



ÍNDICE NDVI APLICADO AO SAMBAQUI DA FOZ DO RIO PORUQUARA, MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PARANÁ, BRASIL¹

VILLWOCK, Fernando Henrique²; PAROLIN, Mauro³ PARELLADA, Claudia Inês⁴

RESUMO

No litoral norte do Paraná, município de Guaraqueçaba, um sambaqui situado na foz do rio Poruquara vem sofrendo diversos impactos de origem antrópica e natural, ocasionando a sucessiva destruição do sítio arqueológico e da vegetação. O trabalho teve como objetivo verificar os impactos ambientais que o sambaqui vem sofrendo nas últimas décadas, sendo que a verificação dos impactos foi realizada por meio do processamento de imagens de satélite (Landsat 5 – sensor TM), sendo aplicado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), possibilitando a identificação da densidade da vegetação. Os resultados apontam que a vegetação sofreu baixa variação na densidade no período estudado, enquanto os corpos hídricos sofreram maior variação, ficando evidente o aumento de sedimentos suspenso ou concentração de algas. A partir da pesquisa, se pode concluir a constância na presença de vegetação, além de detectar períodos com maior quantidade de material suspenso nos corpos hídricos.

Palavras-chave: Sambaqui; Sensoriamento remoto; NDVI.

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

ABSTRACT

On the northern coast of Paraná, municipality of Guaraqueçaba, a shell-midden located at the mouth of the Poruquara River has been suffering several impacts of human and natural origin, causing the successive destruction of the archaeological site and vegetation. The objective of this work was to verify the environmental impacts that the shell-midden has been suffering in the last decades, and the verification of the impacts was carried out through the processing of satellite images (Landsat 5 - TM sensor), applying the Difference Vegetation Index Normalized (NDVI), enabling the identification of vegetation density. The results show that the vegetation had a low variation in density during the study period, while the water bodies had a greater variation, with an increase in suspended

¹ O presente artigo compreende uma revisão e ampliação do trabalho apresentado no Encontro Nacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, realizado pela UNOESTE em 2021, a versão apresentada está disponível nos anais do evento (www.unoeste.br/encontros/2021/xxviennepe/AnaisAtual).

² Doutorando em Geografia; Programa de Pós-graduação em Geografia; UEM; E-mail: fernandovillwock@hotmail.com. Registro ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5921-9312>.

³ Doutor em Ecologia em Ambientes Aquáticos Continentais; Professor Associado do Colegiado de Geografia da Universidade Estadual do Paraná - Campus de Campo Mourão; Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia (Mestrado e Doutorado) da Universidade Estadual de Maringá; E-mail: mauroparolin@gmail.com. Registro ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3934-5535>.

⁴ Doutora em Arqueologia; Coordenadora Departamento de Arqueologia do Museu Paranaense; Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Antropologia e Arqueologia da Universidade Federal do Paraná; E-mail: cparellada34@gmail.com. Registro ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1603-3144>.

sediments or algae concentration being evident. Based on the research, the constancy in the presence of vegetation can be concluded, in addition to detecting periods with a greater amount of suspended material in water bodies.

Keywords: Shell-midden; Remote sensing; NDVI.

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 sambaqueiras, 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 (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^o3.924 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 os estudos arqueológicos demandam de métodos e técnicas produzidos por diferentes áreas do conhecimento, dentre elas a Geografia, possibilitando uma análise mais ampla, auxiliando no manejo e gestão do patrimônio arqueológico. O autor supracitado assinala ainda a importância do mapeamento dos sítios arqueológicos e seu entorno, tanto das características paisagísticas do passado, quanto a atual. Kormikiari (2014, p.4-5) expõem 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 papel fundamental (FONSECA JÚNIOR, 2013; TÔSTO et al., 2014).

Para a realização da pesquisa foram utilizadas as imagens do satélite Landsat 5 - sensor TM (Thematic Mapper), as quais passaram pelo PDI (Processamento Digital de Imagens) com a finalidade de se obter o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada). A pesquisa foi realizada no

sambaqui da foz do rio Poruquara, o qual se situa no litoral norte do Paraná, a escolha do local se justifica em razão dos impactos antrópicos e naturais, o que vem ocasionando a gradativa destruição dele.

