



uniderp

GIOVANNA BORGES MADRID

**ANÁLISE DA EFETIVIDADE NO MONITORAMENTO
AMBIENTAL ATRAVÉS DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR
DIFERENÇA NORMALIZADA**



GIOVANNA BORGES MADRID

**ANÁLISE DA EFETIVIDADE NO MONITORAMENTO
AMBIENTAL ATRAVÉS DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR
DIFERENÇA NORMALIZADA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Anhanguera Uniderp, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Ambiental.

Orientador: Danielle Oliveira.

GIOVANNA BORGES MADRID

**ANÁLISE DA EFETIVIDADE NO MONITORAMENTO AMBIENTAL
ATRAVÉS DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA
NORMALIZADA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Anhanguera Uniderp, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Ambiental.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Hugo Koji Suekame

Prof. Marjolly Shinzato

Prof. Leandro Guimarães Bais Martins

Campo Grande, 07 de dezembro de 2020.

MADRID, Giovanna Borges. **Análise da efetividade no monitoramento ambiental através do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada**. 2020. 33f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Anhanguera Uniderp, Campo Grande, 2020.

RESUMO

Nas últimas décadas, o desenvolvimento econômico da pecuária e agricultura no Brasil, bem como o crescimento das cidades aliado adensamento populacional nos centros urbanos resultou no aumento da demanda de áreas que abriguem o interesse humano. Dessa forma, o uso indiscriminado do solo e seu manejo inadequado se tornaram práticas frequentes que necessitam de monitoramento. Analogamente, ainda para compreender o problema que deu início a este estudo é preciso ressaltar que o Brasil é um país de grande extensão territorial com terras que são usadas com inúmeras finalidades, tanto para interesse econômico quanto meramente para preservação, também surgindo daí a necessidade do controle do uso. Este trabalho dedicou-se ao objetivo de demonstrar de que maneira o Sistema de Informações Geográficas (SIG) utilizando a ferramenta do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) consegue auxiliar para o estudo e monitoramento do desenvolvimento de diversas áreas ambientais. Para efetivar a demonstração, a metodologia da revisão bibliográfica utilizada foi aplicação do software Quantum GIS (QGIS) que possibilitou o cálculo do Índice, obtendo valores finais entre -1 e +1 interpretados da seguinte forma: quanto mais próximo o valor for de +1, mais densamente a área é coberta por vegetação. Explicitou-se neste trabalho a utilização desta ferramenta em diversas áreas com diferentes interesses, como o monitoramento da produção de uma lavoura de cana-de-açúcar, a observação dos estragos causados por queimadas no Parque Nacional das Emas e a demonstração de como o potencial hídrico de uma região em diversas épocas do ano interferem no valor do NDVI. Sendo assim, é de grande clareza que o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) tem produzido grandes feitos na esfera ambiental, possibilitando que haja maior compreensão e uma melhor interpretação dos fenômenos ambientais ocorrentes no Brasil.

Palavras-chave: Monitoramento ambiental. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. Sensoriamento remoto. Quantum GIS. Uso do solo.

MADRID, Giovanna Borges. **Analysis of effectiveness in environmental monitoring through the Vegetation index by Normalized Difference**. 2020. 33f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Anhanguera Uniderp, Campo Grande, 2020.

ABSTRACT

In the last few decades, the economic development of livestock and agriculture in Brazil, as well as the growth of cities combined with population density in urban centers, has resulted in an increase in demand for areas that shelter human interest. In this way, the indiscriminate use of the soil and its inadequate management have become frequent practices that need monitoring. Similarly, in order to understand the problem that started this study, it is necessary to emphasize that Brazil is a country of great territorial extension with lands that are used for countless purposes, both for economic interest and merely for preservation then also arising a need for control of use. This study was dedicated to the objective of demonstrating how the Geographic Information System (GIS) using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) tool is able to assist in the study and monitoring the development of several environmental areas. To carry out the demonstration, the methodology of bibliographic review used was the application of the Quantum GIS (QGIS) software, which enabled the calculation of the Index, obtaining final values between -1 and +1 interpreted as follows: the closer the value is to +1, the more densely the area is covered by vegetation. The use of this tool in several areas with different interests was explained in this work, such as monitoring the production of a sugarcane crop, observing the damage caused by fires in the Emas National Park and demonstrating how the potential water content of a region at different times of the year interfere on the NDVI value. Therefore, it is very clear that the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) has produced great achievements in the environmental sphere, allowing for greater understanding and a better interpretation of the environmental phenomena occurring in Brazil.

Keywords: Environmental monitoring. Vegetation Index by Normalized Difference. Remote sensing. Quantum GIS. Use of the soil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Técnicas de Geoprocessamento.....	14
Figura 2 – Estrutura Geral de Sistema de Informação Geográfica.....	15
Figura 3 – Processo de obtenção por imagens de satélite.....	17
Figura 4 – Cena Landsat-8 cobrindo o município do Rio de Janeiro-RJ.....	19
Figura 5 – Visualização das camadas raster bandas 4 e 5 no QGIS.....	19
Figura 6 – Janela da ferramenta “calculadora raster”.....	20
Figura 7 – Resultado da composição falsa-cor do NDVI.....	21
Figura 8 –Exemplo do resultado do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada na produção de cana-de-açúcar.....	24
Figura 9 – Imagem NDVI para o PARNA das Emas antes (A) e após (B) a ocorrência do fogo, em 2010.....	25
Figura 10 – Carta temática do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no município de Barbalha-CE.....	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAD	Computer-Aided Design
CAR	Cadastro Ambiental Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária
GPS	Sistema de Posicionamento Global
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
OLI	Operacional Terra Imager
ONG's	Organizações Não Governamentais
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
UC	Unidade de Conservação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA O MONITORAMENTO DA PRESERVAÇÃO AMBIENTAL.....	12
3. ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA	17
4. O USO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA PARA A PROTEÇÃO E MONITORAMENTO DE ÁREAS AMBIENTAIS.....	22
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
REFERÊNCIAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

Com o crescente avanço da tecnologia no passar das últimas décadas, é de grande clareza que o uso de informações geográficas nos estudos ambientais também tem acompanhado esse ritmo crescente. É cada vez mais necessário e comum que Organizações Não Governamentais (ONG's), serviços de inteligência, governos, cientistas, faculdades, empresas privadas e demais órgãos utilizem equipamentos e meios tecnológicos que armazenam dados geográficos para garantir a preservação ambiental da vegetação de grandes áreas e para estudar o espaço terrestre com um grande leque de finalidades que dão suporte para análise espacial de fenômenos.

Dentre as diversas ferramentas utilizadas para se obter essas informações espaciais, o uso do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é bastante útil no monitoramento de áreas ambientais, já que consegue possibilitar a avaliação e a alteração da atividade clorofiliana de uma região através de sensores remotos, garantindo assim o acompanhamento da qualidade dos recursos hídricos próximos, do manejo de recursos naturais e da manutenção do equilíbrio climático e ecológico do ambiente objeto de estudo.

Existem sérias barreiras que dificultam que importantes áreas que deveriam ser preservadas continuem mantendo a vegetação original. Grande parte deste problema deve-se ao ascendente crescimento do adensamento populacional nos centros urbanos, que tem como consequência o aumento da demanda do abastecimento de alimentos para a população. Sendo assim, a agricultura e pecuária no Brasil vem ganhando cada vez mais espaço e os índices de desmatamento, muitas vezes ilegal, cresce para que sejam obtidos mais locais de plantação de lavoura e pastagem de gado. Diante deste cenário, surge o seguinte questionamento: quais são os métodos realizados atualmente para o monitoramento do desenvolvimento de áreas de preservação ambiental e manutenção da diversidade ecológica?

