

PROSPECÇÃO À IDENTIFICAÇÃO DE NÚCLEOS DE DESERTIFICAÇÃO: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI- MOSSORÓ, RN, BRASIL

Sérgio Domiciano Gomes de Souza ¹

Flávio Rodrigues do Nascimento ²

INTRODUÇÃO

A Desertificação é uma degradação ambiental grave das terras secas (clima árido, semiárido ou subúmido seco), resultante da intensa atividade humana sob ambiente com restrições naturais marcantes (Nascimento, 2013, 2023). As atividades humanas ocupam lugar de destaque nas causas da Desertificação, como agricultura, pecuária, sobrepastoreio e mineração, pela relação direta com a Terra e pressão por recursos naturais (Jinchang Li et. al. 2020; Caxia et. al. 2021; Zuwoei et. al. 2022).

Essas causas se associam a contexto ambiental de limitação dos recursos naturais na China e em países da África e América do Sul, com solos rasos e pedregosos, relevo declivoso (Jinchang et. al. 2020, Zhang et. al. 2021), solos com elevados teores de sal, (Gopalakrishnan, Kumar, 2020), superfícies rochosas exumadas pela erosão (Zhanfei Gu, Zhikui Liu, Xin Quan, 2021, Roy et. al. 2022, Zhigao et. al. 2022) e escassez e irregularidade das chuvas com altas taxas de temperatura e evaporação (Jinjun et. al. 2021, Vendruscolo et. al., 2022, Lins et. al., 2023).

Os estudos têm se dado por metodologias diversas, com tendência de utilização de indicadores variados: físicos, biológico-agrícolas e sociais (Vasconcelos Sobrinho, 1978); biofísicos e gestão (Rubio e Bochet, 1998); físicos, biológicos e agrícolas (Matallo Junior, 2001); climáticos, socioeconômicos e institucionais (Pan-Brasil, 2005); abióticos, biofísicos, socioeconômicos e institucionais (Abraham e Beekman, 2006).

No Brasil, a Desertificação pode ocorrer no semiárido, sob dois aspectos territoriais: I) nas Áreas de Suscetibilidade à Desertificação (ASD's), correspondentes à 15% do território nacional onde vivem cerca de 28 milhões de habitantes (Brasil, 2022), II) em núcleos de Desertificação, que são áreas dentro das ASD's cuja degradação atinge condições elevadas, como são os casos de Irauçuba, Jaguaribe e Inhamuns no Ceará (CE), Seridó no Rio Grande do Norte (RN) e Paraíba (PB) (Brasil, 2004, Oliveira Junior, 2023).

¹ Doutorando do Curso de Geografia da Universidade Federal do Ceará - UFC, sergiogsousa97@gmail.com;

² Professor Orientador, docente do Curso de Geografia da Universidade Federal do Ceará - UFC, flaviogeo@ufc.br;

Esses Núcleos tiveram seus estudos iniciados nos anos de 1970 por Vasconcelos Sobrinho, e embora oficializadas pelo PAN-Brasil (2004), têm sido estudados pontualmente por pesquisadores de Universidades brasileiras, carecendo de estudos que revelem a existência de outros Núcleos de Desertificação das ASD. Uma vez que a maior parte dos estudos de Desertificação têm se detido a aplicação de indicadores de situação em ASD revelando traços diferentes de degradação.

O trabalho de repercussão regional mais recente na escala do Semiárido Brasileiro foi o mapeamento de áreas fortemente degradadas realizado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2016). Este apontou áreas marcadas pela ausência ou escassez de vegetação e improdutivas em 70.769,46 km², distribuídas na ASD, a maioria no RN com 12,87% em uma extensão de 6.689, 14 km². A par do colocado, o presente escrito tem como objetivo geral analisar a existência de núcleos de Desertificação na bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró (BHRAM), RN.

METODOLOGIA

Este trabalho ocorreu com atividades de gabinete e campo com os seguintes procedimentos: levantamento bibliográfico sobre o tema de estudo, levantamento geocartográfico da área, mapeamento dos sistemas ambientais da bacia, mapeamento das áreas fortemente degradadas e núcleos de Desertificação e construção e aplicação de indicadores nos núcleos.

O mapeamento dos núcleos de Desertificação ocorreram em 3 etapas: 1) identificação das áreas fortemente degradadas por geoprocessamento do SAVI – Índice de Vegetação Ajustado ao Solo; 2) Diagnóstico com análise geoambiental conforme Souza (2000; 2018) para levantamento das condições do meio físico; e 3) construção e aplicação de uma matriz de indicadores a serem selecionados das bases metodológicas de Vasconcelos Sobrinho (1981) e Abraham e Beekman (2006).

