ARTIGOS COMPLETOS **25**

18 a 22 de outubro de 2021
Anais do ENEPE
ISSN 1677-6321

Unoeste

ARTIGOS COMPLETOS

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO (NDVI) APLICADO AO SAMBAQUI DA FOZ DO RIO PORUQUARA, MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PARANÁ, BRASIL 26

MODIFICAÇÕES NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA MICROBACIA DO RIO BONITO EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES DO ANO 35

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO (NDVI) APLICADO AO SAMBAQUI DA FOZ DO RIO PORUQUARA, MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PARANÁ, BRASIL

Fernando Henrique Villwock[1], Mauro Parolin[2], Claudia Ines Parellada[2], Ana Paula Colavite[2].

[1]Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá – PR. [2]Universidade Federal Do Paraná – UFPR. E-mail: fernandovillwock@hotmail.com.

RESUMO

No litoral norte do Paraná, em Guaraqueçaba, na Baía de Pinheiros, um grande sambaqui situado junto à foz do rio Poruquara vem sofrendo diferentes impactos negativos, tanto de origem antrópica como natural, que tem ocasionado o solapamento e a destruição de parte deste sítio arqueológico e da vegetação a ele associada. A verificação da influência dos impactos na área de estudo foi realizada por meio do processamento de imagens de satélite, por meio da aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), possibilitando a identificação da densidade da vegetação. Neste sentido, o trabalho teve como objetivo verificar os impactos ambientais que o sambaqui vem sofrendo nas últimas décadas. Para a realização da pesquisa foram analisadas imagens de satélite (Landsat 5 – sensor TM) obtidas entre os anos de 1985 e 2009, o resultado foi obtido por equação raster, gerando os índices NDVI. Os resultados obtidos, apontam que a vegetação sofreu baixa variação em sua densidade entre os anos de 1985 e 2009. Quanto aos corpos hídricos, esses sofreram variação ao longo da série temporal analisada, ficando evidente o aumento na quantidade de sedimentos suspenso ou concentração de algas nos anos de 1985 e 2004. A partir da pesquisa, se pode concluir a constância na presença de vegetação, além da possibilidade de detectar os períodos com maior quantidade de material suspenso nos corpos hídricos.

Palavras-chave: Sambaqui; Sensoriamento remoto; NDVI.

VEGETATION INDEX (NDVI) APPLIED TO SHELL-MIDDEN OF RIVER MOUTH PORUQUARA, MUNICIPALITY OF GUARAQUEÇABA, PARANÁ, BRAZIL

ABSTRACT

On the northern coast of Paraná, in Guaraqueçaba, in the Bay of Pinheiros, a large shell midden located near the mouth of the Poruquara River has been suffering different negative impacts, both anthropogenic and natural, which has caused the erosion and destruction of part of this archaeological site and the vegetation associated with it. The verification of the influence of impacts in the study area was carried out through the processing of satellite images, through the application of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), enabling the identification of the vegetation density. In this sense, the work aimed to verify the environmental impacts that sambaqui has been suffering in recent decades. To carry out the research, satellite images were analyzed (Landsat 5 – TM sensor) obtained between 1985 and 2009, the result was obtained by a raster equation, generating the NDVI indices. The results obtained show that the vegetation suffered a low variation in density between 1985 and 2009. As for the water bodies, these varied along the analyzed time series, with an increase in the amount of suspended sediment or algae concentration being evident. in 1985 and 2004. Based on the research, it is possible to conclude that the presence of vegetation is constant, in addition to the possibility of detecting periods with the greatest amount of suspended material in water bodies.

Keywords: Shell-midden; Remote sensing; Vegetation.

1. INTRODUÇÃO

Os sambaquis são sítios arqueológicos com datações entre 10 mil e 2 mil anos atrás, podendo ser caracterizados como aterros construídos basicamente com conchas de moluscos, além de sedimentos, por populações sambaquieiras, visando especialmente o sepultamento dos mortos, além de área de rituais e os

de menores dimensões podem estar associados a locais de habitação e manejo florestal (PARELLADA & GOTTARDI NETO, 1993; DE BLASIS et al., 2007). A maioria dos sambaquis está em áreas de baía, onde a grande quantidade de bancos de moluscos e áreas de mangue possibilitaram a construção dessas elevações que transformaram as paisagens costeiras desde o Holoceno inicial (WAGNER et al., 2011).

Apesar da importância dos sambaquis para compreensão de culturas pretéritas, e os inúmeros registros humanos preservados, por muito tempo eles foram explorados para extração de matéria-prima para fabricação de cal (CALZANS, 2016). A proteção legal dos sambaquis foi garantida somente com a criação da Lei N°3.924 de 26 de julho de 1961, que buscou a proteção de monumentos arqueológicos ou pré-históricos de qualquer natureza existentes no território nacional (BRASIL, 1961).

Moraes (2000) assinala que no caso dos estudos arqueológicos dos povos indígenas é necessário recorrer também a conhecimentos da Geografia, Geologia e Geomorfologia, demandando o enfoque interdisciplinar para uma análise mais ampla das características socioculturais das populações indígenas, além de auxiliar nas atividades de manejo e gestão do patrimônio arqueológico. Esse mesmo autor, ainda, assinala a importância do mapeamento dos sítios arqueológicos e de seu entorno, tanto das características paisagísticas do passado, quanto da composição atual. Coaduna com esta ideia Kormikiari (2014, p.4-5) ao expor que "a abordagem da paisagem é relevante para o objetivo de a Arqueologia explicar o passado humano, por meio de sua habilidade em reconhecer e avaliar as relações interdependentes e dinâmicas que as pessoas mantêm com as dimensões física, social e cultural de seus meio-ambientes ao longo do tempo e do espaço".

Para melhor investigar as dinâmicas das áreas protegidas e das relações com seu entorno, as geotecnologias, especialmente os dados de Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informação Geográfica, têm desempenhado um papel fundamental (FONSECA JÚNIOR, 2013; TÔSTO et al., 2014).

Rosa et al. (2018) destacam a importância do geoprocessamento para as investigações arqueológicas, pois permitem uma análise espacial correlacionada da área. Indicam ainda, que os primeiros registros da aplicação de imagens aéreas em estudos arqueológicos são do início século XX nos Estados Unidos. Destaca-se que, daquele período até hoje, as técnicas e instrumentos de coleta e processamento de dados evoluíram muito, propiciando um conjunto cada vez mais robusto de ferramentas que podem ser aplicadas nos estudos, tais quais as técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI).

Crósta (1992, s.p., **grifo nosso**) define que "o processamento digital de imagens de sensoriamento remoto trata especificamente das **técnicas utilizadas** para identificar, extrair, condensar e **realçar a informação de interesse para determinados fins**, a partir de uma quantidade de dados que usualmente compõem essas imagens". É justamente essa manipulação das imagens que permite que os elementos de interesse nas cenas sejam realçados. Uma das aplicações que pode ser atribuída ao PDI é o realce da vegetação em imagens de satélite, especialmente realizada pelo cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

De acordo com Fu e Burgher (2015), o NDVI é obtido pelo processamento de imagens de satélite, onde por meio de equações raster é obtida a interação da radiação e da cobertura vegetal. Esse índice tem a função de avaliar a distribuição da vegetação, ou o índice de absorção de radiação pelas plantas para realização da fotossíntese, dentre outros (FU & Burgher, 2015).

Nesta pesquisa, busca-se aplicar técnicas de PDI, mais especificamente o cálculo do NDVI a partir de imagens de satélite (LANDSAT 5 - sensor TM), para estudo do Sambaqui da Foz do Rio Poruquara, situado no estado do Paraná. Sua escolha se justifica em razão dos impactos, antrópicos e naturais, que este tem sofrido, o que está levando a sua gradativa destruição. Nesta perspectiva, o trabalho se justifica pela necessidade de se monitorar os Sambaquis, uma vez que estão expostos a degradação.

