



Artigo Original

e-ISSN 2177-4560

DOI: 10.19180/2177-4560.v14n22020p405-421

Submetido em: 09 set. 2020

Aceito em: 17 out. 2020

.....
Análise da variação temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no Parque Nacional da Serra do Gandarela em Minas Gerais utilizando imagens Landsat 8

Tiago Antônio Figueiredo  <https://orcid.org/0000-0002-8080-5217>

Universidade do Estado de Minas Gerais. Graduado em Gestão de Recursos Humanos pelo Centro Universitário (UNA). Graduado em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado de Minas Gerais (UFMG). E-mail: tiagofigueiredo.eng.amb@gmail.com

Resumo

A dificuldade de monitoramento e fiscalização da efetividade das ações do plano de manejo das Unidades de Conservação é um desafio devido aos extensos territórios que representam. Esse problema pode ser minimizado com o uso de geotecnologias como o sensoriamento remoto que permite conhecer a dinâmica da superfície de forma remota. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo analisar a dinâmica temporal da vegetação do Parque Nacional da Serra do Gandarela e de seu entorno entre os anos de 2014 e 2019, através do uso do índice de vegetação NDVI, com imagens do satélite Landsat 8. Foram utilizados os *softwares* ArcGis na versão 10.5 e QGIS 2.18.0 para tratamento da imagem e cálculo e classificação do NDVI. Ao analisar os resultados produzidos, observou-se aumento na densidade da vegetação na área de estudo após a criação do parque, as regiões de vegetação densa aumentaram suas áreas em 5,5% e as áreas com algum tipo de ação antrópica ou solo exposto obtiveram perda de área de 1,4%. Foi possível verificar que a criação do parque contribuiu para a conservação dos recursos naturais da região de estudo e que as ferramentas de geoprocessamento são eficazes no processo de monitoramento da dinâmica da vegetação.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Unidades de Conservação. Monitoramento Ambiental. NDVI.

Analysis of temporal variation of Vegetation Index by Normalized Difference in the National Park of Serra do Gandarela in Minas Gerais using Landsat 8 images

Abstract

The difficulty of monitoring and inspecting the effectiveness of the actions of the Conservation Units management plan is a challenge due to the extensive territories they represent. This problem can be minimized with the use of geotechnologies such as remote sensing that allows to know the dynamics of the surface remotely. Thus, this work aimed to analyze the temporal dynamics of the vegetation of the Serra do Gandarela National Park and its surroundings between the years 2014 and 2019, through the use of the vegetation index NDVI, with images from the Landsat 8 satellite. ArcGis software version 10.5 and QGIS 2.18.0 were used for image treatment and NDVI calculation and classification. When analyzing the results produced, an increase in vegetation density was observed in the study area after the creation of the park, dense vegetation regions increased their areas by 5.5% and areas with some type of anthropic action or exposed soil obtained an area loss of 1.4%. It was possible to verify that the creation of the park contributed to the conservation of the natural resources of the study region and that the geoprocessing tools are effective in the process of monitoring vegetation dynamics.

Keywords: Remote Sensing. Conservation Units. Environmental Monitoring. NDVI.



Análisis de la variación temporal del Índice de Vegetación por Diferencia Normalizada en el Parque Nacional Serra do Gandarela en Minas Gerais utilizando imágenes Landsat 8

Resumen

La dificultad de vigilar e inspeccionar la eficacia de las acciones del plan de gestión de las Unidades de Conservación es un desafío debido a los extensos territorios que representan. Este problema puede minimizarse con el uso de geotecnologías como la teledetección que permite conocer la dinámica de la superficie a distancia. Así, este trabajo tuvo como objeto analizar la dinámica temporal de la vegetación del Parque Nacional de la Serra do Gandarela y sus alrededores entre los años 2014 y 2019, mediante el uso del índice de vegetación NDVI, con imágenes del satélite Landsat 8. Para el tratamiento de imágenes y el cálculo y clasificación del NDVI se utilizaron los programas ArcGis en su versión 10.5 y QGIS 2.18.0. Al analizar los resultados obtenidos, se observó un aumento de la densidad de la vegetación en la zona de estudio después de la creación del parque, las regiones de vegetación densa aumentaron sus áreas en un 5,5% y las áreas con algún tipo de acción antrópica o suelo expuesto obtuvieron una pérdida de área del 1,4%. Se pudo comprobar que la creación del parque contribuyó a la conservación de los recursos naturales de la región de estudio y que los instrumentos de geoprocésamiento son eficaces en el proceso de vigilancia de la dinámica de la vegetación.

Palabras clave: Sensores Remotos. Unidades de Conservación. Vigilancia del Medio Ambiente. NDVI.



Análise da variação temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no Parque Nacional da Serra do Gandarela em Minas Gerais utilizando imagens Landsat 8

Tiago Antônio Figueiredo

1 Introdução

Alterações ocorridas no meio ambiente estão intrinsecamente ligadas às interações antrópicas. Esse processo evolui à medida que avançam as técnicas e tecnologias utilizadas (PINTO, 2014). Concomitantemente, o ser humano expande o espaço onde projeta essa evolução, provocando alterações substanciais que geram significativa degradação ambiental, como a fragmentação dos diferentes biomas (MARTINS, 2009).

Segundo Sánchez (2013, p. 27), "degradação ambiental pode ser conceituada como qualquer alteração adversa dos processos, funções ambientais ou uma alteração adversa da qualidade ambiental". No Brasil, desde o descobrimento, o desmatamento gera inúmeros problemas para o meio ambiente, tais como a perda da biodiversidade, erosão dos solos e assoreamento dos rios. Enquanto isso as questões ambientais são deixadas de lado em prol de atividades econômicas como monoculturas e mineração (MARTINS, 2009).

O bioma Mata Atlântica merece destaque nesse cenário, já que sofreu profundo processo de degradação, restando atualmente apenas uma pequena parcela altamente fragmentada de sua área florestal original e ecossistemas associados (PEIXOTO; LUZ; BRITO, 2016). Segundo o Serviço Florestal Brasileiro (2019), o residual da Mata Atlântica é composto por diversas formações florestais como floresta ombrófila (densa, mista e aberta), floresta estacional semidecidual e estacional decidual, restingas e campos de altitudes, espalhados por grande parte do território brasileiro e com características definidas pelo posicionamento geográfico, altitude e clima.

Devido à importância da conservação dos diversos biomas, observou-se que questões ambientais ganharam grande poder de repercussão nas últimas décadas; assuntos relacionados à proteção, conservação e restauração da fauna e flora passaram a possuir significativo peso e importância dentro das discussões em diversos setores da sociedade por todo o mundo (BRAGA *et al.*, 2005).

