

VULNERABILIDADE AMBIENTAL DO PARQUE NACIONAL DAS NASCENTES DO RIO PARNAÍBA - PNNRP

NAYARA CAROLINE MOREIRA LEOPOLDO¹ , TANCIO GUTIER AILAN COSTA^{2*} , BRUNA DE FREITAS IWATA³ , CRISTIAN EPIFÂNIO DE TOLEDO⁴ 

¹ Gestora Ambiental e Especialista em Estudos Geoambientais e Licenciamento – Instituto Federal do Piauí (Campus Corrente).

² Gestor Ambiental e Doutorando em Ciência do Solo – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

³ Docente do Curso de Gestão Ambiental - Instituto Federal do Piauí (Campus Teresina Central)

⁴ Doutor em Engenharia Agrícola e Docente da Universidade Estadual do Goiás - Campus de Palmeiras de Goiás.

* Autor para correspondência: gutierailan@gmail.com

Recebido em 22 de maio de 2019. Aceito em 03 de março de 2020. Publicado em 31 de março de 2020.

RESUMO - A degradação ambiental está diretamente vinculada ao uso e ocupação do solo e exploração gradativa dos recursos ambientais, causando impactos sobre os ecossistemas em diferentes níveis. Esta situação se aplica também às áreas legalmente protegidas inseridas em regiões sob forte pressão de exploração agrícola. Deste modo, objetivou-se correlacionar os níveis de vulnerabilidade ambiental no Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba, em área pertencente ao Estado do Piauí, em função da análise de cobertura vegetal e alteração da paisagem decorrentes das formas de manejo da unidade de conservação. Os níveis de vulnerabilidade foram verificados utilizando-se mapas da cobertura vegetal para os anos de 1996 - 2006 - 2016 por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) capaz de identificar a presença de vegetação verde na superfície e caracterizar sua distribuição espacial. A mensuração dos índices de cobertura vegetal por NDVI, mostrou que grande parte do território do Parque encontra-se vulnerável e susceptível a elevado grau de degradação ambiental, associada a expansão gradativa da retirada vegetal do Cerrado para exploração dos recursos naturais em face a implantação de projetos agropecuários na região, que faz parte da transição para demais coberturas vegetais responsáveis pelo equilíbrio de manutenção da unidade de conservação.

PALAVRAS-CHAVE: Cobertura vegetal; Degradação ambiental; Unidade de conservação.

ENVIRONMENTAL VULNERABILITY OF THE NASCENTES DO RIO PARNAÍBA NATIONAL PARK – NRPNP

ABSTRACT - Environmental degradation is directly linked to land use and occupation and gradual exploitation of environmental resources, causing impacts on ecosystems at different levels. This applies also to legally protected areas in regions under heavy agricultural pressure. The objective of this study was to correlate the levels of environmental vulnerability in the Nascentes do Rio Parnaíba National Park, in an area belonging to the State of Piauí, due to the analysis of vegetation cover and alteration of the landscape resulting from the management of the conservation unit. The vulnerability levels were verified using maps of the vegetation cover for the years 1996 - 2006 - 2016 through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) capable of identifying the presence of green vegetation on the surface and characterizing its spatial distribution. The measurement of vegetation cover indices by NDVI showed that a large part of the Park's territory is vulnerable and susceptible to a high degree of environmental degradation, associated with the gradual expansion of the Cerrado vegetation withdrawal for the exploitation of natural resources in the face of the implantation of agricultural projects in the region, which is part of the transition to other plant coverages responsible for the maintenance balance of the conservation unit.

KEYWORDS: Vegetal cover; Ambiental degradation; Conservation unit.