2. ÁREA DE ESTUDO

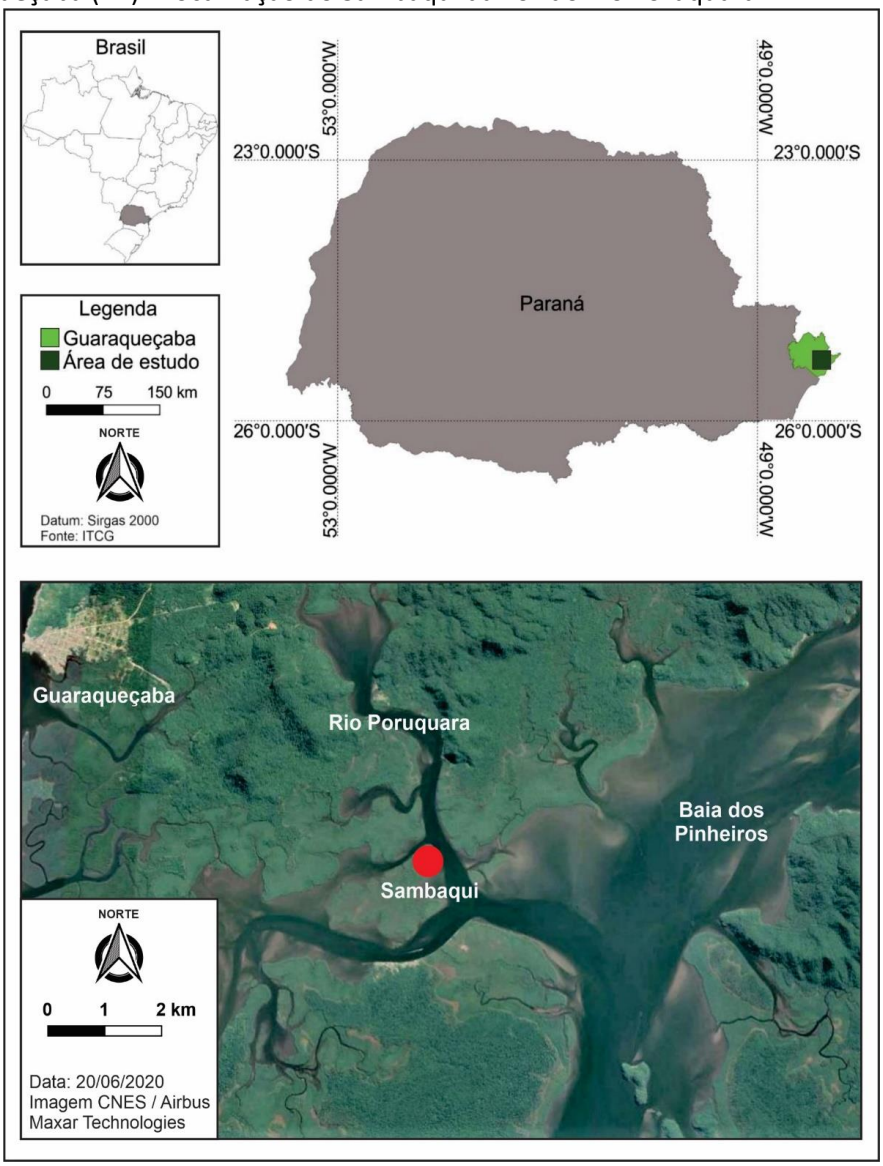
No litoral paranaense se tem o registro de 269 sambaquis, dentre os quais 78 estão localizados no município de Guaraqueçaba (PARELLADA; GOTTARDI NETO, 1993). O Sambaqui da Foz do Rio Poruquara está localizado em uma ilha fluvial, na foz do rio Poruquara, município de Guaraqueçaba, litoral paranaense (Figura 1).

A descrição inicial do Sambaqui foi realizada no ano de 1989 pela arqueóloga Drª. Claudia Inês Parellada (Museu Paranaense). Parellada (1994) descreve que o Sambaqui em estudo possui as seguintes dimensões: 105 metros x 45 metros e a altura que chega a 5.5 metros. De acordo com a autora supracitada, o Sambaqui em estudo sofre diversos impactos de origem natural (a ação das marés que vem ocasionando

a destruição da face leste) e antrópica (ruínas de uma residência de alvenaria e um trapiche, ambos datados do século XVII).

Muniz e Denardin (2016) classificam o município em estudo como o maior remanescente contínuo de Floresta Atlântica, sendo que 98% do território do município é constituído por áreas de vegetação. De acordo com Jaster (1989), que realizou levantamento florístico no Sambaqui, a vegetação sobre ele pode ser classificada como Floresta Ombrófila, com presença de elementos pioneiros, nas áreas adjacentes o autor indica a presença de vegetação de mangue. Na área de estudo foram registradas 14 famílias botânicas: Anacardiaceae, Arecaceae, Combretaceae, Euphorbiaceae, Flacourtiaceae, Guttiferae, Malvaceae, Moraceae, Myrsinaceae, Myrtaceae, Rhizophoraceae, Rubiaceae, Sapataceae e Verbenaceae (JASTER, 1989).

Figura 1. Guaraqueçaba (PR) - Localização do Sambaqui da Foz do Rio Poruquara



A preservação da vegetação na área de estudo é garantida pelo Decreto nº 90.883 do Governo Federal de 31 de janeiro de 1985, que criou a Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba, que além de Guaraqueçaba abrange parte os municípios de Antonina, Campina Grande do Sul e Paranaguá (ROCHADELLI et al., 2015).

Quanto ao clima, a região pode ser caracterizada pelos verões quentes e possível ocorrência de geadas no inverno, o índice pluviométrico possui variação entre 2.000 e 3.000 mm/anuais (BLUM et al. 2011). A população do município de Guaraqueçaba é estimada em 7.594 habitantes, com baixa densidade demográfica (IBGE, 2020).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa teve o caráter experimental com aplicação de técnicas de Processamento Digital de Imagens, a partir de uma série temporal com o intuito de verificar a densidade da vegetação e a variação ao longo do período.

O satélite selecionado foi o Landsat 5 – sensor TM (Thematic Mapper) (8 bits – resolução espacial de 30 metros), com as cenas coletadas nas datas 06/05/1985, 18/07/1994, 30/08/2004 e 05/03/2009 (por conta da localização da área de estudo na região litorânea, se observa grande constância na presença de nuvens, não sendo possível a realização de uma média nos valores de NDVI, neste sentido, a escolha das datas levou em conta as imagens sem cobertura de nuvens sobre a área em estudo). O processamento das imagens teve por finalidade verificar a presença de vegetação na área de estudo e área adjacente.

A obtenção das imagens orbitais foi realizada no Banco de Imagens do USGS -Serviço Geológico dos Estados Unidos (earthexplorer.usgs.gov), sendo que as cenas possuem nível de processamento L2 (já possuem a correção atmosférica). Para abranger a área em estudo, foram utilizadas imagens com órbita 220 / ponto 77.

As bandas utilizadas para gerar o índice NDVI no Landsat 5 foram: Banda 3 (RED: vermelho / resolução espectral: 0.63-0.69µm) e Banda 4 (NIR: infravermelho próximo / resolução espectral: 0.76-0.90 µm). As bandas selecionadas foram importadas para o software QGis (versão 3.4), para geração do NDVI, se utiliza o cálculo raster, a partir da equação:

$$\mathrm{NDVI} = \frac{(\mathrm{NIR} - \mathrm{RED})}{(\mathrm{NIR} + \mathrm{RED})}$$

Sendo:
NIR = Banda infravermelho próximo
RED = Banda vermelha

Os valores obtidos no NDVI são indicativos de cobertura vegetal, sendo que os valores variam entre -1 e +1. Os valores do NDVI podem ser divididos em três classes: i) ≤ 0.2 corresponde as áreas sem presença de vegetação, solo exposto, afloramento de rochas, áreas construídas e corpos hídricos; ii) entre 0.2 e 0.5 indicam a presença de vegetação com menor densidade (vegetação em crescimento, arbustiva possuindo baixo teor de biomassa); iii) ≥ 5 indica a presença de vegetação densa (formações com características florestais que apresentam alto vigor em termos de biomassa).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores máximos registrados para o NDVI no período do estudo foi de 0.407 no ano de 2009 e 0.399 no ano de 1985, os valores mínimos foram de -0.038 nos anos de 2004 e 1994 e -0.036 no ano de 2004 (Tabela 1).

O NDVI se demonstrou eficaz para o mapeamento, os corpos hídricos apresentaram valores de refletância negativos (cor azul nos mapas), sedimentos suspensos, depósitos sedimentares e áreas antepraia possuem valores intermediários (cor laranja e bege nos mapas), áreas com menor densidade na vegetação (cor verde claro no mapa) e áreas florestais densas (cor verde escuro nos mapas). Os mapas NDVI são apresentados nas figuras 2, 3, 4 e 5.