O trabalho presente teve como objetivo geral compreender de que maneira o Índice de Vegetação por diferença Normalizada auxilia no processo da comprovação da efetividade da preservação ecológica de áreas ambientais. Sendo assim, foi necessário abrir parênteses para os objetivos específicos, separados em cada capítulo, que auxiliam no desenvolvimento do estudo, tais como: discutir como Sistema de Informação Geográfica (SIG) auxilia na avaliação do monitoramento das áreas ambientais, demonstrar a objetividade do Índice de Vegetação por Diferença

Normalizada (NDVI) e apontar a efetividade do mesmo quanto ao seu uso no estudo do desenvolvimento de áreas de preservação ambiental.

A elaboração e desenvolvimento deste trabalho consistiu na pesquisa de revisão bibliográfica de livros e documentos online publicados em sua maioria nos últimos 10 anos, como dissertações de mestrado e artigos científicos, que contribuíram para a compreensão do Sistema de Informação Geográfica (SIG) e a metodologia empregada na utilização do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) que o valida como forma de monitoramento do desenvolvimento de áreas destinadas à preservação ambiental. Autores como Jean Carlo Pitz, Gilberto Câmara, Danilo Garofalo e Cassiano Messias foram fundamentais para o embasamento do estudo juntamente com palavras-chave que facilitaram, como “NDVI”, “monitoramento” e “vegetação”.

2. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA O MONITORAMENTO DA PRESERVAÇÃO AMBIENTAL

Um Sistema de Informação Geográfica é constituído por um conjunto de ferramentas especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais. Esses dados geográficos descrevem objetos do mundo real em termos de posicionamento com relação a um sistema de coordenadas e permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar banco de dados georreferenciados (CÂMARA; ORTIZ, 2002).

Em paralelo aos avanços gerais da humanidade, com o passar dos anos surgiu a necessidade de buscar meios que representassem o espaço terrestre de uma maneira mais clara, objetiva e acessível. De acordo com Röhm (2003, p.1), “as primeiras aplicações dos SIG’s ocorreram no início dos anos sessenta do século XX e buscavam soluções para os problemas de gerenciamento de dados espaciais relativos ao uso da terra, dos recursos naturais e das análises ambientais”.

Após isso, a partir de meados da década de 70, os computadores começaram a ficar mais rápidos, com maior capacidade de memória, processamento e melhorias nos hardwares em geral, influenciando de forma considerável o desenvolvimento e disseminação dos SIG. Outro fator que também contribuiu foi a criação de monitores de vídeo coloridos e impressoras de jato de tinta, deixando ainda mais interessante o uso do Sistema de Informações Geográficas (LISBOA; IOCHPE, 2006).

Inicialmente, o Sistema de Informações Geográficas era usado somente para estudos simples como a elaboração de mapas, porém atualmente houve a criação de novas ferramentas de alta precisão que vêm sendo utilizadas no controle de áreas ambientais, na agricultura, pecuária, gestão de bacias e meio ambiente, entre outras atividades (PITZ; FIGUEIREDO, 2001).

O SIG separa a informação em diferentes camadas temáticas e armazena-as independentemente, permitindo trabalhar com elas de modo rápido e simples possibilitando ao usuário a possibilidade de relacionar a informação existente através da posição e topologia dos objetos, com o fim de gerar uma nova informação (ALVES, 2010).

Vale ressaltar a importância do uso do Sistema de Informação Geográfica, já que é também amplamente utilizado em diversos setores da economia, como governo, em planejamento urbano e regional, em todo setor de Infraestrutura, em especial de

energia, saneamento e telecomunicação, em transporte e logística, negócios, monitoramento, meio ambiente, segurança, agricultura, recursos naturais, inventários, cartografia, entre outros (COUTO, 2012).

Comparando com outros sistemas que também fazem a manipulação de dados espaciais, como o CAD, por exemplo, a vantagem que sobressai dos SIG é que eles permitem manusear dados gráficos e não-gráficos de forma conjunta, permitindo assim uma forma concreta para a observação e consulta envolvendo dados geográficos. É possível, por exemplo, acessar o registro de imóveis a partir apenas de uma localização geográfica (LISBOA; IOCHPE, 2006).

Ainda para compreender a pesquisa realizada neste trabalho, é necessário que se discuta paralelamente os conceitos de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Em resumo, geoprocessamento é o conjunto de técnicas e metodologias matemáticas e computacionais que tem como finalidade interpretar as informações espaciais oferecidas pelo Sistema de Informação Geográfica, e dar como resultado a exibição de mapas, relatórios, arquivos digitais, gráficos, entre outros. Cada aplicação do geoprocessamento é feita por um sistema de informação específico, como os satélites, o Sistema de Posicionamento Global (GPS), radares e imagens aéreas (SILVA, 2006).

Já o sensoriamento remoto é a técnica do uso de sensores de radiação para registrar imagens que não somente captam a luz visível, mas também a radiação em outros comprimentos de onda, ou seja, permite conseguir informações sobre alvos na superfície terrestre através da interação eletromagnética com o ambiente terrestre (SOUZA, 2010).

Não se pode afirmar que existe um conjunto padrão de equipamentos para qualquer aplicação SIG. Os equipamentos usados variam bastante de acordo com a aplicação. Por exemplo, em uma aplicação de cadastro de lotes urbanos, o GPS deve ser uma peça fundamental para testar a precisão da localização dos dados. No caso de uma estação de monitoramento ambiental, o GPS como fornecedor de dados espaciais seria menos relevante do que a antena para recepção de imagens de satélite (ROSA, 2013).

Existem centenas de sistemas de sensoriamento remoto públicos e comerciais coletando dados sobre o planeta para gerar informações contínuas de conhecimento sobre ele. A respeito da vegetação, essa técnica consegue deter inúmeras aplicações, entre elas os estudos fenológicos e o monitoramento do desmatamento, assim como

o monitoramento de atributos físicos e bioquímicos da vegetação (TRANCOSO, 2013).

Sendo assim, o sensoriamento remoto é uma das técnicas relacionadas ao tratamento da informação espacial, denominado geoprocessamento, conforme demonstra a Figura 1:

Figura 1 - Técnicas do geoprocessamento



Fonte: Lazzarotto (1997)

Conforme exposto, compreende-se que o geoprocessamento e o sensoriamento remoto são duas ferramentas fundamentais que andam lado a lado para que o Sistema de Informação Geográfica (SIG) seja eficiente.

Como existem inúmeros perfis de usuários do SIG, dados relevantes para uma determinada finalidade podem ser irrelevantes para outras. Em razão disso, somado à grande diversidade aplicada do SIG, é necessário definir as características dos dados geográficos e tratamentos pertinentes a cada função de interesse (SIMONATO; SALES; MAEDA, 2008). Dentre este leque de finalidades, destacou-se neste trabalho o grande feito na área ambiental.