Nesse contexto, o surgimento de leis com influência no âmbito ambiental mostra um novo posicionamento com tendências mundiais para a proteção ambiental e desenvolvimento sustentável. Como exemplo podemos citar o Artigo 225 da Constituição Federal, que atribui à coletividade e ao poder público o dever de preservar o meio ambiente ecologicamente equilibrado para as presentes e futuras gerações. Dentre as várias normas, destaca-se a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), Lei nº 9.985 de 2000, que regulamentou a criação de UC de proteção integral e unidades de uso sustentável (NIEBUHR, 2018).

A conservação da natureza é essencial para a manutenção da biodiversidade e é conceituada pela Lei nº 9.985/2000 como o manejo dos usos dos recursos naturais envolvendo questões como preservação, uso sustentável e recuperação dos ecossistemas para garantir o bem-estar desta e das futuras gerações. Nesse contexto, a criação de UC assegura que porções do território sejam destinadas prioritariamente para a preservação, o que resulta em benefícios para a população como a diminuição da propagação de doenças e o aporte de água nos mananciais de abastecimento (PEIXOTO; LUZ; BRITO, 2016).

Ainda segundo o SNUC, o intuito é garantir espaços territorialmente protegidos, legalmente instituídos pelo poder público, com limites definidos e objetivos de conservação. O zoneamento dos limites citados fica sujeito ao plano de manejo, que deve ser criado com fundamento nos objetivos gerais de uma UC e que estabelece as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais (PINA, 2016).

Um exemplo dessas UC é o Parque Nacional da Serra do Gandarela, o qual, segundo o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio (2010), foi criado em 2014 por meio de decreto da Presidência da República, de 13 de outubro de 2014, está localizado na região central do estado de Minas Gerais e se insere na



Análise da variação temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no Parque Nacional da Serra do Gandarela em Minas Gerais utilizando imagens Landsat 8

Tiago Antônio Figueiredo

transição entre os biomas Mata Atlântica e Cerrado. No SNUC é instituído que, além da área delimitada para as UC, uma zona de amortecimento em que as atividades humanas estejam sujeitas a normas e restrições seja demarcada com o propósito de minimizar os impactos nas unidades de conservação. O Parque do Gandarela ainda não possui zona de amortecimento determinada, já que seu plano de manejo ainda não foi formulado. Esse plano, segundo o SNUC, é o instrumento legal que define a delimitação da zona de amortecimento, ressaltando que, na falta dessa zona, fica estabelecida, provisoriamente, pela Resolução CONAMA nº 428 de 2010, área de entorno de três quilômetros como zona de amortecimento (NIEBUHR, 2018).

O constante monitoramento das unidades também faz parte das diretrizes do SNUC. Medidas para acompanhar, caracterizar, avaliar níveis populacionais e a distribuição geográfica da fauna e flora, assim como as intensidades de suas variações temporais, são essenciais para determinar o quão efetivo é o sistema das UC. Sendo assim, o monitoramento ambiental é etapa importante para a gestão das UC, pois incorpora dados necessários à tomada de decisão, e também para verificar a eficiência da preservação provocada pela criação das áreas protegidas. No Brasil, um exemplo neste sentido é o Programa de Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros, criado através da Portaria 365 de 2015 do Ministério do Meio Ambiente, que tem como objetivo o monitoramento sistemático e conjunto dos biomas nacionais disponibilizando dados oficiais harmônicos, sistemáticos e atualizados em diversas escalas cartográficas e temporais (CIEZA, 2018).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2017), considerando-se a grande extensão do território brasileiro e a dificuldade de fiscalização como um todo, o geoprocessamento, através de suas ferramentas, entre elas o sensoriamento remoto, é uma abundante fonte de técnicas que podem ser utilizadas para o monitoramento das UC. Através do grande número de dados orbitais existentes podem ser gerados dados estatísticos, cartográficos e mapas temáticos de distribuição da vegetação que possibilitam a realização de vários estudos ambientais, como análises temporais de uso e ocupação do solo e da vegetação. Consegue-se, desse modo, monitorar e mapear desmatamentos e áreas em recuperação ambiental, queimadas e as dinâmicas de uso e ocupação da terra.

O geoprocessamento é a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o processamento e tratamento da informação geográfica, trabalhando com dados georreferenciados e representados por diferentes formas de representação computacional (CÂMARA; DAVIS, 2001). Além disso, o caráter interdisciplinar do geoprocessamento permite convergir diferentes áreas do conhecimento para os estudos ambientais (CÂMARA; MONTEIRO, 2001).

O sensoriamento remoto é uma das ferramentas tecnológicas do geoprocessamento capaz de subsidiar estudos ambientais, principalmente o mapeamento e monitoramento do território (MENEZES; ALMEIDA, 2012). É definido por Florenzano (2011) como a tecnologia que permite a aquisição remota de imagens e outros dados da superfície da terra através de sensores.

Os sensores captam a interação da Radiação Eletromagnética (REM) com as diferentes superfícies. A REM resulta da energia eletromagnética (EE), e qualquer corpo que esteja com temperatura acima do zero absoluto (0 Kelvin) a emite, sendo a EE emitida pelo sol a principal fonte de REM utilizada no sensoriamento remoto (BARBOSA; MARTINS; NOVO, 2019).

A REM é subdividida em regiões ou faixas espectrais em relação à sua frequência ou comprimento de onda denominados espectro eletromagnético. Sendo a luz visível, comprimento de onda entre 0,4 e 0,7 μm , a zona perceptível pelo ser humano (LORENZZETTI, 2015).



Análise da variação temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no Parque Nacional da Serra do Gandarela em Minas Gerais utilizando imagens Landsat 8

Tiago Antônio Figueiredo

As imagens são produzidas quando a REM penetra na atmosfera, incide sobre a superfície e retorna ao sensor do satélite em órbita que capta a interação da REM com os diferentes alvos da terra e as converte em imagens separadas em bandas definidas por diferentes comprimentos de onda (FLORENZANO, 2011). A Tabela 1 demonstra a resolução espectral e as bandas do satélite Landsat 8, o último da série americana Landsat, que é uma das missões do tipo no mundo que rastreia e obtém imagens da terra há várias décadas.