VULNERABILIDAD AMBIENTAL DEL PARQUE NACIONAL DE LAS NACIENTES DEL RÍO PARNAÍBA - PNNRP

RESUMEN - La degradación ambiental está estrechamente relacionada con el uso y ocupación del suelo y explotación gradual de los recursos ambientales, causando impactos sobre los ecosistemas en diferentes niveles. Esta situación se aplica también a las áreas legalmente protegidas insertadas en regiones bajo una fuerte presión de explotación agrícola. Así pues, el objetivo es correlacionar los niveles de vulnerabilidad ambiental en el Parque Nacional de las Nascentes del Río Parnaíba, en un área perteneciente al Estado de Piauí, en función del análisis de cobertura vegetal y alteración del paisaje resultantes de las formas de manejo de la unidad de conservación. Se verificaron los niveles de vulnerabilidad utilizando mapas de cobertura vegetal para los años 1996 - 2006 - 2016 a través del Índice de Vegetación por Diferencia Normalizada (NDVI) capaz de identificar la presencia de vegetación verde en la superficie y caracterizar su distribución espacial. La medición de los índices de cobertura vegetal por NDVI, mostró que una gran parte del territorio del Parque se encuentra vulnerable y susceptible al elevado grado de degradación ambiental, asociada a la expansión gradual de la retirada vegetal del Cerrado para explotación de los recursos naturales frente a la implantación de proyectos agropecuarios en la región, que forma parte de la transición a otras coberturas vegetales responsables del equilibrio de mantenimiento de la unidad de conservación.

PALABRAS CLAVE: Cobertura vegetal; Degradación ambiental; Unidad de conservación.

INTRODUÇÃO

A degradação ambiental está diretamente vinculada ao uso e ocupação do solo e exploração gradativa dos recursos ambientais, uma vez que as formas de ocupação e manejo estão intimamente relacionadas com o tipo e o grau de impacto, o qual atinge distintamente o ambiente (Santos 2014).

Mediante as inúmeras modificações no ambiente, sejam elas por ações antrópicas ou naturais, torna-se necessário o conhecimento do nível e fragilidade do ambiente a essas pressões. Dessa forma, pesquisas publicadas (Crepani 1996, 2001; Tagliani 2002; Valadarres et al. 2011, 2016), buscam demonstrar em aplicações – seguindo parâmetros científicos, bem como através de mapas de vulnerabilidade ou ainda de fragilidade – os instrumentos passíveis de serem usados como ferramentas de gestão no manejo de áreas susceptíveis a degradação, como as unidades de conservação que ainda não detêm de plano de manejo.

Melo (2008) afirma que analisar a densidade da cobertura vegetal, assim como sua espacialidade, é um importante mecanismo para estudos voltados à análise da degradação da paisagem, gestão e planejamento dos recursos naturais, compreensão dos processos hidrológicos, diagnóstico do dinamismo no espaço agrário e outras finalidades, principalmente análises aplicadas às pesquisas voltadas ao estudo da vulnerabilidade de uma unidade de conservação de uso sustentável, dotada de um ambiente de condicionantes à fragilidade natural.

Nesse seguimento, Pereira et al. (2016) fundamentam a necessidade de um processo de desenvolvimento sustentável que possibilite o crescimento da produção agrícola, aliado a preservação do meio ambiente e seus ecossistemas naturais, com os incentivos voltados para ações de políticas públicas, que buscam colaborar para o desenvolvimento econômico e a manutenção dos biomas nacionais.

Devido ao importante papel do Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba – PNNRP na conservação das nascentes de uma das maiores bacias hidrográficas do Nordeste, a bacia do Parnaíba, em 2015 por via de lei federal, houve remarcação da área do parque e uma ampliação da área de 722 mil hectares para 748,84 mil hectares (Brasil 2015).

Segundo Costa e Albuquerque (2018), o PARNA das Nascentes do Rio Parnaíba, se encontra localizado em um dos setores que apresenta a maior extensão de cobertura vegetal natural do bioma Cerrado, com uma vegetação ecologicamente complexa e bastante diversificada, apresentando diferentes padrões fitofisionômicos e florísticos característicos.

Assim, ao considerar que a área de análise tende a inserir-se em zonas susceptíveis a vulnerabilidade ambiental, é de fundamental importância o mapeamento e delineamento dessa unidade de conservação, a fim de se verificar os principais níveis atuais de vulnerabilidade na perspectiva de potencializar a adequada tomada de decisão por parte do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), órgão ambiental que faz a gestão do PARNA das Nascentes do Rio Parnaíba e demais órgãos de gestão e gerenciamento ambiental de áreas legalmente protegidas.

Neste contexto, objetivou-se correlacionar os níveis de vulnerabilidade ambiental predominante no Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba, em área pertencente ao Estado do Piauí, em função da análise de cobertura vegetal e alteração da paisagem decorrentes das formas de manejo da unidade de conservação.

