



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge>



Áreas Susceptíveis à Desertificação no Rio Grande do Norte – Brasil: panorama geocartográfico

Maria Carolina de Santana Peixôto¹, Vlândia Pinto Vidal de Oliveira², Manoel Cirício Pereira Neto³

¹ Universidade Federal do Ceará, e-mail: carolinageo@outlook.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2928-361X>

² Universidade Federal do Ceará, e-mail: vladia.ufc@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7756-9009>

³ Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, e-mail: circiconeto@uern.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8960-2686>

Artigo recebido em 13/07/2024 e aceito em 20/02/2025

RESUMO

A desertificação é um fenômeno ambiental que afeta muitos países e, por isso, tem sido tema de debate mundial há várias décadas com o objetivo de mitigar os seus efeitos, que perpassam pelo âmbito econômico, social e ambiental. No Brasil, a desertificação atinge estados situados no Semiárido Brasileiro (SAB) e algumas áreas de regiões subúmidas secas. Essas áreas compartilham características como a fragilidade natural do ambiente e um histórico de uso e ocupação intensos. A partir disso, as Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD) e os Núcleos de Desertificação (ND), definidos também com o auxílio de geoprocessamento e cartografia, são utilizados como parâmetros para estudos e políticas públicas e são encontrados em maior extensão no semiárido nordestino. Alicerçado nesses fundamentos, admite-se como hipótese que a evolução das técnicas cartográficas e de processamento digital ao longo dos anos permitiram a identificação mais precisa de áreas suscetíveis à desertificação no Rio Grande do Norte, evidenciando áreas de delimitação de ASD e ND, assim este artigo tem como objetivo realizar uma breve comparação da espacialização da desertificação no estado do Rio Grande do Norte entre os anos de 2000 e 2016, utilizando cinco bases temáticas distintas. Buscou também identificar as áreas suscetíveis ao processo de desertificação e as áreas mais afetadas por esse processo no território potiguar. Dentre os principais resultados, destaca-se o Núcleo de Desertificação do Seridó (NDS) e algumas manchas de terras fortemente degradadas na região central do estado, pouco exploradas pela comunidade científica. A partir dos resultados encontrados, conclui-se que há necessidade de estudos específicos para essa região do país, de modo a subsidiar políticas públicas, pesquisas acadêmicas e a população que vive nessas áreas, principais afetadas pelas consequências desse fenômeno ambiental.

Palavras-chaves: Degradação. Susceptibilidade. Semiárido potiguar.

Susceptible Areas to Desertification in Rio Grande do Norte - Brazil: a geocartographic overview

ABSTRACT

Desertification is an environmental phenomenon that affects many countries and has therefore been the subject of global debate for several decades with the aim of mitigating its effects, which span the economic, social and environmental spheres. In Brazil, desertification affects states located in the Brazilian Semi-Arid (BSA) and some areas of dry sub-humid regions. These areas share characteristics such as the natural fragility of the environment and a history of intense use and occupation. From this point of view, Susceptible Areas to Desertification (SAD) and Desertification Nuclei (ND), also defined with the aid of geoprocessing and cartography, are used as parameters for studies and public policies and are found to a greater extent in the semi-arid northeast. Based on these foundations, it is hypothesized that the evolution of cartographic and digital processing techniques over the years has allowed for more precise identification of areas susceptible to desertification in Rio Grande do Norte, highlighting areas where SAD and ND are delimited, so this article has the purpose of carrying out a brief comparison of the spatialization of desertification in the state of Rio Grande do Norte between the years 2000 and 2016, using five different thematic bases. It also sought to identify the areas susceptible to the desertification process and the areas most affected by this process in the territory of Rio Grande do Norte. Among the main results were the Serido Desertification Centers (SDC) and some patches of heavily degraded land in the central region of the state, which have been little explored by the scientific community. Based on the results found, it can be concluded that there is a need for specific studies for this region of the country, in order to support public policies, academic research and the population living in these areas, which are mainly affected by the impact of this environmental phenomenon.

Keywords: Degradation. Susceptibility. Potiguar semi-arid region.

Introdução

A desertificação é um grave problema ambiental que tem afetado inúmeras regiões do planeta, sendo por isso tema de debate mundial há várias décadas, com foco em sua mitigação e combate. Conceitualmente, de acordo com a *United Nations Convention to Combat Desertification* (UNCCD), o fenômeno pode ser entendido como sendo “a degradação da terra em áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas [...]” (UNCCD, 2019, p. 07).

Este fenômeno tem afetado atualmente mais de 250 milhões de pessoas, impactando, direta ou indiretamente, aproximadamente 40% da população global e incidindo sobre cerca de um terço das terras em todo o mundo (Briassoulis, 2019; Tavares; Arruda; Silva, 2019; Ding; Xingming, 2021). Além disso, é notável, nas áreas impactadas, uma correlação significativa com bolsões de pobreza, especialmente em países em desenvolvimento. Nestes locais, a combinação de baixa produtividade agrícola e qualidade de vida precária resultam em um quadro dramático (Bezerra et al., 2011).

No Brasil, a desertificação atinge estados situados no Semiárido Brasileiro (SAB) e algumas regiões subúmidas secas. Essas áreas compartilham características como a fragilidade natural e predisposição do ambiente e um histórico de uso e ocupação intensos (Pereira Neto; Fernandes, 2015; Pereira Neto, 2016). Esses fatores estão geralmente associados à escassez de água para consumo vegetal, animal e humano (Perez-Marin, 2012).

O surgimento dos Núcleos de Desertificação, como já apontou Vasconcelos Sobrinho (1971), são as áreas onde o fenômeno é particularmente intenso. Perez-Marin (2012) aponta que essas áreas se caracterizam como sendo extensas manchas de terreno desnudo, com presença variável de cobertura vegetal rasteira e sinais da intensificação da erosão do solo.

Nessas regiões, as consequências da desertificação podem se relacionar tanto com os fatores naturais quanto com os econômicos e sociais. Esses impactos socioambientais envolveriam a perda da fertilidade do solo, redução dos recursos hídricos e da biodiversidade, declínio na produtividade agrobiológica e abandono de terras, visto que estas se tornam incapazes de produzir elementos vitais para a sobrevivência humana (Cruz Neto et al., 2021).

Conforme apontam os autores Demartelaere et al. (2021), a desertificação transforma as características físico-químicas dos

solos, negativamente, das zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, tendo sua origem em fatores como a degradação do solo, extração da vegetação e desmatamento, uso intenso de recursos hídricos, sobrepastoreio, atividades de mineração além da superpopulação.

A partir desse cenário, há uma preocupação na comunidade internacional sobre as causas, consequências e estratégias de combate à desertificação nas regiões afetadas ao redor do mundo, e dessa forma, foi incluída na Agenda 2030 a partir do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que será abordada a seguir. Com o compromisso internacional das demais Nações, depreende-se a importância do combate ao avanço desse fenômeno, uma vez que pode estar conectado com o avanço climático e a perda da biodiversidade local, afetando ainda o cenário socioeconômico das áreas acometidas.

Aliado a essa visão, pesquisas vêm sendo desenvolvidas para identificar, quantificar e mitigar os efeitos da desertificação, a partir de metodologias e indicadores específicos e variados, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto (Cruz Neto et al., 2021), em a colaboração entre tecnologia e meio ambiente. Com a introdução das geotecnologias nesses estudos, é possível obter dados cada vez mais precisos sobre degradação de solos, dinâmica da cobertura vegetal e prever possíveis alterações climáticas.

Pesquisas recentes (Bezerra et al., 2020; Fan et al., 2020; Kulik et al., 2020; Liu et al., 2020; Mutti et al., 2020) foram desenvolvidas nessa parceria, utilizando o Sensoriamento Remoto junto a técnicas como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e imagens de satélite como as de Landsat e MODIS. Complementadas com as análises multitemporais, que garantem uma gama de métodos e técnicas, resultam em produtos cartográficos mais atualizados e precisos.

Entretanto, o estudo realizado por Rivera-Marin et al. (2022) aponta que o número de artigos científicos sobre estudos de desertificação que utilizam sensoriamento remoto no mundo inteiro consta ainda de um desequilíbrio considerável: enquanto na África foram publicados 45 artigos e 35 na América, a Ásia tem 245 artigos sobre desertificação usando sensoriamento remoto. Os autores registram isso como uma possível lacuna geográfica onde a desertificação está sendo estudada, mas também veem como uma oportunidade de observar os métodos desenvolvidos, variáveis usadas e diferentes resultados obtidos no continente.

No Brasil, as pesquisas variam bastante quando se trata da temática da desertificação e sua maioria desponta a partir de diferentes escalas (municipais, regionais, estaduais). A utilização de técnicas e métodos combinam desde os estudos sobre evolução da erosão (Santos & Santos, 2021; Lima et al., 2023) uso e

cobertura da terra e confirmação em campo (Gois et al., 2022), dados de plataformas nacionais como o MAPBIOMAS, BDIA e SIDRA (Santos et al., 2023); MAPBIOMAS aliado a métodos estatísticos como lógica Fuzzy (Oliveira Júnior & Pereira, 2023); juntamente com a declividade e altimetria a partir de Modelos Digitais de Elevação (MDE) (Silva & Nascimento, 2024); Índice de Aridez (IA) (Moraes, Wanderley, Delgado, 2024) entre outros.

A partir disso, esta pesquisa buscar responder como a evolução das técnicas de mapeamento influenciou a compreensão do fenômeno da desertificação no Rio Grande do Norte e quais são os principais desafios para um mapeamento mais eficiente, eficaz e integrado. Ainda, tem como principal hipótese que a evolução das técnicas cartográficas e de processamento digital ao longo dos anos permitiram a identificação mais precisa de áreas suscetíveis à desertificação e mais degradadas no estado potiguar.

Partindo desses pressupostos, o artigo tem como objetivo realizar uma breve análise comparativa entre os principais mapeamentos da desertificação no território potiguar entre os anos

de 2000 e 2016, identificar as áreas suscetíveis à desertificação e analisar as nomenclaturas adotadas pelos documentos consultados a partir dos mapas temáticos de desertificação já publicados sobre o tema.