Tabela 1: Bandas espectrais e respectivas resoluções espectrais do sensor OLI (Operational Land Imager) do satélite Landsat 8

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral (μm)
OLI (Operational Land Imager)	Banda 1 Costal	0.43 - 0.45
	Banda 2 Azul	0.45 - 0.51
	Banda 3 Verde	0.53 - 0.59
	Banda 4 Vermelho	0.64 - 0.67
	Banda 5 Infravermelho Próximo	0.85 - 0.88
	Banda 6 Infravermelho Médio	1.57 - 1.65
	Banda 7 Infravermelho Médio	2.11 - 2.29
	Banda 8 Pancromático	0.50 - 0.68
	Banda 9 Cirrus	1.36 - 1.38

Fonte: Bezerra (2019)

O processamento das imagens obtidas dos satélites consiste em tratar matematicamente a imagem, o que melhora sua qualidade já que reduz as distorções provocadas por interações da REM com partículas na atmosfera. Uma das técnicas de processamento é a aritmética entre bandas que permite ajustar e suavizar ruídos e distorções e obter realces de uma imagem ou de alvos específicos. O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), utilizado no presente trabalho, é um exemplo da aritmética de bandas e utiliza a divisão de bandas visando ao realce das variações de densidade da vegetação. O índice trabalha com as bandas do vermelho (banda 4 do sensor OLI) e do infravermelho próximo (banda 5 do sensor OLI), que apresentam, respectivamente, maior índice de absorção e reflexão da REM na vegetação (MENEZES; ALMEIDA, 2012).

O presente estudo pretende analisar a dinâmica temporal da vegetação do Parque e de uma área de cinco quilômetros em seu entorno, antes e depois de sua criação, entre 2014 e 2019, utilizando-se ferramentas de geoprocessamento. Com isto, espera-se conhecer o comportamento da vegetação na região de estudo e estabelecer a influência da criação do parque nesse processo. Ao final do presente estudo pretende-se proporcionar produtos cartográficos para decisões sobre o manejo e mitigação de possíveis impactos observados.

Para obtenção da análise proposta pelo presente trabalho, será calculado o índice de vegetação, através do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada ou *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), que ressalta o seu comportamento espectral em relação a outros alvos da superfície terrestre, extraindo informações sobre as densidades da vegetação através da relação entre seus parâmetros biofísicos e suas diferentes respostas espectrais apresentando como resultados valores normalizados da quantidade de vegetação no espaço analisado, podendo ser gerada com este resultado a classificação da vegetação (LORENZZETTI, 2015).



Análise da variação temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no Parque Nacional da Serra do Gandarela em Minas Gerais utilizando imagens Landsat 8

Tiago Antônio Figueiredo

2 Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

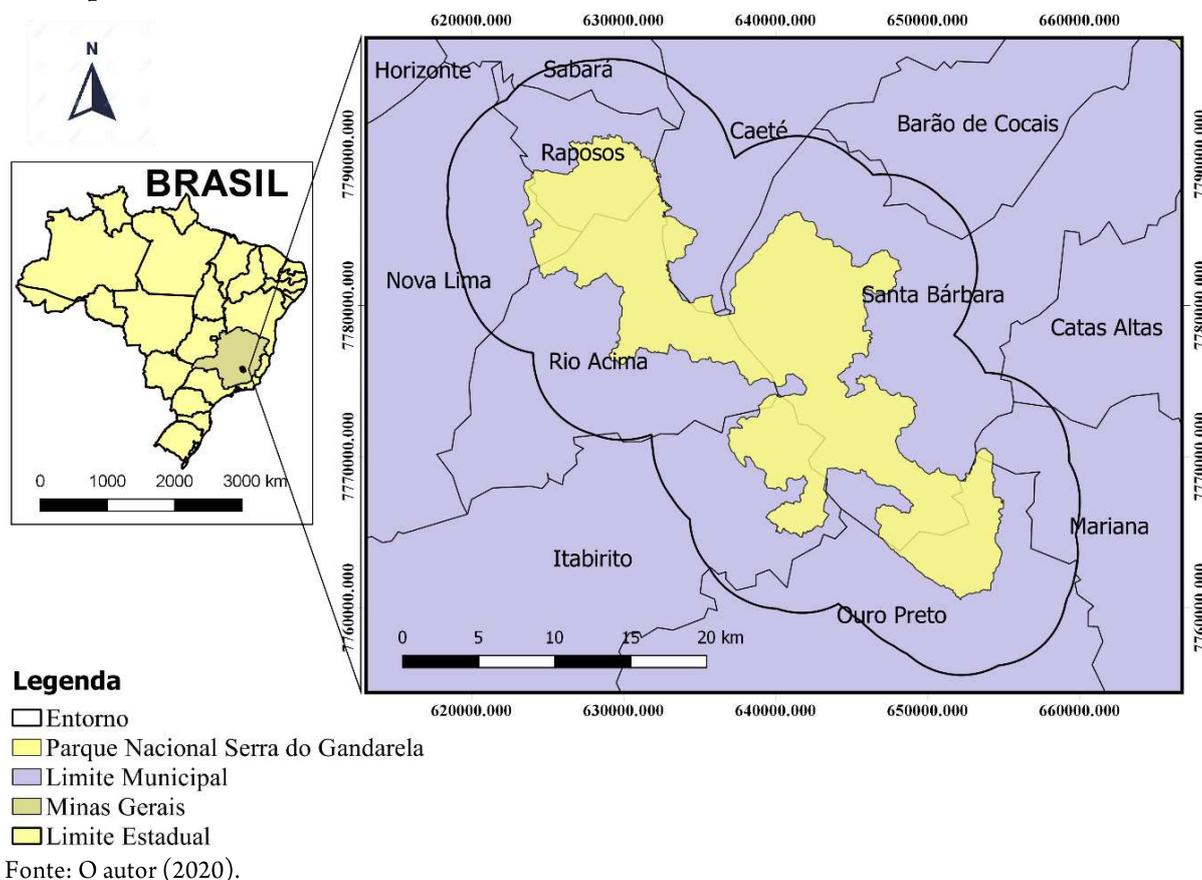
A área de estudo, representada na Figura 1, compreende o Parque Nacional da Serra do Gandarela e seu entorno, optou-se por definir como entorno uma área de 5 km a partir do limite do parque, região maior que os 3 km definidos como zona de amortecimento pela Resolução CONAMA nº 428/2010, a fim de analisar e compreender de forma mais ampla a variabilidade espaço-temporal da vegetação no entorno do parque. São aproximadamente 1017 Km² de área de estudo, sendo que, destes, 312,6 Km² representam a área do Parque, segundo dados do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (2010). Dentro dessa área estão inseridos ao todo 11 municípios, sendo eles: Rio Acima, Itabirito, Ouro Preto, Mariana, Catas Altas, Santa Bárbara, Barão de Cocais, Caeté, Sabará, Raposos e Nova Lima, situados na região centro-sul no estado de Minas Gerais. Segundo o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2010, a população desses municípios é de 446 562 habitantes. As estimativas do órgão apontam que atualmente a população correspondente a tais municípios é de 558 984.