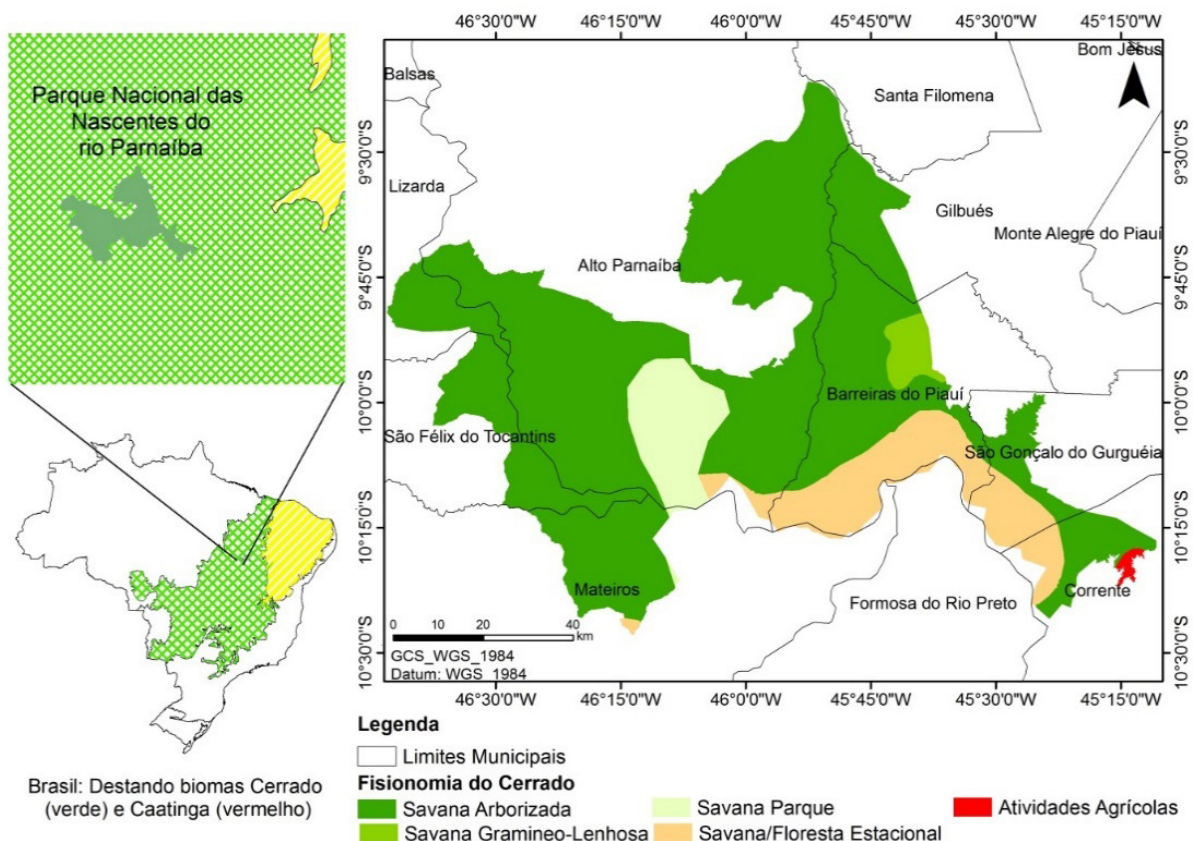
MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado em área correspondente ao Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba - PNNRP localizado nos platôs da Chapada das Mangabeiras/Serra da Tabatinga, especificamente em território da porção de cobertura do Estado do Piauí (Figura 1), criado a partir do decreto s/n de 16.07.2002 (Aguiar et al. 2007).

O PNNRP possui uma área total aproximada de 729.813,55 ha, e abrange os estados do Maranhão (46,2%), Piauí (35,8%), Tocantins (14,6%) e Bahia (3,4%), nos municípios de Formosa do Rio Preto, no Estado da Bahia, Alto Parnaíba, no Estado do Maranhão, Gilbués, São Gonçalo do Gurguéia, Barreiras do Piauí e Corrente, no Estado do Piauí, e Mateiros, São Felix e Lizarda, no Estado do Tocantins (Brasil 2013).

Figura 1. Localização geográfica do Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba.



PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo se baseou na metodologia de Crepani et al. (2001) combinada ao levantamento da cobertura vegetal e alteração da paisagem por Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI com o objetivo de obter informações a partir de imagens de satélite e de outros produtos do sensoriamento remoto, em busca de facilitar a análise e a interpretação dos dados de superfície. O estudo consistiu em apresentar um intervalo de valores de estabilidade/instabilidade (vulnerabilidade) conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Classes de vulnerabilidade e/ou estabilidade à degradação. Adaptada de Crepani et al., 2001.

