ANÁLISE TEMPORAL (2017-2022) DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO (NDVI) NA ÁREA ADJACENTE AO PARQUE ESTADUAL DO BIRIBIRI EM DIAMANTINA (MG)

Ana Clara Mendes Caixeta [1], *Juliano Alves de Senna* [1]

[1]Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (LGSR), Centro de Estudos em Geociências (CeGeo), Inst.de Ciência e Tecnologia (ICT), Univ. Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Rodovia BR367 (MGT), Km 583, Alto da Jacuba, 5000, 3910-000, Diamantina (MG), Brasil, ana.caixeta@ict.ufvjm.edu.br; jsenna@ict.ufvjm.edu.br

RESUMO

Este estudo tem o intuito de compreender a dinâmica da vegetação na área adjacente ao Parque Estadual do Biribiri, (Diamantina, MG) no período de 2017-2022, a partir de processamento (QGIS) das cenas do sensor MSI (Sentinel 2A). O pré-processamento compreendeu a correção atmosférica e a delimitação da área de estudo, enquanto para o processamento *strictu senso* foi aplicado o NDVI com categorização dos resultados. O resultado contou com a geração e análise dos "mapas" de classes. Na área ao sul do parque, próximo à área urbana, ocorre o aumento (área e densidade) acelerado da supressão da vegetação no período analisado. Na região norte do parque, a mudança foi gradual, e foi constatado um aumento na área vegetada próximo ao Rio Jequitinhonha de 2017 para 2018. A área central, junto ao Córrego do Soberbo há a cobertura vegetal mais abundante do parque. Nas proximidades da vila histórica a cobertura vegetal foi severamente suprimida em 2017, mas foi recuperada nos anos seguintes. As porções noroeste, norte e leste da zona de amortecimento estão aparentemente conservadas, enquanto que as regiões sul, sudoeste e oeste estão altamente degradadas.

Palavras-chave: classificação, realce-imagem, preservação

ABSTRACT

This study aims to understand the dynamics of the vegetation in the area adjacent to the Biribiri State Park (Diamantina, MG) in the period 2017-2022, based on the processing (QGIS) of scenes from the MSI sensor (Sentinel 2A). Pre-processing performed atmospheric correction and delimitation of the study area, while for classic processing, the NDVI was applied with categorization. The result included the generation and analysis of class "maps". In the area to the south of the park, close to the urban area, there is an accelerated suppression of vegetation in the period analyzed. In the northern region of park, the change was gradual, and an increase in the vegetated area near the Jequitinhonha River was observed from 2017 to 2018. The central area, next to Córrego do Soberbo has the most abundant vegetation cover in the park. In the vicinity of the historic village, the vegetation was severely suppressed in 2017, but was recovered in the following years. The northwest, north and east portions of the buffer zone are apparently conserved, while the south, southwest and west regions are highly degraded.

Key words: classification, image enhancement, preservation

1. INTRODUÇÃO

A legislação brasileira instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) a partir da lei n.º 9.985, de 18/7/2000 [1], sendo que um dos objetivos é a gestão de unidades de conversação. O Parque Estadual do Biribiri (PEBI) é uma unidade de conservação com proteção integral. O PEBI é um dos principais pontos turísticos de Diamantina, e seu objetivo é a preservação dos ecossistemas naturais, possibilitando o desenvolvimento de pesquisas científicas, atividades de educacionais e de turismo ecológico (art. 11) [1]. Apenas com preservação deste importante manancial será possível compreender os elementos endêmicos deste ambiente. Atualmente as geotecnologias vem ajudando a compreender os fenômenos previstos pela SNUC de maneira ágil, dinâmica e acessível. Uma importante geotecnologia é o sensoriamento remoto, uma ciência que utiliza dados de sensores posicionados a centenas de quilômetros para investigar a superfície do planeta. Para interpretar os dados há técnicas cada vez mais robustas. Uma das técnicas mais conhecidas e aplicadas é o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) sendo um poderoso indicador da variação da biomassa vegetal. Há exemplos bem sucedidos da aplicação desta técnica no estudo das unidades de conservação como: (i) comparação sazonal dos Parques Urbanos do Distrito Federal [2], e (ii) estudo espaço-temporal com dados do sensor Landsat 8 em parques para detecção de queimadas [3]. O NDVI também é frequentemente empregado na agricultura, como o estudo que identificou diferentes zonas de manejo para a cana-de-açúcar no estado de São Paulo, com série histórica (2016-2017) dos dados do sensor MSI do satélite Sentinel-2A [4]. Considerando a importância de pesquisas desta natureza, este estudo tem o objetivo de compreender a dinâmica da vegetação na área do PEBI e no seu entorno no período de 2017-2022, para verificar se a análise espaço-temporal pode contribuir para a preservação deste manancial.

2. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende o PEBI (Fig.1) e seu entorno (*buffer* de 10 km). A distância da zona de amortecimento (ZA) foi determinada conforme o plano de manejo do PEBI [5], e em consonância com a resolução Conama n.º 13/90 [6]. O plano de manejo indica que a ZA faz limite com a área urbana na região sudeste (Fig.2), e com o Rio Jequitinhonha e o seu afluente o Rio Pinheiro na região norte. No plano também há indicação de que o relevo do

PEBI está associado ao sistema de drenagem, sendo que a vegetação e a geologia propiciam uma paisagem cênica exuberante quando comparadas com outras regiões do país. O clima é tropical, na estação mais chuvosa, no verão, com aproximadamente 25 °C e, na outra, seca no inverno, com aproximadamente 10 °C [5].

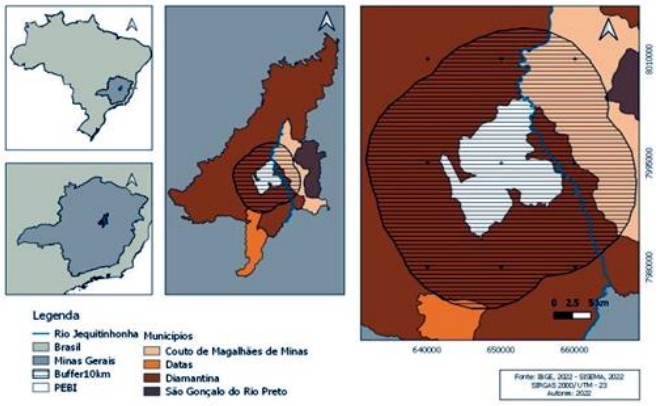


Figura 1. Ilustração com a localização da área de estudo, desde o contexto nacional (a,b), passando pelo regional (c), até o local com a expressão do PEBI com sua zona de amortecimento (área adjacente).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os principais materiais utilizados na pesquisa foram os dados do sensor MSI embarcado no satélite Sentinel 2A, e oriundos do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Foram obtidas as cenas correspondem a fase mais seca do ano (menor quantidade de água na vegetação) do período 2017-2022 (14/10/2017, 9/9/2018, 4/9/2019, 28/9/2020, 13/9/2021, 29/8/2022). Para a execução do processamento foi utilizando o software QGIS em três diferentes etapas: (i) pré-processamento: utilizando a ferramenta SCP (*Semi-Automatic Classification Plugin*) de classificação píxel a píxel para a correção atmosférica, e a funcionalidade "*buffer*" para definir o limite de zona de amortecimento do PEBI; (ii) processamento: cálculo de NDVI (Equação 1) com a calculadora raster (QGIS), cujos resultados foram renderizados falsa-cor (banda única), interpolados (linear e o modo contínuo para 5 bandas), e realçados (trecho de corte cumulativo local com extensão do conjunto de dados, limite padrão e valor estimado). O cálculo do NDVI é obtido a partir da seguinte equação:

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

O índice é baseado em duas posições (bandas) do espectro eletromagnético: RED (vermelho, 650 nm) e NIR (infravermelho próximo, 760-900 nm). A primeira com domínio da absorção e a segunda da reflexão [7]. Após o cálculo, os valores de NDVI foram classificados em cinco classes para facilitar a interpretação, e todos os dados categorizados. A classe 1 (C1: menores valores de NDVI) corresponde as áreas com baixa densidade, enquanto a classe 5 (C5: maiores valores de NDVI) corresponde a abundância (maior densidade) de vegetação. As classes intermediárias (valores médios de NDVI) serão denominadas de: pouca vegetação (C2), moderada vegetação (C3) e muita vegetação (C4).