Metodologia

Caracterização da área de estudo

O estado do Rio Grande do Norte (Figura 1) encontra-se localizado no nordeste do Brasil junto com outros nove estados. Faz limites com o estado do Ceará (oeste) e com a Paraíba (sul) e com o Oceano Atlântico (norte e leste). No último censo contava com uma população de aproximadamente 3.302.729 habitantes de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022).

A metodologia desenvolvida para a presente pesquisa fundamenta-se, essencialmente, em estudos bibliográficos e análise de documentos oficiais de âmbito nacional e estadual, para que fosse possível realizar a análise comparativa dentre os principais mapas temáticos sobre desertificação disponíveis para o estado do Rio Grande do Norte.

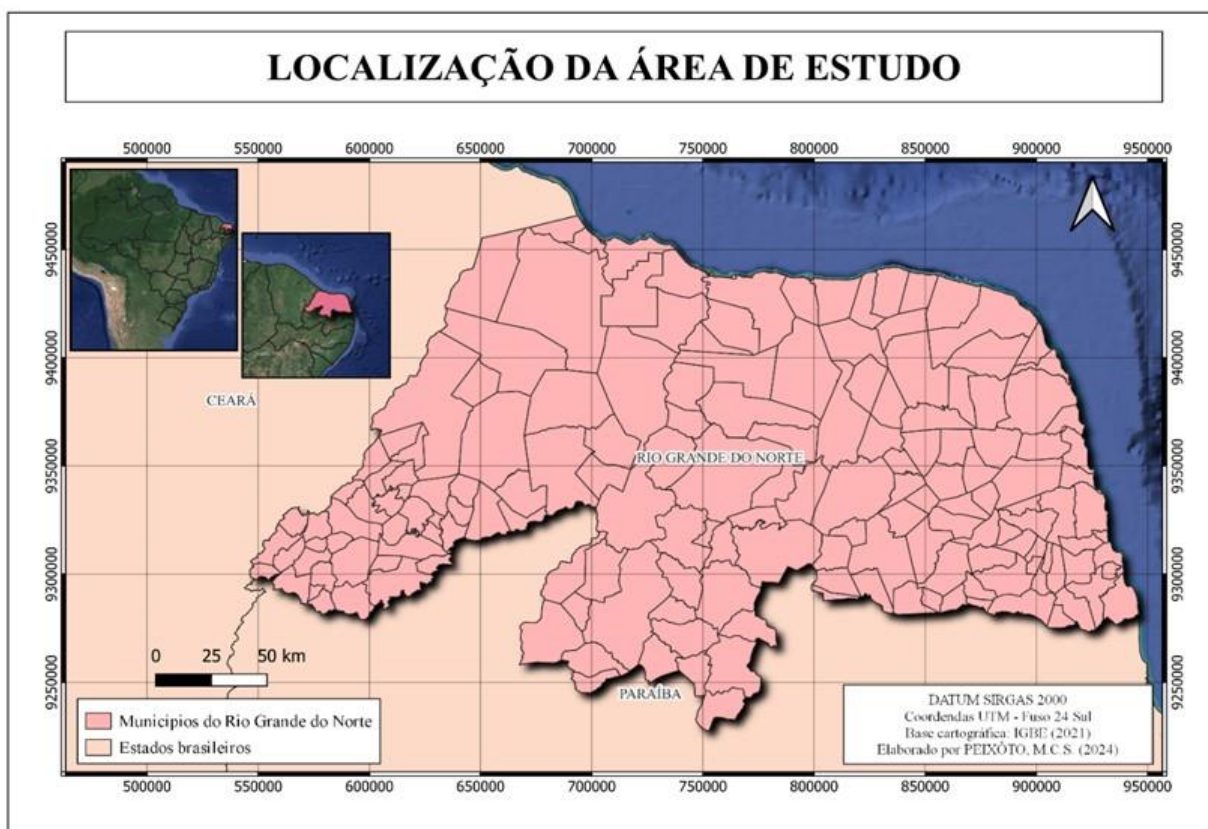


Figura 1 – Localização da área de estudo. Fonte: elaborado pelos autores (2024)

O desenvolvimento da pesquisa bibliográfica, conforme apontado por Sousa, Oliveira e Alves (2021), envolve o levantamento

ou revisão de obras previamente publicadas relacionadas à teoria investigada. O objetivo principal é analisar textos já publicados que possam servir como

suporte à pesquisa em desenvolvimento. Este tipo de pesquisa é baseado em material previamente elaborado, majoritariamente por livros e artigos científicos (Gil, 2022).

Este trabalho alinha-se ao pensamento de Macedo (1994), que enfatiza que a revisão de literatura não implica em redundância ou repetição acerca do tema de estudo ou experimentação. De modo semelhante, Lakatos e Marconi (2003) argumentam que a pesquisa bibliográfica não representa uma mera replicação do que já foi expresso ou escrito sobre determinado tópico. Ao contrário, essa abordagem possibilita a análise de um tema sob uma nova perspectiva ou abordagem, podendo levar a conclusões inovadoras.

Dessa forma, seguindo a metodologia proposta por Silva e Oliveira (2017), inicialmente foi realizada a pesquisa e busca por material cartográfico que envolvesse o mapeamento

temático da desertificação para o estado do Rio Grande do Norte em artigos, teses e dissertações, e também em documentos oficiais disponibilizados pelos governos federal e estadual. A partir do critério de exclusão de pesquisas e documentos que não atenderam aos objetivos da presente pesquisa, foram selecionadas cinco bases distintas que foram analisadas e trabalhadas a seguir.

A partir da análise crítica de trabalhos antecedentes, tomou-se como marco inicial a análise do mapeamento de Carvalho, Gariglio e Barcelos (2000), tendo em vista que é o mapeamento mais antigo disponível sobre a temática da desertificação, e o último mapeamento realizado pelo Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS, 2016), vinculado à Universidade Federal de Alagoas.

O Quadro 1 esquematiza os mapas selecionados para análise, correspondendo aos autores, título dos mapas, escalas e metodologias adotadas.

Quadro 1 – Mapas utilizados na pesquisa das Áreas Susceptíveis à Desertificação no Rio Grande do Norte

Autor	Mapa	Escala	Metodologia
Carvalho, Gariglio e Barcelos (2000)	Diferentes níveis de susceptibilidade à desertificação no estado potiguar	1:2.000.000	Avaliado por meio da ocorrência e intensidade do processo, com as ASDs classificadas de acordo com o Grau de Susceptibilidade
PAN-Brasil (MMA, 2004)	Área Susceptível à desertificação no Rio Grande do Norte	1:2.000.000	Estabelecida uma regionalização em áreas semiáridas, subúmidas secas e áreas de entorno
Bezerra et al. (2011)	Espacialização das terras afetadas por processos de desertificação - Rio Grande do Norte	1:2.000.000	População que vive abaixo da linha de pobreza nas áreas secas; Índice Nacional de Precipitação Mensal; Índice de Vegetação, Derivado de imagens de satélite; Terras afetadas pela desertificação
CGEE (2016)	Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado do Rio Grande do Norte	1:2.000.000	Levantamento bibliográfico e geocartográfico; Análise socioeconômica utilizando indicadores
LAPIS (2016)	Mapa de Áreas Susceptíveis à Desertificação no Semiárido Brasileiro	1:500.000	Imagens de NDVI de longo prazo, baseada em dados do satélite Meteosat-10 de 2007 a 2016

Fonte: elaborado e adaptado pelos autores (2024)

Devido a baixa qualidade da imagem de alguns mapeamentos e erros cartográficos encontrados (textos ilegíveis, falta de referência espacial, Datum, coordenadas, efeito ilha etc.) optou-se por reorganizá-los, porém mantendo as cores originalmente adotadas, utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG) em ambiente

QGIS versão 3.22.4 para que ficassem padronizados e com as informações cartográficas corretamente dispostas. As porcentagens apresentadas foram extraídas a partir dos polígonos que foram gerados pelos mapas analisados, sem a realização de novas análises estatísticas. O processo consistiu apenas na reformulação do layout, garantindo melhor legibilidade

e apresentação dos dados.

Os mapas foram examinados individualmente e comparados. Após o levantamento e análise crítica dos documentos encontrados foram esboçados quadros que compilam as principais informações de cada mapeamento, suas semelhanças e diferenças, além de suas contribuições históricas e cartográficas para o estado potiguar.

Distribuição geográfica das áreas desertificadas

A Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD) define desertificação como sendo a degradação do solo em regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, provocado por fatores que incluem atividades humanas e alterações climáticas (UNCCD, 1994; Matallo Júnior, 2009).

Conforme Alencar (2021), a desertificação se apresenta como uma ameaça significativa à humanidade, equiparando-se ao aquecimento global e à perda da biodiversidade. Para o autor, ignorar este problema implica em desconsiderar 40% de toda a área terrestre mundial e dois bilhões de pessoas.

Decerto, há muito que se discutir quanto ao fenômeno da desertificação em níveis globais, principalmente por atingir mais fortemente os chamados “países do Sul”, ou seja, além de haver poucos recursos para sua prevenção, há poucos recursos para a sobrevivência propriamente dita dessas populações.

Além disso, alguns países também buscam comprometimento das políticas públicas e conferências mundiais, juntamente com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), nos quais a desertificação encontra-se ancorada no Objetivo 15, referente à Vida Terrestre. Mais especificamente, encontra-se que:

15.3 Até 2030, combater a desertificação, restaurar a terra e o solo degradado, incluindo terrenos afetados pela desertificação, secas e inundações, e lutar para alcançar um mundo neutro em termos de degradação do solo (Organização das Nações Unidas [ONU], 2019).

Em nível global, o Índice de Aridez (IA) serviu como base para a concepção do Atlas Mundial da Desertificação, publicado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA (Abreu, 2018); tal índice foi proposto por Thornthwaite (1941) com valores que variam de $>0,65$ a $<0,05$ e pode ser consultado na Tabela 1. Além disso, desde o início dos anos de

1990, a delimitação das áreas semiáridas e subúmidas secas é base para a identificação de áreas susceptíveis à desertificação no Brasil (Silva; Oliveira, 2017).