Escala de vulnerabilidade	1,0 a 1,3	1,4 a 1,7	1,8 a 2,2	2,3 a 2,6	2,7 a 3,0
Grau de Vulnerabilidade	Estável	Moderadamente estável	Medianamente estável/vulnerável	Moderadamente vulnerável	Vulnerável

Os níveis de vulnerabilidade ambiental à degradação foram verificados utilizando-se mapas da cobertura vegetal em delineamento amostral dos anos 1996, 2006 e 2016. As imagens foram selecionadas do banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, do mês de junho de cada ano determinado para o levantamento, levando em consideração as condicionantes climáticas, uma vez que nesse mês se estabelece o final do período chuvoso e início do período seco. O uso das imagens se configurou na plotação sobre o mapa, a grade de órbita/ponto do sensor TM do Landsat-5.

MANIPULAÇÃO DA BASE DE DADOS

Para desenvolvimento da pesquisa partiu-se desde o levantamento bibliográfico, a compilação de mapas bases, e de técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto.

Para Jensen (1996), a geração do índice de vegetação por diferença Normalizada (NDVI), sendo este expresso pela razão entre a diferença da média da refletância do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (R) e a soma dos mesmos canais, tendo-se assim a expressão:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

Em que:

NDVI = Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

NIR = banda do infravermelho próximo

R = banda do vermelho

A vegetação é caracterizada, assim, por uma intensa absorção devido à clorofila na região do vermelho (0,63 - 0,69 μm) e por uma intensa energia refletida na região do infravermelho próximo (0,76 - 0,90 μm) causada pela estrutura celular das folhas.

Para a uniformização dos dados a variável vegetação do PARNA das Nascentes do Rio Parnaíba, foi calculada, quantificada/qualificada por meio da utilização de NDVI pela exportação do ArcGIS para o Excel. Toda manipulação foi realizada no software ArcGIS 10.5 com correção atmosférica para efetiva combinação de bandas, determinação de mosaico, e geração dos mapas. Ponzoni (2001) ressalta que o estudo da cobertura vegetal e suas alterações tem sido cada vez mais abordadas nos estudos da vertente ambiental.

Nesse sentido para Oliveira (2009) a detecção quali-quantitativa da cobertura vegetal verde é uma das maiores contribuições do sensoriamento remoto para os estudos ambientais a partir de mapas temáticos da área de estudo, permitindo o tratamento dos dados e as análises da vulnerabilidade ambiental desencadeadora dos processos de

degradação. Além disso, os dados quantitativos foram tratados em um delineamento em blocos, utilizando um grau de significância de $p < 0,1$, no programa Assit 74.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da cobertura vegetal realizada pelo uso do NDVI permite identificar a presença de vegetação verde na superfície e caracterizar sua distribuição espacial e, adicionalmente identificar sua evolução no decorrer do tempo. Os mapas de representação da cobertura vegetal obtidos no estudo demonstram uma expansiva variação na alteração da paisagem a partir da expansão do uso e manejo do solo e conseqüentemente modificação da cobertura vegetal entre os anos de 1996, 2006 e 2016 (Figura 2). A sequência temporal analisada ressalta a crescente perda da vegetação de Cerrado e seus remanescentes na área do Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba.

Em face ao observado torna-se evidente que o processo de redução da cobertura nesta unidade de conservação decorre da gradativa expansão das atividades antrópicas desenvolvidas no entorno do parque, como em especial as atividades agropecuárias, representadas pelas áreas de solo exposto dispostas nos mapas (Figura 2).

Em 1996, a área territorial do parque especialmente a porção central detinha de uma maior área coberta por sua vegetação natural e demais remanescentes (Figura 2A). Apesar disso, para o mesmo período, nota-se que na parte Oeste da unidade de conservação há uma gradativa expansão de seus limites de solo exposto pela retirada vegetal para uso da terra, como atividades ligadas à agricultura e pecuária, associadas às condições climáticas e de relevo propícias a exploração de vastas áreas para o monocultivo, áreas essas que passaram a representar uma crescente exploração dos recursos ambientais ao longo dos anos avaliados.

