 nov. 2021.
- Jucá, B. C., 2019. Análise Econômica do Setor Sucroalcooleiro de Pernambuco e São Paulo entre 1990 e 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- Krizek, J. P. O., Santos, L. C. M., 2021. Protocolo metodológico para obtenção dos valores de refletância e de NDVI de imagens Landsat 8/OLI utilizando LEGAL. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 14. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.2.p869-880>. Acesso: 20 nov. 2021.
- Madhavan, S., Sun, J., Xiong, X., 2021. Sensor calibration impacts on dust detection based on MODIS and VIIRS thermal emissive bands. *Advances in Space Research* [online] 67. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.02.035>. Acesso: 22 nov. 2021.
- MAPBIOMAS. Projeto MapBiomias – Coleção 6 (1985-2020) da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, 2021a. O Projeto. Disponível: <https://mapbiomas.org/o-projeto>. Acesso: 06 nov. 2021.
- MAPBIOMAS. Projeto MapBiomias – Coleção 6 (1985-2020) da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, 2021b. Códigos das classes da legenda e paleta de cores utilizadas na Coleção 6 do MapBiomias. Disponível: <<https://mapbiomas-brasil-site-stg.herokuapp.com/codigos-de-legenda>>. Acesso: 06 nov. 2021.
- MAPBIOMAS. Projeto MapBiomias – Coleção 6 (1985-2020) da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, 2021c. Produtos. Disponível: <https://mapbiomas.org/produtos>. Acesso: 06 nov. 2021.
- Marques, R. J., Costa Sobrinho, W. F. R., 2020. Detecção das Ocorrências de Focos de Queimadas e Produção de Mapas de Calor em Timon, MA. *Revista Geonorte* [online] 11. Disponível: <https://doi.org/10.21170/geonorte.2020.V.11.N.37.210.228>. Acesso: 22 nov. 2021.
- Molena, C., Gavioli, F. R., Molin, P. G., Melillo, R. C. S., 2021. Análise das Mudanças do Uso e Cobertura do Solo entre 1985 e 2018 da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim-Jundiá/São Paulo. *Geografia* [online] 46. Disponível: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/15756/12175>. Acesso: 22 nov. 2021.
- Monteiro, J. B., Rocha, A. B., Zanella, M. E., 2012. Técnica dos Quantis para Caracterização de Anos Secos e Chuvosos (1980-2009): baixo curso do apodi-Mossoró/RN. *Revista do Departamento de Geografia* [online] 23. Disponível: <https://doi.org/10.7154/RDG.2012.0023.0010>. Acesso: 10 nov. 2021.
- NASA. National Aeronautics and Space Administration, 2021. MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer): MODIS Design. Disponível: <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/design.php>. Acesso: 22 nov. 2021.