Diante do exposto, a pesquisa teve como objetivo avaliar a cobertura vegetal, além de verificar a influência dos impactos naturais e antrópicos na vegetação do sambaqui da foz do rio Poruquara ao longo das últimas décadas. Se justificando pela necessidade de monitorar o Sambaqui e a vegetação ao redor da área estudada, uma vez que estão expostos a degradação.

2. ÍNDICE NDVI

Rosa et al. (2018) destacam a importância do geoprocessamento para as investigações arqueológicas, pois permite uma análise espacial da área estudada. Indicando 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).

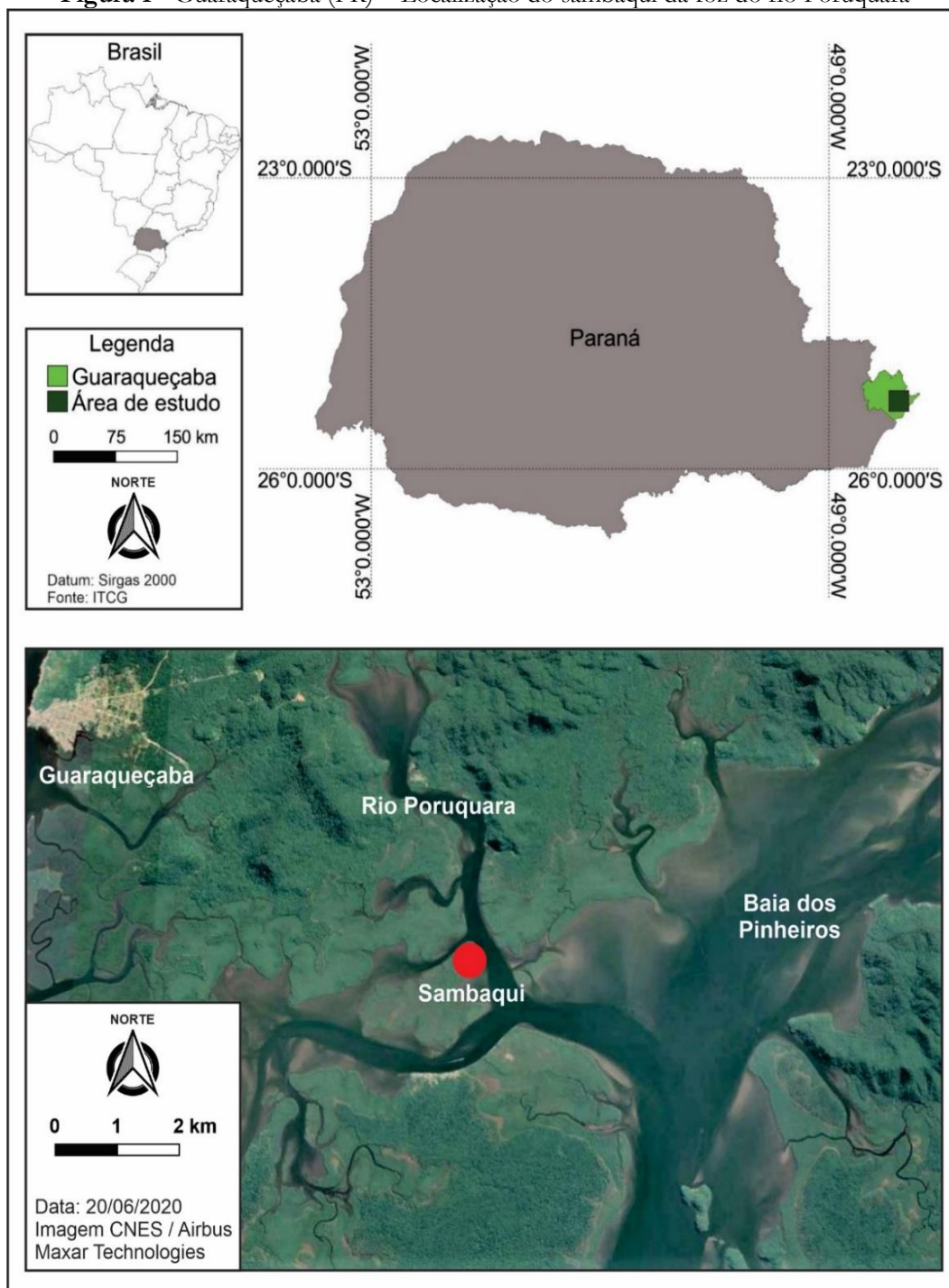
Uma das aplicações que pode ser atribuída ao PDI é o realce da vegetação em imagens de satélite, especialmente realizada pelo cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). O NDVI pode ser definido como o processo de realce de bandas de sensores de satélites, sendo obtido pelo processamento de imagens de satélite, onde por meio de equações matemáticas é obtida a interação da radiação e da cobertura vegetal, tendo como função avaliar a distribuição e a densidade da vegetação (LOURENÇO e LANDIM, 2004; FU e BURGHER, 2015; SANTOS, 2016).