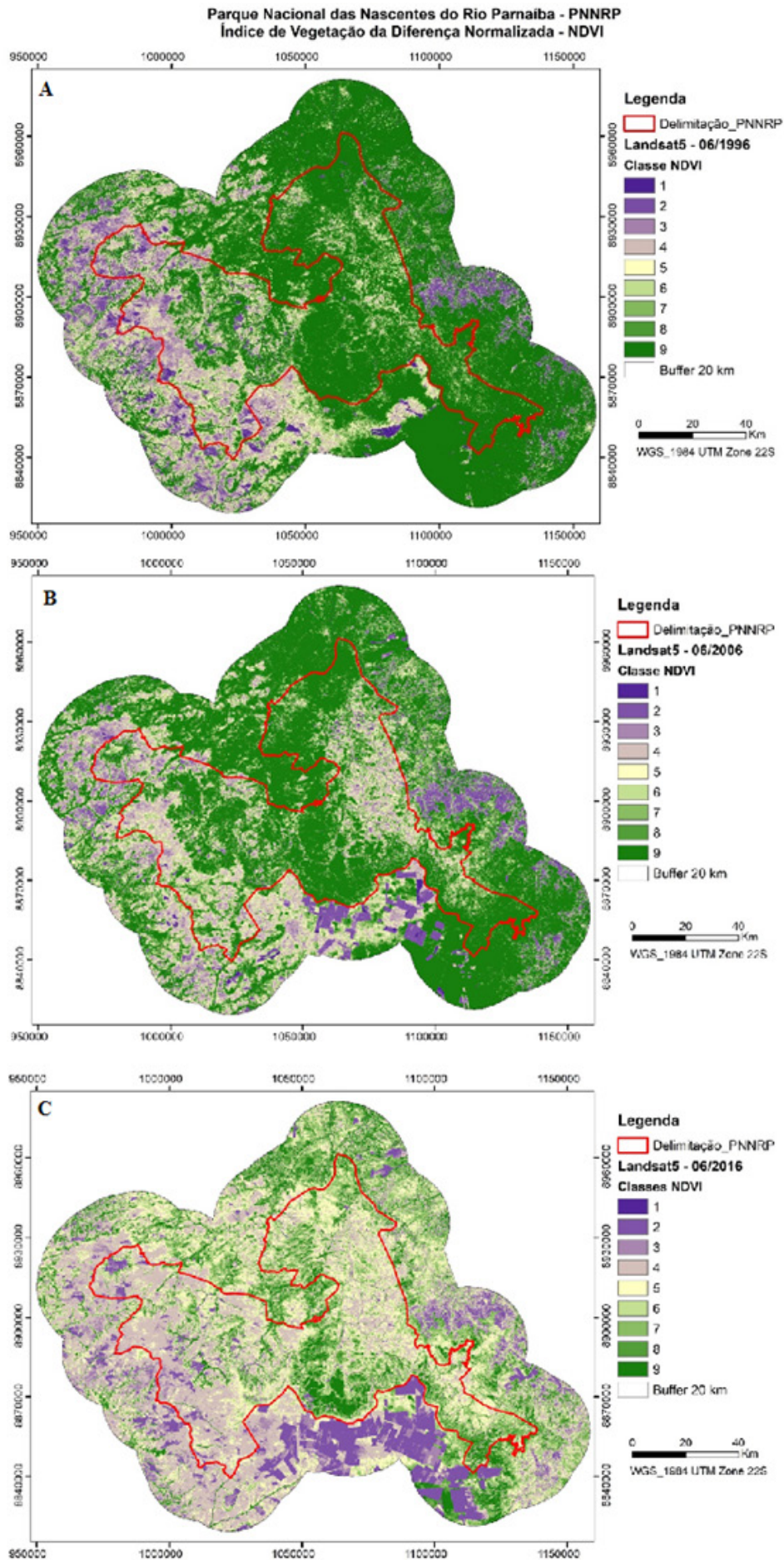
A baixa expressividade de remoção da vegetação avaliada em 1996 está intimamente atrelada à reduzida modernização agrícola na região para este período sendo intensificada somente em anos posteriores. Tal fato torna-se nítido pois a modernização e mecanização agrícola contribui para aumento de áreas degradadas, principalmente por questões ligadas a supressão da cobertura vegetal nativa e conseqüentemente instabilidade e deterioração da qualidade dos solos pela super exploração dos recursos e inúmeras transformações no ambiente.

Mazoyer e Roudart (2010, p.409) relatam que as grandes transformações promovidas na agricultura causaram simultaneamente o crescimento da produção em países novos e aumento de rendimentos e concorrência, mas, adicionalmente, criaram um contexto de crise mundial de superprodução agrícola. Isso reflete a visão de que no decorrer de toda evolução agrícola, o uso da tecnologia sempre vai acelerar o ritmo de exploração dos recursos e não o contrário (Léna 2012) gerando, então, cadeia de fragilidade ambiental das áreas.