A área de estudo faz parte do Quadrilátero Ferrífero, que é uma região composta por cadeias de serras como a Serra do Curral, Serra da Moeda e a Serra do Gandarela, possuindo grandes depósitos minerais, principalmente ferruginosos. As características da vegetação estão associadas ao posicionamento geográfico do parque, altitude e também às características mineralógicas e geomorfológicas que propiciam o aparecimento dos campos rupestres. Além dos campos associados ao solo e à altitude, o parque, que se encontra em zona de transição entre Mata Atlântica e Cerrado, apresenta vegetação característica desses biomas, como formações semidecíduais densas de Mata Atlântica (FONSECA, 2014).

Análise da variação temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no Parque Nacional da Serra do Gandarela em Minas Gerais utilizando imagens Landsat 8

Tiago Antônio Figueiredo

Figura 1 – Área de estudo, contemplando o Parque nacional da Serra do Gandarela e a posição geográfica dos municípios onde se localiza a área de entorno



2.2 Materiais

2.2.1 Imagens

Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8, sensor *Operational Land Imager* (OLI) com órbita/ponto 218/74, que cobre toda a área pesquisada. As imagens foram adquiridas no banco de dados da *U.S. Geological Survey* (USGS) e correspondem às datas de 28 de agosto de 2014 e 11 de setembro de 2019.

2.2.2 Bases cartográficas

Os arquivos vetoriais em formato *shapefile* com informações sobre as delimitações do Parque Nacional da Serra do Gandarela e as bases cartográficas dos estados e municípios foram adquiridos nos *sites* do IDE-Sisema (Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Minas Gerais) e do IBGE, respectivamente.



Análise da variação temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no Parque Nacional da Serra do Gandarela em Minas Gerais utilizando imagens Landsat 8

Tiago Antônio Figueiredo

2.2.3 Programas computacionais

Foram utilizados para o tratamento das informações geográficas e processamento digital das imagens os programas ArcGIS™, versão 10.5 e QGIS, versão 2.18.0.

2.3 Métodos

2.3.1 Correção atmosférica

A REM, ao interagir com a atmosfera, gera grandes distorções nas medições feitas pelos sensores dos satélites (LORENZZETTI, 2015). Devido a esse e a outros fatores que interferem na qualidade da imagem, é fundamental a utilização de técnicas matemáticas para processamento digital da imagem. A correção das interferências atmosféricas é necessária e consiste num dos pontos principais na elaboração do NDVI, pois permite eliminar ou minimizar as interferências provocadas por interações atmosféricas ou diferenças ambientais provocadas pela sazonalidade no momento da aquisição. Como efeito, ocorrerá a normalização dos dados, ou seja, sua padronização essencial para a realização de comparações temporais das imagens (BARBOSA; MARTINS; NOVO, 2019). Foi utilizada a metodologia denominada DOS (Dark Object Subtraction), empregada através do *software* QGIS, versão 2.18.0.

2.3.2 Cálculo do NDVI

Primeiramente, foi criado o *buffer* que representa a área de estudo com distância de 5 Km a partir dos limites do Parque Nacional, e, posteriormente, recortada essa área originando as imagens que foram utilizadas no processo de cálculo do NDVI.

A Eq. (1) mostra a fórmula para o cálculo do NDVI usada para geração das cenas da área de estudo por meio do *software* ArcGIS. É realizada a divisão entre a diferença e a soma das bandas 5 (infravermelho próximo) e 4 (vermelho) para o sensor OLI do satélite Landsat 8. Nessas bandas estão inseridos os comprimentos de onda em que ocorrem as maiores interações da REM com a vegetação. Após o cálculo do NDVI, são retornados valores entre -1 e 1, escalonados em tons de cinza, de acordo com os quais regiões com alta densidade de vegetação apresentam tons claros (próximos de 1) e regiões com algum tipo de interferência antrópica, água e rochas ou solo exposto apresentam tons escuros (próximos de -1) (MENEZES; ALMEIDA, 2012). As etapas descritas foram processadas no *software* ArcGIS.

$$NDVI = \frac{(\text{infravermelho próximo} - \text{vermelho})}{(\text{infravermelho próximo} + \text{vermelho})} \quad (1)$$



Análise da variação temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no Parque Nacional da Serra do Gandarela em Minas Gerais utilizando imagens Landsat 8

Tiago Antônio Figueiredo

2.3.3 Segmentação e classificação

Para esta etapa foi utilizada, através do *software* ArcGIS, a classificação supervisionada com o método de Máxima Verossimilhança (MaxVer). As etapas de classificação das imagens NDVI são demonstradas e detalhadas a seguir:

- i. Treinamento;
- ii. Criação da assinatura;
- iii. Classificação de Máxima Verossimilhança.

O primeiro passo é a amostragem de treinamento que consiste em identificar segmentos dentro da imagem que irá compreender cada classe; as amostras selecionadas servem como base para a fermenta de classificação segmentar as classes. A criação da assinatura liga as amostras de treinamento e a classificação por Máxima Verossimilhança compreende ao processo que utiliza parâmetros estatísticos para ponderar as distâncias entre as médias dos valores dos pixels das classes calculando a possibilidade de cada pixel, que é o menor elemento em uma imagem, pertencer a determinada classe (MENEZES; ALMEIDA, 2012).

No treinamento, os pixels foram agrupados em 4 classes. As áreas com algum tipo de antropização (áreas urbanas, mineração, solo exposto, áreas degradadas, entre outros) e água foram definidas como classe 1; áreas com vegetação rasteira foram agrupadas na classe 2; as áreas de campos rupestres dispostas entre os campos de vegetação rasteira e as florestas com vegetação densa foram agrupadas na classe 3; e as áreas com alta densidade de vegetação estão representadas na classe 4.

A literatura interpreta os valores de NDVI e suas respectivas densidades vegetacionais, apesar de não ser possível encontrar consenso na definição desses valores. Valores negativos e os que se encontram próximos de 0,3 apontam presença de solo exposto, água, áreas degradadas e áreas de muito pouca vegetação, onde a presença do solo se sobrepõe. Valores de NDVI entre 0,3 e 0,6 demonstram a presença de vegetação menos densa, apresentando transição entre campos de menor densidade e áreas com maior presença arbórea. Já os valores acima de 0,6 indicam a presença de forte densidade da vegetação (DEMARCHI; PIROLI; ZIMBACK, 2011; LAURENTINO *et al.*, 2011).