De acordo com Lourenço e Landim (2004), para a composição do NDVI são utilizadas as bandas que se situam na faixa do vermelho e infravermelho. Ainda de acordo com os autores supracitados, a faixa do vermelho corresponde a radiação absorvida pelas plantas ocasionando uma baixa reflectância, enquanto a faixa do infravermelho próximo corresponde a estrutura e a morfologia interna das plantas ocasionando uma alta taxa de reflectância. No mesmo sentido, Pisani et al. (2012) destaca que quanto maior o contraste entre as bandas, maior o vigor da vegetação na área estudada.

3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

No litoral paranaense se tem o registro de 269 sambaquis, dos quais 78 situam-se em Guaraqueçaba (PARELLADA; GOTTARDI NETO, 1993). O sambaqui estudado localiza-se em uma ilha fluvial, na foz do rio Poruquara, município de Guaraqueçaba, litoral norte paranaense (Figura 1).

Figura 1 - Guaraqueçaba (PR) – Localização do sambaqui da foz do rio Poruquara



A descrição inicial da área de estudo foi realizada no ano de 1989 pela arqueóloga Dr^a. Claudia Inês Parellada (Museu Paranaense). Parellada (1994) descreve que o sambaqui tem as seguintes dimensões: 105 metros x 45 metros x 5.5 metros de altura. A autora supracitada, destaca que o sambaqui estudado sofre diversos impactos de origem natural (ação das marés) 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 dele é constituído por áreas de vegetação. Jaster (1989) realizou levantamento florístico no Sambaqui, a vegetação sobre ele pode ser classificada como Floresta Ombrófila, com presença de elementos pioneiros, nas áreas adjacentes se tem 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).

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, possuindo uma área de aproximadamente 282 mil hectares (ROCHADELLI et al., 2015).

O clima na região estudada pode ser caracterizada pelos verões quentes com temperaturas superiores a 22°C, no inverno podem ocorrer geadas, outra característica é a constante presença de umidade, com índice pluviométrico que variam entre 2.000 e 3.000 mm/anuais (BLUM et al. 2011).

Quanto a população do município de Guaraqueçaba, ela é estimada em 7.594 habitantes, sendo que 68% da população vive na área rural do município (IBGE, 2020).

4. METODOLOGIA

A pesquisa teve 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 seguintes 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), para abranger a área em estudo, foram utilizadas imagens com órbita 220 / ponto 77. As imagens orbitais foram baixadas sem nenhum nível de processamento e importadas para o software Qgis (versão 3.4), onde foi realizado o pré-processamento das imagens (correção atmosférica e conversão para refletância) pelo plugin semi-automatic classification (sendo empregado o método DOS 1).

As bandas utilizadas para gerar o índice NDVI no Landsat 5 foram: Banda 3 (RED: vermelho / resolução espectral: 0.63-0.69 μ m) e Banda 4 (NIR: infravermelho próximo / resolução espectral: 0.76-0.90 μ m), sendo que para a geração do índice NDVI é utilizada a equação 1.