Tabela 1. Valores máximos e mínimos do NDVI

Figura	Data da imagem	Valor máximo	Valor mínimo
2	06/05/1985	0.399	-0.038
3	18/07/1994	0.382	-0.038
4	30/08/2004	0.387	-0.036
5	05/03/2009	0.407	-0.019

Figura 2. NDVI ano de 1985.

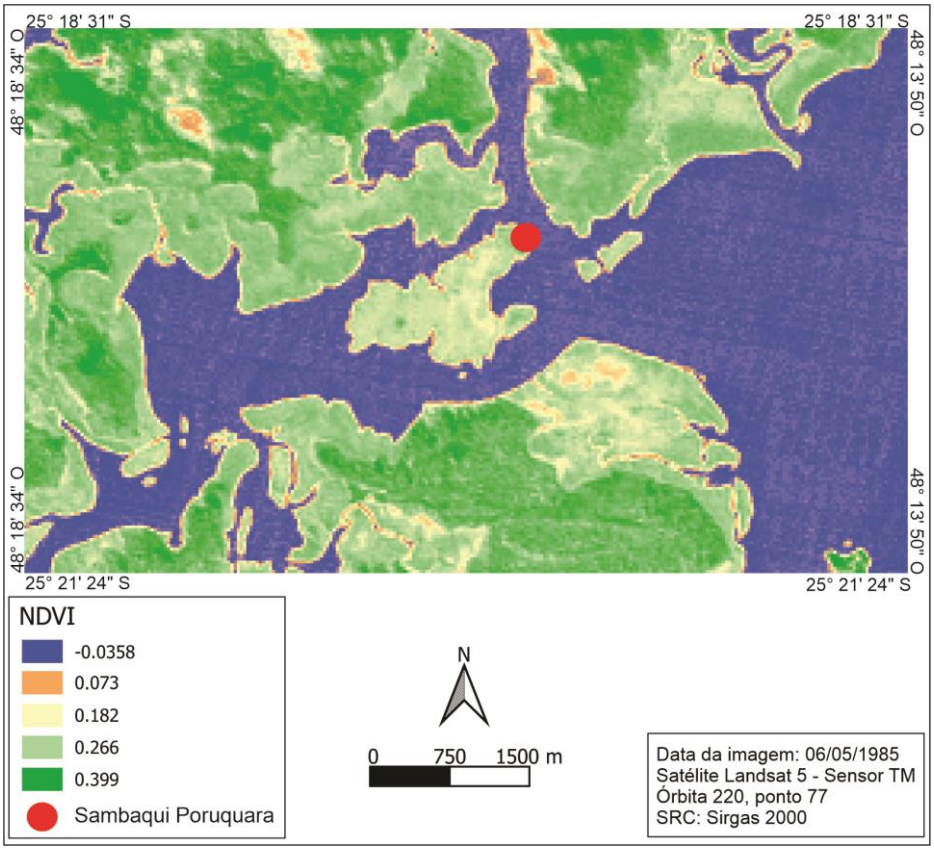


Figura 3. NDVI ano de 1994.

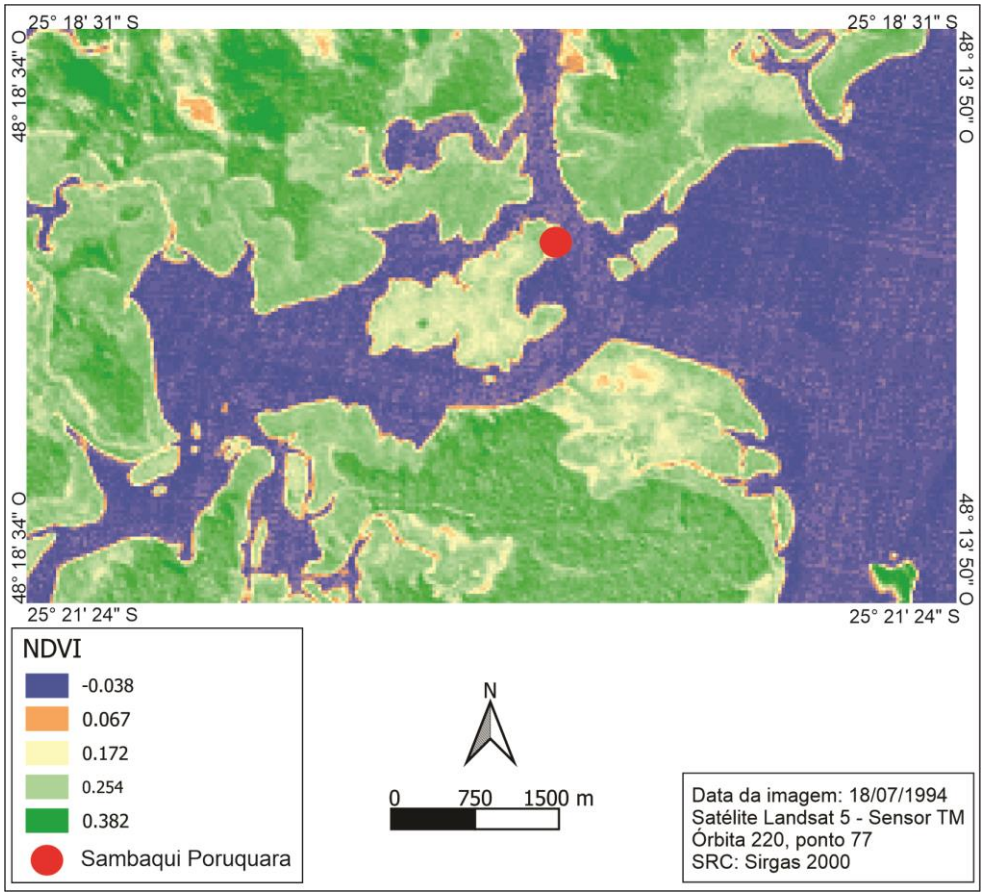


Figura 4. NDVI ano de 2004.