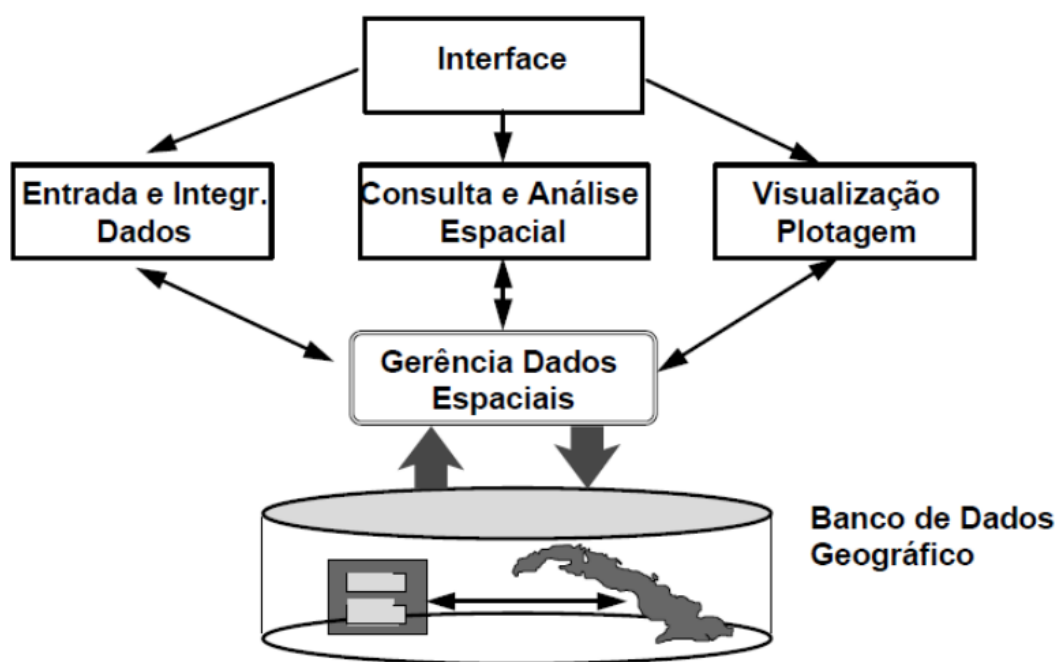
Assim como em diversas esferas, na ambiental são possíveis aplicações do SIG em todos os níveis, sendo significativas algumas como: criação de cartografia, prevenção ao combate de incêndios florestais, mapeamento de áreas de risco para inundação ou deslizamento, acompanhamento da expansão urbana, planejamento de recursos hídricos, monitoramento de desmatamento, monitoramento de processos erosivos e acompanhamento de uso e cobertura do solo (VEN, 2017).

Os Sistemas de Informações Geográficas são fundamentais quanto ao seu uso na área ambiental, já que com o auxílio dessas ferramentas que se é possível a tomada de decisões de maneira certa em inúmeras vertentes, pois dispõem de recursos que integram informações de várias naturezas simultaneamente (PITZ; FIGUEIREDO, 2001).

Para colocar em prática todas essas aplicações citadas, é necessário que o usuário tenha acesso a softwares, sendo alguns de domínio público e outros não. Esses softwares possuem, basicamente, três maneiras de utilizá-los: como ferramenta de produção de mapas, como suporte para análise espacial de fenômenos e como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial (ZERBATO, 2008).

A Figura 2 consegue representar sucintamente o esquema dos usos do SIG citado, indicando o inter-relacionamento dos principais componentes.

Figura 2 – Estrutura Geral de Sistema de Informação Geográfica



Fonte: Zerbato (2008)

O programa Quantum GIS é bastante utilizado por oferecer acesso fácil e gratuito, disponibilizando diversas funcionalidades como visualizar, criar, editar, gerenciar exportar e analisar dados. Todas essas funções permitem que o usuário crie mapas com várias camadas usando diferentes projeções, que podem ser montados em diversos formatos para diferentes usos (NANNI *et al.*, 2012).

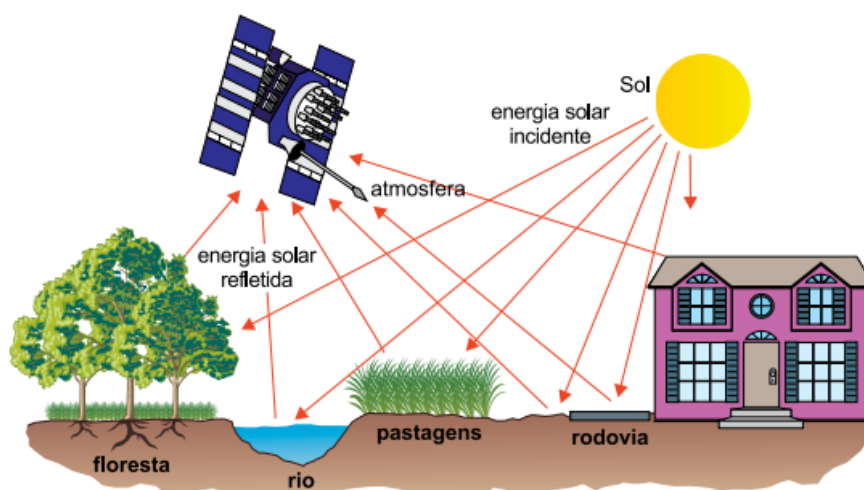
Como é um software livre e desenvolvido para ser inter-operável, o QGIS também oferece um suporte nativo a uma arquitetura de complementos, permitindo que recursos e funções sejam implementados no programa, de modo que este se torne mais funcional (SANTOS, 2018).

Atualmente, são utilizados inúmeros caminhos para a entrada e processamento de dados em softwares. Neste trabalho destacou-se a demonstração e cálculo do uso do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada para avaliar o vigor vegetativo que facilita a identificação das áreas que possuem cobertura vegetal, dando suporte para estudos que monitoram a alteração da fitomassa da área ambiental. Os índices de vegetação gerados a partir de dados oriundos de sensores remotos constituem uma importante ferramenta para o monitoramento de alterações naturais ou antrópicas no uso e na cobertura da terra (LIMA, *et al.*, 2013).

3. ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA

O primeiro passo para que se inicie os trabalhos para gerar o Índice de Vegetação Normalizada é compreender que é essencial a obtenção de imagens da área desejada. A fonte de energia para a obtenção dessas imagens de sensoriamento remoto (como as de satélite) é a radiação eletromagnética proveniente do Sol. Ao entrar em contato com a atmosfera, essa energia produz efeitos que podem ser refletidos novamente. Após isso, a energia é recebida pelo satélite, que envia para as estações receptoras e transforma-a em valores digitais (MESSIAS, 2017). A figura 3 ilustra este processo.

Figura 3 – Processo de obtenção de imagens por satélite



Fonte: Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística (2016)

A série de satélites “LANDSAT” começou a ser formada em meados da década de 60, sob a responsabilidade de um projeto criado pela Agência Espacial Americana e foi usado exclusivamente para a observação de recursos naturais terrestres. Com o passar dos anos, foram desenvolvidos diversos modelos cada vez mais tecnológicos e eficientes, sendo que o último lançado foi o “Landsat-8” em 11 de fevereiro de 2013. (EMBRAPA TERRITORIAL, 2016).

Em geral, as imagens provenientes dos dados do satélite através do sensoriamento remoto são formadas por diferentes bandas, de acordo com o comprimento de onda de cada sensor. As sobreposições dessas bandas no software são feitas de acordo com o estudo a ser realizado pelo usuário e pelas características da superfície terrestre a serem destacadas (PAMBOUKIAN, 2017).