Tabela 1 – Índice de Aridez (IA)

Clima	Índice
Subúmido e úmido	$>0,65$
Subúmido seco	0,51 e 0,65
Semiárido	0,21 e 0,50
Árido	0,05 e 0,20
Hiperárido	$<0,05$

Fonte: Thornthwaite (1941)

Na Figura 2 a seguir tem-se a vulnerabilidade global para a desertificação. É possível observar nas áreas em vermelho as localidades mais vulneráveis ao fenômeno: parte do Estados Unidos e México, Nordeste do Brasil, países africanos na faixa do Sahel, países europeus e asiáticos, como a China, e até mesmo parte da Austrália.

Isso quer dizer que mesmo nos países tidos como “desenvolvidos” há presença de desertificação, ou pelo menos áreas bastante degradadas, o que muito embora não exclui a possibilidade de não haver maior precaução e prevenção por parte de seus governantes.

Para o território brasileiro, de acordo com o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca - PAN-Brasil (Ministério do Meio Ambiente [MMA], 2004), a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) iniciou em parceria com o professor Vasconcelos Sobrinho, ainda em 1971, o estudo das áreas em processo de desertificação. Essa proposta identificou e selecionou as áreas mais críticas do país, como áreas piloto para mapeamento (Quadro 2).

Os estudos realizados trouxeram contribuições para a problemática da desertificação no país, destacando-se o Projeto BRA 93/036 - Preparação para o Plano Nacional de Combate à Desertificação (PNCD). Este projeto identificou como sendo a principal causa da intensa degradação dessas regiões, o desmatamento da Caatinga por atividades de agricultura, pecuária e produção de lenha, além de práticas de mineração (como observado em Gilbués) e extração de argila de solos aluviais (notado no Seridó). Tais áreas foram classificadas e reconhecidas como de alto risco à desertificação, como núcleos desertificados, incluindo Gilbués, Irauçuba, Seridó e Cabrobó (Brasil, 2005).

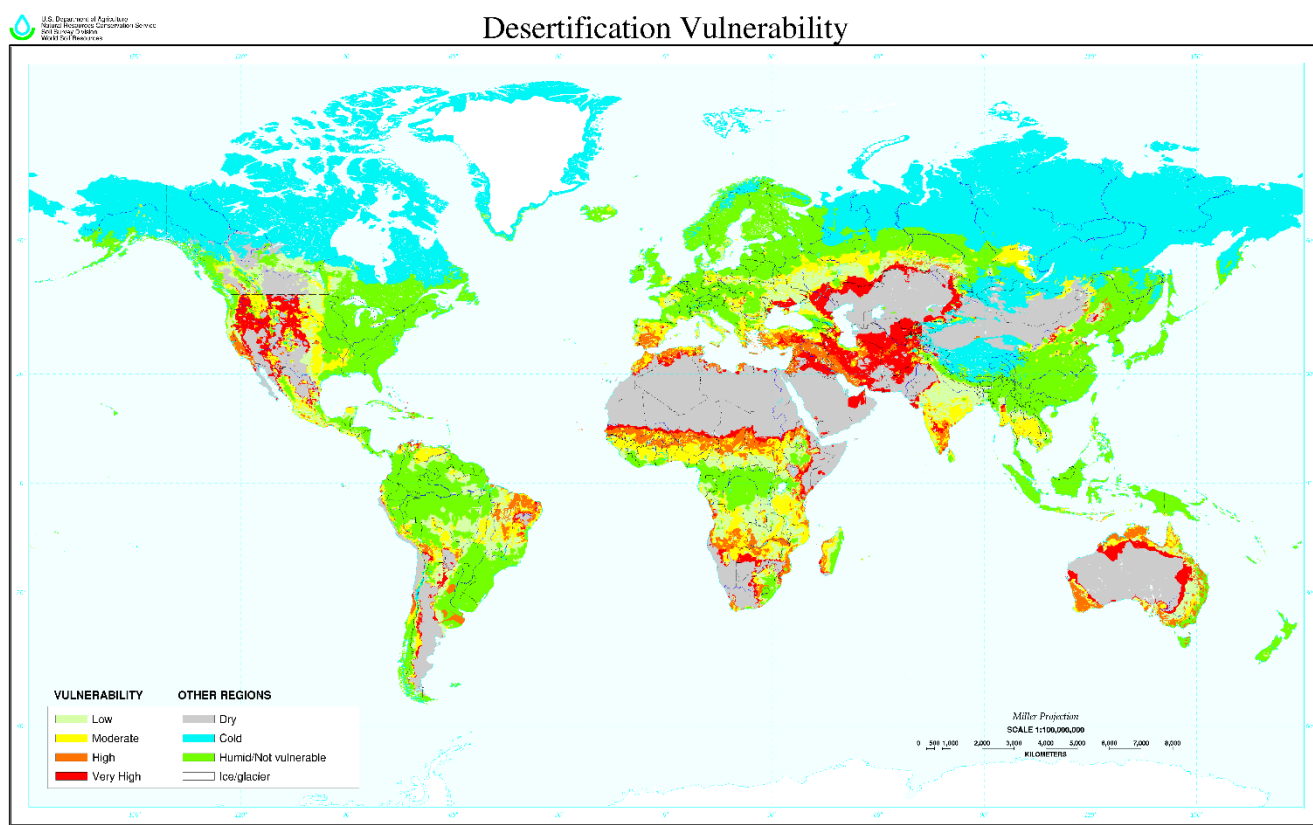


Figura 2 - Mapa Global da Vulnerabilidade à Desertificação. Fonte: U.S. Department of Agriculture.

Ao longo dos anos, têm ocorrido frequentes atualizações e aprimoramentos nas bases e critérios empregados para a inclusão ou exclusão de municípios inseridos nesse território.

Essas modificações são evidenciadas pelas variações nos números anuais e nos documentos emitidos ao longo do tempo. Importa sublinhar, entre as diversas alterações, a relevante revisão da Delimitação do Semiárido promovida pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) em 2021.

Neste processo, alguns municípios foram tanto incorporados quanto excluídos, conforme os critérios definidos na época. Segundo a Resolução nº 150, datada de 13 de dezembro de 2021, a delimitação do Semiárido foi baseada em critérios técnicos e científicos específicos, a saber:

- a) precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800mm (oitocentos milímetros);
- b) Índice de Aridez de Thorntwaite igual ou inferior a 0,50 (cinco décimos de inteiro); e
- c) percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60% (sessenta inteiros por cento) considerando todos os dias do ano (Brasil, 2021).

Os ambientes semiáridos e subúmidos secos, situados na região nordeste, bem como no norte dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo,

foram designados como Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD) pelo PAN-Brasil (MMA, 2004).

Adicionalmente, dentro dessas ASDs, foram estabelecidas quatro categorias distintas: I) núcleos de desertificação: áreas caracterizadas por solos superficiais, majoritariamente expostos a afloramentos rochosos, incapazes de reter água; II) áreas semiáridas e subúmidas secas: espaços impactados ou em risco de sofrer processos de desertificação; III) áreas de entorno: locais igualmente susceptíveis a enfrentar processos de desertificação análogos e; IV) novas áreas propensas a desertificação (Brasil, 2005).

Essa categorização fundamentou os mapeamentos de Áreas Susceptíveis à Desertificação ilustrados nas Figuras 3ª e 3B. A Figura 3A ilustra a espacialização definida pelo PAN-Brasil (MMA, 2004), enquanto a Figura 3B representa o mapeamento realizado pelo Programa de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca na América do Sul (Organização dos Estados Americanos [OEA], 2006).

Em síntese, a delimitação do território Semiárido e das Áreas Susceptíveis à Desertificação permanece um processo dinâmico e complexo, permanentemente modificado por avanços metodológicos e evidências climáticas – além de interesses políticos e socioeconômicos diversos.

Quadro 2: Áreas piloto destacadas por Vasconcelos Sobrinho e SUDENE

Áreas Piloto selecionadas	Estados	Regiões Naturais e/ou microrregiões homogêneas	Municípios
1	Piauí	Caatinga e Cerrado	Gilbués, Simplicio Mendes, Cristino Castro, Riberio Gonçalves, Correntes, Bom Jesus
2	Ceará	Inhamuns	Tauá, Arneiroz, Mombaça, Aiuaba, Catarina, Saboeiro, Irauçuba e municípios vizinhos
3	Rio Grande do Norte	Seridó	Currais Novos, Acari, Parelhas, Equador, Carnaúba dos Dantas, Caicó e Jardim do Seridó
4	Paraíba	Cariris Velhos	Juazeirinho, São João do Cariri, Serra Branca, Cabaceiras e Camalaú
5	Pernambuco	Sertão Central	Salgueiro, Parnamirim, Cabrobró, Itacuruba, Belém do São Francisco, Petrolina, Afrânio, Ouricuri, Araripina
6	Bahia	Sertão do São Francisco	Uauá, Macururé, Chorrochó, Abaré, Rodelas, Curaçá Gloria, Jeremoabo, Juazeiro

Fonte: Adaptado de Brasil (2005)

Adotou-se por convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação os termos “árido, semiárido e subúmido seco” para caracterizar as áreas que são propensas à degradação pela desertificação. No Brasil, este também é um critério adotado pelo PAN-Brasil (MMA, 2004), entretanto, o próprio documento afirma que os espaços considerados áridos no Nordeste são territorialmente exíguos e a partir disso, trabalha-se apenas com as categorias de áreas semiáridas e subúmidas secas, como observado na Figura 3A.

Dessa forma, observa-se a divisão adotada pelo PAN-Brasil como áreas semiáridas, áreas subúmidas secas e também áreas de entorno, que ficam em sua maioria em torno das áreas subúmidas secas.

A partir da Figura 3B é possível constatar que há mais delimitações nas áreas espacializadas, e também há a inserção de novas áreas, principalmente entre os estados da Bahia e Piauí. Além disso, nessa mesma figura, tem-se uma delimitação mais precisa dos graus de susceptibilidade, sendo eles o Moderado (azul), o Grave (verde) e o Muito Grave (vermelho), além das isolinhas com a porcentagem de incidência de secas por toda a região Nordeste, estando a maior incidência (com 80%) espacializada entre os estados da Bahia, Piauí, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará.