Figura 2. Exposições das superfícies rochosas de alta declividade que frequentemente ocorrem no PEBI. Ponto de vista de sudeste para noroeste.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os principais resultados da análise temporal de seis anos (2017-2022) são cinco classes (C1-C5) de densidade vegetal (Fig.3). Os dados das seis diferentes cenas foram capturados próximos ao equinócio de primavera, sendo quatro cenas do final do inverno (18, 19, 21 e 22) e duas do início da primavera (17 e 20). Este período é o de menor pluviosidade na região. A baixa cobertura vegetal é consequência deste período. É possível observar no conjunto, que na área central do PEBI há um alinhamento NW-SE com densa vegetação devido a principal drenagem do parque representada pelo Córrego do Soberbo e adjacências. As outras áreas possuem pouca ou moderada cobertura vegetal devido há vários fatores: litotipos preservados, fisiografia rupestre, poucas áreas com solos, altitude média elevada, e muitas superfícies com alta declividade. Algumas destas características podem ser observadas (Fig.2) na região sul, onde o PEBI está muito próximo da área urbana próximo. Na zona centro oeste do PEBI, as áreas próximas à vila histórica do Biribiri, apresentam variação significativa da vegetação nos anos 2017 (Fig.3a) e 2021 (Fig.3e). Os outros anos do período a região possuía muita (C4) ou abundante vegetação (C5). Na região norte ocorreu uma mudança gradual de ausência de vegetação (C1) em 2017 (Fig.3a) moderada, para muita vegetação (C4) nos anos seguintes. Próximo ao Rio Jequitinhonha (RJ) houve adensamento da vegetação de 2017 (Fig.3a) para 2018 (Fig.3b). No setor nordeste há um polígono com abundância (C5) de vegetação, devido à cultura de eucalipto, que diminui apenas em 2021 (Fig.3e). No setor noroeste, região mais preservada e distante das atividades antrópicas, a vegetação é heterogênea, e varia entre abundante (C5) e moderada (C3).