O satélite Landsat-8 possui bandas espectrais que reúne dados na faixa do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas. Para o cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, a refletância das bandas vermelho e infravermelho próximo, denominadas neste trabalho por RED e NIR, respectivamente, são essenciais para a obtenção dos resultados finais. (EMBRAPA TERRITORIAL, 2016). Na Tabela 1 estão representadas as classificações das bandas de acordo com sua característica.

Tabela 1 - Características das imagens obtidas de diferentes bandas

BANDA 1	COSTEIRA
BANDA 2	AZUL
BANDA 3	VERDE
BANDA 4	VERMELHO
BANDA 5	INFRAVERMELHO PRÓXIMO
BANDA 6	INFRAVERMELHO MÉDIO
BANDA 7	INFRAVERMELHO DISTANTE
BANDA 8	PANCROMÁTICO
BANDA 9	CIRRUS

Fonte: Garofalo (2015)

O sensor imageador usado pelo Landsat-8 é o Operacional Terra Imager (OLI), que é constituído de nove bandas multiespectrais com resolução de 30 metros. A banda 8 do instrumento OLI é pancromática, a banda 1 é ultra-azul (útil para usos costeiros) e a banda 9 é usada para a observação de nuvens (SANTOS, 2013).

Conforme exposto no início deste capítulo, é necessária a obtenção das imagens de satélite para que, posteriormente, se calcule o NDVI com ajuda do software QGIS. Este processo basicamente consiste em selecionar o local da área de interesse do usuário através do enquadramento no mapa disponível na plataforma utilizada para baixar, selecionar o satélite desejado para a captação da imagem, o Landsat-8, e fazer o download (SANTOS, 2013). A Figura 4 retrata um exemplo de imagem baixada diretamente do site Earth Explorer.

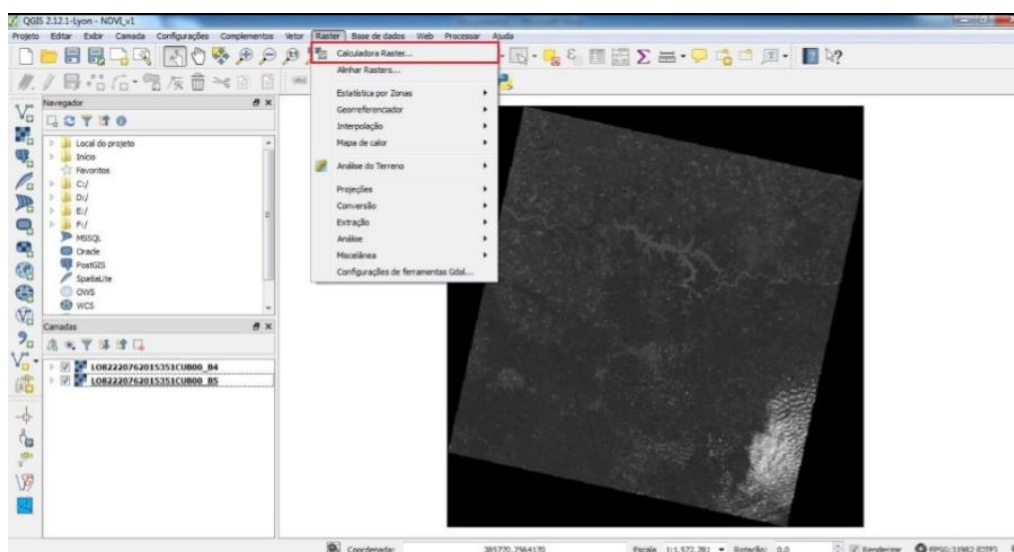
Figura 4 - Cena Landsat-8 cobrindo o município do Rio de Janeiro-RJ.



Fonte: Santos (2013)

Após baixar a imagem, inicia-se o processo da geração do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no software QGIS. Para isso, deve-se usar as camadas que correspondem às bandas vermelho e infravermelho próximo, que são as 4 e 5, respectivamente, no exemplo do satélite Landsat-8 (MANZIONE; DE PAULA, 2015). A visualização do resultado é mostrada na Figura 5.

Figura 5 – Visualização das camadas raster bandas 4 e 5 no QGIS



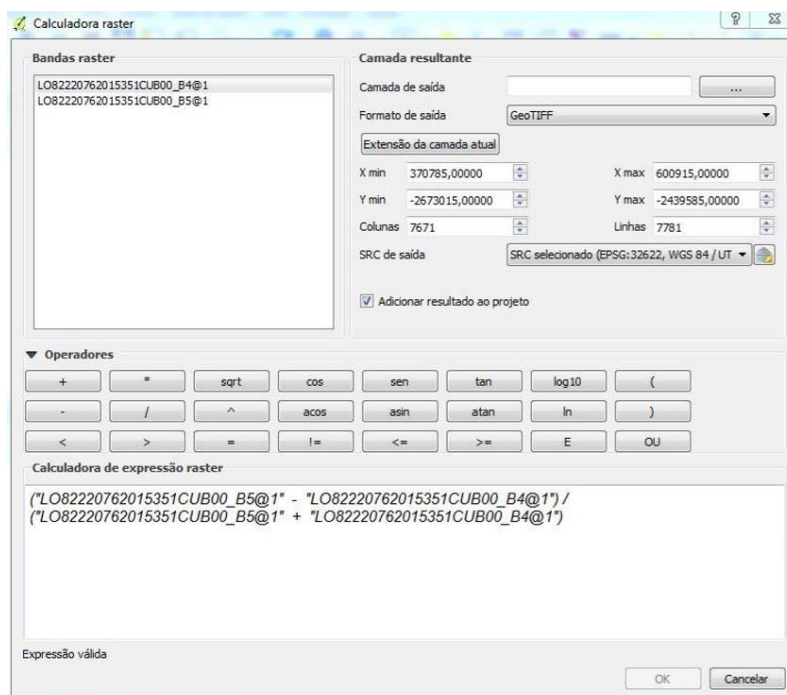
Fonte: Manzione (2015)

O cálculo do NDVI é realizado a partir da razão entre a diferença das refletâncias das bandas do infravermelho próximo (NIR) e vermelho (RED), pela soma das refletâncias dessas bandas (Jensen, 2009), sendo esta equação representada pela seguinte fórmula: $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$.

A calculadora raster do software QGIS é utilizada neste processo, sendo que nesta caixa substitui-se a expressão matemática por sua camada

equivalente. Ou seja, a incógnita “NIR” da fórmula substitui a banda 4 e a incógnita “RED” substitui banda 5, conforme a Figura 6 demonstra. Na camada que o software gera como resultado, o NDVI encontra-se em valores entre -1 e +1 e é produzido em escala cinza (FONSECA, 2017).