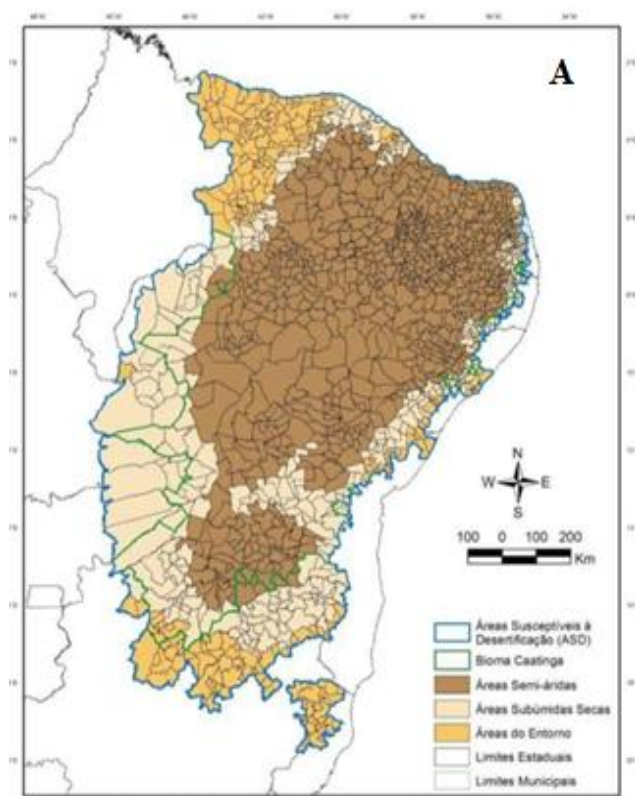


Figura 3A - Áreas Susceptíveis à Desertificação

Fonte: 3A - PAN-Brasil (MMA, 2004)

Outros mapeamentos importantes foram realizados não somente trazendo a questão da vulnerabilidade como também a inserção nas áreas

semiáridas e subúmidas secas (onde ocorrem primordialmente o fenômeno), áreas afetadas em processo de desertificação e áreas fortemente degradadas que serão discutidas a seguir.

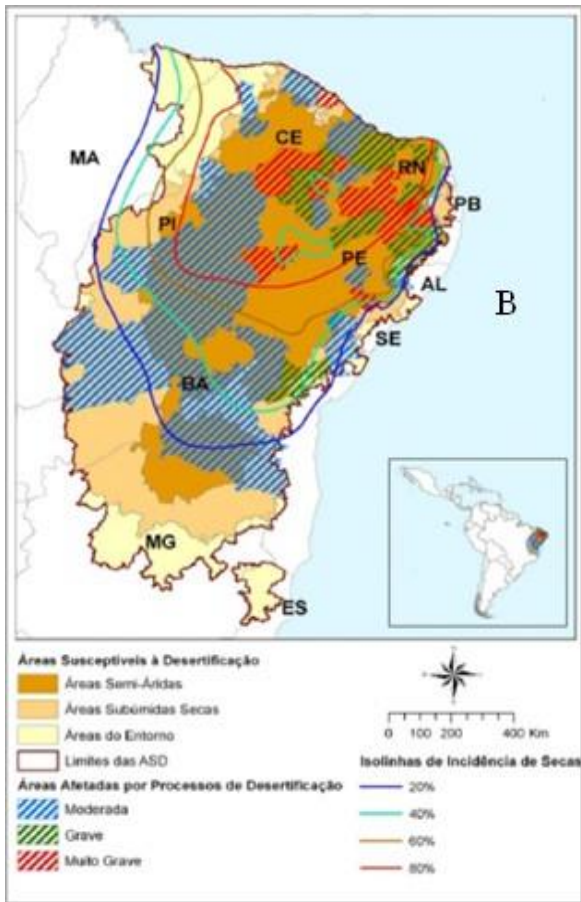


Figura 3B - Áreas Suscetíveis à Desertificação 3B - Programa de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca na América do Sul (OEA, 2006) e Roxo e Neves (2010).

Um novo mapeamento foi realizado e publicado no ano de 2016 a nível de nordeste/sudeste pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), atualizando os dados geoespaciais que já se tinha conhecimento, como é possível analisar na Figura 4, que utiliza como nomenclatura o termo “vulnerabilidade” e indica onde se encontram as manchas vulneráveis à desertificação na área atingida na região nordeste e parte dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

Foram delimitados três tipos de vulnerabilidades: Alta (vermelho), Moderada (Rosa) e Baixa (Cinza). Observa-se que as manchas em tons de cinza predominam nos estados do Piauí, Minas Gerais e Espírito Santo, além de se encontrar presente em menor área nos estados do Maranhão, Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba.

As áreas em vermelho no mapa se caracterizam como sendo de alta vulnerabilidade à

desertificação, entre os quais destacam-se os estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, e partes da Bahia. De acordo com o CGEE (2016), mais de 70,5 mil km² dessas regiões atingiram um estado de degradação em que a produção agrícola se torna inviável. Além disso, a produtividade dos recursos naturais nessas áreas é extremamente baixa, impactando negativamente a capacidade de sustento de vidas humana e animal.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2018) adverte ainda que o cenário de degradação dessas terras está se agravando devido à erosão acelerada. Esse processo é intensificado em climas áridos ou semiáridos, facilitando a desertificação, sobretudo no semiárido nordestino, no Cerrado do Tocantins, e no norte de Mato Grosso e Minas Gerais.

Além desses, outras pesquisas com temáticas específicas corroboram a hipótese dessa pesquisa com relação à evolução dos processos de desertificação, como visto em Oliveira Júnior e Pereira (2023) quando abordam sobre o uso e cobertura da terra no bioma caatinga nos núcleos de desertificação do nordeste brasileiro, demonstrando que há situações preocupantes devido à ampliação de áreas consideradas “severas” de vulnerabilidade. A expansão das ASDs no Espírito Santo, mapeada por Corrêa e Nascimento (2023), o risco a desertificação em municípios de Sergipe (Gois et al., 2022), a vulnerabilidade à desertificação utilizando geotecnologias em Sergipe (Silva & Nascimento, 2024) e a projeção para o cenário de mudanças climáticas (Moraes, Wanderley, Delgado, 2024).

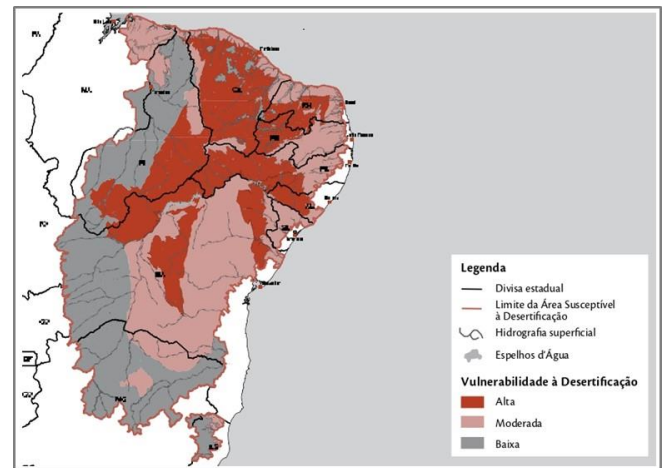


Figura 4 - Vulnerabilidade ambiental envolvendo a Área Suscetível à Desertificação no Brasil. Fonte: CGEE, 2016

Por último, destaca-se ainda, trabalho semelhante realizado por Silva e Oliveira (2017) em que as autoras realizaram o comparativo de cinco bases cartográficas de áreas mais críticas afetadas e dos núcleos de desertificação do Ceará.

Resultados e discussão

O estado do Rio Grande do Norte conta com 159 dos seus 167 municípios incluídos em Áreas Suscetíveis à Desertificação (ASDs). A área de degradação mais acentuada é o Núcleo de Desertificação do Seridó, reconhecido desde a década de 1960 por Vasconcelos Sobrinho.

Situado no centro do Polígono das Secas, esse núcleo evidencia intensa fragilidade geoambiental: clima Semiárido Tropical, com médias térmicas de 20 °C a 28 °C e pluviosidade anual entre 250 mm e 1 000 mm, concentrada de março a maio (Bezerra et al., 2011). Além das condições de semiaridez acentuada, destaca-se a forte variabilidade hidroclimática sobre solos rasos e pedregosos de baixa capacidade de retenção.

A conjugação do embasamento cristalino, relevos fortemente dissecados, elevado albedo e intensa evapotranspiração favorece os processos morfodinâmicos atuais e perda de cobertura vegetal de Caatinga, com a intensificação dos processos erosivos na região (Pereira Neto; Silva, 2012; Pereira Neto, 2013, 2015, 2016, 2023, 2024;

Pereira Neto; Fernandes; Sales, 2023). Tais fragilidades potenciais são intensificadas por atividades econômicas de forte pressão antrópica como a atividade de mineração, produção de tijolos e telhas que consome lenha nativa, a fruticultura irrigada, a carcinicultura e a extração de sal (CGEE, 2016; MZPAS, 2018).

Mais recentemente, destaca-se ainda à fragmentação da vegetação da caatinga de ambientes serranos até então conservados, com a chegada de megaempreendimentos para a geração de energia eólica e solar (Pereira Neto; Oliveira; Silva, 2024). Tais usos intensivos exacerbam a retirada de cobertura edáfica, expõem horizontes frágeis e pressionam recursos hídricos já escassos, desencadeando processos de retroalimentação socioambiental em potenciais e empobrecimento socioeconômico local.

O Plano Nacional de Combate à Desertificação (PNCD), incorporado ao estudo de referência de Carvalho, Gariglio e Barcelos (2000), classifica o território potiguar em quatro níveis de susceptibilidade, fornecendo base cartográfica que continua a orientar políticas públicas e pesquisas acadêmicas dirigidas à mitigação da desertificação no Estado.