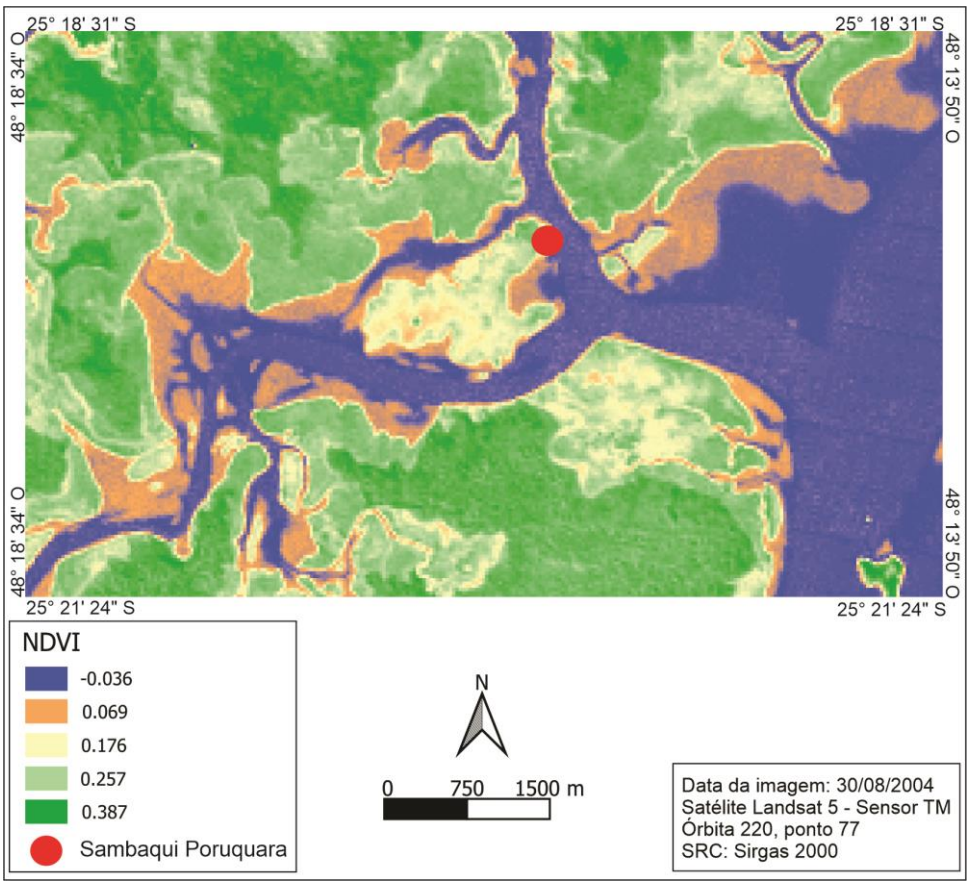
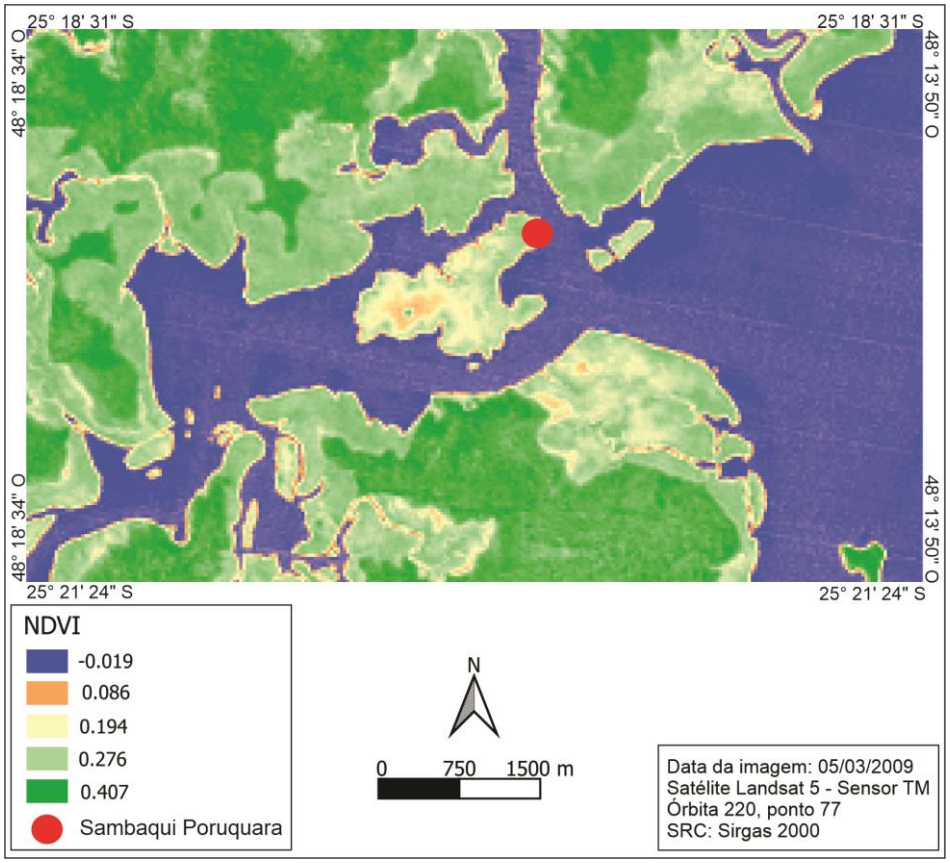


Figura 5. NDVI ano de 2009.



Quanto a vegetação nas áreas adjacentes, as porções mais elevadas são registradas como Floresta Atlântica (cor verde escuro nos mapas), enquanto no sambaqui e nas porções de terra localizadas na faixa entre o limite da maré alta e a encosta são classificadas como vegetação de duna, restinga e mangue (verde claro), caracterizada por dossel que não ultrapassa os 20 metros, apresentando menor densidade da vegetação no mapeamento (CAMPOS, 2020). A partir dos mapas, se pode inferir que durante o período compreendido pela análise, na área em estudo não ocorreram mudanças significativas na densidade da vegetação.

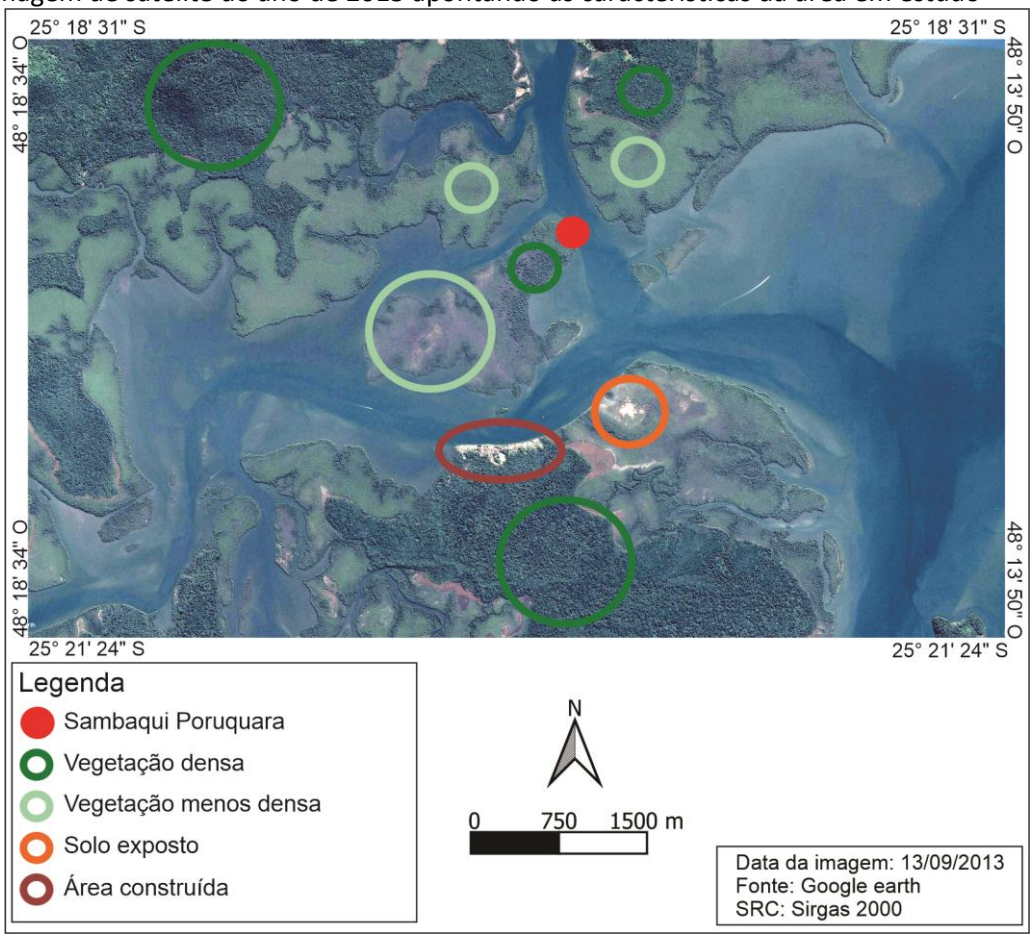
Com a análise da Figura 6 é possível verificar os elementos da paisagem, possibilitando identificar as áreas urbanizadas, bem como as áreas com vegetação mais densa ou menos densa. Neste sentido, a imagem de satélite apresentada na figura 6, corrobora os índices NDVI obtidos.

Com os resultados obtidos, fica evidente a eficiência do NDVI no monitoramento e na detecção de alterações na vegetação e nos corpos hídricos, para a área pesquisada. No que tange à aplicação das técnicas de NDVI para a análise da área de estudo destaca-se alguns pontos:

1º) a sazonalidade das imagens deve ser considerada na análise contextual (a captura ocorre a cada 16 dias), no período entre as capturas a composição das imagens pode sofrer distinções significativas. No entanto, nem sempre é possível obter imagens do mesmo mês, de um ano para outro, pois diversos fatores podem inviabilizar a obtenção das imagens, no caso da área de estudo, o fator inviabilizam-te foram as nuvens, que cobriam a área na maioria das passagens do satélite (situação similar é descrita em trabalhos da região amazônica, na região também se observa intensa cobertura por nuvens).

2º) a escala de análise pretendida, pois geralmente os produtos do sensoriamento remoto, disponibilizados não apresentam resolução espacial e radiométrica para leitura pormenorizada da paisagem, no caso do Landsat 5 a resolução das bandas 4 e 5 são de 30 metros (inviável para pesquisas pontuais).