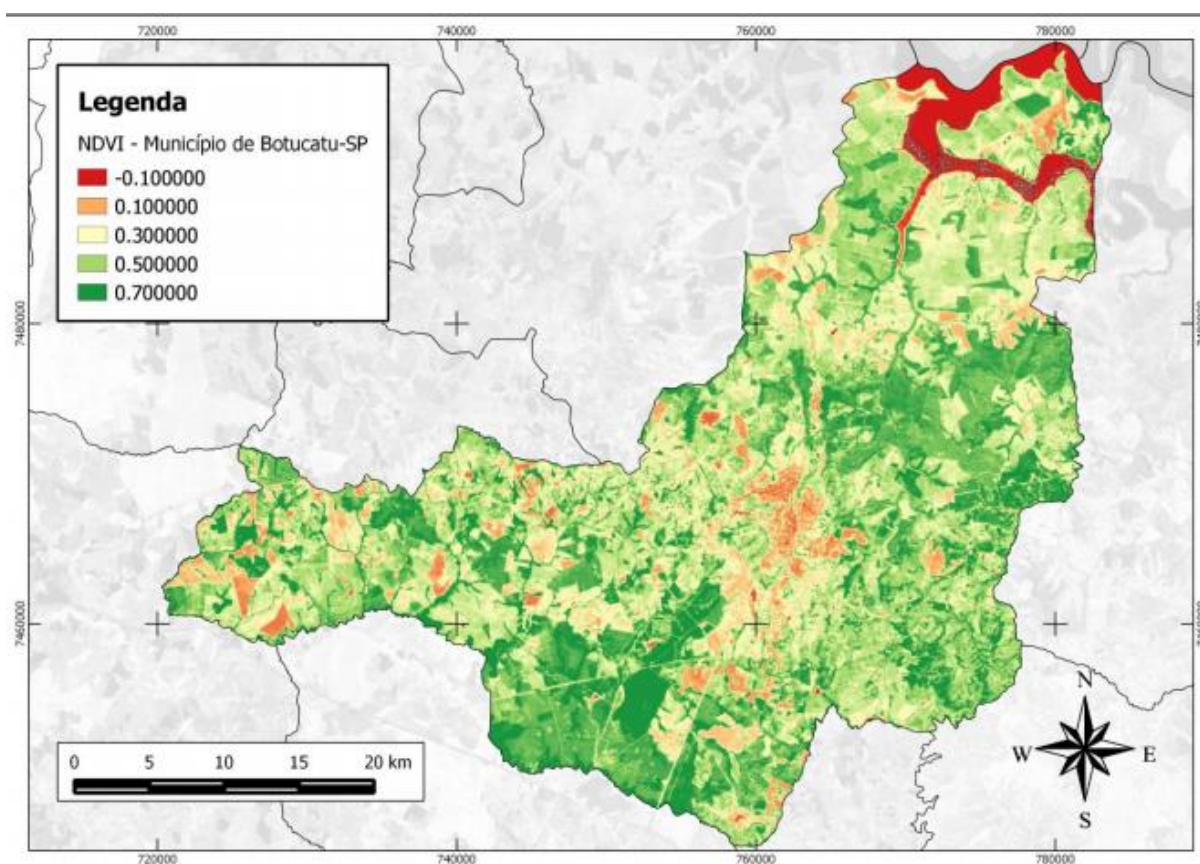
Figura 6 – Janela da ferramenta “Calculadora Raster”



Fonte: Manzione (2015)

Como o resultado é gerado na escala cinza, é necessário produzir a composição de cores da imagem para que se obtenha melhor interpretação e resultado. Deve-se aplicar uma composição falsa-cor para que alguns elementos fiquem realçados, é nas propriedades da imagem que esta mudança é realizada (MANZIONE; DE PAULA, 2015).

Para obter melhores resultados na compreensão da imagem, é necessário renderizar cada banda, sendo alterada para a banda simples falsa-cor e assim gerar uma nova imagem com cores diferentes. Nesta situação de geração do NDVI, é orientado que se escolha uma paleta de cores fortes, facilitando a identificação do resultado. A paleta indicada denomina-se “RdYIGn” (ABOUD, *et al.*, 2018). Ainda com algumas outras modificações posteriores, é possível chegar a resultados conforme a Figura 7.

Figura 7 – Resultado da composição falsa-cor do NDVI

Fonte: Rodrigues (2012)

Alguns elementos apresentam baixos valores de refletância indicando a presença de corpos d'água representados pelas cores laranja e vermelho, como mostra na Figura 7, sendo -0.1 o resultado do NDVI. Analogamente, vegetações mais cheias e abundantes são indicadas na composição pela cor verde, possuindo resultado do NDVI em 0.7. No próximo capítulo desta revisão bibliográfica ressaltou-se como esses valores gerados são aplicados e auxiliam na área ambiental.

4.O USO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA PARA A PROTEÇÃO E MONITORAMENTO DE ÁREAS AMBIENTAIS

É de grande importância nesta Revisão Bibliográfica que se compreenda os avanços que o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada propõe aos estudos ambientais e para isso, é preciso uma breve contextualização base sobre o atual cenário brasileiro em relação à sua disponibilidade de vegetação, seja para qual for sua destinação.

O Brasil possui grande destaque nacional e internacional quando se diz respeito à sua grande dimensão territorial. Em face disto, é possível que a exploração das terras seja feita em vários seguimentos, havendo grande diversidade quanto ao uso e ocupação do solo (EMBRAPA TERRITORIAL, 2020). No ano de 2018, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) realizou o estudo de quantificação das diversas categorias destes usos de acordo com a extensão territorial, demonstrado na Tabela 2 e explicado posteriormente.

Tabela 2: Quantificação das áreas destinadas à proteção e preservação da vegetação nativa e demais usos e ocupação das terras no Brasil.

CATEGORIAS	ÁREA (ha)	% DA ÁREA DO BRASIL (2018)
ÁREAS DESTINADAS À PRESERVAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA CADASTRADAS NO CAR (MUNDO RURAL – PECUÁRIA, AGRICULTURA, SILVICULTURA, EXTRATIVISMO....)	218.245.801	25,6
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO INTEGRAL	88.429.181	10,4
TERRAS INDÍGENAS	117.338.721	13,8
VEGETAÇÃO NATIVA EM TERRA DEVOLUTA E NÃO CADASTRADA	139.722.327	16,5
PASTAGENS NATIVAS	68.022.447	8,0
PASTAGENS PLANTADAS	112.237.038	13,2
LAVOURAS	66.321.886	7,8
FLORESTAS PLANTADAS	10.203.367	1,2
INFRAESTRUTURAS, CIDADES E OUTROS	29.759.821	3,5
TOTAL	850.280.588	100

Fonte: EMBRAPA (2018)

As áreas destinadas à preservação da vegetação nativa cadastradas no Cadastro Ambiental Rural (CAR) são aquelas do meio rural que possuem uma legislação ambiental exigente para sua manutenção e preservação da vegetação nativa no interior dos imóveis, sejam eles privados ou da União. Dependendo de sua

localização, esta área pode variar de 20% a 80% do imóvel e em sua totalidade de tamanho dentro do território brasileiro corresponde a mais de 20% (MIRANDA, 2017).

Unidades de Conservação (UC) é a designação que o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) que são protegidas por suas qualidades especiais e possuem a função de proteger a representatividade de grandes áreas, preservando o patrimônio existente. Além disso, propõem para a população o uso sustentável dos recursos naturais de maneira racional. O SNUC divide as UC's em 12 categorias: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural, Refúgio de vida terrestre, Área de relevante interesse ecológico, Reserva Particular do Patrimônio Natural, Área de Proteção Ambiental, Floresta Nacional, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Reserva de Fauna e Reserva Extrativista (BRASIL, 2000).

As terras indígenas são espaços do território nacional protegidos pela União que são destinados a comunidades indígenas para realizarem suas atividades produtivas e culturais (CAVALCANTE, 2015). Vegetação nativa em terra devoluta são aquelas que não possuem uso para um meio específico da União, mas também não são de domínio privado (ARAÚJO, 2009).