Uma década à frente, a porção central e leste do território do parque, passou a perder significativamente a sua vegetação natural (Figura 2B), condição atrelada a expansão agropecuária em áreas circundantes da unidade, com uma das grandes concentrações de solo exposto além de seus limites já demarcados pelo decreto s/n de 2002 (Aguiar et al. 2007).

Um importante fator contribuinte para a redução da vegetação de Cerrado da unidade de conservação ao longo dos anos tem sido o fogo, embora este ainda esteja atrelado ao desenvolvimento agrícola nessas áreas e entornos. Os incêndios florestais ocorridos nas áreas do Parna tem sido um dos grandes fatores redutores da vegetação nativa do Cerrado, assumindo conseqüências drásticas para o bioma por ocorrer em grandes proporções e qualquer época do ano sem adoção de práticas adequadas que seriam benéficas para o bioma, por, em muitos casos, ser usado como agente ecológico.

Figura 2. Mapa da cobertura vegetal do Parna das Nascentes do Rio Parnaíba e sua representação com NDVI para os anos de A) 1996, B) 2006 e C) 2016.



Segundo Pivello (2011), em território brasileiro grande parte das fisionomias do Cerrado são tidas como ecossistemas dependentes do fogo, em função da manutenção de seus processos ecológicos. Contudo, o uso do fogo pode causar efeitos adversos na vegetação do cerrado, dependendo da sua frequência e intensidade. Entre tais efeitos já foi observado o baixo recrutamento de espécies lenhosas, cujas consequências foram a redução na densidade arbórea, o aumento do entouceiramento e a diminuição da diversidade de espécies (Sambuichi 1991) além da redução expressiva da vegetação por carbonização. Embora o estado, comece a tomada de decisão agindo em função da preservação das nascentes do rio Parnaíba, a criação do parque, não é somente a única medida que devesse ser cabível, já que o monitoramento sobre manejo e uso da terra da unidade de conservação e seus limites geográficos delimitados não foram capazes de interromper o uso indiscriminado do solo, retirando aceleradamente a cobertura vegetal no decorrer de mais uma década (Figura 2B).

Na figura 2C é possível analisar um grande avanço das alterações da cobertura vegetal, e consequente alterações na paisagem e vegetação do bioma. A comparação entre os índices mapeados para os anos permitiu verificar o aumento em 2016 quando comparado aos demais anos.

A sequência de remoção da cobertura vegetal original, decorre, como relatado anteriormente, de atividades antrópicas, embora sejam estas de pequeno e médio porte, como atividade agropecuária familiar. Entretanto, por meio da ocupação das áreas de Cerrado a partir da década de 90 – impulsionada pelos incentivos fiscais – essas áreas deram lugar ao monocultivo e pecuária extensiva, determinando abertura de novas zonas do território com condicionantes ambientais favoráveis a implementação desse tipo de projeto agrícola tanto nas regiões limítrofes do parque quanto em algumas áreas de relevo plano e zona de abundância em recursos hídricos.

Cabe ressaltar que a diferenciação dos resultados para a cobertura vegetal em 1999 e 2016, é também resultado da grande zona desflorestada pelas queimadas anuais, decorrentes de severas estiagens durante o período de seco, e assim no decorrer dos anos, algumas áreas acometidas por essa forma de destruição do meio, estejam passando por uma transição num processo de resiliência, que demora longos anos até adquirir e/ou recuperar parte ou sua totalidade da biomassa vegetal.

Em relação as alterações ao longo do intervalo de tempo estudado, percebeu-se que embora tenha ocorrido variações nas classes de índice do Parque entre os anos 1996 e 2006, somente na década seguinte houve um comportamento abrupto das classes de cobertura, passando a predominar a classe 4, em detrimento aos demais anos que ainda existia um percentual de área predominante da classe 9, cujas médias até 2006 giravam em torno de 52% da área do parque (Tabela 2).

Tabela 2. Avaliação temporal (%) do comportamento de classes do NDVI do Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba.