Para este escrito, apresentam-se o contexto geoambiental de suscetibilidade à Desertificação da bacia com base em Souza (2023a) e Souza (2023b), e a elaboração do SAVI da bacia que subsidiará o mapeamento das áreas fortemente degradadas e núcleos de Desertificação.

O SAVI foi construído no *software Qgis 3.16* com imagens do satélite Landsat coleções 4, 5 e 8 para os anos de 1984, 1993, 2003, 2013 e 2023 durante o mês de outubro. Especificamente para 2023 foi feita composição para fevereiro e outubro, para comparar o comportamento da vegetação no inverno e no verão. O recorte temporal de 39 anos se justifica por ser o período mais longo de imagens disponíveis pelo satélite, uma vez que os

estudos sobre Desertificação requerem avaliação e monitoramento ao longo do tempo. Ademais, isto contribui para avaliação de cenas orbitais sobre uma mesma área em escalas de variabilidades climáticas e um evento de flutuação climática – colaborando para avaliações sobre clima x desertificação.

Além disso, o mês de extração das imagens (outubro), se explica pela necessidade de se escolher aquelas de melhor qualidade, sem ou com baixa incidência de nuvens, pois dada a longa extensão da área, requereram-se 3 cenas diferentes para abarcá-la. Assim o índice foi construído com a composição das bandas do infravermelho e infravermelho próximo pela equação abaixo:

$$(NIR - RED)/(NIR + RED + L)*(L+1)$$

Onde:

NIR = Infravermelho próximo

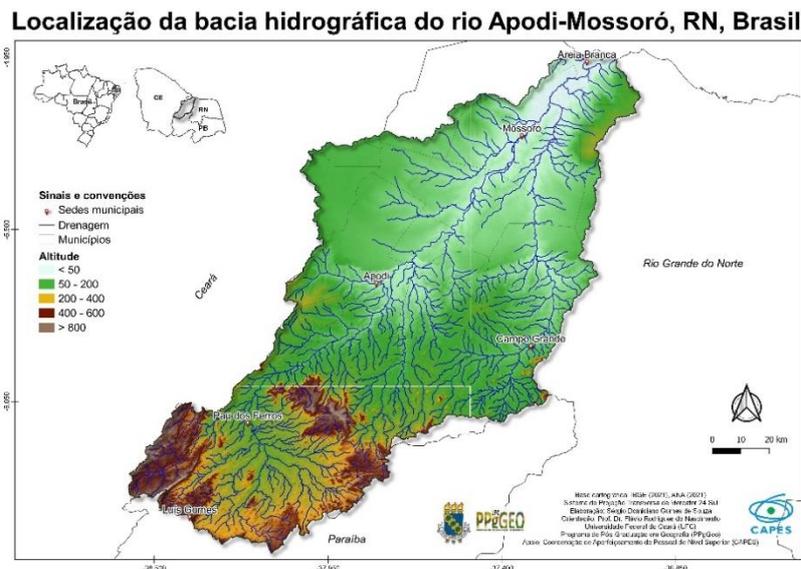
RED = Vermelho

L = 0.5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A BHRAM está localizada na região Oeste do estado do RN (Figura 1). Abrange uma área de 14.276 km², compartilhando porções territoriais de 70 municípios dos estados da Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte, tendo predominância neste último estado com 52 municípios correspondendo a 26% do território estadual (ANA, 2021; IBGE, 2021).

Figura 1: Mapa de localização da BHRAM



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

A bacia-teste configura-se como drenagem exorréica, com padrão de drenagem dendrítica, influenciada predominantemente pelo clima semiárido com regime hídrico intermitente sazonal. O rio principal se estende por 210 km desde a Serra de Luis Gomes à foz, entre os municípios de Areia Branca e Grossos (Carvalho, 2021).

Se insere dentro da ASD do Brasil e possui alguns elementos da configuração geoambiental que a torna suscetível à Desertificação. Essa pré-disposição foi estudada por Souza (2023a) e Souza (2023b), que identificaram níveis diferenciados de suscetibilidade ao problema; sendo que 8.618 km² (60, 69%) varia de moderada a muito alta com base em 6 indicadores.