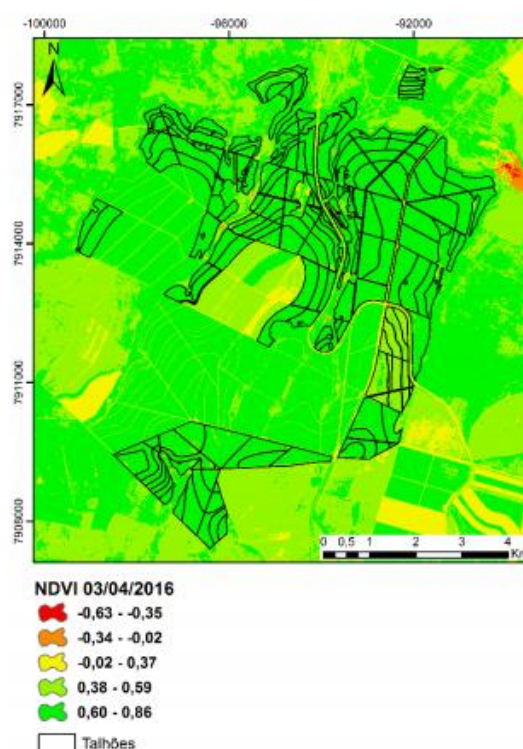
As pastagens nativas e plantadas, as lavouras e as florestas plantadas são terras destinadas à produção de insumos e abastecimento da população. Sendo desenvolvidas atividades que se adequam à legislação ambiental vigente para cada uso, de forma a promover o desenvolvimento sustentável e desempenhar um papel fundamental à agropecuária e, conseqüentemente, à economia do país (DIAS-FILHO, 2014).

De acordo com o que foi exposto, é de grande percepção que para se obter o monitoramento e proteção de todas essas áreas citadas é necessário que se utilize de consideráveis tecnologias. O geoprocessamento e suas técnicas são imprescindíveis para que esses trabalhos possuam um bom desempenho. No agronegócio, por exemplo, o sensoriamento remoto caminha em conjunto, pois além das preocupações com os aspectos ambientais envolvidos nas atividades agrícolas, há também o interesse econômico no monitoramento da produção de insumos (LUIZ, 2002).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é uma ferramenta largamente utilizada na técnica do sensoriamento remoto, tanto para o agronegócio quanto para outros usos ambientais que ainda serão citados neste trabalho. A Figura

8 trata-se de um exemplo, utilizado na produção de cana-de-açúcar, do resultado do cálculo do NDVI, demonstrado no capítulo anterior, para a produtividade média de talhões.

Figura 8 –Exemplo do resultado do Índice de Vegetação na produção de cana-de-açúcar



Fonte: Maia (2019)

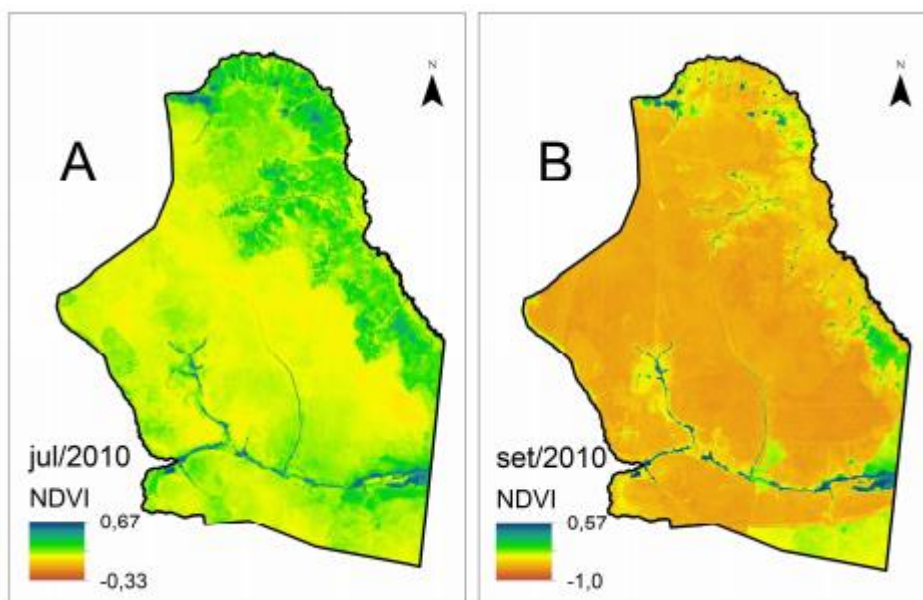
O resultado pode variar entre -1 e +1. Quanto mais próximo de 1 for o valor, maior a probabilidade de a área possuir vegetação densa, quanto mais próximo de -1, indica que há grandes chances do solo estar exposto, presença de rochas ou de água. Sendo assim, o índice consegue auxiliar nas estimativas de biomassa, cobertura vegetal e na detecção de mudanças de padrão de uso e cobertura do solo (CARLSON; RIPLEY, 1997).

Outro uso ambiental que utiliza o auxílio do NDVI é para estimar a dimensão alcançada por incêndios naturais em áreas rurais e urbanas no Brasil. No Parque Nacional das Emas, situado no estado de Goiás, ocorreram dois grandes incêndios, um em 2005, que queimou aproximadamente 50% da reserva, e outro em 2010, que queimou aproximadamente 98% (SILVA et al., 2011).

O uso do sensoriamento remoto juntamente com a técnica de NDVI possibilitou o mapeamento da perda de biomassa após o incêndio, informação

de grande importância para providências em relação aos danos causados. A Figura 9 demonstra o resultado que foi obtido após o incêndio que ocorreu na região no ano de 2010.

Figura 9 - Imagem NDVI para o PARNA das Emas antes (A) e após (B) a ocorrência do fogo, em 2010.

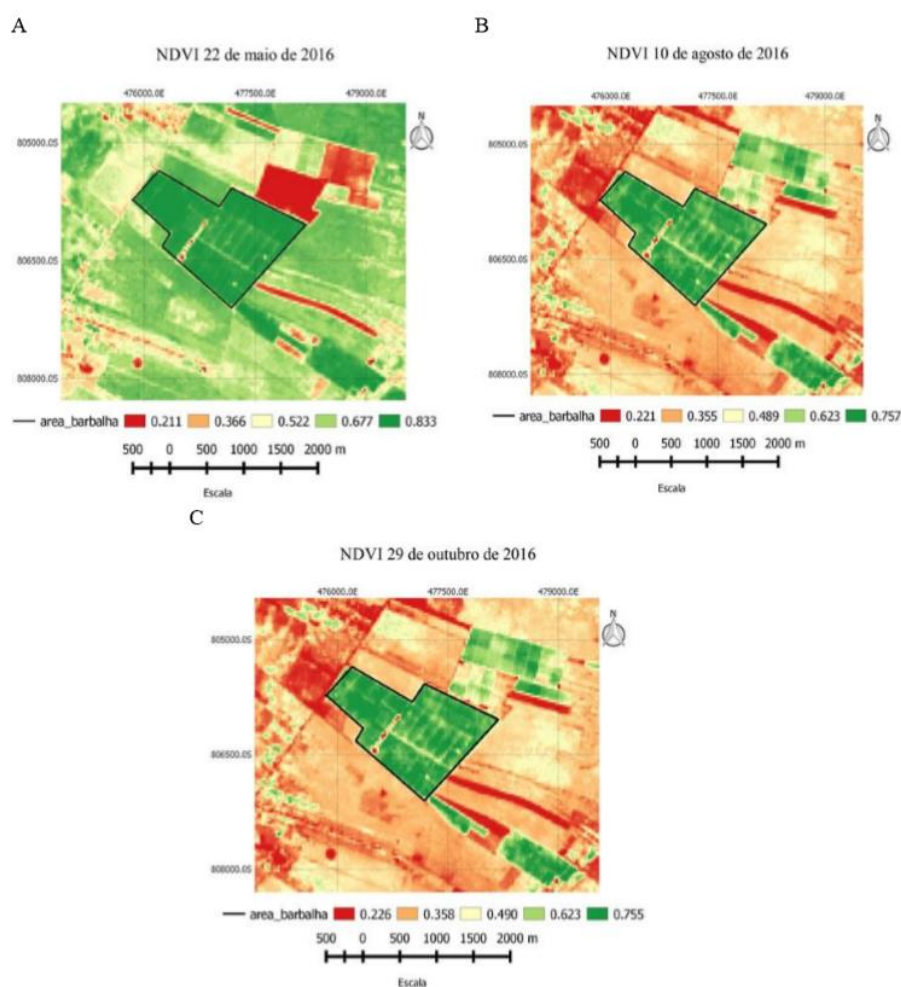


Fonte: Leal (2019)