Classe	1996	2006	2016
1	0,47Ae	0,13Be	0,01Ce
2	3,10Ad	1,42Ce	2,74Bd
3	4,25Ad	3,22Bd	2,71Cd
4	12,00Bb	13,96Bb	30,35Aa
5	8,22Cc	11,51Bb	24,72Ab
6	4,52Cd	6,03Bc	12,36Ac
7	7,01Cc	8,52Bc	11,69Ac
8	5,69Ac	5,90Ac	5,64Ac
9	54,75Aa	49,31ABa	9,79Cc

Letras maiúsculas comparam os anos em cada classe, e minúsculas comparam as classes em cada ano.

Pela avaliação sistêmica dos parâmetros de Crepani, verificou-se um grau de predomínio de vulnerabilidade ambiental estável. Denotando assim, uma correlação direta entre as áreas de alteração ou variação da cobertura e o grau de vulnerabilidade ambiental, influenciando diretamente sobre a ecodinâmica do local (Tabela 3).

Tabela 3. Síntese de vulnerabilidades e condicionantes físicos predominantes do Parna Nascentes do Rio Parnaíba por matriz de cruzamento.

Vulnerabilidade ambiental	Geologia/ Geomorfologia	Solos	Cobertura Vegetal	Ecodinâmica
Estável	Cobertura sedimentar / suave ondulado	Areias quartzosas marinhas (AM),	Vegetação Densa	Áreas naturalmente estáveis, onde predominam os processos pedogenéticos
Moderadamente estável	Cobertura cristalino/ plano	Latossolos Amarelos (LA29), Podzólicos vermelho-amarelo (PV6).	Vegetação Rasteira	Áreas naturalmente estáveis, onde predominam os processos pedogenéticos
Estável	Cobertura sedimentar e cristalino/ suave ondulado	Areias quartzosas marinhas (AM),	Vegetação Densa	Morfodinâmica mediana,
Estável	Cobertura sedimentar e cristalino/ suave ondulado	Latossolos Amarelos (LA29), Podzólicos vermelho-amarelo (PV6).	Vegetação Densa	Áreas naturalmente estáveis, onde predominam os processos pedogenéticos
Medianamente Estável/Vulnerável	Cobertura sedimentar / suave ondulado	Areias quartzosas marinhas (AM),	Solo exposto	Morfodinâmica mediana
Vulnerável	Cobertura sedimentar / cristalino/ plano	Latossolos Amarelos (LA29), Podzólicos vermelho-amarelo (PV6).	Solo exposto	Áreas naturalmente estáveis, onde predominam os processos pedogenéticos

Desse modo, observa-se uma correlação direta entre o índice de vulnerabilidade ambiental e o índice e qualidade cobertura vegetal, ainda que importantes variações ocorram com as demais variáveis, como cobertura geológica, pedologia e geomorfologia, ressaltando-se, portanto, uma atenção ainda mais criteriosa aos cumprimentos da proteção dessas áreas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O PARNA das Nascentes do Rio Parnaíba encontra-se em grande parte com áreas vulneráveis, susceptíveis a um elevado grau de degradação ambiental, associada a expansão gradativa da retirada da vegetação nativa do Cerrado, por exploração dos recursos naturais dada a implantação dos projetos agropecuários inseridos na área e regiões circunvizinhas com vegetação remanescente, que fazem parte da transição para demais coberturas vegetais responsáveis pelo equilíbrio de manutenção da unidade de conservação.

A espacialização da vulnerabilidade ambiental do parque demonstrada pelas alterações nos índices de vegetação para os anos avaliados reforçam a ideia dos conflitos e da resistência a regularização fundiária nos Parques Nacionais brasileiros. Os conflitos ligados a essa questão dão luz a discussão sobre a compensação da reserva legal e ambiental em áreas que por lei, deverão ser mantidas em condições de equilíbrio ecológico e que confrontam questões sociais e econômicas crescentes nessa região.

Sob uma ótica generalista e análoga há de se ter em mente que os avanços da degradação desta unidade de conservação têm por base uma concepção avessa da visão ecológica que por vezes vão também em desacordo com o papel e dimensão cultural e social que elas possuem. Neste caso, tais avanços são contestações feitas em

vários PARNA's e abarcam questões socioambientais que precisam ser revistas e trabalhadas junto aos órgãos de competência ambiental, de modo, que haja a redução do processo de degradação nessas áreas e que prejuízos socioambientais sejam menos evidentes.