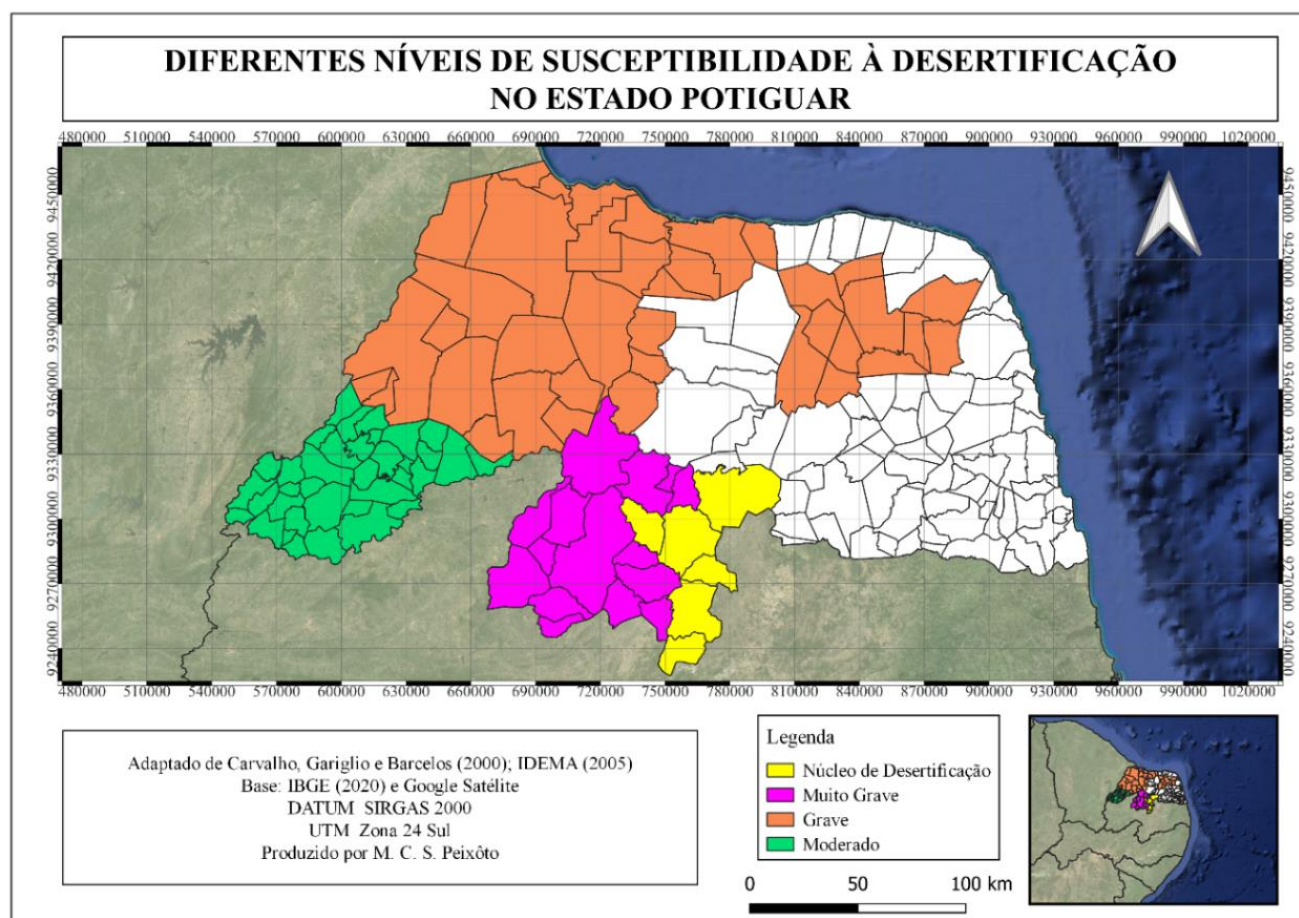


Figura 5 – A desertificação no estado potiguar. Fonte: Carvalho, Gariglio e Barcelos (2000); IDEMA (2005)

A Figura 5 ilustra, no que tange à extensão territorial, a maior incidência de processos de desertificação no Rio Grande do Norte é evidenciada nas áreas coloridas de laranja. Estas áreas compreendem as antigas microrregiões de Baixa Verde, Médio Oeste, Chapada do Apodi, Mossoró, bem como partes das microrregiões do Vale do Açu e Angicos. As zonas demarcadas em roxo e amarelo correspondem, respectivamente, às microrregiões do Seridó Ocidental e Oriental. Já a área verde delinea as microrregiões da Serra de São Miguel, Umarizal e Pau dos Ferros.

Quanto à classificação das Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASDs), foram categorizadas com base no Grau de Susceptibilidade. Assim, identificadas áreas de intensidade Muito Grave (cor roxa), Grave (cor laranja) e Moderada (cor verde). Adicionalmente, o Núcleo de Desertificação foi representado na cor amarela, conforme exposto na Tabela 2.

Os dados indicam que, no início dos anos 1990, o Rio Grande do Norte tinha aproximadamente 72% de seu território classificado como área susceptível à desertificação.

Tabela 2 - Ocorrência do Processo de Desertificação no Rio Grande do Norte

INTENSIDADE	ÁREA		POPULAÇÃO	
	Km²	%	Absoluta	%
Muito Grave	12 965	24,3	289 767	11,0
Grave	20 545	38,5	591 158	22,5
Moderada	5 120	9,6	215 112	8,2
Total no RN	38 630	72,5	1 096 037	41,7

Fonte: IDEMA (2005)

Dentro deste percentual, 24,3% eram considerados de intensidade Muito Grave (representado pela cor roxa), 38,5% Grave (cor laranja) e 9,6% Moderado (cor verde), conforme informações do IDEMA (2005). Esta situação impactava diretamente a vida de cerca de 1.096.037 habitantes, o que representava 41,7% da população estadual na época. Nos setores categorizados como Muito Grave e Grave, eram afetados respectivamente 11% e 22,5% da população. Segundo o mapa temático apresentado pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (IDEMA, 2005), baseada em dados do PAN-Brasil (MMA, 2004), são identificadas três áreas distintas: Área Semiárida (representada pela cor rosa), Área Subúmida Seca (cor amarela) e Área de Entorno (cor verde) (Figura 6). Ainda com base nesta categorização, 97,6% do território do Rio Grande do Norte estava

compreendido em Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASDs), sendo que a maior parcela deste território estava inserida na Área Semiárida (Tabela 3).

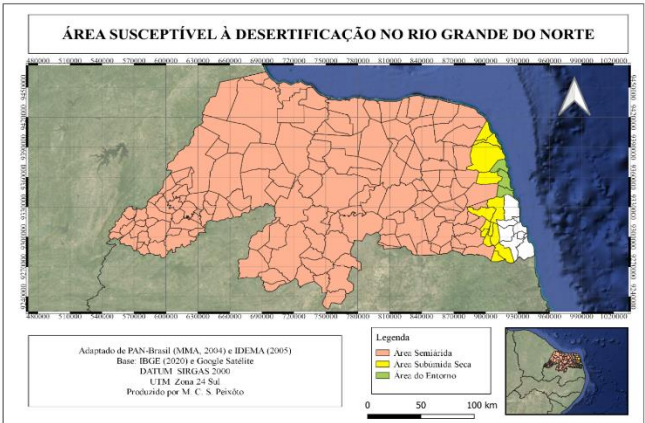


Figura 6 – Área suscetível à desertificação no RN. Fonte: Adaptado de PAN-Brasil (MMA, 2004) e IDEMA (2005)

Tabela 3 -Áreas Susceptíveis à Desertificação no Rio Grande do Norte segundo o PAN-Brasil – 2004

Áreas suscetíveis	População				Área (km²)	
	Urbana	Rural	Total	%	Total	%
Semiárida	1 041 484	521 994	1 563 478	56,3	48 706,01	92,3
Subúmida Seca	104 704	155 586	260 290	9,3	2 396,834	4,5
Do Entorno	834 874	21 705	856 579	30,9	416,165	0,8
ASD do Estado	1 981 062	699 285	2 680 347	96,5	51 519,01	97,6
Estado (total)	2 036 673	740 109	2 776 782	100	52 796,791	100

Fonte: Adaptado de MMA (2004) e IDEMA (2005), grifo nosso

Bezerra et al. (2011) realizaram um mapeamento onde, metodologicamente, analisaram indicadores propostos pela Agenda 21 (ONU, 1994), recomendados para nações enfrentando problemas de desertificação. Entre os indicadores analisados se destacam I) População residindo abaixo da linha de pobreza em áreas secas; II) Índice Nacional de Precipitação Mensal; III) Índice de Vegetação, obtido a partir de imagens de satélite; e os IV) Territórios afetados pela

desertificação (Figura 7).

Os autores categorizaram os resultados cartográficos em cores, facilitando a interpretação visual dos dados apresentados e proporcionando um entendimento mais claro das áreas e da intensidade da desertificação no respectivo território. O nível Moderado é representado pela cor roxa, o Grave é indicado pela cor verde, Muito Grave é na cor amarela, Núcleo de Desertificação é em vermelho, e o “Semiárido Potiguar” é representado na cor marrom.



Figura 7 – Espacialização das terras afetadas por processos de desertificação - Rio Grande do Norte. Fonte: Bezerra et al. (2011)

O mapeamento conduzido por Bezerra et al. (2011) em grande medida confirma a cartografia previamente realizada por Carvalho, Gariglio e Barcelos (2000). De acordo com o estudo, aproximadamente 58,84% da área total analisada estava em estado grave de desertificação (representada pela cor verde). Os dados adicionais indicam 18,2% da área em estado muito grave (amarelo), 14,98% em estado moderado (roxo), e 7,98% correspondendo ao núcleo de desertificação (vermelho), este último abrangendo uma extensão

aproximada de 278.146,19 hectares.

Em um levantamento posterior, realizado em 2016 pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), observou-se que o Rio Grande do Norte, com uma área total de 52.811,126 km², possuía 51.977,2 km² classificados como Área Susceptível à Desertificação (ASD). Isso significa que 98,42% do território estadual era considerado ASD pelo órgão, conforme ilustrado na Figura 7. Adicionalmente, dentro dessas ASDs, áreas que eram fortemente degradadas somavam 6.689,14 km², representando 12,87% do total.