Figura 6. Imagem de satélite do ano de 2013 apontando as características da área em estudo



5. CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento da pesquisa, foi possível constatar que as áreas de vegetação mantiveram índices próximos nos anos de 1985 a 2009, tal fato pode ser correlacionado à estabilidade da vegetação que é protegida pelo Decreto nº 90.883 do Governo Federal de 31 de janeiro de 1985.

Os produtos cartográficos apresentados indicam que a área em estudo possui índices que representam a constante presença de vegetação, no entanto, essa metodologia não substitui o processo de fiscalização, que deve ser realizada *in loco* com determinada periodicidade.

A elevada quantidade de sedimento suspensos no ano de 2004 possui relação com o ciclo das marés, que ocasiona o surgimento de processos erosivos, fato observado no Sambaqui da Foz do Rio Poruquara.

Os produtos obtidos, a partir dos dados originários da pesquisa, permitem uma leitura mais genérica de contexto e não pontual da área pesquisada, especialmente pela resolução espacial das imagens.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Os autores agradecem ao Museu Paranaense; ao Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam; ao Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA).

REFERÊNCIAS

BLUM, C. T.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F. Composição florística e distribuição altitudinal de epífitas vasculares da Floresta Ombrófila Densa na Serra da Prata, Morretes, Paraná, Brasil. **Biota Neotropica**, v.11, 2011. https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000400015

BRASIL. **LEI N° 3.924, DE 26 DE JULHO DE 1961.** Brasília, DF, 1961.

CALZANS, M. O. Sambaquis e edifícios coloniais: uma proposta de musealização integrada. **Anais...**15° Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia. Florianópolis / SC, Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

CAMPOS, R. **Restinga.** ZonaCosteira.bio.ufba.br, 2020. Disponível em: <http://www.zonacosteira.bio.ufba.br/vrestinga.html>. Acesso em: 17 de mar. de 2021.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. e**d. rev. Campinas: IG/UNICAMP, 1992.

FONSECA JÚNIOR, J. A. A. da. Levantamento regional na arqueologia amazônica: o uso de sistema de informação geográfica e sensoriamento remoto**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Humanas, Belém, v. 8, p. 675-690, 2013. https://doi.org/10.1590/S1981-81222013000300012

FU, B.; BURGHER, I. Riparian vegetation NDVI dynamics and its relationship with climate, surface water and groundwater. **Journal of Arid Enviroments**, v. 113, 2015. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.09.010

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Guaraqueçaba - Paraná.** Dados infográficos do município. 2019.

KORMIKIARI, M. C. **Arqueologia da Paisagem**. São Paulo: Labeca - MAE/USP, 2014.

JASTER, C. B. LEVANTAMENTO FLORÍSTICA DO PROJETO "CARACTERIZAÇÃO DE SAMBAQUIS ATRAVÉS DE ANÁLISE AMBIENTAL E FOTOINTERPRETAÇÃO NA BAÍA DE GUARAQUEÇABA – PR". In: PARELLADA, C. I. **RELATÓRIO PRELIMINAR DO PROJETO DE CARACTERIZAÇÃO DE SAMBAQUIS ATRAVÉS DE ANÁLISE AMBIENTAL E FOTOINTERPRETAÇÃO NA BAÍA DE GUARAQUEÇABA-PR.** Museu Paranaense/CONCITEC-PR, 96p., 1989

MORAIS, J. L. Tópicos de Arqueologia da Paisagem. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, São Paulo, n.10, p. 3-30, 2000. https://doi.org/10.11606/issn.2448-1750.revmae.2000.109367

MUNIZ, J. C.; DENARDIN, V. F. Perspectivas de ecodesenvolvimento: o caso de Guaraqueçaba-PR. **Revista Brasileira De Desenvolvimento Regional**, v. 4, n. 1, 2016. http://dx.doi.org/10.7867/2317-5443.2016v4n1p227-246

PARELLADA, C. I. Análise ambiental e estratigráfica do sambaqui da foz do rio Poruquara/ Guaraqueçaba – PR. **Anais...** Boletim de Resumos Expandidos do 38º Congresso Brasileiro de Geologia. Camboriú, SC: SBG / DNPM / CPRM, v. 1, 1994.

PARELLADA, C. I.; GOTTARDI NETO, A. Inventário de sambaquis do litoral do Paraná. **Arquivos do Museu Paranaense**, nova série arqueologia, Curitiba, n.7, 1993.

ROCHADELLI, R.; SANTOS, A. J.; SCHNEIDER, A. V. O contexto socioambiental das unidades de conservação no município de Guaraqueçaba – PR: percepções da população local. **Comunicação & Mercado**, vol. 04, 2015, p. 91-103.

SANTOS DA ROSA, N.; RAMOS, J.; CAMPOS, J. B.; ZOCCHE, J. J. Entre satélites e pedras lascadas: a utilização do geoprocessamento na identificação de áreas de potencial arqueológico. In: Nilzo Ivo Ladwig; Hugo Schwalm. (Org.). **Planejamento e Gestão territorial:** a sustentabilidade dos ecossistemas urbanos. 1ed.Criciúma: EDIUNESC, 2018, p. 381-402. https://doi.org/10.18616/pgt17

SPVS. **Atlas ambiental da APA de Guaraqueçaba.** Curitiba, 2000.

TÔSTO, S. G.; GONÇALVES, C. A.; BOLFE, R. E. L.; BATISTELLA, M. **Geotecnologias e Geoinformação:** o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa, 2014

MODIFICAÇÕES NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA MICROBACIA DO RIO BONITO EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES DO ANO

Alessandra de Oliveira Alves Correia, Ana Paula Marques Ramos

Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Presidente Prudente, SP. E-mail: ale.engenha@outlook.com.

RESUMO

A dinâmica de uso e ocupação de uma área pode ser avaliada por meio da análise de imagens de sensoriamento remoto. Esse tipo de estudo é fundamental em projetos de monitoramento, de recuperação de áreas etc. A extração de índices de vegetação de imagens de sensoriamento remoto é uma abordagem tradicional e bem aceita para a caracterização e quantificação de parâmetros biofísicos da superfície. Nesse trabalho, avalia-se a mudança no uso e na ocupação do solo na microbacia do Rio Bonito ao longo das estações do ano. Essa área está contida parcialmente na região do Parque Estadual do Morro do Diabo que consiste no maior remanescente do bioma Mata Atlântica do Estado de São Paulo. Para tanto, fez a extração do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) de imagens multiespectrais LANDSAT 8, sensor OLI, resolução espacial de 30m, de 2020 e 2021, para cada estação do ano. Ademais, calculou-se a diferença entre os valores de NDVI referentes a cada duas estações, para detectar as alterações ocorridas desse período. Os resultados apontam para uma alteração no uso e ocupação da área em função das mudanças nas estações do ano e por influência de ações antrópicas no período de plantio ou colheita de culturas. A maior variação observada na dinâmica de uso e ocupação ocorreu entre as estações verão e inverno. A partir das informações de índices de vegetação extraídas das imagens orbitais pode-se obter uma análise das alterações na paisagem da microbacia do Rio Bonito. Tais alterações foram verificadas a nível de macro classes de uso e cobertura, como solo exposto, área de vegetação e corpo hídrico. Todavia, essa abordagem pode futuramente ser utilizada para o estudo de subclasses de feição, como diferenciação de vegetação arbórea de vegetação herbácea-arbustiva.

Palavras-chave: mapeamento temático; dinâmica de ocupação do solo; imagens multiespectrais.

LAND USE AND LAND COVER MODIFICATIONS IN THE BONITO RIVER WATERSHED BASED ON THE SEASONS OF THE YEAR

ABSTRACT

The dynamics of use and occupation of an area can be evaluated by analyzing remote sensing images. This type of study is essential in monitoring projects, recovery of areas, etc. The extraction of vegetation indices from remote sensing images is a traditional and well-accepted approach to the characterization and quantification of surface biophysical parameters. This work evaluates the change in land use and occupation in the Rio Bonito watershed over the seasons. This area is partially contained in the Morro do Diabo State Park region, the largest remnant of the Atlantic Forest biome in the State of São Paulo. For this purpose, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was extracted from LANDSAT 8 multispectral images, OLI sensor, spatial resolution of 30m, from 2020 and 2021, for each season of the year. Furthermore, the difference between the NDVI values for every two seasons was calculated to detect the changes during this period. The results point to an alteration in the use and occupation of the area as a function of the changes in the seasons and by influence of anthropic actions such as the planting period or crop harvesting. The most significant variation observed in the dynamics of use and occupation occurred between the summer and winter seasons. From the information on vegetation indices extracted from orbital images, an analysis of changes in the landscape of the Rio Bonito watershed can be obtained. Such changes were verified at the macro classes of use and coverage, such as exposed soil, vegetation area, and water body. However, this approach can be used in the future to study feature subclasses, such as the differentiation of arboreal vegetation from herbaceous-shrubby vegetation.