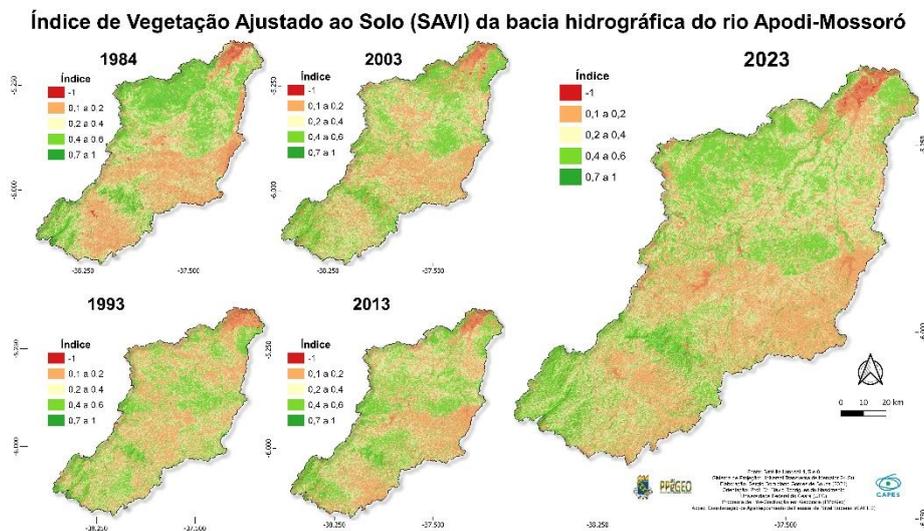
Possui uma diversidade paisagística compartimentada em 9 sistemas ambientais que se individualizam em função do arranjo sistêmico de seus componentes, estrutura e função que desempenham no espaço geográfico. Sendo eles: Maciço Residual de São Miguel e Luís Gomes; Sertões Dissecados de Pau dos Ferros; Maciço Residual de Martins e Portalegre; Sertões Aplainados de Campo Grande; Planície Fluvial do Rio Apodi-Mossoró; Superfície Rebaixada de Apodi e Upanema; Chapada do Apodi; Tabuleiro Costeiro de Grossos e Areia Branca e Planície Fluviomarina do Apodi-Mossoró.

Sua suscetibilidade à Desertificação, aferida pelos indicadores aplicados (Souza 2023), não condizem necessariamente com o estado de degradação ou do processo de Desertificação diretamente, pois objetivaram simplesmente traçar um panorama macro de como a realidade geoambiental da área predispõe a bacia à susceptibilidade à Desertificação. E elucidar como uma ASD se configura de forma heterogênea para além da condição climática, *per si*.

Nesse sentido, considerando que o RN possui expressivo percentual de áreas fortemente degradadas no semiárido, conforme o CGEE (2016), e que parte destas estão dentro da bacia em estudo, partiu-se dessa informação para mapear a manifestação espaço-temporal para aquela categoria de degradação. Considerou-se informações do passado e do presente para subsidiar a identificação dos núcleos de Desertificação no RN dentro da bacia-teste.

Assim, fez mapeamento das áreas fortemente degradadas com base no SAVI que indica a qualidade da vegetação com índice variando de -1 a 1, aparecem variados a depender do ano; sendo que a maior parte da bacia apresenta um significativo índice variando entre - 1 a 0,4, isto é, indica baixa qualidade da vegetação (Figura 2).

Figura 2: Áreas fortemente degradadas na BHRAM conforme o índice SAVI



Fonte: Elaboração dos autores (2024)

De maneira geral, as áreas com coloração vermelho, laranja e amarelo e suas respectivas classes -1, 0,1 a 0,2 e 0,2 a 0,4, representam os baixos índices de vegetação. Enquanto que verde claro e verde escuro com classes 0,4 a 0,6 e 0,7 a 1 simbolizam o melhor estado da vegetação, ambas variando no espaço ao longo do tempo.

Essas classes (0,1 a 0,2 e 0,2 a 0,4) com baixa qualidade da vegetação foram mais marcantes a partir de 1993. Em 1984 foi ano de melhor índice de vegetação, pois 6.200 km² da bacia registrou valores entre 0,4 e 0,6, seguida de 7.213 km² com baixos valores entre 0,1 a 0,2, enquanto os piores índices representavam apenas 400 km².

Esse cenário se reverteu em 1993, em que os índices 0,2 a 0,4 e 0,4 a 0,6 caíram para 970 km² ao passo que o índice 0,1 a 0,2 de pior condição vegetal, saltou para 12.655 km² da bacia. Essas classes seguem um padrão nos demais anos, ainda que em menor proporção. De 2003 para 2013 o índice 0,2 a 0,4 subiu para 10.853 km² e o 0,1 a 0,2 caiu para 2.816 km². Seguindo o mesmo comportamento até o fim da série histórica verificada.