Considerando a extrema importância dessa bacia hidrográfica do Nordeste, fragilizada pelo manejo e usos do solo de maneira indiscriminada, nota-se que o gerenciamento desta unidade deve estimar novos instrumentos ligados principalmente ao sensoriamento remoto, e aplicar suas ferramentas em consonância as pesquisas referentes a esta unidade de conservação que se distingue das demais, por ser caracterizada como uma unidade de proteção integral, incluindo sobretudo, ferramentas e ações bem fundamentadas no plano de manejo da unidade de conservação.

REFERÊNCIAS

Aguiar RB, Gomes JRC. 2004. **Diagnóstico do município de Barreiras do Piauí**. In: Projeto Cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea - Estado do Piauí. Fortaleza: CPRM.

Brasil. MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2013. **Atlas do Corredor Ecológico da Região do Jalapão**. Brasília: ICMBio, nov. Versão Digital. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/projetojalapao/images/stories/atlas/AtlasJica_2013_COMPLETO.pdf. Acesso em: 10 de agosto de 2018.

Brasil. MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2013. **Plano operativo de prevenção e combate aos incêndios florestais**. IBAMA, nov. Versão digital. Disponível em: <https://d1ij67glom3ric.cloudfront.net/attachments/eb7ed3c5736ba641dad69f938bde16e787c9440e/store/bdf4877c8c74e2d58cb8f1302694f26d6032d1a37d56a3706a2BProjeto%2BCerrado-Jalapa%25CC%2583o%2B%25282015%2529.pdf>. Acesso em: 20 de agosto de 2018.

Costa GJA, Albuquerque LSE. 2018. **Análise espacial dos focos de calor no Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba no Estado do Piauí**. In: Simpósio Regional de Geoprocessamento - SIRGEO, 1., 2018, Teresina. Anais [...] Teresina: UFPI, 2018. Disponível em: <https://even3.blob.core.windows.net/anais/123295.pdf>. Acesso em: 10 de agosto de 2018.

Crepani E. et al. 2001. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE-8454-RPQ/722). 103p. Disponível em: <http://sap.ccst.inpe.br/artigos/CrepaneEtAl.pdf>. Acesso em: 20 de agosto de 2018.

Jensen JR. 1996. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. 2ª. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall.

Léna P. 2012. **Os limites do crescimento econômico e a busca pela sustentabilidade: uma introdução ao debate**. In: Philippe Léna e Elimar Pinheiro do Nascimento. *Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade*. Rio de Janeiro: Garamond, 2012, p.23-43.

Mazoyer M, Roudart L. 2010. **História das agriculturas no mundo do neolítico à crise contemporânea**. São Paulo: Unesp, 569pp.

Melo ET. 2008. **Diagnóstico Físico Conservacionista da Microbacia Hidrográfica do Riacho dos Cavalos – Crateús/CE**. 87f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

Oliveira FM. 2009. **Economia do Piauí**. Teresina: Fundação Cultural Monsenhor Chaves.

Pereira FWB. et al. 2017. Mapeamento de uso e ocupação do solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. *Ciência e Natura. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas*, 39 (1):42-54.

Pivello VR. 2011. **The use of fire in Brazil: past and present.** *Fire Ecology*, 7: 24-39p.

Ponzoni FJ. 2001. **Comportamento espectral da vegetação.** In: Sensoriamento remoto - reflectância dos alvos naturais. Brasília: UnB, EMBRAPA, p.157-199.

Sambuichi RHR. 1991. **Efeitos de longo prazo do fogo periódico sobre a fitossociologia da camada lenhosa de um cerrado em Brasília, DF.** 144 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília.

Santos PAC. 2014. **Dinâmica da paisagem e a fragilidade natural e antrópica da fronteira agrícola no Oeste da Bahia.** 145f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás. Disponível em: https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/3853/5/Tese%20%20Crisliane%20Aparecida%20Pereira%20dos%20Santos%20-%202014_parte_001.pdf. Acesso em: 10 de janeiro de 2019.

Tagliani CRA. 2003. **Técnica para avaliação da vulnerabilidade de ambientes costeiros utilizando um Sistema Geográfico de Informações.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11., 2003, Porto Alegre. *Anais [...]* Porto Alegre: UFRGS. Disponível em: martes.sid.inpe.br/attachment.cgi/ltid.inpe.br/sbsr/2002/10.31.13.33/.../13_028.pdf. Acesso em: 10 janeiro de 2019.

Valladares SG. 2011. Vulnerabilidade à degradação dos solos da Bacia do Acaraú, Ceará. *Revista Ciência Agronômica*, 42(1): p. 39-50.