Keywords: thematic mapping; land use and land cover dynamics; multispectral images.

1. INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto permite a coleta de informações sobre um alvo de interesse sem a necessidade de contato direto com o mesmo (JENSEN, 2014). Isso permite, dentre outras, uma análise de grandes regiões ou de difícil acesso. O princípio de aquisição dos dados por sensoriamento remoto ocorre a partir do registro da radiação eletromagnética (REM). A REM se propaga no vácuo e após interagir com o alvo retorna para a atmosfera sendo captada pelo sensor, (JENSEN, 2009)

Muitas são as informações que podem ser extraídas dos dados de sensoriamento remoto e, dentre as quais, estão os índices de vegetação. Esses índices indicam o vigor da biomassa de uma área vegetada. Um dos mais populares índices para essa finalidade é NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) (JENSEN, 2009). A utilização deste índice por ser encontrada em estudos de mapeamento de uso e cobertura do solo, cálculo do rendimento de culturas agrícolas, quantificação de desmatamento florestais, e etc. (ALBUQUERQUE et al., 2014; ROUSE JR; HAAS; SCHELL, 1974) e (ALBUQUERQUE et al., 2014).

A realização do mapeamento de uso e ocupação do solo por meio da quantificação e análise do NDVI permite estabelecer um critério de classificação conforme o tipo de cobertura da região (GUILHERME *et al*., 2016). Isso pode, ainda, ser analisado de acordo com as estações do ano, a fim de compreender as diferenças na dinâmica e no vigor da vegetação durante o período de interesse (CHAVES et al., 2013).

Nesse trabalho, o intuito é caracterizar a dinâmica de alteração do uso e ocupação do solo na microbacia do rio Bonito em cada estação do ano a partir da estimativa do NDVI. A definição desse local de estudo ocorre devido sua importância ambiental. Isso porque a mesma encontra-se parcialmente contida na região do Parque Estadual do Morro do Diabo (PEMD); a maior área de remanescente do bioma Mata Atlântica Estacional Semidecidual do estado de São Paulo, com uma riqueza de fauna e flora ímpar.

2. MÉTODO

A microbacia hidrográfica do rio Bonito (Figura 1) está localizada na Bacia do Alto Rio Paraná no Planalto ocidental que compreende uma ampla região ocupada por monótonos de colinas e morretes (BOIN,2000). A altitude média da área é 320 metros, e o clima predominante da região é tropical subquente úmido, de acordo com a classificação de Nimer (1989).

Figura 1. Delimitação da microbacia hidrográfica do rio Bonito.

Fonte: (Google satélite, 2021). Adaptado pela autora.

Para a elaboração dos mapas temáticos, foram obtidas as imagens Landsat-8, sensor OLI de 30 metros de resolução espacial na página do The *United States Geological Survey* (http://earthexplorer.usgs .gov/). O USGS disponibiliza as imagens em nível L1T, isto é, ortorretificadas. que permitem, dentre outros, avaliação de vegetação, umidade e índices de taxa de queima (USGS, 2021).

O NDVI é calculado pela relação matemática entre a banda 5, que corresponde à radiação eletromagnética de raios infravermelho próximo (NIR), e a banda 4, que são raios vermelho (RED). No quadro 1 é possível observar o comprimento de onda correspondente a cada banda para o sensor OLI do Landsat-8.

Quadro 1. Comprimento de onda das bandas NIR e RED.

Banda	Comprimento de onda (nm)
B4 - Vermelho	640 – 670
B5 – Infravermelho próximo	850 - 880

Fonte: USGS.

A resolução temporal das cenas do Landsat-8 é de 16 dias. Assim, pode-se obter até duas imagens da mesma área no mês. Para a escolha das imagens referentes à área em estudo, optou-se pelas mais atuais correspondentes às diferentes estações do ano (verão, outono, primavera e inverno), e com a menor porcentagem de cobertura de nuvens no local de estudo. No Quadro 2, tem-se as cenas utilizadas.

Quadro 2. Datas das imagens coletadas.

Período	Data
Primavera	02/10/2020
Verão	11/03/2021
Outono	15/06/2021
Inverno	16/09/2020

Fonte: (A autora, 2021).

A determinação do NDVI foi realizada no QGIS 3.10.8-1. Para tanto, inseriu a Equação (1) desse índice na calculadora raster do QGIS para as quatro estações do ano. O primeiro trabalho a aplicar esse índice é da década de 70, pelo então pesquisador e diretor da Universidade do Texas (ROUSE JR; HAAS; SCHELL, 1974).

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \qquad (1)$$

O valor do NDVI varia de -1 a +1. Quanto maior for o seu valor, maior vigor da vegetação, mais biomassa. Quanto menor o valor, sobretudo, próximo ou abaixo de 0, indica-se as áreas desprovidas de vegetação, tais como área construída, solo exposto ou corpo d'água. A principal razão para uso do NDVI no estudo da vegetação é devida esse alvo apresentar maior refletância na região do espectral do infravermelho próximo e menor na região do vermelho. Com isso, a área de absorção criada entre essas duas faixas resulta no maior destaque desse alvo, a vegetação, em detrimento aos demais alvos na cena (JENSEN, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O uso e ocupação da microbacia em estudo para as diferentes estações do ano a partir do cálculo do NDVI é demonstrado na figura 2.

Nota-se que os valores onde consta vegetação com vigor, como a grande área Parque Estadual Morro do Diabo, os valores de NDVI estão mais próximos de 1, representados em verde saturado. Por outro lado, as áreas com a ausência de vegetação ou solo exposto, estão apresentando o valor de índice tendendo a -1, justamente por não ter essa refletância acentuada na região do infravermelho próximo, e sim na região do vermelho. Em Boratto e Gomide (2013), os valores mais próximos de 0 caracterizaram-se com pouca vegetação ou mesmo solo exposto, e os valores mais altos apresentaram vegetação mais densa, corroborando com os resultados desta pesquisa.

Na estação da primavera (figura 2.a), os resultados do NDVI revelam uma baixa concentração de biomassa em todo o entorno do Parque Estadual Morro do Diabo. Podemos observar nos resultados obtido que o período da primavera obteve o vigor mais escuro da escala na porção da reserva estadual, podendo estar relacionado pelo mesmo fator que no estudo citado anteriormente, no qual a chuva contribuiu para esse fator.

Na estação do verão (figura 2.b), nota-se maior presença de biomassa, isto é, maiores valores de NDVI, comparado às demais estações do ano. Isso possivelmente está atrelado ao maior período de chuvas, o que favorece o desenvolvimento da vegetação, sejam arbóreas ou relacionadas às culturas. Valores altos de NDVI correspondem à vegetação com alto vigor, ou seja, com produção alta de biomassa (CORDEIRO *et al*., 2017). Em termos espectrais, isso implica em maior refletância na região do infravermelho próximo já que ocorre o espalhamento múltiplo da radiação eletromagnética nas diferentes camadas foliares da vegetação (NORA; MARTINI, 2010).

No início da estação do outono (figura 2.c), tem-se um período transitório, onde ocorrem mudanças rápidas referente ao clima, como a diminuição da temperatura, além de representar o início da estação seca, onde as árvores tendem a perder de 30% a 50% de suas folhas. Dessa forma, isso é refletido nos valores do NDVI, onde os índices tendem a ser menores (tons de rosa na Figura 2.c).