Em 2023, 12.206 km² possuem índices entre 0,2 a 0,4, e 1.450 km² entre 0,1 a 0,2, ambos com baixo índice de vegetação, ao passo que os melhores níveis, entre 0,4 a 0,6 registraram uma recuperação, em relação ao ano interior, com 210 km², mas ainda muito inferior ao início da série histórica em 1984.

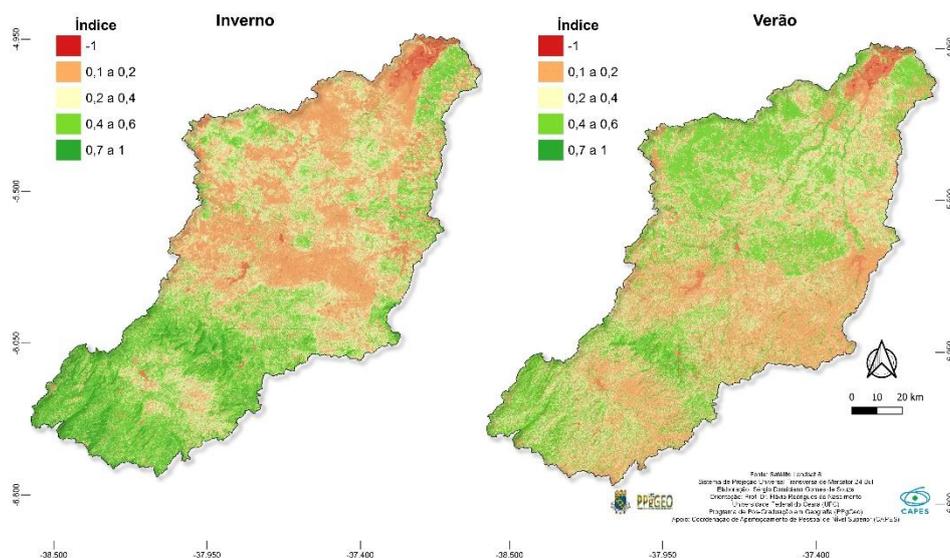
É interessante notar que na porção centro-norte, há uma variação espacial ao longo dos anos, dos baixos índices de vegetação, sendo mais expressiva nos anos de 1993, 2003 e 2013, mas com melhor índice em 1984 e 2023, que podem ser explicados por motivos diversos, desde eventos climáticos, como alterações no regime de chuva, ou interferência humana como mudanças nas formas de uso e ocupação do solo.

Assim, os melhores índices, na coloração verde, variaram entre 0,4 e 1 a depender do ano. Entretanto o mais alto, foi apenas em 1984 em 6.200 km², enquanto que em 2023 foi de apenas 211 km², repetindo o padrão do ano 2013.

Se observarmos comparativamente o comportamento da vegetação nos períodos de inverno e verão do ano 2023, segue padrão semelhante, com pequenas diferenciações espacial (Figura 3).

Figura 3: Comparativo das áreas fortemente degradadas da BHRAM pelo SAVI

Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró no inverno e verão do ano 2023



Fonte: Elaboração dos autores (2024)

Dessa forma, vê-se que há modificações positivas do índice de vegetação demonstrado pela coloração verde no inverno, sobretudo na porção centro-sul, mas em proporção pequena se comparada ao conjunto da bacia. Os baixos índices se repetem na porção centro-sul, abaixo de 0,4. A modificação mais evidente se dá na porção centro-norte com índices baixos no inverno e altos no verão, que talvez se expliquem pelas

características das formas de uso e ocupação uma vez que é uma área de dinâmica ambiental diferenciada pelo terreno sedimentar, solos profundos e utilização agrícola.

Assim, se consideradas o contexto geoambiental em que essas manchas de baixa qualidade vegetação está inserida, têm-se quatro potenciais núcleos de desertificação, sendo três na porção centro-sul e um na porção centro-norte.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho demonstrou evidências importantes à constatação dos núcleos de Desertificação na bacia hidrográfica, em virtude de sua inserção na ASD do Brasil, do seu contexto geoambiental e da situação da cobertura vegetal. O SAVI demonstrou que ao longo dos últimos 39 anos há uma tendência de baixos índices de vegetação na bacia, com padrões se repetindo em áreas específicas.