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) \div (\text{NIR} + \text{RED})$$

Equação 1: Sendo:
NIR = Banda infravermelho próximo (Banda 4)
RED = Banda vermelha (Banda 3)

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) ≥ 0.5 indica a presença de vegetação densa (formações com características florestais que apresentam alto vigor em termos de biomassa).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores máximos registrados para o NDVI no período do estudo foi de 0.930 no ano de 2004 e 0.869 no ano de 1985, enquanto os valores mínimos foram de -0.719 no ano de 2004 e -0.353 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 bege nos mapas), áreas com menor densidade na vegetação

(cor verde claro no mapa) e áreas florestais densas (cor verde escuro nos mapas). Os índices 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	0.869	-0.353
3	18/07/1994	0.854	-0.719
4	30/08/2004	0.930	-0.344
5	05/03/2009	0.757	-0.312

Figura 2 - NDVI ano de 1985.

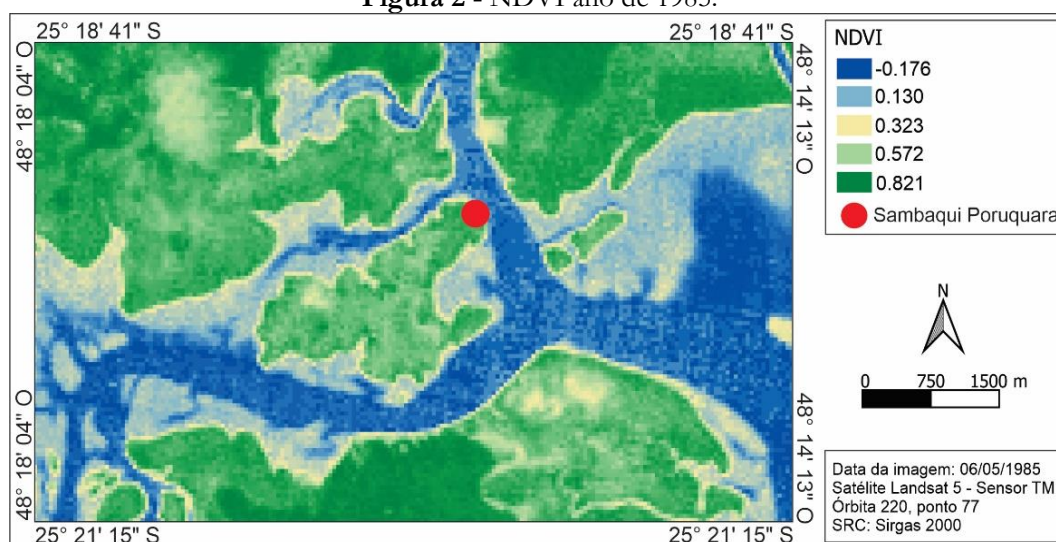


Figura 3: NDVI ano de 1994.

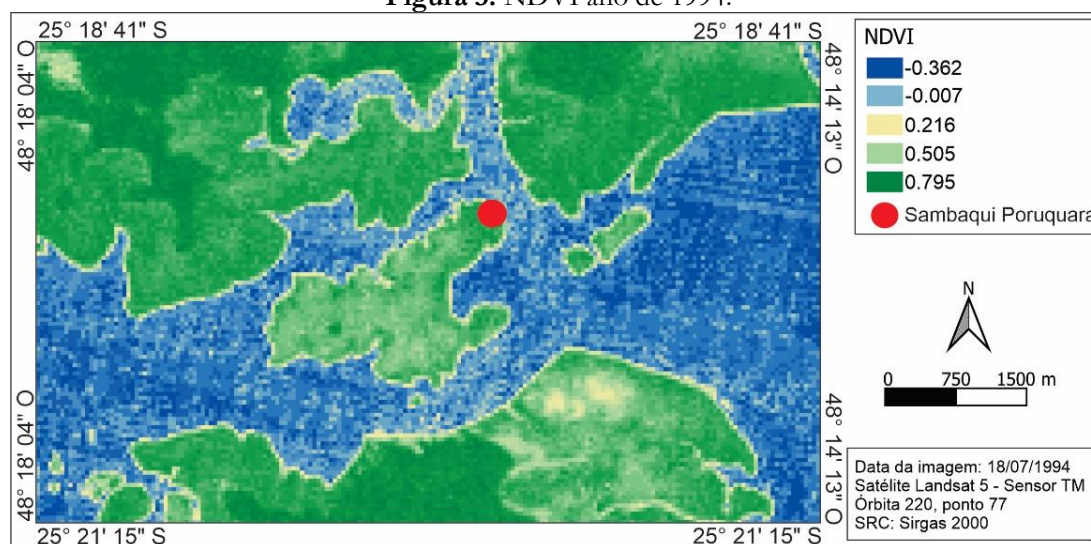


Figura 4: NDVI ano de 2004.