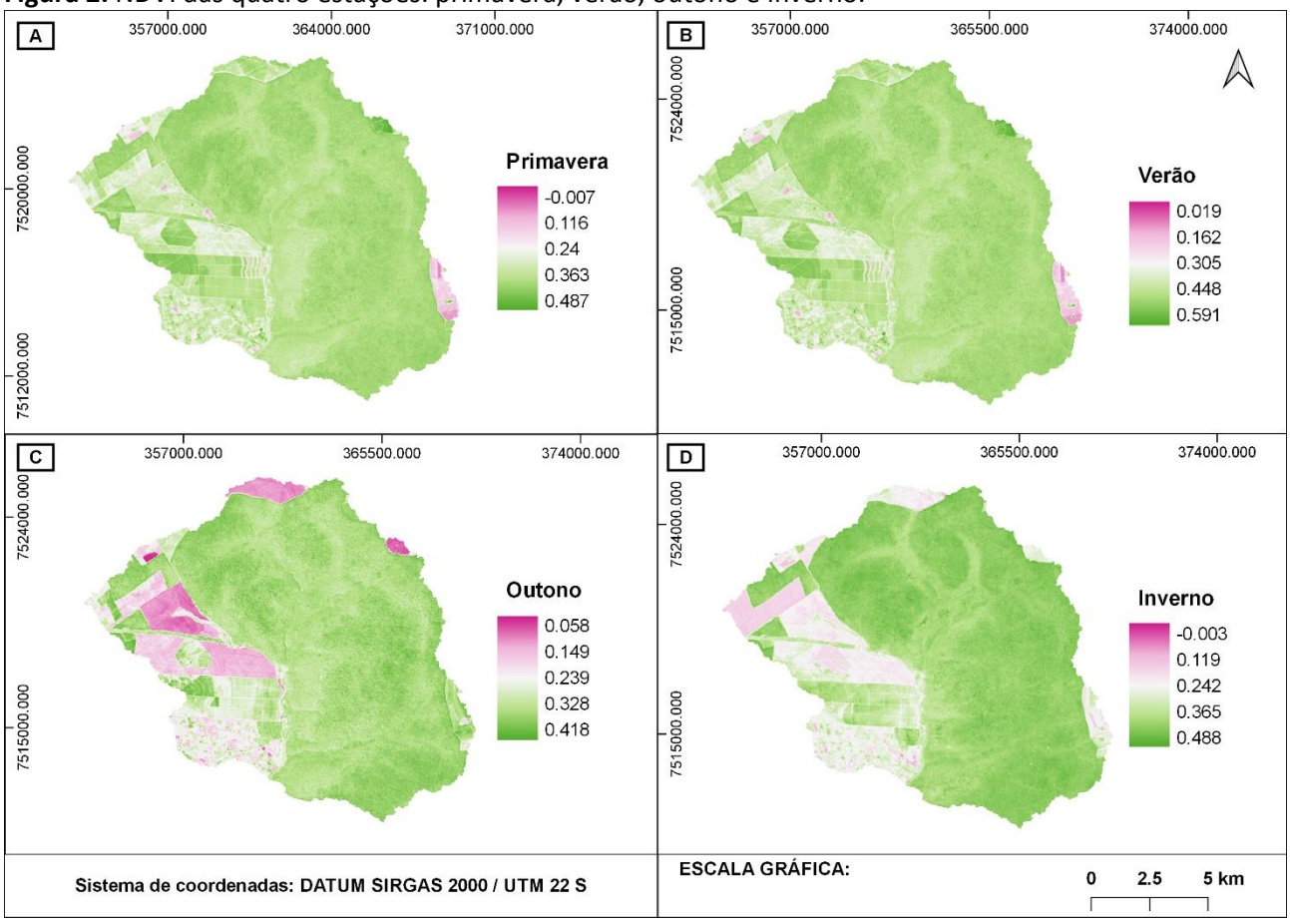
Na estação do inverno (figura 2.d), tem-se um período menos chuvoso e mais seco, onde há, em geral, a entrada de frentes frias. Porém, as mesmas duram pouco tempo e logo tornam a subir a temperatura, aumentando ainda mais o período seco. Percebe-se que o valor mais alto obtido dentre as quatro estações foi o outono, que apesar da variação brusca podemos entender que o ecossistema consegue se autossustentar. Já as áreas adjacentes, obtiveram índices menores. No estudo de caso, esses valores ocorrem entre -0,003 e 0,488 (Figura 2.d). Silva *et al.* (2014), também, constataram que existe influência das variações climáticas no uso e ocupação do solo, similar aos achados desse trabalho.

Para evidenciar as alterações na paisagem em diferentes estações do ano, fez-se a subtração de imagens NDVI das distintas datas. Após isso, aplicou-se a equalização do histograma para se obter um melhor contraste, na imagem resultante. Os resultados podem ser analisados nas Figuras 3 e 4. Na figura 3, tem-se a imagem da diferença entre as estações verão e inverno. Ao se analisar a escala de valores do NDVI, pode-se afirmar que os valores acima de 0 representam que na estação do verão obteve-se valores

maiores do NDVI que na estação do inverno; já nos locais com valores de NDVI próximos a 0 implicam que ambas as estações (verão e inverno) apresentaram índices de vegetação similares, sem, portanto, identificar-se variação de uma estação para outra. Algumas áreas de borda, consta bons índices de NDVI, destacando a área superior e direita da microbacia (Figura 3). No PEMD, nota-se uma sutil biomassa superior na estação do verão, comparado ao inverno, isso pode ser devido à maior ocorrência de chuvas no verão, associado ao clima quente, que promove o desenvolvimento da vegetação.

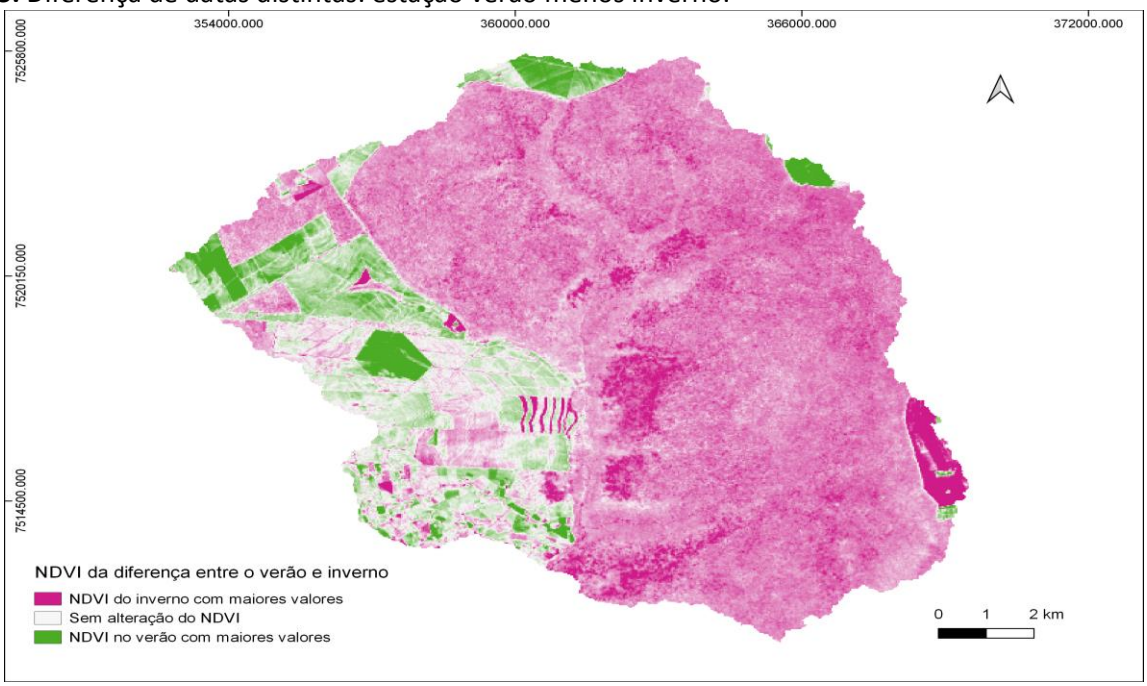
Na figura 4, a imagem resultante da subtração entre os NDVI's é correspondente às estações de outono e primavera. Nota-se que a grande parte da reserva do parque estadual apresentou o NDVI que tende ao valor negativo -0,156. Isso significa que a estação do outono a vegetação apresenta menor valor de biomassa do que na estação da primavera. Isso ocorre porque na estação do outono ocorre a maior transformação na cobertura vegetal, devido à folhagem das árvores mudar o tom de verde para amarelo e avermelhado em razão da menor incidência de radiação solar, implicando na redução de produção de clorofila. Por outro lado, possivelmente, as áreas de culturas com os maiores valores de NDVI são áreas que apresentam manutenção e que são fornecidas as melhores condições para a produção delas.