No presente trabalho foram agrupados valores de acordo com os citados acima, havendo a classe de vegetação rasteira sido subdividida com o objetivo de agrupar áreas de menor e maior densidade de vegetação separadamente. Vale ressaltar que a variação no NDVI não é estática, ocorrendo gradação, e que os valores escolhidos para definição de cada classe tentam aproximar os valores gerados no índice de vegetação e a realidade para caracterização das classes. Os valores para as classes foram distribuídos de acordo com os intervalos demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2: Intervalos de valores de NDVI agrupados e suas respectivas classes para os anos de 2014 e 2019

Classes	NDVI 2014	NDVI 2019
	Intervalo	Intervalo
Antropização	-0,68 - 0,3	-0,58 - 0,3
Vegetação rasteira	0,3 - 0,45	0,3 - 0,45
Vegetação de transição	0,45 - 0,6	0,45 - 0,6
Vegetação densa	0,6 - 0,94	0,61 - 0,93

Fonte: O autor (2020)



Análise da variação temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no Parque Nacional da Serra do Gandarela em Minas Gerais utilizando imagens Landsat 8

Tiago Antônio Figueiredo

3 Resultados e Discussão

No processo de escolha das imagens no banco de dados da USGS, observou-se que a aquisição das imagens pode interferir no planejamento do projeto, pois a incidência de nuvens nas cenas pode inviabilizar grande parte das imagens da região de interesse dispostas no *site*. Além disso, segundo Águas, Braz e Garcia (2015), devido à sazonalidade, as imagens devem pertencer a uma mesma estação do ano para evitar que fenômenos naturais interfiram de forma preponderante nos resultados. As imagens do presente trabalho foram, assim, adquiridas seguindo esse critério. Verificou-se também que não houve precipitações nos períodos em que as imagens foram adquiridas, fato que denota similaridade atmosférica nas duas imagens. Os dados meteorológicos foram adquiridos no *site* do Instituto Nacional de Meteorologia e apresentam medições de duas estações pluviométricas situadas nas cidades de Belo Horizonte e de Catas Altas.

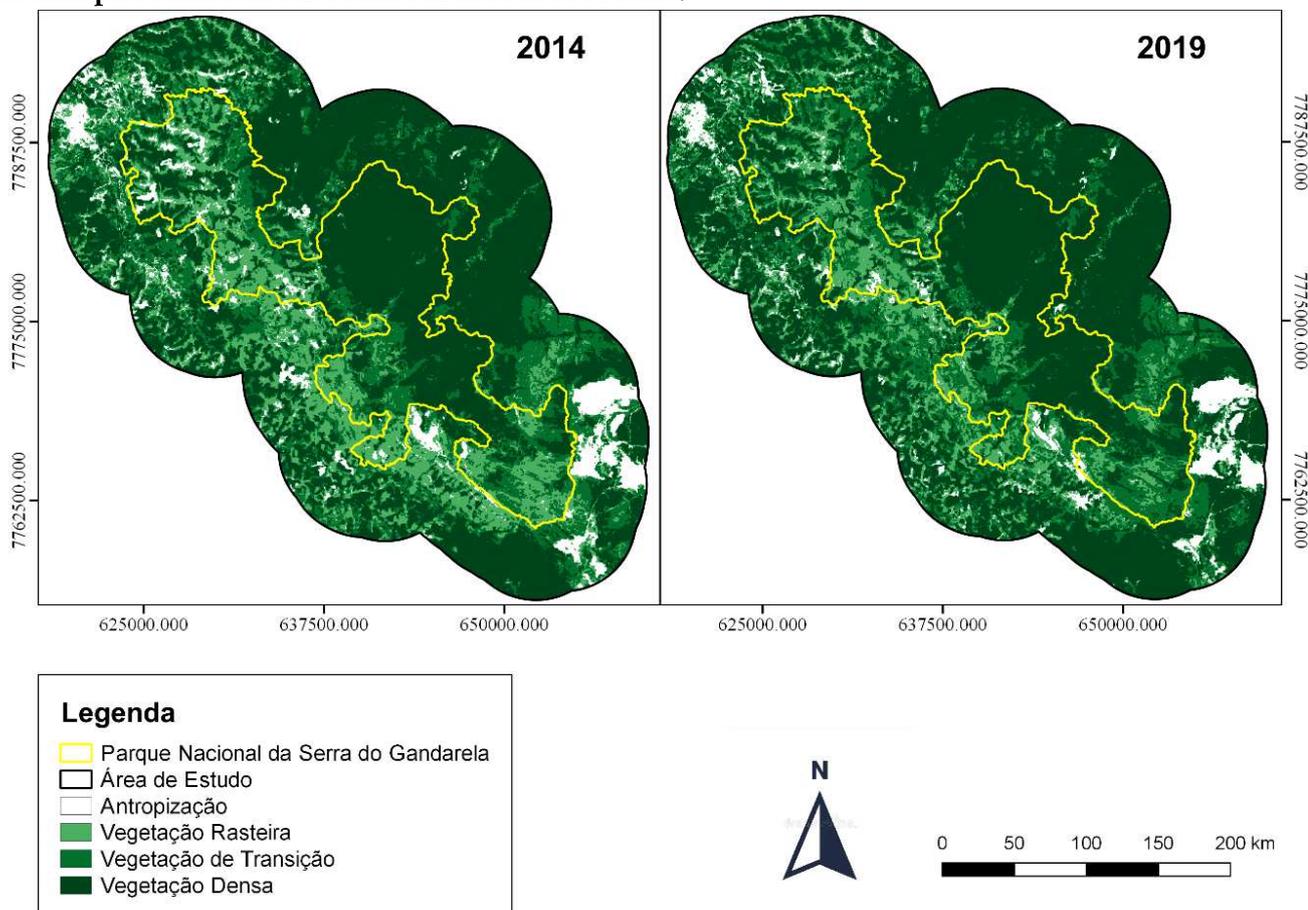
A primeira etapa do processo de obtenção do NDVI foi a correção atmosférica das imagens. Esse processo é essencial, principalmente em análises temporais de imagens, pois, além de corrigir as interferências sofridas pela radiação eletromagnética ao passar pela atmosfera, também corrige as diferenças na atmosfera apresentadas no momento da captura das diferentes imagens. Esse processo ainda padroniza os dados para os procedimentos matemáticos de álgebra de imagens. O método empregado para correção foi o DOS (Dark Object Subtraction), procedimento amplamente aplicado e que corrige o processo de espalhamento atmosférico a partir dos dados coletados no momento da captação da imagem (MENEZES; ALMEIDA, 2012).