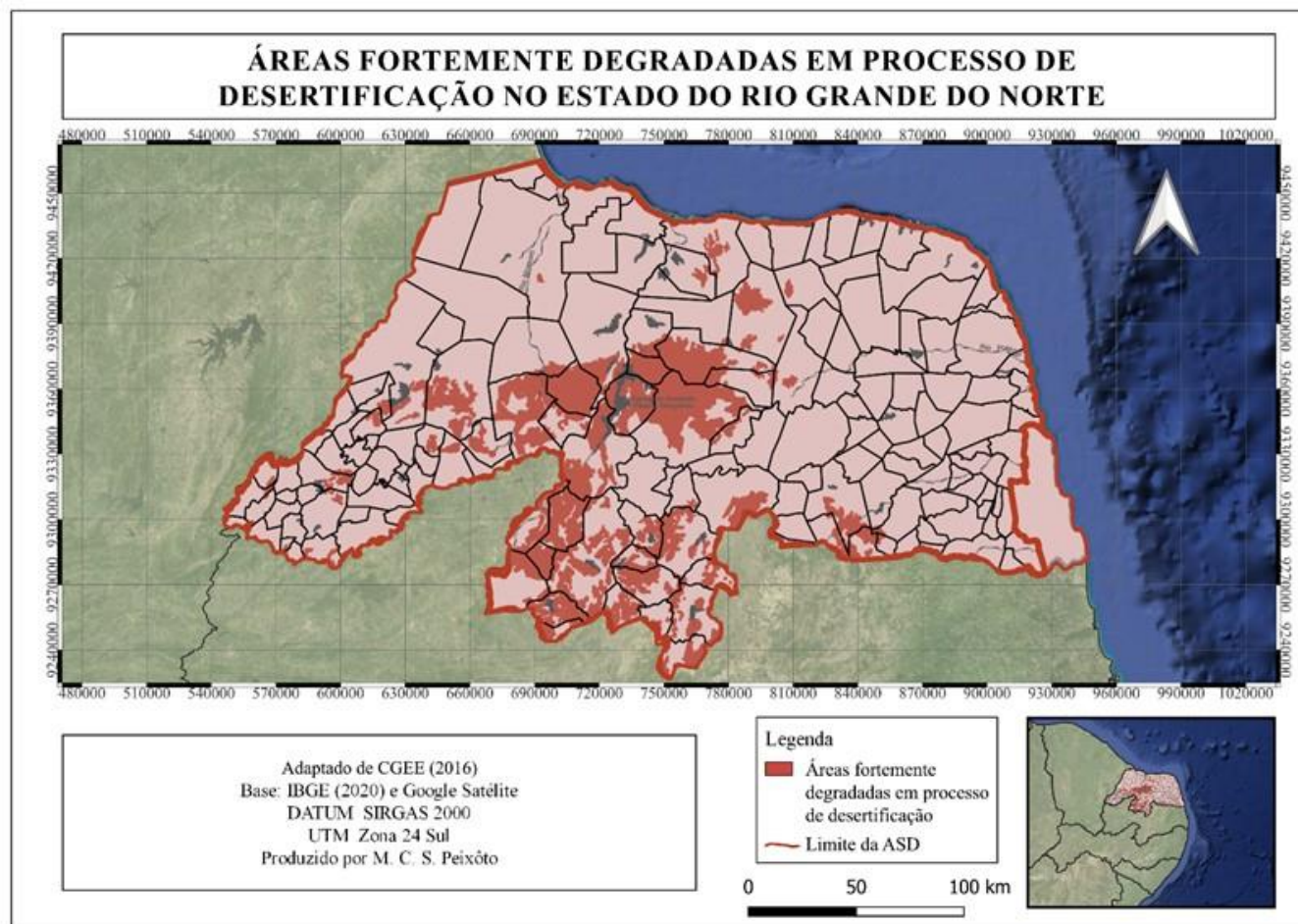


Figura 8 - Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado do Rio Grande do Norte.
Fonte: Adaptado de CGEE (2016)

Diferente dos outros mapeamentos, o CGEE utilizou-se de coloração monocromática em tons de vermelho, com coloração mais intensa para representar as manchas de Áreas Fortemente Degradadas. No mapeamento realizado para a região Nordeste, o Rio Grande do Norte apresentou o maior percentual de áreas degradadas de acordo com os resultados do mapeamento, com manchas concentradas nas regiões central e sul do estado.

Nesse material, infere-se ainda que a área susceptível à desertificação perpassa pelo litoral leste, abrangendo inclusive a capital Natal, diferente da cartografia de Carvalho, Gariglio e Barcelos (2000), Bezerra *et al.* (2011) e PAN-Brasil (MMA, 2004), que utiliza da nomenclatura Área Subúmida Seca e Área de Entorno para os municípios que estão situados no litoral leste potiguar.

O mapeamento mais recente com relação ao estado norte-rio-grandense é a realizada pelo Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS) da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, também de 2016 (apesar do mapeamento ter sido concluído em 2016, só é possível encontrar dados oficiais a partir de 2019. Para tanto, foi adotado o ano de 2019 para as referências). Apesar de não ser um mapeamento estadual e sim de nível regional, os seus resultados corroboram os resultados do CGEE (2016).

O estudo compreendeu a análise multitemporal dos anos de 2007 a 2016, utilizando como metodologia para classificação dos níveis de degradação, usando imagens de NDVI de longo prazo, baseada em dados do satélite Meteosat-10 (Buriti; Barbosa, 2022). As cores adotadas nesse estudo foram estabelecidas em três parâmetros: Muito Forte (Vermelho), Forte (Amarelo) e Moderado (Azul), como é observado na Figura 9.

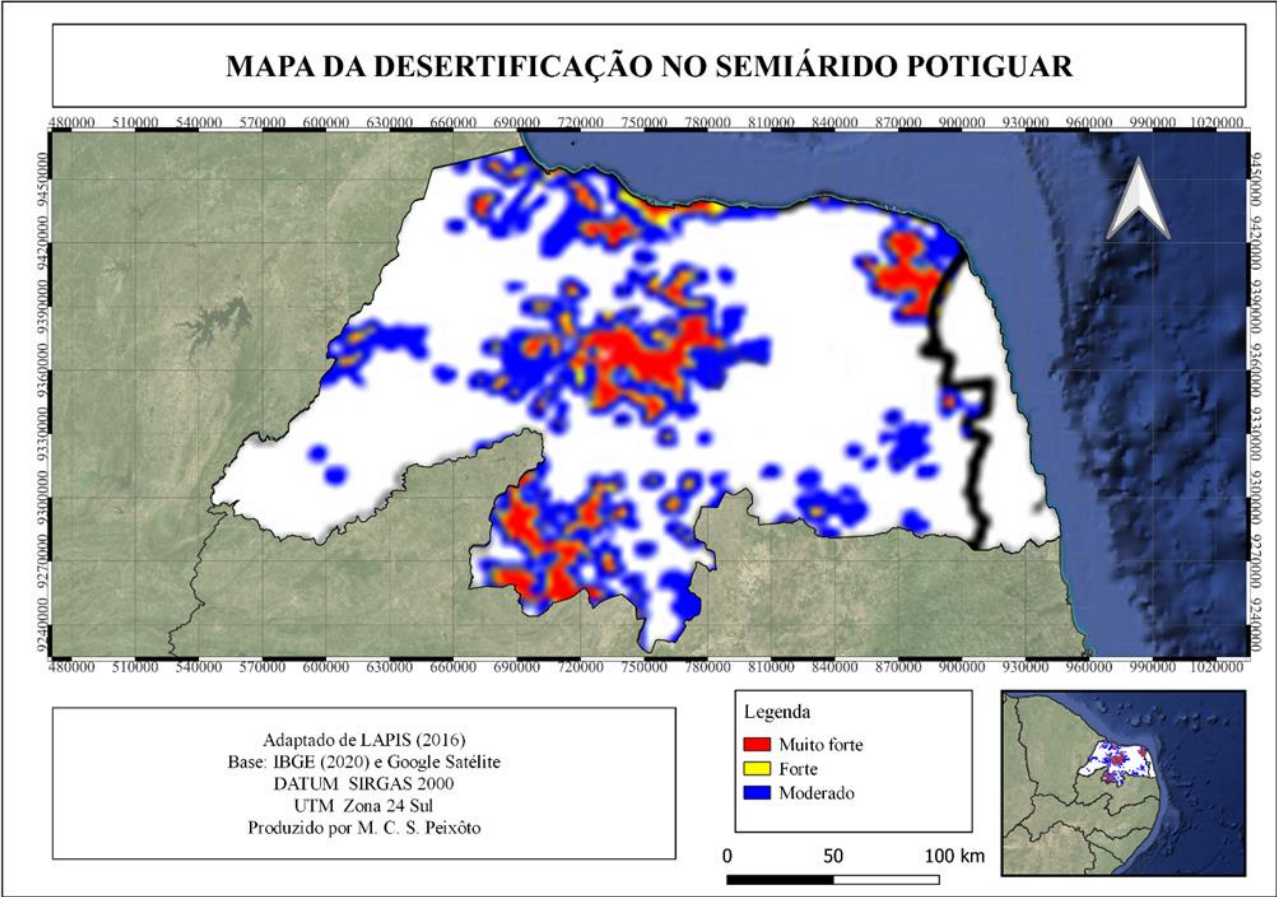


Figura 9 – Mapa de Áreas Susceptíveis à Desertificação no Semiárido Brasileiro. Fonte: Adaptado de LAPIS (2019)

A espacialização dos dados foi conduzida considerando a delimitação do semiárido nordestino, que recentemente passou por ajustes, conforme indicado pela SUDENE em 2021. Os resultados do estudo revelam a presença de manchas vermelhas (indicativas de desertificação) localizadas principalmente na região do Seridó (parte sul do estado), na área central, e também no litoral norte do Rio Grande do Norte.

Adicionalmente, à época do estudo, o estado possuía 27,6% de sua superfície total sob processo de desertificação, conforme detalhado no Quadro 4. Dessa porção, uma área correspondente a 5,2% estava submetida a um nível de degradação categorizado como “grave”, enquanto 9,2% enfrentavam uma degradação considerada “muito grave”. É importante notar que essas porcentagens são calculadas em relação à área total do Rio Grande do Norte (Buriti; Barbosa, 2022).