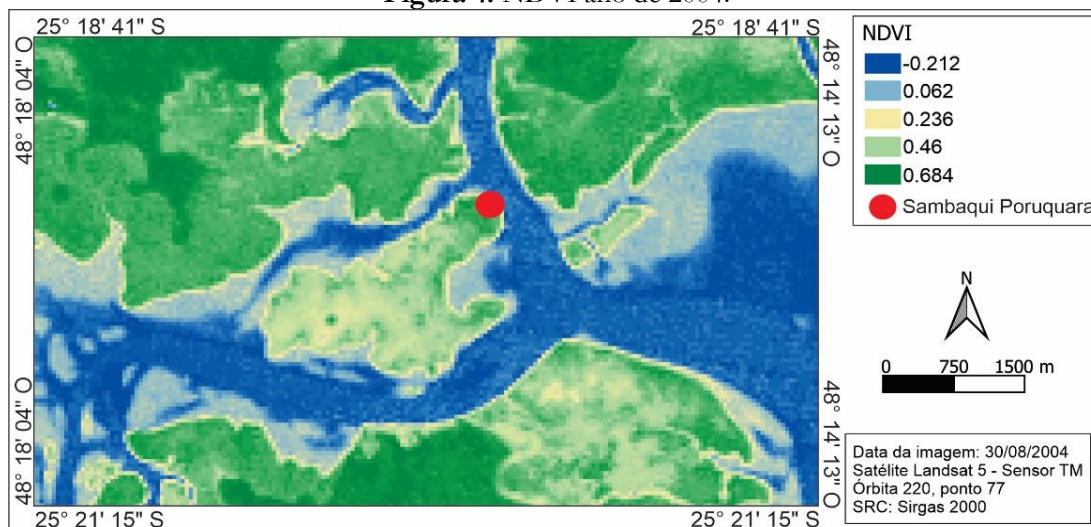
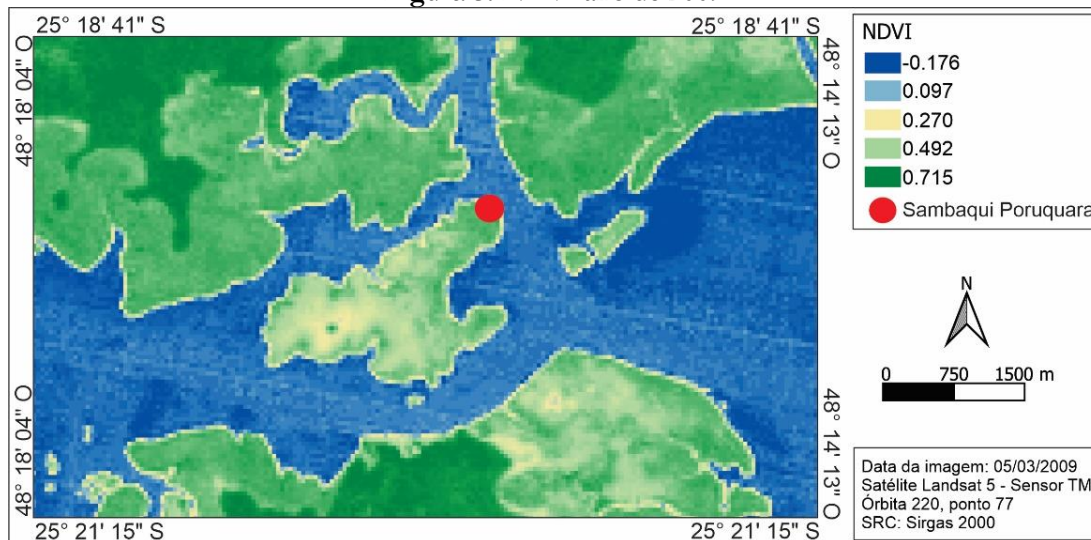


Figura 5: NDVI ano de 2009.