Os resultados de NDVI já classificados podem ser vistos na Figura 2. Apesar da grande heterogeneidade apresentada, observou-se que houve decréscimo das regiões com tons mais claros na cena (classe 1) correspondentes às áreas antropizadas e das áreas de vegetação rasteira (classe 2), entre os anos de 2014 e 2019. As áreas antropizadas que podiam ser vistas em maior percentual em 2014 passaram a representar maior concentração na região noroeste da cena em 2019, o que pode estar associado à presença de áreas urbanas em maior concentração na região.

Análise da variação temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no Parque Nacional da Serra do Gandarela em Minas Gerais utilizando imagens Landsat 8

Tiago Antônio Figueiredo

Figura 2: Parque Nacional da Serra do Gandarela e área de entorno classificado em relação às densidades de vegetação obtidas pelo cálculo do NDVI entre os anos de 2014 e 2019



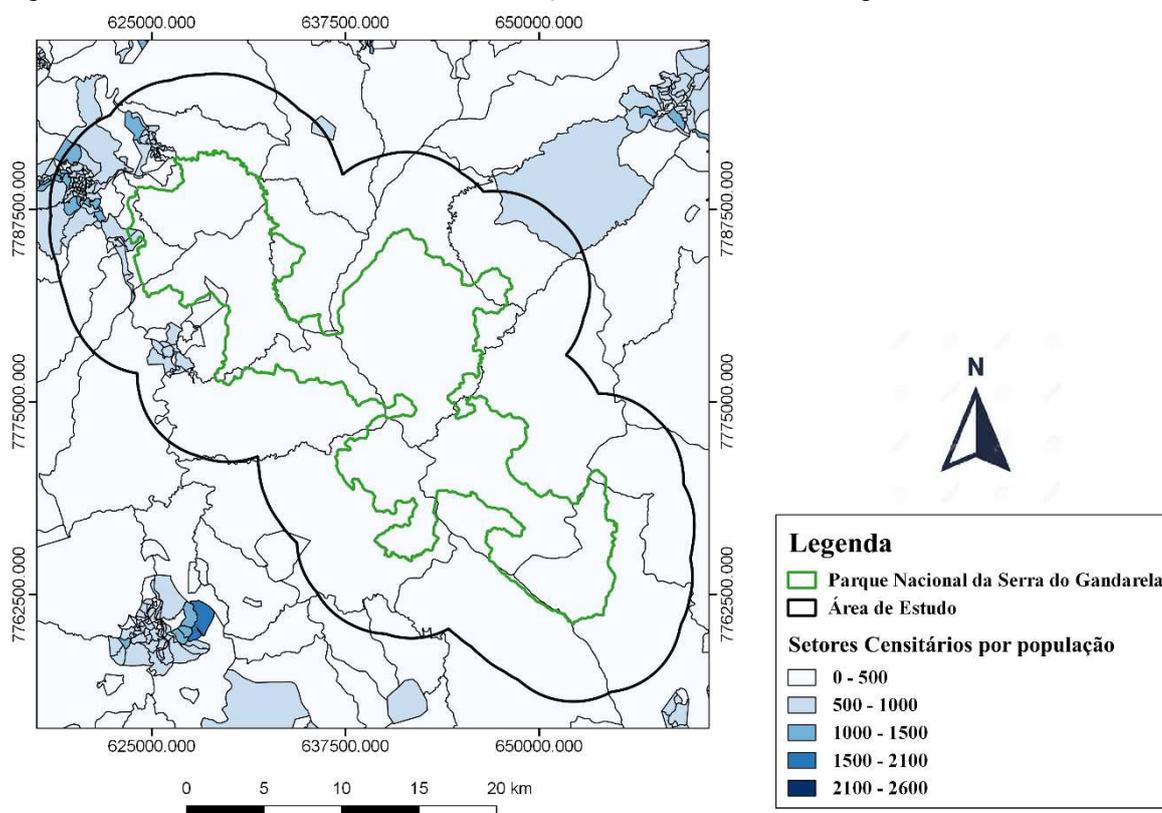
Fonte: O autor (2020)

Os dados da Figura 3, obtidos a partir do censo demográfico de 2010 do IBGE, apontam que, em grande parte da área estudada, a densidade populacional é baixa, apresentando sua maior concentração na região citada. É possível verificar também áreas antropizadas na região sudeste da cena, representando, neste caso, a presença de grandes áreas de mineração. Fato intrínseco à região conhecida como quadrilátero ferrífero, que tem histórico desse tipo de atividade (FONSECA, 2014).

Análise da variação temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no Parque Nacional da Serra do Gandarela em Minas Gerais utilizando imagens Landsat 8

Tiago Antônio Figueiredo

Figura 3: Setores censitário do IBGE e suas respectivas densidades demográficas



Fonte: O autor (2020)

Como consequência, notou-se aumento das áreas com maiores densidades arbóreas. A Tabela 3 mostra as variações percentuais de cada classe durante o período de estudo. A classe 4 teve aumento de 5,5%, que representou a maior variação percentual indicando tendência no aumento da densidade da vegetação. A classe 3 apresentou estabilidade percentual, porém, ao avaliar os dados, nota-se que a classe não se manteve estática, tendo absorvido a perda de área da classe 2, cedendo área para a classe 4. Tal fato mostra que a região de estudo apresenta tendência de manutenção das áreas naturais, se protegida, ao ponto de conseguir manter sua evolução natural, expandindo suas populações vegetais.

Tabela 3: Variações percentuais da vegetação na área de estudo e na área do Parque

Área de Estudo (%) 1017 Km ²		Área do Parque (%) 312,6 Km ²	
2014	2019	2014	2019
5,8	4,4	2,9	1,2
18,3	13,7	22,1	16,1
25,5	26,1	24,5	28,5
50,3	55,8	50,4	54,2

Fonte: O autor (2020)



Análise da variação temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no Parque Nacional da Serra do Gandarela em Minas Gerais utilizando imagens Landsat 8

Tiago Antônio Figueiredo

Resultados semelhantes aos do presente estudo foram obtidos no trabalho proposto por Aquino (2016), ao analisar a variação temporal do índice de Vegetação no Parque Nacional da Serra da Capivara e seu entorno, no estado do Piauí. O autor constatou que houve aumento do estrato herbáceo e redução de áreas com solo exposto de 7,6% em 1987 para apenas 0,2% em 2010.