Figura 2. NDVI das quatro estações: primavera, verão, outono e inverno.



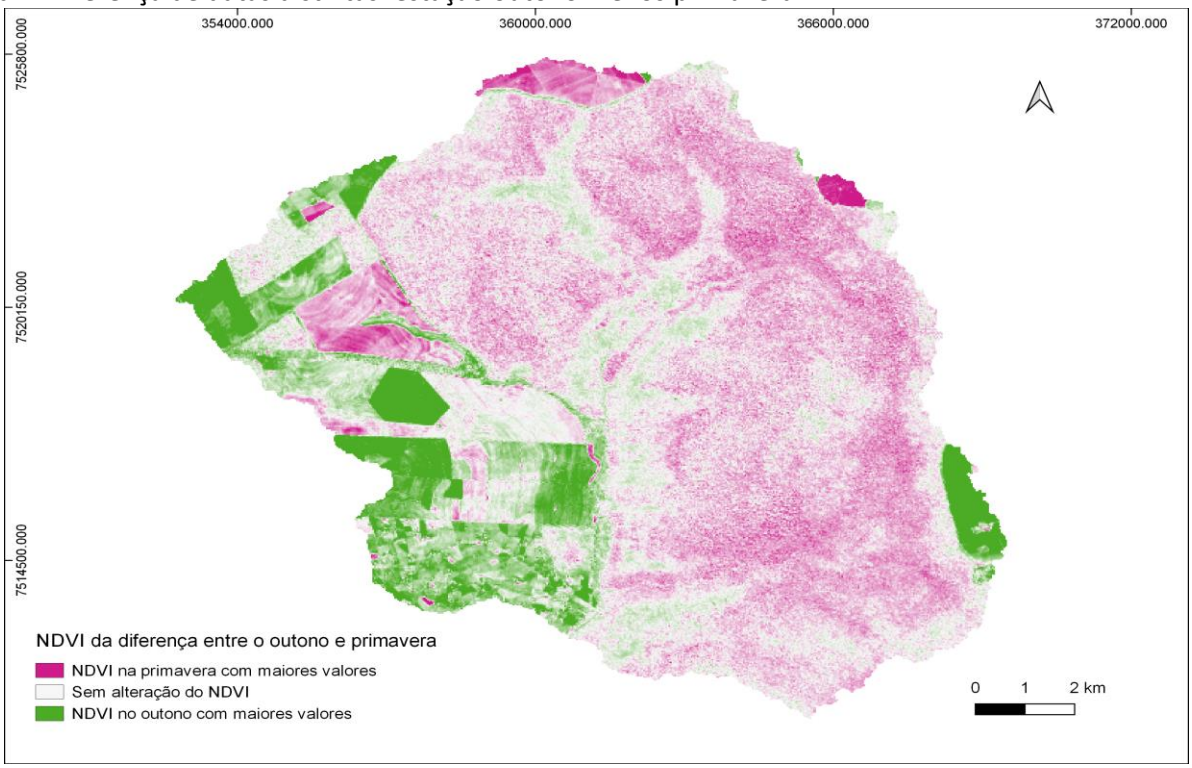
Fonte: (A autora, 2021).

Figura 3. Diferença de datas distintas: estação verão menos inverno.



Fonte: (A autora, 2021).

Figura 4. Diferença de datas distintas: estação outono menos primavera.



Fonte: (A autora, 2021).

No estudo de Arana e Almirante, (2007), os autores chamam a atenção para a importância da implementação de zonas de amortecimento agroflorestais no entorno do fragmento florestal de Mata Atlântica. Esses autores realizaram entrevistas com assentados de projetos agropecuários que residem próximo ao Parque Estadual "Morro do Diabo". Essas zonas ajudam na redução do efeito de borda, ou seja, colaboram para evitar o desmatamento desse fragmento, evitando mudanças no microclima e diminuindo a variação brusca do NDVI.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do uso e ocupação e sua dinâmica de alteração durante as quatro estações do ano, pela avaliação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, é uma estratégia eficiente, comprovada no estudo de caso na microbacia hidrográfica do Rio Bonito em Teodoro Sampaio – SP. Na estação associada aos maiores índices pluviométricos, o NDVI apresentou maiores valores, evidenciando maior vigor da vegetação, isto é, maior biomassa. Por outro lado, em épocas de seca, ou possivelmente de transformação do solo devido à ação antrópica, em áreas cultivadas, os índices mostraram valores menores .

Os resultados desse trabalho podem auxiliar futuras investigações que demandam do conhecimento da dinâmica de alteração na paisagem, sobretudo, ao entorno da Parque Estadual, um rico ecossistema em fauna e flora e maior remanescente da Mata Atlântica no Estado de São Paulo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores da pós-graduação do PPGMADRE.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. M. de *et al*. Análise do comportamento do NDVI e NDWI sob diferentes intensidades pluviométricas no município de Sousa - PB. **Revista Estudos Geoambientais**, n. 1, 2014.

ARANA, A. R. A.; ALMIRANTE, M. F. A importância do corredor ecológico: um estudo sobre parque estadual "Morro do Diabo" em Teodoro Sampaio – SP. **Geografia (Londrina)**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/6578>. Acesso em: 1 jul. 2021.

BOIN, M. N. **Chuvas e Erosões no Oeste Paulis-ta: uma análise climatológica aplicada**. Tese de Doutorado. IGCE / UNESP de Rio Claro – SP, 2000. 264p.

BORATTO, I. M. DE P.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, p. 7345–7352, 2013.

CHAVES, M. E. D. *et al*. **Análise da dinâmica do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) em diferentes estações do ano de 2010 no município**. Fortaleza: [s.n.]. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Michel-Chaves-2/publication/308880916_Analise_da_dinamica_do_indice_de_vegetacao_por_diferenca_normalizada_NDVI_em_diferentes_estacoes_do_ano_de_2010_no_municipio_de_Alfenas_-_MG/links/57f41b0308ae91deaa5ad5af/Analise->. Acesso em: 13 jul. 2021.

CORDEIRO, A. P. A. *et al*. Regiões homogêneas de vegetação utilizando a variabilidade do NDVI. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 883–896, 2017. https://doi.org/10.5902/1980509828638

DESHLER, W. O. Recomendações para manejo do Morro do Diabo. **Instituto Florestal**, 1975.

GOOGLE SATÉLITE. **Google earth**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>. Acesso em: 15 jul. 2021.

GUILHERME, A. P. *et al*. Uso de índice de vegetação para caracterizar a mudança no uso do solo em Coari-AM. **Sociedade & Natureza**, v.28, n. 2, p. 301–310, 2016. https://doi.org/10.1590/1982-451320160209

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em Recursos Terrestres**. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/367713/mod_resource/content/1/Sensoreamento%20Remoto%20do%20Ambiente%20-%20Cap%C3%ADtulo%201.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2021.

JENSEN, J. R. **Remote Sensing of the Environment an Earth Resource Perspective**. United States of America:Pearson, 2014.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: Universidade de Brasília, 2012.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Secretaria de Planejamento e Coordenação da Presidência da República e IBGE, 1989.

NORA, E. L. D.; MARTINI, D. Z. Análise da dinâmica sazonal de fitofisionomias do bioma Mata Atlântica com base em índices de vege-tação do sensor MODIS/TERRA. **Ambiência**, v. 6, n. 1, p. 97–108, 17 set. 2010.

RODRIGUES, T. W. P. *et al*. Delineamento amostral em reservatórios utilizando imagens landsat-8/OLI: Um estudo de caso no reserva-tório de nova avanhandava (estado de São Paulo, Brasil). **Boletim de Ciencias Geode-sicas**, v. 22, n. 2, p. 303–323, 2016. https://doi.org/10.1590/S1982-21702016000200017

ROUSE JR, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natu-ral vegetation**. Texas, 1974.

SILVA, L. C.A *et al*. **Análise do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na bacia do rio Pajeú, PE**. 2014. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: 30 jun. 2021.

USGS. **Landsat Science Products**. Available in em: <https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-science-products?qt-science_support_page_related_con=2#qt-science_support_page_related_con>. Acess in: 28 jun. 2021.