- NOVACANA, 2021. Usinas de açúcar e álcool no estado: Pernambuco. Disponível: <https://www.novacana.com/usinas_brasil/estados/pernambuco>. Acesso: 10 nov. 2021.
- Oliveira Júnior, J. G., Nascimento, C. R., Lopes, P. M. O., Moura, G. B. A., Silva, L. C., 2019. Caracterização de Cicatrizes de Queimadas na Mesorregião do Sertão Pernambucano a partir de Imagens de Satélites. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia [online] 16. Disponível: https://doi.org/10.18677/EnciBio_2019A35. Acesso: 10 nov. 2021.
- Oliveira Júnior, J. G., Santos, J. M., Polycarpo, J. S. M., Lopes, P. M. O., Moura, G. B. A., Nascimento, C. R., 2021. Mapeamento Espectral de Cicatrizes de Queimadas na Caatinga através de dados Orbitais MODIS e LANDSAT. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada [online] 15. Disponível: <https://dx.doi.org/10.7127/rbai.v1501164>. Acesso: 20 nov. 2021.
- Pacheco, A. P., Silva Junior, J. A., 2021. Análise Espaço-Temporal de Áreas de Queimadas no Estado do Maranhão a partir de Imagens MODIS e Classificação Random Forest. Anuário do Instituto de Geociências [online] 44. Disponível: https://doi.org/10.11137/1982-3908_2021_44_36119. Acesso: 13 nov. 2021.
- Peres, G., Previtali, F. S., 2021. Impactos ambientais e sociais do agronegócio sucroalcooleiro na região do Triângulo mineiro, Minas Gerais, Brasil a partir de 2000. Germinal: Marxismo e Educação em Debate [online] 13. Disponível: <https://doi.org/10.9771/gmed.v13i2.45038>. Acesso: 24 nov. 2021.
- Rouse, J. W. Jr., Haas, R. H., Schell, J. A., Deering, D. W., 1974. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. Proceedings, 3rd Earth Resource Technology Satellite (ERTS) Symposium., v. 1, p. 48-62. 1974.
- Santos, J. S., Dodonov, P., Oshima, J. E. F., Martello, F., Jesus, A. S., Ferreira, M. E., Silva-Neto, C. M., Ribeiro, M. C., Collevatti, R. G., 2021. Landscape ecology in the Anthropocene: an overview for integrating agroecosystems and biodiversity conservation. Perspectives in Ecology and Conservation [online] 19. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2020.11.002>. Acesso: 23 nov. 2021.
- Silva, R. M., Silva, R. M., Souza, J. K. M., Souza, J. R. M., Gedijeski, T. P., 2021. Um estudo de caso de retirada da palha da cana-de-açúcar do solo: quais as implicações para o teor de matéria orgânica do solo?. Research, Society and Development [online] 10. Disponível: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i14.21717>. Acesso: 23 nov. 2021.
- Silva, T. G. F., Souza, C. A. A., Moura, M. S. B., Marin, F. R., Carvalho, H. F. S., Leitão, M. M. V. B. R., Galvêncio, J. D., 2019. Balanço de Energia, Emissão Foliar e Eficiência do Uso da Radiação pela Cana-de-Açúcar em Cultivo sem e com Palhada. Revista Brasileira de Meteorologia [online] 34. Disponível: <https://doi.org/10.1590/0102-7786334016>. Acesso: 16 nov. 2021.
- Souza Jr, C. M., Z. Shimbo, J. R., Rosa, M. R., Parente, L. L., Alencar, A. A., Rudorff, B. F. T., Hasenack, H., Matsumoto, M., Ferreira, L. G., Souza-Filho, P. W. M., Oliveira, S. W., Rocha, W. F., Fonseca, A. V., Marques, C. B., Diniz, C. G., Costa, D., Monteiro, D., Rosa, E. R., Vélez-Martin, E., Weber, E. J., Lenti, F. E. B., Paternost, F. F., Pareyn, F. G. C., Siqueira, J. V., Viera, J. L., Ferreira Neto, L. C., Saraiva, M. M., Sales, M. H., Salgado, M. P. G., Vasconcelos, R., Galano, S., Mesquita, V. V., Azevedo, T., 2020. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. Remote Sensing [online] 12. Disponível: <https://doi.org/10.3390/rs12172735>. Acesso: 22 nov. 2021.
- Souza Neto, L. T., Silva, M. T., Vale, W. K. S., Grigio, A. M., 2021. O Uso do Mapa de Kernel como Subsídio para Identificação da Dispersão dos Focos de Queimadas no Município de Mossoró (RN). Revista de Geografia (Recife) [online] 38. Disponível: <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2021.247425>. Acesso: 10 nov. 2021.
- Souza, P. H. N., Bastos, G. Q., Dutra Filho, J. A., 2020. Interação cana-de-açúcar x épocas de colheita na Microrregião Centro de Pernambuco via modelos mistos. Research, Society and Development [online] 9. Disponível: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7700>. Acesso: 24 nov. 2021.
- 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 [online] 14. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.2.p607-618>. Acesso: 10 nov. 2021.
- Trentin, C. B., Trentin, A. B., Moreira, A., Righi, E., 2021. Características da Vegetação dos Biomas Pampa e Cerrado Monitorados por NDVI. Revista Geoaraguaia [online] 11.

Disponível:

<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/12741>. Acesso: 20 nov. 2021.

Xin, F.; Xiao, X.; Cabral, O. M. R.; White Jr, P. M.; Guo, H.; Ma, J.; Li, B.; Zhao, B., 2020. Understanding the Land Surface Phenology and Gross Primary Production of Sugarcane Plantations by Eddy Flux Measurements, MODIS Images, and Data-Driven Models. Remote Sensing [online] 12. Disponível:

<https://doi.org/10.3390/rs12142186>. Acesso: 16 nov. 2021.

Xu, J. X.; Ma, J.; Tang, Y. N.; Wu, W. X.; Shao, J. H.; Wu, W. B.; Wei, S. Y.; Liu, Y. F.; Wang, Y. C.; Guo, H. Q., 2020. Estimation of Sugarcane Yield Using a Machine Learning Approach Based on UAV-LiDAR Data. Remote Sensing [online] 12. Disponível: <https://doi.org/10.3390/rs12172823>. Acesso: 16 nov. 2021.