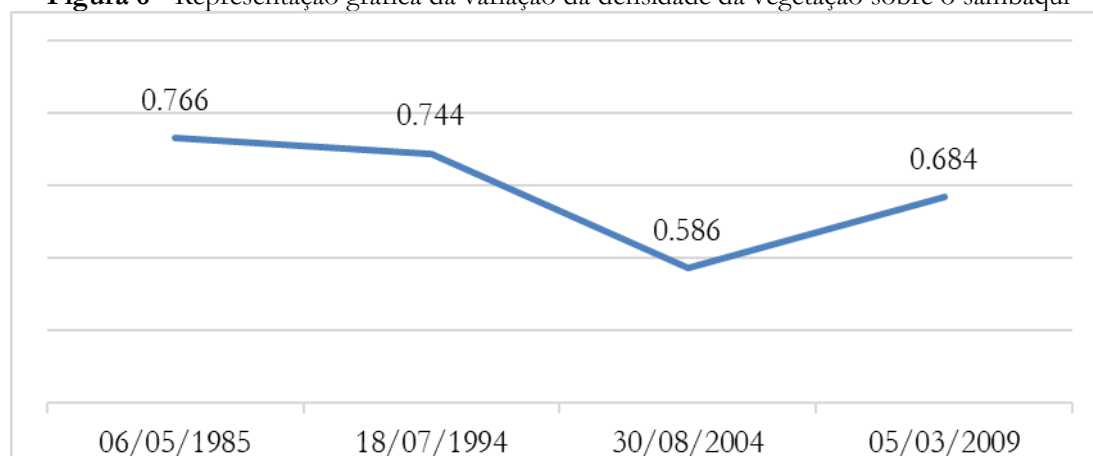


Quanto a densidade sobre o sambaqui, os valores são apresentados na tabela 2, sendo que os valores são referentes ao pixel no qual o sambaqui está inserido. O período com maior densidade foi registrado em 06/05/1985 com índice de 0.766, enquanto o valor mínimo foi de 0.586 em 30/08/2004, diante do exposto, os índices se mantiveram acima de 0.5 indicam a constante presença de vegetação com maior densidade no período estudado (Figura 6).

Tabela 2 - Valor da densidade da vegetação no pixel onde o sambaqui está localizado

Data	Índice de vegetação
06/05/1985	0.766
18/07/1994	0.744
30/08/2004	0.586
05/03/2009	0.684

Figura 6 - Representação gráfica da variação da densidade da vegetação sobre o sambaqui