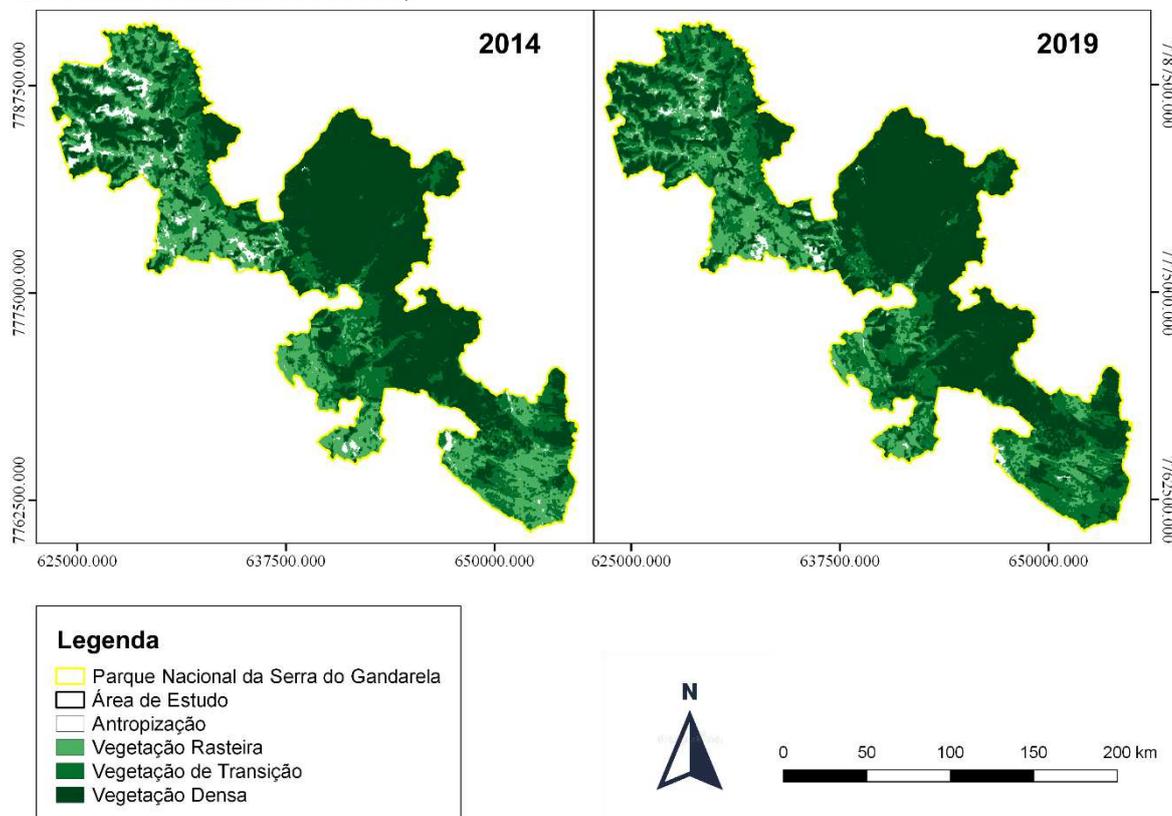
A Tabela 3 mostra a variação percentual dos dados sobre a vegetação da área de estudo e do Parque Nacional da Serra do Gandarela, separadamente. Os dados mostram que a área do parque segue a tendência do resto da região apresentando queda das áreas com algum tipo de solo exposto ou ação antrópica com queda de 1,4%, percentual que representa uma área de aproximadamente 5 Km². As classes 3 e 4 também obtiveram aumento em suas áreas, de 3,8% e 4% respectivamente, quando se analisou apenas a área do parque. A classe 2 teve a maior variação, com queda do percentual que representa 6% do parque.

A Figura 4 apresenta a variação do índice de vegetação somente nos limites do parque, em 2019 nota-se o decréscimo de áreas com algum tipo de degradação em relação a 2014. Esse comportamento pode estar conectado à abertura da unidade de conservação que restringe o acesso e a permanência nas áreas do parque e também as atividades que nele podem ser realizadas. A maior variação observada está localizada na região noroeste do parque, que se localiza próximo à região com maior densidade populacional em seu entorno (Figura 3). Os resultados denotam que as medidas para conservação e restrições impostas na criação dessa unidade podem ser o motivo para o aumento da vegetação. Tais evidências são corroboradas pelo estudo, realizado por Martini *et al.* (2012), que analisou a criação do Parque Estadual Monte Alegre no município de Monte Alegre no Pará como estratégia para a redução do desmatamento. Foram observados dados de sensoriamento remoto para entender a dinâmica do uso e ocupação do solo da área estudada e percebeu-se a diminuição do desflorestamento da área da UC após a criação do parque.

Análise da variação temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no Parque Nacional da Serra do Gandarela em Minas Gerais utilizando imagens Landsat 8

Tiago Antônio Figueiredo

Figura 4: Classificação temporal da vegetação restrita ao Parque Nacional da Serra do Gandarela obtida após cálculo do NDVI entre os anos de 2014 e 2019



Fonte: O autor (2020)

Nota-se, também na Figura 4, o aumento das áreas com maiores densidades de vegetação densa representadas pela classe 4, que, juntamente com a classe 3 (área de transição entre os campos de vegetação rasteira e a classe 4), apresentaram aumento de suas áreas na composição do espaço. Os resultados podem estar associados ao processo de criação do parque e às consequentes alterações nas possibilidades de uso do solo da região protegida. Tais fatos corroboram o estudo realizado por Fonseca (2006), que considera a criação e a multiplicação de um sistema de áreas protegidas representativas da biodiversidade, fator essencial para a conservação dos recursos naturais em todo o planeta.

4 Considerações finais

A percepção do aumento da densidade dos campos e florestas da região de estudo mostraram que é possível acompanhar o comportamento da dinâmica temporal da vegetação através do uso das imagens de satélite e do cálculo do NDVI, sobretudo em uma região tão extensa onde são muitas as dificuldades de fiscalização e monitoramento. O índice utilizado foi eficaz na análise do comportamento vegetal mostrando as áreas com maior



Análise da variação temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no Parque Nacional da Serra do Gandarela em Minas Gerais utilizando imagens Landsat 8

Tiago Antônio Figueiredo

degradação e sua variação temporal negativa dentro e fora dos limites do parque. Através do NDVI e das ferramentas de processamento digital da imagem e sensoriamento remoto pôde-se corrigir as deficiências das imagens obtidas dos satélites orbitais, gerando assim os produtos esperados. Os dados gerados são capazes de contribuir e auxiliar no monitoramento e na gestão das unidades de conservação, apresentando resultados que podem ser contínuos e de baixo custo. Outra observação feita com os produtos do trabalho foi a constatação de a maior regeneração ter ocorrido próximo à região de maior densidade populacional, fato que pode estar associado às restrições de acesso e atividades implementadas na criação da UC. Além disso, podem subsidiar a tomada de decisão e também criar ferramentas para conhecer a eficácia do planejamento proposto para a conservação dos recursos naturais.