Da imagem pode-se inferir as notáveis diferenças entre elas, sendo que os valores do NDVI, conforme esperado, foram maiores antes do incêndio do que pós. No quadro A os valores variam de -0,33 a 0,67, indicativos de maior quantidade de vegetação, já no quadro B, diferentemente, os valores oscilam entre -1,0 e 0,57, evidenciando claramente a perda de biomassa (LEAL, 2019).

O NDVI também é diretamente relacionado com a capacidade fotossintética da vegetação e influenciado negativamente pelo déficit hídrico da região (SILVA, *et. al.*, 2019). A Figura 10 demonstra a composição da Carta Temática para o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no município de Barbalha, situado no estado do Ceará, em áreas cultivadas com banana em três épocas diferentes do ano de 2016, exemplificando como os períodos de menos chuva influenciam no resultado.

Figura 10: Carta temática do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), no município de Barbalha – CE:



Fonte: Silva (2019)

Pode-se inferir dos resultados que as áreas cultivadas com banana apresentam valores de NDVI em 0,833, 0,757 e 0,755, respectivamente para as datas de 22 de maio, 10 de agosto e 29 de outubro de 2016, mostrando a existência de uma área vegetada, mesmo com épocas que possuem menor potencial hídrico. Enquanto áreas próximas que não possuíam o cultivo de banana teve perdas mais relevantes da biomassa vegetal (SILVA, *et. al.*, 2019).

Fora as aplicações demonstradas nesta revisão bibliográfica, ainda é possível que se utilize desta técnica do NDVI para inúmeras outras no meio ambiente, como controle de desmatamento de áreas protegidas, monitoramento da biomassa da vegetação de pastagens, acompanhamento da evolução do reflorestamento de áreas, entre outras.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para fundamentar a base de compreensão deste trabalho, foi necessário atingir o objetivo de destacar a maneira que o Sistema de Informações Geográficas (SIG) é uma peça-chave para o controle de áreas ambientais. Demonstrou-se que os usuários conseguem ter acesso a informações espaciais através de ferramentas como o geoprocessamento e sensoriamento remoto, que possibilitam adquirir, armazenar, recuperar e transformar dados, proporcionando a geração do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (SIG) para o monitoramento da vegetação de uma área.

Através do sensoriamento remoto é possível a obtenção de imagens de satélite que são baixadas de acordo com o interesse do usuário. No caso do estudo do NDVI, a imagem do satélite Landsat-8 é comumente utilizada por se tratar de sua boa qualidade e fácil acesso. A posteriori da obtenção dessa imagem, é de grande clareza a objetividade do índice referido neste trabalho, já que, como foi demonstrado, em poucas etapas com o auxílio do software QGIS é possível alcançar o resultado.

O Brasil possui grande extensão territorial e suas terras são ocupadas por diversos usos, como para agricultura, pecuária, turismo, áreas destinadas apenas à preservação e também aos grandes centros urbanos. Sendo assim, identificou-se neste trabalho a importância do monitoramento do uso dessas grandes áreas, principalmente no que diz respeito à vegetação ocupada. Com a ferramenta do NDVI, é possível desenvolver pesquisas e estudos que conseguem monitorar as atividades ambientais desenvolvidas no solo. Teve-se aqui potenciais exemplos destes estudos, como o acompanhamento de uma lavoura de cana-de-açúcar e a identificação da queimada que atingiu o Parque Nacional das Emas. Esses estudos tiveram como objetivo mitigar possíveis danos futuros, como também recuperar áreas que já foram devastadas.

REFERÊNCIAS

ABOUD, S.; BIAS, E.; BRITES, R.; SANTOS, C. **Aplicação de um Modelo de NDVI para Detecção Multitemporal de Mudanças no Uso e Cobertura do Solo.** Anuário do Instituto de Geociências, UFRJ, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329468693_Aplicacao_de_um_Modelo_de_NDVI_para_Deteccao_Multitemporal_de_Mudancas_no_Uso_e_Cobertura_do_Solo_Multitemporal_Change_Detection_Using_the_NDVI_Model_in_the_Soil_Use_and_Land_Cover. Acesso em: 14 out. 2020.

ALVES, F. **Educação ambiental e tecnologia: aplicação de um SIG na identificação de áreas para aterro sanitário.** Universidade Estadual da Paraíba. Coordenação Institucional de Programas Especiais, 2010. Disponível em: <https://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/13250/2/PDF%20-%20Flaviano%20de%20Souza%20Alves.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2020.

ARAÚJO, I. **Regularização Fundiária e Terras Devolutas.** Artigo de Mestrado em Direito Agrário pela Universidade Federal de Goiás, Revista da Faculdade de Direito da UFG, V.33, n.2, p. 112-127, 2009.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Regulamenta o art. 225 § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.** Brasília, DF, 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 04 nov. 2020.

CÂMARA, G.; ORTIZ, M.G. **Sistemas de Informação Geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral.** Divisão de Processamento de Imagens (DPI) e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/analise.pdf>. Acesso em: 14 set. 2020.

CARLSON, T.; RIPLEY A. **On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index.** Remote Sensing of Environment, p. 62, 1997.

CAVALCANTE, T. **“Terra Indígena”: aspectos históricos da construção e aplicação de um conceito jurídico.** Programa de Pós-Graduação em História, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/his/v35/0101-9074-his-35-00075.pdf>. Acesso em: 30 set. 2020.

COUTO, R. **O uso de ferramentas de geoprocessamento para o gerenciamento de bens patrimoniais e prediais.** Universidade de São Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2012. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-26062012-135451/publico/dissertacao_ricardo.pdf. Acesso em: 02 nov. 2020.

DIAS-FILHO, M. **Diagnóstico de pastagens no Brasil.** Embrapa Amazônia Oriental. Belém, 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/986147/1/DOC402.pdf>. Acesso em 07 nov. 2020.

EMBRAPA TERRITORIAL. **Satélites de Monitoramento.** Campinas, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento>. Acesso em: 18 out. 2020.

FONSECA, R. **Análise de índices de vegetação (NDVI e SAVI) no estudo da dinâmica geoespacial e espectro-temporal da vegetação de caatinga, cultura irrigada e solo exposto do município de Petrolina/PE,** 2017. Disponível em: <https://www.ufpe.br/documents/39451/1217366/Rayne+Cavalcanti+Da+Fonseca.pdf/82a6343c-ff25-4de5-b62c-9f46a8d36f1c>. Acesso em: 20.out. 2020.