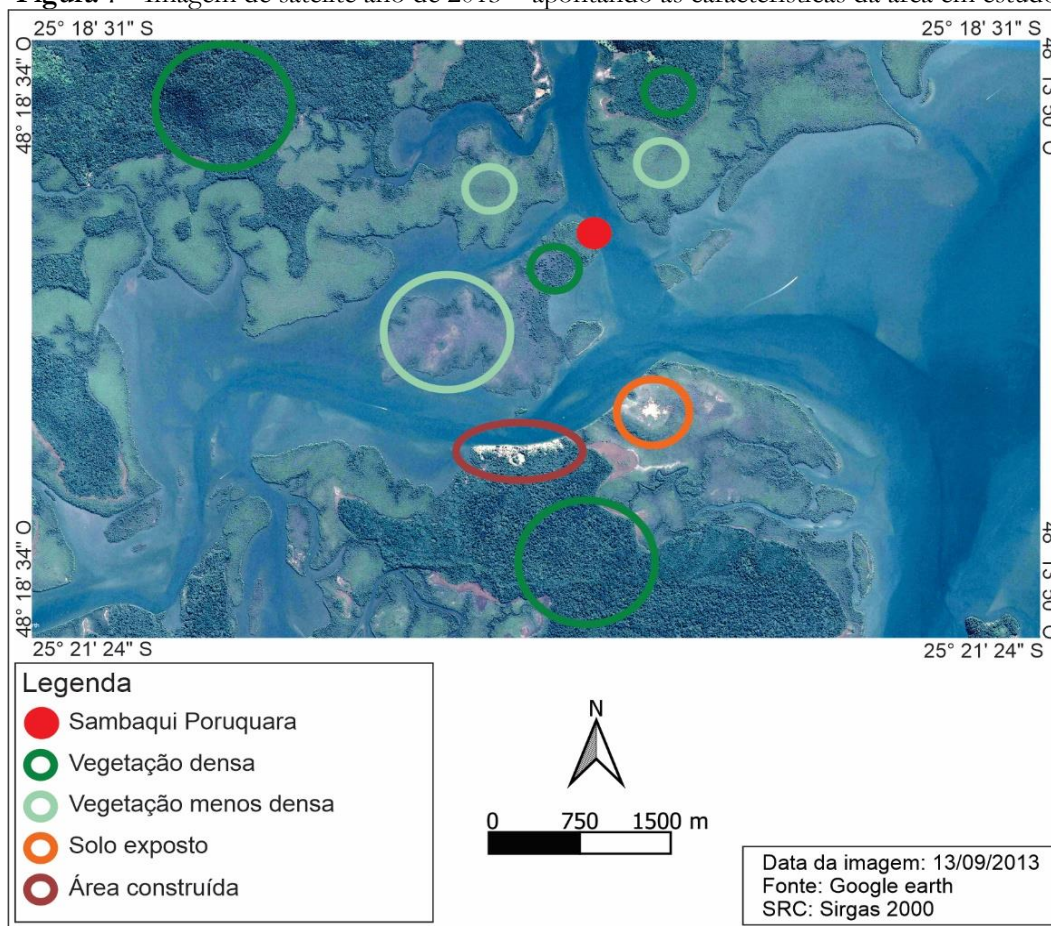


Quanto a vegetação nas áreas adjacentes, as porções mais elevadas são registradas como Floresta Atlântica (cor verde escuro nos mapas), enquanto nas porções de terra localizadas na faixa entre o limite da maré alta e a encosta são classificadas como vegetação de duna, restinga e mangue (verde claro), 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 no período analisado não ocorreram mudanças significativas na densidade da vegetação.

Os resultados obtidos demonstraram a eficiência do NDVI no monitoramento da vegetação e dos corpos hídricos na área pesquisada. No que tange à aplicação das técnicas de NDVI para a análise da área de estudo destaca-se que a sazonalidade das imagens deve ser considerada na análise contextual (a captura ocorre a cada 16 dias), 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.

A Figura 7 evidencia as características da paisagem, possibilitando identificar as áreas urbanizadas, as áreas com vegetação densa ou menos densa, corroborando os índices NDVI obtidos.

Figura 7 - Imagem de satélite ano de 2013 – apontando as características da área em estudo



6. CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento da pesquisa, foi possível constatar que as áreas de vegetação mantiveram índices próximos no período de 1985 a 2009, tal fato pode ser correlacionado à estabilidade da vegetação proporcionada 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.

7. 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 e ao Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam.

8. 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 Nº 3.924**, 26 de julho de 1961. Brasília, DF, 1961.

BRASIL. **DECRETO FEDERAL Nº 90.883**, 31 de janeiro de 1985. Brasília, DF, 1985.

CALZANS, M. O. Sambaquis e edifícios coloniais: uma proposta de musealização integrada. **Anais...15º 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**. ed. 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.

LOURENÇO, R. W.; LANDIM, P. M. B. Estudo da variabilidade do “Índice de Vegetação por Diferença Normalizada” utilizando Krigagem indicativa. **HOLOS Environment**, Rio Claro, v.4, n.1, p. 38 –55. mai. 2004.

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.

PISANI, R. J.; ZIMBACK, C. R. L.; CAMPOS, S.; BARROS, Z. X. RELAÇÕES ENTRE O MÉTODO MAXVER E NDVIPARA CLASSES DE USO DO SOLONA SUB-BACIA DO RIO DAS PEDRAS ITATINGA -SP. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v.22, n.2, 2012.

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, F. A. USO DE IMAGENS LANDSAT PARA AVALIAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DO PARQUE NACIONAL DE SETE CIDADES (PI), NORDESTE, BRASIL. **Cadernos Cajuína**, v. 1, n. 3, 2016.

SANTOS DA ROSA, N.; RAMOS, J.; CAMPOS, J. B.; ZOCHE, 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.

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.