Quadro 04 – Áreas desertificadas no Nordeste Brasileiro

Estado	Área em Desertificação (%)
Alagoas	32,8
Paraíba	27,7
Rio Grande do Norte	27,6
Pernambuco	20,8
Bahia	16,3
Sergipe	14,8
Ceará	5,3
Minas Gerais	2,0
Piauí	1,8

Fonte: LAPIS (2019)

Em suma, as informações dos mapeamentos, espacializações e comparativos realizados para

identificação de Áreas Susceptíveis à Desertificação para o estado do Rio do Grande do Norte podem ser observadas no Quadro 5:

Quadro 5 – Comparativos entre os trabalhos analisados nesta pesquisa

Mapa	Área Total do Estado	Área Total do Estado (%)	Áreas Fortemente Susceptíveis à Desertificação (%)
Carvalho, Barcelos e Gariglio (2000)	53 307 km ²	72,5%	24,3%
PAN-Brasil (MMA, 2004)	2 776 782	97,6%	92,3%
Bezerra et al (2011)	5.313.366,82 ha	58,84%	18,2%
CGEE (2016)	52.811,126 km ²	98,42%	12,87%
LAPIS (2019)	Não informado	27,6%	9,2%

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

De maneira geral, entre as principais causas relacionadas à ação antrópica nessa área que podem estar agravando os processos de degradação/desertificação na área central do estado se não forem realizadas com consciência, tem-se a retirada de lenha para fornos cerâmicos, bem como de argila (Silva & Gurgel, 2022), retirada de vegetação nativa, principalmente da espécie *Algaroba* (*Prosopis juliflora*) (Souza et al., 2024), a poluição do ar e dos corpos hídricos (Nascimento & Nogueira, 2021), como também a perda da biodiversidade, intensificação de processos erosivos e alteração do microclima local (Melo & Pereira Neto, 2024).

Além disso, Diodato et al. (2022) apontam também para uma frequência relativa de incêndios/queimadas na região central, embora o maior foco esteja concentrado na região oeste do estado. Já Dias et al. (2021) apontam para um histórico de degradação avançado, principalmente em relação à pecuária, que repercute na redução de espécies polinizadoras, causada pela degradação de habitats e também pelas mudanças no uso dos solos e pelo uso indiscriminado de agrotóxicos.

Assim, é possível observar que, inicialmente as abordagens dos mapas estudados baseavam-se em observações e interpretações de imagens de satélite de baixa resolução, o que provavelmente limitava a precisão na identificação das áreas ao longo dos anos. Além disso, cada mapeamento subsequente empregou novas tecnologias e metodologias aprimoradas; o avanço de métodos como o sensoriamento remoto de alta resolução, modelagem espacial e aprendizado de máquina vem possibilitando análises cada vez mais detalhadas.

No período entre 2000 e 2019, observa-se uma flutuação nas porcentagens tanto de área total do estado categorizada como Área Susceptível à Desertificação (ASD), variando de 58,84% a 98,42%, quanto nas áreas fortemente susceptíveis à desertificação, que variaram de 9,2% a 92,3%.

Além disso, nos mapeamentos mais recentes, conduzidos pelo CGEE em 2016 e pelo LAPIS em 2019, foram identificadas áreas que não haviam sido destacadas em estudos anteriores (como os realizados por Bezerra et al. em 2011, pelo MMA em 2004, e por Carvalho, Gariglio e Barcelos em 2000). Essas áreas adicionais incluem as regiões do médio oeste, alto oeste e litoral norte, bem como o Seridó ocidental (o Núcleo de Desertificação identificado em estudos anteriores corresponde ao Seridó oriental).

Destaca-se também a importância de estudos evolutivos de monitoração e mapeamento, pois a forma de representar por meio de produtos cartográficos e figuras tornam sua interpretação mais factual e inteligível.

O desenvolvimento e emprego de novas tecnologias e metodologias nos estudos de desertificação não só proporcionam uma compreensão mais detalhada e refinada da extensão e intensidade da desertificação, mas também ressaltam a dinâmica e a complexidade desse fenômeno ambiental ao longo do tempo e espaço no estado do Rio Grande do Norte.

Entretanto, ressalta-se que a constante mudança de metodologias, falta de padronização dos critérios de classificação, a escassez de séries temporais consistentes e as limitações na integração de dados ambientais e socioeconômicos ainda representam obstáculos para um diagnóstico preciso e eficaz. Isso porque, assim como o próprio conceito de desertificação ainda é um tema debatido e apresentado por diferentes vertentes, as metodologias empregadas para estudar esse fenômeno também são heterogêneas.

Considerações finais

No processo de revisão cartográfica referente à desertificação no estado do Rio Grande do Norte, observa-se que as regiões mais afetadas consistentemente são a central e a do Seridó. Notavelmente, a região central tem emergido mais recentemente como uma área de intensa degradação/desertificação. Entretanto, essa área não tem recebido a devida atenção na literatura e nos estudos, nem é destacada em documentos oficiais como o PAE-RN e o PAN-Brasil.

No estado, dos 167 municípios, 159 estão incluídos em Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASDs). Deste total, aproximadamente 20 a 30 municípios são categorizados como áreas fortemente degradadas, dependendo do estudo consultado. Assim, a identificação dessas áreas críticas, junto com as discrepâncias observadas entre diferentes mapeamentos, ressalta a crescente necessidade de conduzir estudos geoambientais mais precisos e incisivos.

A complexidade da desertificação exige uma abordagem integrada e multidimensional para entender e combater o fenômeno de maneira eficaz. Nesse cenário, é inegável o papel desempenhado pelas geotecnologias avançadas na promoção de estudos relacionados ao meio ambiente e uso do solo. O acesso facilitado a *softwares* especializados, avanço das

geotecnologias, com imagens de satélite de média à alta resolução espacial, tem sido ferramentas valiosas para a comunidade acadêmica e governamental, possibilitando não somente a identificação, mas também o monitoramento das referidas áreas.

Dessa forma, os resultados comprovam que a evolução dos estudos vem permitindo um maior grau de confiabilidade nas técnicas utilizadas, devido principalmente a utilização de imagens de satélite de altíssima resolução para identificar e mensurar áreas com níveis de degradação/desertificação mais intensas, além do emprego de indicadores. Isso alerta ainda para a necessidade de incentivo de políticas públicas nos locais apontados como “graves”, tanto no que diz respeito às Áreas Susceptíveis quanto aos Núcleos de Desertificação. Com isso, espera-se que a partir dessa pesquisa novas contribuições emerjam e se convertam em políticas sociais que mitiguem os efeitos desse fenômeno no território norte rio grandense.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FUNCAP e CNPQ (processo 307671/2020-8) pelo apoio operacional e concessão de bolsa para a realização do doutoramento da primeira autora no Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará (PRODEMA – UFC).

Referências

- Abreu, T. C. de. (2018). *Aplicação do Índice de Aridez e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada para análise da susceptibilidade à desertificação no município de Irauçuba-CE*. [Monografia, Especialização em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Ceará]. Repositório da UFC. <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/4564>
- Alencar, L. (2021). Por onde anda a Convenção para Combate à Desertificação? <https://oeco.org.br/analises/p-or-onde-anda-a-convencao-para-combate-a-desertificacao/>
- Bezerra, J. M. et al. (2011). Utilização de

Geotecnologias na Determinação de Áreas Susceptíveis a Desertificação no Estado do Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, p. 543-561. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v4i3.232722>

- Bezerra, F.G.S., Aguiar, A.P.D., Alvala, R.C.S., Giarolla, A., Bezerra, K.R.A., Lima, P.V.P.S., do Nascimento, F.R., & Arai, E. (2020). Analysis of areas undergoing desertification, using EVI2 multi-temporal data based on MODIS imagery as indicator. *Ecological Indicators*, 117, 106579. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106579>
- Buriti, C. de O. & Barbosa, H. A. (2022). Desertificação e mapeamento de áreas degradadas no semiárido brasileiro a partir de satélites. In: Magnoni Junior, L. et al (org.). *Ensino de geografia e a redução do risco de desastres em espaços urbanos e rurais*. São Paulo: CPS, 465-483.
- Brasil. *Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN BRASIL*. Brasília, 2005.
- Brasil. Resolução nº 150, de 13 de dezembro de 2021. Aprova a proposição n. 151/2021, que trata do Relatório Técnico que apresenta os resultados da revisão da delimitação do Semiárido 2021. Resolução Condell/Sudene nº 150, de 13 de dezembro de 2021. 246. ed. *Diário Oficial da União*, BRASÍLIA, DF, 2(1), p. 52.
- Briassoulis, H. (2019). Combating land degradation and desertification: The land-use planning quandary. *Land*, 8, 1–26.
- Carvalho, A. E. de, Gariglio, M. A. & Barcellos, N. D. E. (2000). *Caracterização das áreas de ocorrência de desertificação no Rio Grande do Norte*. Natal: [s.n.].
- Corrêa, L. M. & Nascimento, F. R. (2023). A expansão do semiárido nas Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASDs) na da Bacia do Rio Itaúnas – ES. *International Journal Semiarid*. 6(6), 1-15.
- CGEE. Centro de Gestão E Estudos Estratégicos. (2016). *Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil*. Brasília - DF: Gráfica Ltda., 256 p.
- Cruz Neto, J. F. da. et al. (2021). Desertificação: uma visão geral dos processos e conceitos,