Portanto, a indentificação das áreas fortemente degradadas na bacia foi primordial para constatação dos Núcleos de Desertificação. Se faz importante, ainda, aprofundar a análise com o diagnóstico geoambiental dessas áreas em escala de maior detalhe, considerando com os vetores de degradação e a sistematização de uma matriz de indicadores que revelem o estado e o processo de Desertificação nesses núcleos.

Palavras-chave: Desertificação, Semiárido brasileiro, Terras secas, SAVI, Rio Apodi-Mossoró.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao financiamento do PROEX/CAPES, processo nº 0348/2021/23038.008387/2021-53: Programa de Excelência Acadêmica; e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- ABRAHAM E. M.; BEEKMAN, G. B. **Indicadores de la Desertificación para América del Sur**. Editorial Martín Fierro. Mendoza: 2006.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**. PAN-BRASIL. Brasília: Edições MMA, 2005.
- CGEE. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Brasília, 2016.
- NASCIMENTO, F. R. do. **O fenômeno da Desertificação**. Goiânia: Ed. UGG, 2013.
- NASCIMENTO, F. R. do. **Global environmental changes, desertification and sustainability**. Springer, Latin American Studies, 2023.
- OLIVEIRA JUNIOR, I. Evolução do uso e cobertura da terra e vulnerabilidade ambiental nos núcleos de Desertificação do bioma caatinga. **Caderno de Geografia** v.33, n.74, 2023.
- JINCHANG LI et. al. Modern wind desertification on the Tibetan Plateau under climate change. **Land Degradation & Development**, vol 32, 2020.

- CAIXIA Z. et. al. The impact of climate change on wind desertification in northern China: assessment using the aridity index. **Catena**, 207, 2021
- ZUOWEI Y. et. al. Analysis of spatiotemporal changes and driving factors of desertification in the African Sahel. **Catena**, 213, 2022
- ZHANG Z, HUANG X, ZHOU Y. Factors influencing the evolution of man-made rocky desertification in karst areas. **Land Degradation Development**, 32, 2021
- GOPALAKRISHNAN T., KUMAR L. Modeling and mapping of soil salinity and its impacts Impact on rice lands in the Jaffna Peninsula, Sri Lanka. **Sustainability**, 12, 2020
- ZHANFEI G., ZHIKUI L., Xin Q. Research on the causes and countermeasures of soil erosion in small watersheds of the Chengjiang River in Gongcheng County. **Earth and Environmental Sciences**, 638, 2021
- ROY, P. et. al. Impact of ineffective measures on increasing land degradation in a monsoon-dominated region of India: issues and policy implications. **Land Degradation and Development**, 16, 2022
- ZHIGAO W. et. al. Dynamics of landscape ecological quality based on benefit assessment combined with control of rocky desertification in the South China Karst. **Ecological Indicators**, 138, 2022
- JINJUN H. et. al. Driving factors of desertification in Qaidam Basin, China: An 18-year analysis using the geographic detector model. **Ecological Indicators**, 124, 2021
- VENDRUSCOLO, J. et. al. Monitoring desertification in semiarid Brazil: Using the Desertification Degree Index (DDI). **Land Degradation Development**, 32, 2021
- SOUZA, M. J. N. de. Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, L. C; SOUZA, M. J. N; MORAES, J. O. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE. 2000.p.13-98.
- SOUZA, M. J. N. de. Geomorfologia e Planejamento Ambiental. **Revista de Geografia (Recife)** V. 35, No. 4 (especial XII SINAGEO), 2018
- VASCONCELOS SOBRINHO, J. **O grave problema ecológico da Desertificação**. Recife, 1978.
- SOUZA, S. D. G. de. **Uso, ocupação e suscetibilidade à Desertificação na porção sedimentar da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN, Brasil**. (Dissertação de Mestrado). 130 f. Programa de Pós-graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2023a.
- SOUZA, A. C. N. de. **Suscetibilidade à Desertificação em sistemas ambientais no embasamento cristalino da bacia hidrográfica do Apodi-Mossoró, RN, Brasil**. (Dissertação de Mestrado). 158 f. Programa de Pós-graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2023b.
- MATTALO JUNIOR, H. **Indicadores de Desertificação: histórico e perspectivas**. Brasília: UNESCO, 2001.
- RUBIO, J. L.; BOCHET, E. Desertification indicators as diagnosis criteria for desertification risk assessment in Europe. **Journal of Arid Environments**, v. 39, n. 2, p. 113-120, 1998.