Portanto, o monitoramento dessas áreas tem o sensoriamento remoto como importante ferramenta para um processo contínuo de observação e análise do comportamento da dinâmica da vegetação, uma vez que as imagens e os dados relacionados podem ser adquiridos com facilidade. Uma desvantagem no uso dessa tecnologia é a disponibilidade nos *sites* de poucas cenas com baixa incidência de nuvens, o que pode dificultar o monitoramento com amplitude temporal durante o ano. Vale ressaltar ainda que esse processo é apenas mais uma ferramenta que complementa ações dos órgãos competentes, como pesquisas, trabalhos de campo e a fiscalização contínua, que juntas podem validar a dinâmica apresentada neste estudo e contribuir para a conservação da biodiversidade.

Referências

ÁGUAS, T. A.; BRAZ, A. M.; GARCIA, P. H. M. Análise de índices de vegetação ndvi e savi e índice de área foliar (iaf) para a comparação da cobertura vegetal na bacia hidrográfica do córrego ribeirãozinho, município de selvíria, MS. **Revista Percursos - NEMO**, Maringá, v. 7, n. 2, p. 05 - 22, 2015. DOI: 10.4025/revpercurso.v7i2.28758.

AQUINO, C. M. S. Variação temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no Parque Nacional da Serra da Capivara e seu entorno, Piauí, Brasil. **Revista de Geociências do Nordeste**, Caicó, RN, v. 2, n. Especial: III Simpósio de Geografia Física do Nordeste, 2016.

BARBOSA, C. C. F.; MARTINS, V. S.; NOVO, E. M. L. M. **Introdução ao Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos**: princípios e aplicações. 1ª ed. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2019.

BEZERRA, U. A. **Índices espectrais utilizando os sensores oli/landsat-8 e msi/sentinel-2, na bacia hidrográfica do rio Moxotó, PE**. 2019. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação) - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2ª ed. São Paulo: Ed. Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 365, de 27 de novembro de 2015**. Brasília: Imprensa Oficial, 2015. Disponível em:
<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=114&data=30/11/2015>. Acesso em: 20 jul. 2020.



Análise da variação temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no Parque Nacional da Serra do Gandarela em Minas Gerais utilizando imagens Landsat 8

Tiago Antônio Figueiredo

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Estratégia do Programa Nacional de Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros**. 2. ed. Brasília: MMA, 2017.

BRASIL. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, SNUC**: Lei nº 9.985. Brasília, 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 30 jul. 2020.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: Inpe, 2001.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. Conceitos básicos em ciência da geoinformação. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: Inpe, 2001.

CIEZA, L. N. P. **Mitigação, monitoramento e efetividade da Avaliação de impacto Ambiental**: análise da qualidade de estudos de impacto ambiental no Brasil. 2018. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). **Resolução CONAMA nº. 428, de 17 de dezembro de 2010**. Brasília, 2010.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação ndvi e savi no município de Santa Cruz do Rio Pardo - SP usando imagens landsat-5. **RA'EGA**, Curitiba, v. 21, p. 234-271, 2011.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

FONSECA, A. B. (coord.). **Estratégia Nacional de Diversidade Biológica**. Grupo de trabalho Temático: Contribuição para a Estratégia de Conservação In Situ no Brasil. Brasília: MMA, 2006. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/Conservacao%20in%20situ.pdf. Acesso em: 10 ago. 2020.

FONSECA, C. O. **A dinâmica espacial da Serra do Gandarela e entorno a partir da formação de territórios**: análise e representações coremáticas. 2014. 127 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**: características da população e dos domicílios. Rio de Janeiro: Sidra, Sistema IBGE de Recuperação Automática, 2011.

ICMBio. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Proposta de Criação do Parque Nacional Serra do Gandarela**. Brasília: ICMBio, 2010. 103 p.



Análise da variação temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no Parque Nacional da Serra do Gandarela em Minas Gerais utilizando imagens Landsat 8

Tiago Antônio Figueiredo

LAURENTINO, M. L. S. *et al.* Aplicação dos índices de NDVI e EVI como análise da variação fisionômica da vegetação no Brejo de Altitude de Serra Negra-Bezerros, PE, Brasil. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, SBSR, 15., 2011, Curitiba, PR. Anais [...].* Curitiba, PR: INPE, 2011. p. 3182-3189.

LORENZZETTI, J. A. **Princípios Físicos de Sensoriamento Remoto.** São Paulo: Blucker, 2015.

MARTINI, D. Z. *et al.* Unidades de conservação como estratégia para a redução do desmatamento na Amazônia: o caso do Parque Estadual Monte Alegre. **Ambiência**, Guarapava, PR, v. 8, n. 2, p. 333-343, ago. 2012. DOI:10.5777/ambiencia.2012.02.08.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas:** ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2009.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de Sensoriamento Remoto.** 1. ed. Brasília: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2012.

NIEBUHR, P. M. **Manual das áreas de preservação permanente:** regime jurídico geral, modalidades, exceções, com doutrina e jurisprudência. Belo Horizonte: Fórum, 2018.

PEIXOTO, A. L.; LUZ, J. R. P.; BRITO, M. A. (org.). **Conhecendo a Biodiversidade.** Brasília: MCTIC, CNPq, PPBio, 2016.

PINA, J. H. A. **Bacias hidrográficas e unidades de conservação no Brasil:** um estudo sobre as dificuldades e perspectivas para uma gestão integrada. 2016. 163 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

PINTO, N. G. M. **A degradação ambiental nos municípios do Rio Grande do Sul e a relação com os fatores de desenvolvimento rural.** 2014. 120 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Departamento de Ciências Administrativas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental:** conceitos e métodos. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SISTEMA FLORESTAL BRASILEIRO. **Florestas do Brasil em resumo 2019.** Brasília: MAPA, SFB, 2019.



Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons. Os usuários têm permissão para copiar e redistribuir os trabalhos por qualquer meio ou formato, e também para, tendo como base o seu conteúdo, reutilizar, transformar ou criar, com propósitos legais, até comerciais, desde que citada a fonte.