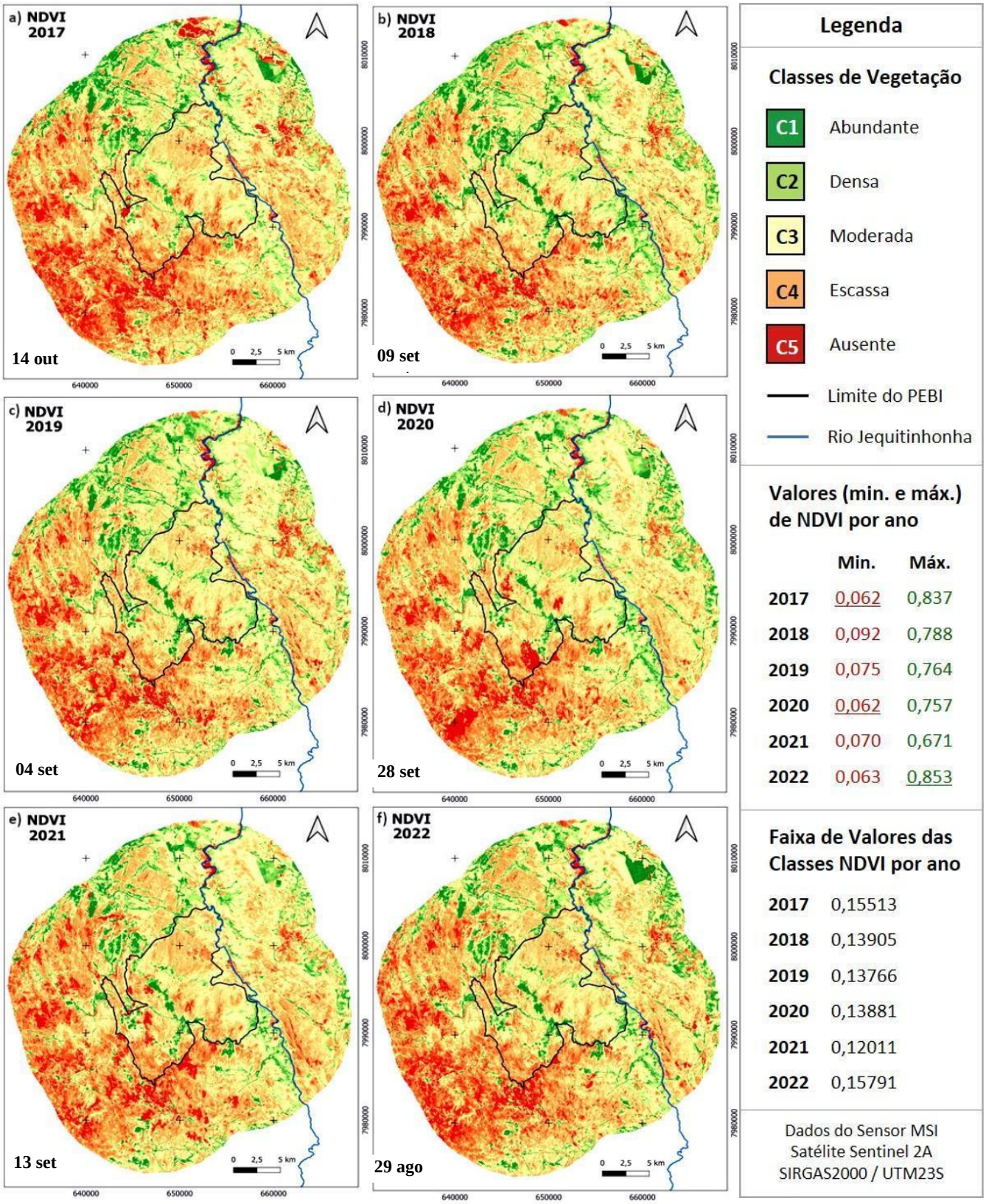


Figura 3. Resultado da classificação espaço-temporal da biomassa vegetal por cálculo NDVI. (a) 2017, (b) 2018, (c) 2019, (d) 2020, (e) 2021, e (f) 2022. Os valores mínimo e máximos e as faixas de valores das classes variam com o ano.

A região onde o PEBI (NE) é limitado pelo RJ, o comportamento da vegetação é constante em todos os anos, sendo a porção sudeste deste limite com maior abundância (C5). As áreas com vegetação densa (C4) perderam biomassa de 2017 (Fig.3a) até 2021 (Fig.3e), mas em 2022 (Fig.3f) houve recuperação, talvez devido a algum plantio. A região sul e sudeste, apresentaram ausência de vegetação (C1) em 2020 (Fig.3d), principalmente quando comparado com os outros anos. Esta particularidade pode ser devido à supressão da vegetação por queima. No interior do PEBI a ausência é mais heterogênea. Ao sul do PEBI, principalmente próximo ao limite com a área urbana, verifica-se deficiência de vegetação (C1) em toda a série histórica. No entanto, a redução da biomassa parece ter sido acelerada nos últimos anos, principalmente próximo à entrada do PEBI, talvez devido à expansão da área urbana e ao aumento da construção civil. No extremo sul da área de amortecimento, observa-se a presença de uma vegetação escassa (C4), salpicada por trechos de densa vegetação (C2), para todos os anos analisados, constatando uma aparente preservação da área. Analisando todos os "mapas" de classes, verifica-se que o ano de 2022 (Fig.3f) parece similar a 2021 (Fig.3e), em ambos os casos com redução da vegetação densa (C4).

As classes de cobertura vegetal apresentaram mínimos, máximo e faixas (bandas) de valores distintos para cada ano (Fig.3,4). O máximo absoluto (0,85: veg. abundante) ocorreu em 2022 (Fig.4). No ano de 2021 houve queda dos valores máximo e da faixa de cada classe, sendo a maior queda no valor máximo (0,67) da C1 (Fig.4). Em 2022 todos os valores podem ser mais altos devido aos dados de agosto, quando a seca poderia ainda não teria atingido o pico. No ano de 2017, os valores altos podem indicar que na cena de outubro o pico de seca já teria sido superado.