- fundamentados em aplicação de índices orbitais através do sensoriamento remoto. *Research, Society and Development*, Vargem Grande Paulista, 10(11), 01-16. DOI: 10.33448/rsd-v10i11.19950
- Demartelaere, A. C. F. et al. (2021). Causas, consequências e métodos atribuídos para prevenir a desertificação na Caatinga. *Brazilian Journal of Development*. Curitiba, 7(8), 83270-83285. DOI: 10.34117/bjdv7n8-502
- Dias, E. M. S. et al. (2021). Mudanças climáticas e agropecuária: vulnerabilidades da região semiárida do Rio Grande do Norte, Brasil. *Revista do Desenvolvimento Regional*, Taquara/RS, 18(3).
- Diodato, M. A. et al. (2022). Ocorrência de focos de incêndios e queimadas no Rio Grande do Norte. *Anais do 9º Congresso Florestal Brasileiro*, Brasília-DF, 256-259. DOI: 10.55592/CFB.2022.6296021
- Ding, H. & Xingming, H. (2021). Spatiotemporal change and drivers analysis of desertification in the arid region of northwest China based on geographic detector. *Environmental Challenges*, 4 ed. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100082>
- Diniz, M. T. M. & Pereira, V. H. C. (2015). Climatologia do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. *Boletim Goiano de Geografia*, Goiânia, 35(3), 488-506. DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v35i3.38839>
- Dourado, C. S. (2017). *Áreas de risco de desertificação: cenários atuais e futuros frente às mudanças climáticas*. 141 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. (2018). *Vida terrestre: contribuições da Embrapa*. Brasília, DF: Embrapa
- Fan, Z., Li, S., & Fang, H. (2020). Explicitly identifying the desertification change in CMREC area based on multisource remote data. *Sensoriamento Remoto*, 12 (19), 1–19. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12193170>
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo, SP: Atlas.
- Gois, D. V., Melo, F. P. & Souza, R. M. Risco à desertificação nos municípios de Canindé de São Francisco e Poço Verde (SE). *Ciência Geográfica*, Bauru, 26(1). 103-126.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades: Rio Grande do Norte*. Rio Grande do Norte. (2022). Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/panorama>. Acesso em: 13 jul. 2024.
- IDEMA. Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente. *Panorama da Desertificação no Estado do Rio Grande do Norte*. (2005). Natal, [s.n.] 78 p.
- Kulik, K.N., Petrov, V.I., Yuferev, V.G., Tkachenko, N.A., & Shinkarenko, SS (2020). Geoinformational analysis of desertification of the northwestern Caspian. *Arid Ecosystems*, 10, 98–105. DOI: <https://doi.org/10.1134/S207909612002008>
- LAPIS. Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites. (2019). LAPIS utiliza metodologia inédita para monitorar processo de desertificação no Brasil. <https://ufal.br/ufal/noticias/2019/7/lapis-utiliza-metodologia-inedita-para-monitorar-processo-de-desertificacao-no-brasil>
- Lakatos, E. M. & Marconi, M. A. (2003). *Fundamentos de Metodologia Científica*. São Paulo, SP: Atlas.
- Lima, K. C. et al. (2023). Erosão em áreas suscetíveis a desertificação no Semiárido: possibilidades de análise por meio da cartografia geomorfológica baseada em imagens de altíssima resolução. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. 24(2), 1-14. DOI: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v24i2.2319>
- Liu, Q., Zhang, Q., Yan, Y., Zhang, X., Niu, J., & Svenning, JC (2020). Ecological restoration is the dominant driver of the recent reversal of desertification in the Mu Us Desert (China). *Journal of Cleaner Production*, 268, 122241. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122241>
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. (2004). *Programa de Ação Nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca*. Brasília.
- Macedo, N. D. (1994). *Iniciação à pesquisa bibliográfica: guia do estudante para a*

fundamentação do trabalho de pesquisa. São Paulo, SP: Edições Loyola.

Matallo Júnior, H. (org.). (2009). *Glossário de termos e conceitos utilizados no contexto da UNCCD*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente – MMA.

Melo, L. L.; Pereira Neto, M. C. (2024). Aspectos e impactos ambientais relacionados à indústria da cerâmica vermelha em Itajá/RN. *Sociedade e Território* – Natal. 36(1), p. 234–252. DOI: <https://doi.org/10.21680/2177-8396.2024v36n1ID35161>

Moraes, J. B., Wanderley, H. S., & Delgado, R. C. (2024). Áreas suscetíveis a desertificação no Nordeste do Brasil e projeção para cenário de mudanças climáticas. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 17(06), 4003-4014. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.6.p4003-4014>

Mutti, P.R., Lucio, P.S., Dubreuil, V., & Bezerra, B.G. (2020). NDVI time series stochastic models for the forecast of vegetation dynamics over desertification hotspots. *International Journal of Remote Sensing*, 41(7), 2759–2788. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1697008>

MZPAS. Macrozoneamento Bacia Piranhas-Açu Sustentável. (2018). *Projeto Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Bacia Hidrográfica do Piranhas-Açu/RN*. COBRAPE. Secretaria de Estado do Planejamento e das Finanças – SEPLAN, Rio Grande do Norte. Jardim Paulistano, SP.

Nascimento, A. K. S.; Nogueira, N. A. S. (2021). Identificação dos impactos socioambientais gerados pela indústria cerâmica em pequeno município do Rio Grande do Norte. [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal Rural do Semiárido]. Repositório Digital da UFRSA. <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/665a0c89-82bf-4510-811a-dbb4dc95f02b/content>

OEA. Organização dos Estados Americanos. (2006). *Programa de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca na América do Sul*, 2006. <http://www.iicadesertification.org.br/lendo.php?sessao=MTA3>

Oliveira Júnior, I., & Pereira, A.J. (2023).

Evolução do uso e cobertura da terra e vulnerabilidade ambiental nos núcleos de desertificação do bioma Caatinga. *Caderno de Geografia*, 33(74), 910. DOI: <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2023v33n74p910>

ONU. Organização das Nações Unidas. (2019). *Agenda 2030 - Objetivo 15*. <https://nacoesunidas.org/pos2015/ods15/>

ONU. Organização das Nações Unidas. (1994). *Manejo de ecossistemas frágeis: a luta contra a Desertificação e a seca*. Agenda 21. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília, DF, 2 ago. 146(1).

Pereira Neto, M. C. (2013). *Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Seridó (RN/PB –Brasil)*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte]. Repositório Digital da UFRN. <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/18948>

Pereira Neto, M. C. (2016). *Predisposição à desertificação no núcleo Seridó (RN -Brasil): geoecologia de paisagens semiáridas*. [Tese de Doutorado, Universidade Federal do Ceará]. Repositório Digital da UFC. <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/19851>

Pereira Neto, M. C.; Fernandes, E. (2015). Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Seridó (RN/PB – Brasil). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo, 16(3), 399-411. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v16i3.603>

Pereira Neto, M. C. & Silva, N. M. (2012). Relevos residuais (maciços, inselbergues e cristas) como refúgios da biodiversidade no Seridó potiguar. *Revista Geonorte*, Edição Especial, 1(4), 262 -273.

Pereira Neto, M. C., Fernandes, E. & Sales, M. C. L. (2023). Unidades geoambientais do Seridó potiguar: bases para o planejamento ambiental do território. *Revista Geonorte*, 14(45), 55-74. DOI: <https://doi.org/10.21170/geonorte.2023.v.14.N.45.55.74>

Pereira Neto, M. C.; Oliveira, D. V. de; Silva, J. V. Os refúgios da biodiversidade no seridó potiguar - Brasil, frente a instalação de parques eólicos. *Revista GeoInterações*, [S. l.], v. 8, n. 1, 2024. DOI: 10.59776/2526-

3889.2024.5587.

- Pereira Neto, M. C. (2024). Fitogeografia da Caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (Brasil). *Revista do Departamento de Geografia*, v. 44, e205638. DOI: <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2024.205638>
- Pereira Neto, M. C. Solos e paisagens no núcleo de desertificação do seridó potiguar – Brasil. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 24, n. 96, p. 305–317, 2023. DOI: 10.14393/RCG249668997.
- Perez-Marin, A. M. et al. (2012). Núcleos de Desertificação no Semiárido Brasileiro: Ocorrência natural ou antrópica? *Parcerias Estratégicas*, Brasília, 17(34), 87-106.
- Roxo, M. J.; Neves, B. M. A. (2010). A percepção do fenômeno da desertificação em Portugal e no Brasil. In: MÓreira, E.; TARGINO, I. (org.). *Desertificação, desenvolvimento sustentável e agricultura familiar: recortes no Brasil, em Portugal e na África*. João Pessoa, PB: Editora Universitária, 69–73.
- SEMARH. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte. (2010). *Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da secado estado do Rio Grande do Norte – PAE-RN*. Natal
- Santos, J.P.O., Abreu, K.G., Araújo, J.R.E.S., Sousa, V.F.O., & Aires, M.L. (2023). Pressões antrópicas em floresta tropical sazonalmente seca em área suscetível a desertificação no Nordeste do Brasil. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 16 (3), e10535. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2023v16n3e10535>
- Santos, S.A. e Santos, A.M. (2021). Panorama da suscetibilidade à erosão dos solos em municípios do semiárido de Pernambuco. *Revista Equador*, 3(10), 1–25. <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>
- Silva, É. G. B. & Oliveira, V. P. V. de. (2017). Identificação das áreas susceptíveis à desertificação no estado do Ceará: antecedentes cartográficos. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, 10(04), 1269-1280. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v10.4.p1269-1280>
- Silva, H. S.; Gurgel, M. T. (2022). Impactos ambientais causados pela indústria cerâmica na cidade de Ipanguaçu-RN. [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal Rural do Semiárido]. Repositório Digital da UFRSA. <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/bc54cd72-e6a8-4ff9-abf5-1b9bb2bb0b86/content>
- Silva, L.C.M., Vital, S.R.O., & Souza, S.F.F. (2023). Análise histórico-econômica e sua relação com o uso e cobertura da terra no núcleo de desertificação do Seridó Potiguar. *Revista Equador*, 1(12), 97–122. <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>
- Silva, A. T. L. & Nascimento, P. S. R. (2024). *Scientia Plena*. 20(8), 1-12. DOI: 10.14808/sci.plena.2024.089910
- Sousa, A. S. de, Oliveira, G. S. de & Alves, L. H. (2021). A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. *Cadernos da FUCAMP*, Monte Carmelo - MG, 20(43), 64-83,
- Souza, J. B. et al. (2024). Indústria da cerâmica vermelha do Vale do Açu: características e tecnologias de produção. *Agropecuária Científica no Semiárido*, Patos-PB, 20(2) p.1-8. DOI: <https://doi.org/10.30969/ff6jfx67>
- Tavares, V. C., Arruda, I. R. P. de & Silva, D. G. da. (2019). Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. *Geosul*, Florianópolis, 34(70), 385-405. DOI: <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2019v34n70p385>
- Thornthwaite, C. W. (1941). *Atlas of climatic types in the United States, 1900-1939*. https://archive.org/details/atlasofclimatic21thor_0/page/n6
- UNCCD. United Nations Convention to Combat Desertification. (2019). What is Desertification? Disponível em: <https://www.unccd.int/>
- UNCCD. United Nations Convention to Combat Desertification. (1994). *United Nations Convention to Combat Desertification. Elaboración de una Convención Internacional de lucha contra la Desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación en particular en África*. Texto final de la Convención Doc.
- Vasconcelos Sobrinho, J. (1971). Núcleos de

desertificação no polígono das secas. *Anais do Instituto de Ciências Biológicas*, Recife: UFPE, 1(1), 69–73.