GAROFALO, D.; MESSIAS, C. **Análise comparativas de classificadores digitais em imagens do Landsat-8 aplicados ao mapeamento temático,** 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2015000700593. Acesso em: 09 out. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas Geográfico Escolar,** 2016.

JENSEN, J. **Sensoriamento remoto do ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos, p. 604, 2009.

LAZZAROTTO, D.R. **O que é geoprocessamento?... e o que isto tem a ver com você?**. Disponível em: <https://ideias1000.files.wordpress.com/2007/05/o-que-e-geoprocessamento.doc>. Acesso em: 18 set. 2020.

LEAL, F.; MIGUEL, E. **Utilização do NDVI na análise da vegetação após a ocorrência do incêndio**. Revista Nativa, Sinop, v. 7, n. 2, p. 226-231, 2019.

LIMA, G. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SILVA, M. A.; OLIVEIRA, A. H.; AVANZI, J. C.; UMMUS, M. E. **Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN)**. Ambi-Agua, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 204-214, 2013.

LISBOA, J.; IOCHPE, C. **Introdução à Sistema de Informações Geográficas com Ênfase em Banco de Dados**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. Disponível em: <http://www.dpi.ufv.br/~jugurta/papers/sig-bd-jai.pdf>. Acesso em: 09 out. 2020.

LUIZ, A. **Sensoriamento Remoto Agrícola**. Artigo de Doutorado em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2002. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/210738/1/2002-Luiz-Sensoriamento-7086.pdf>. Acesso em: 21 out. 2020.

MAIA, F. **Utilização de Índices de Vegetação para identificação de ambientes de produção de cana-de-açúcar**. Dissertação de mestrado em Agronomia, Universidade Federal de Brasília, 2019. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/35383/1/2019_FelipeCardosodeOliveiraMaia.pdf. Acesso em: 03 out. 2020.

MANZIONE, R.; DE PAULA, B. **Tutorial – Geração de Índice de Vegetação (NDVI) no QGIS**, 2015. Disponível em: https://www.academia.edu/22957052/TUTORIAL_GERA%C3%87%C3%83O_DE_%C3%8DNDICE_DE_VEGETA%C3%87%C3%83O_NDVI_NO_QGIS. Acesso em: 19 out. 2020.

MESSIAS, C.; AYER, J. **Classificação de imagens digitais LANDSAT 8 no software ENVI: material teórico-prático**, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/323591852_Classificacao_de_imagens_dig_italis_LANDSAT_8_no_software_ENVI_material_teorico-pratico. Acesso em: 15 out. 2020.

MIRANDA, E. **Vegetação protegida, preservada e conservada no Brasil**. Embrapa Monitoramento por Satélite, 2017. Disponível em: <https://blogs.canalrural.com.br/embrapasoja/2017/10/25/vegetacao-protegida-preservada-e-conservada-no-brasil/>. Acesso em: 02 out. 2020.

NANNI A.; DESCOVI FILHO L.; VIRTUOSO M. A.; MONTENEGRO D.; WILLRICH G.; MACHADO P.H.; SPERB R.; DANTAS G. S.; CALAZANS Y. **Quantum GIS - Guia do Usuário**. Versão 1.7.4 'Wroclaw'. Acesso em: 22 set. 2020. Disponível em: <http://qgisbrasil.org>. p. 291.

PAMBOUKIAN, S. **Composição de bandas no QGIS, Laboratório de Geotecnologias da Universidade Presbiteriana Mackenzie**, 2017. Disponível em: https://www.mackenzie.br/fileadmin/OLD/62/ARQUIVOS/PUBLIC/user_upload/_imported/fileadmin/LABGEO/Curso/08._Aula_08/0804._Composicao_de_Bandas_no_QGIS.pdf. Acesso em: 03 out. 2020.

PITZ, J.C.; Figueiredo, D. **Sistemas de Informações Geográficas**. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Agrárias, 2001. Disponível em: <http://www.inf.ufsc.br/~j.barreto/trabaluno/ICCPitz20011.pdf>. Acesso em: 20 set. 2020.

RÖHM, S.A. **O que é Sistemas de informações geográficas**. Universidade Federal de São Carlos. Departamento de Engenharia Civil, 2003.

ROSA, R. **Introdução ao Geoprocessamento**. Universidade Federal de Uberlândia. Instituto de Geografia, 2013. Disponível em: http://professor.ufabc.edu.br/~flavia.feitosa/cursos/geo2016/AULA5-ELEMENTOSMAPA/Apostila_Geop_rrosa.pdf. Acesso em: 03 nov. 2020.

SANTOS, A. **Introdução ao ambiente SIG QGIS**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Diretoria de Geociências, 2018. Disponível em: http://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/outros_documentos_tecnicos/introducao_sig_qgis/Introducao_ao_ambiente_SIG_QGIS_2edicao.pdf. Acesso em: 02 nov. 2020

SANTOS, J. **Download de imagens através dos sites Earth Explorer e GLOVIS**, 2013. Disponível em: <http://processamentodigital.com.br/2013/05/31/landsat-8-download-de-imagens-atraves-dos-sites-earth-explorer-e-glovis/>. Acesso em: 16 out. 2020.

SILVA, M. S. **Sistemas de Informações Geográficas: elementos para o desenvolvimento de bibliotecas digitais geográficas distribuídas**. Dissertação de Pós-Graduação em Ciência da Informação da UNESP, 2006. Disponível em: https://www.marilia.unesp.br/Home/Pos-GraduacaProcessoSeletivo-2011novo/Dissertacoes/santos_ms_me_mar.pdf. Acesso em: 21 set. 2020.

SILVA, T.; GUERRA, H.; SILVA, B.; ALMEIDA, B.; SANTOS, C. **Mapeamento do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada para banana no município de Barbalha – CE**. Artigo apresentado no Congresso Técnico Científico de Engenharia e da Agronomia, 2019.

SIMONATO, T.; SALES, R.; MAEDA, V. **Sistemas de Informações Geográficas: aplicações e utilidades – Parte 02**. Escola Politécnica da USP, 2008. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/sistemas-de-informacoes-geograficas-aplicacoes-e-utilidades-parte-02/7792>. Acesso em: 11 set. 2020.

SOUZA, R.B. **Sensoriamento Remoto: conceitos fundamentais e plataformas.** Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais (CRS). Disponível em: http://www3.inpe.br/crs/crectalc/pdf/ronald_ceos.pdf. Acesso em: 15 set. 2020.

TRANCOSO, R. **Sensoriamento Remoto da vegetação no monitoramento do desmatamento do cerrado e das categorias territoriais da Amazônia.** Universidade de Brasília, Instituto de Geociências. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/299535777_SENSORIAMENTO_REMOTO_DA_VEGETACAO_NO_MONITORAMENTO_DO_DESMATAMENTO_DO_CERRADO_E_DAS_CATEGORIAS_TERRITORIAIS_DA_AMAZONIA. Acesso em: 14 out. 2020.

VEN, V. L. **Gestão Ambiental: Perspectivas, Conceitos e Casos.** Universidade do Rio de Janeiro. Departamento de Geografia, volume especial, p. 88-102, 2017.

ZERBATO, C. **Softwares de geoprocessamento e implantação de SIG's.** Universidade Estadual Paulista, 2008. Disponível em: <http://lamma.com.br/private/docs/902adb5613c566287a487463c65cc2c5.pdf>. Acesso em: 29 set. 2020.