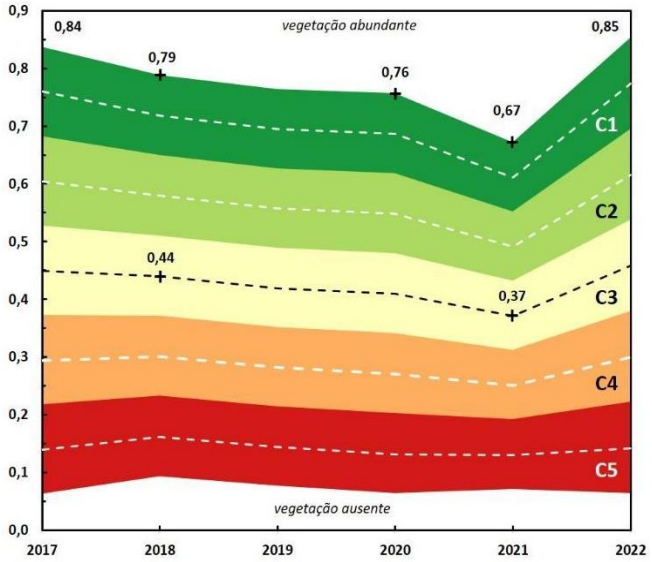


Figura 4. Diagrama com a classificação (C1-C5) obtida a partir dos resultados NDVI (y) para os dados de cada ano (x). As faixas, os máximos e mínimos são analisados em conjunto com a figura anterior.

5. CONCLUSÕES

A área investigada (PEBI e adjacências) possui três regiões (central, norte e sul) de destaque. O mapa de classes demonstra que a zona de amortecimento do parque está aparentemente conservada nas porções noroeste, norte e leste e altamente degradada nas regiões sul, sudoeste e oeste. A área central contém um alinhamento NW-SE (Córrego do Soberbo) acompanhado de da cobertura vegetal mais abundante do parque. Na vila histórica do Biribiri a cobertura vegetal foi severamente suprimida em 2017, mas foi recuperada (densa) para o período seguinte (2018-2022). A área nordeste, hospedeira do emblemático Rio Jequitinhonha, houve adensamento da vegetação de 2017 para 2018. No extremo nordeste, o polígono com abundância concentrada (2022) é devido à maturidade de uma área com eucalipto na maior região produtora do mundo. Na região limite do parque com o rio, a vegetação, ora densa, outrora moderada, é mantida no período. A abundância ocorre apenas em localizadas matas de galerias. As porções no Leste variam de moderada a ausente, correspondem a superfície com elevada declividade, e extensas exposições rochosas. Nas regiões sul e sudeste, houve decréscimo da cobertura vegetal em 2020 quando comparado com o restante do período investigado. A deficiência da cobertura ocorre principalmente nas adjacências da entrada do parque, onde há acelerada expansão urbana e a zona de amortecimento não possui mais nenhuma função em proteger o PEBI.

7. REFERÊNCIAS

[1] Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Acessado em: 5 de setembro de 2022. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm>.

[2s] L. B. Godoy, G. M. de M. Baptista, T. Almeida. Relação entre vegetação e temperatura de superfície nos parques urbanos do Distrito Federal, por meio de dados ASTER. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 699-705.

[3] L. Hataishi, B. Rodrigues, R. Tartari. Análise espacial dos focos de calor e queimadas no Parque Nacional do Araguaia, influências meteorológicas e seus efeitos sobre o NDVI. *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.* 14 a 17 de abril de 2019. INPE - Santos, SP, Brasil. ISBN: 9788517000973

[4] C. R. Grego, E. A. Speranza, C. A. G. Rodrigues, S.F. Nogueira, G. Bayma, R. R. Ciferri, A. Luchiari. Definição de zonas de manejo em cana-de-açúcar usando séries temporais de NDVI derivados do satélite Aentinel-2A. *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.* 14 a 17 de abril de 2019. INPE - Santos, SP, Brasil. ISBN: 9788517000973

[5] STCP ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA. Plano de Manejo do Parque Estadual do Biribiri, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Semad; Instituto Estadual de Florestas – IEF, Vol.1, Curitiba, 2004.

[6] Resolução Conama Nº 13/90**,** de 6 de dezembro de 1990. Acessado em 20 de agosto de 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/1990_Res_CONAMA_13.pdf>

[7] E. M. L. M Novo. *Sensoriamento Remoto:* Princípios e Aplicações. Editora Blucher. São Paulo. 2008.