



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Compártilha Igual 4.0 Internacional.

### Anny Catarina Nobre de Souza

Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais do Semiárido (PLANDITES)  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)

[profnobreannycat@gmail.com](mailto:profnobreannycat@gmail.com)

### Sérgio Domiciano G. de Souza

Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais do Semiárido (PLANDITES)  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)

[sergiogsousa97@gmail.com](mailto:sergiogsousa97@gmail.com)

### Maria Losângela M. de Sousa

Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais do Semiárido (PLANDITES)  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)

[mariasousa@uern.br](mailto:mariasousa@uern.br)

Artigo recebido em:

07/09/2022

Artigo aprovado em:

13/03/2023

Artigo publicado em:

10/07/2023

## Sistemas de indicadores de desertificação no Semiárido brasileiro: uma revisão sistemática integrativa da literatura

*Desertification indicator systems in the Brazilian semiarid: a Systematic Integrative Review of the Literature*

*Sistemas de indicadores de Desertificación en el Semiárido brasileño: una Revisión Sistemática Integrativa de la Literatura*

*Systèmes d'indicateurs de Désertification dans l'espace de la zone Semi-aride brésilien : une Révision Intégrative Systématique de la Littérature*

### RESUMO

A desertificação, fenômeno de degradação das terras secas e deterioração dos seus recursos naturais, decorrente das variações climáticas e das ações humanas, se apresenta enquanto problema socioambiental grave e por essa razão tem despertado o interesse acadêmico e científico em como o identificar. É nesse sentido, que o trabalho trata de uma Revisão Sistemática Integrativa da Literatura (RSIL), com o objetivo de identificar os sistemas de indicadores de desertificação aplicados no Semiárido brasileiro, em trabalhos de 2011 a 2021 no Portal de Periódico Capes e Base Digital de Teses e Dissertações. Orientado pelo método *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* de Page et al. (2021), foi possível identificar 256 resultados, que pelo processo de triagem foram incluídos 26. Desses, analisou-se o recorte territorial, local de estudo, matriz de indicadores, técnicas e métodos empregados, conferindo uma espacialização e diagnóstico que evidencia a complexidade do estudo da desertificação, sobretudo pela diversidade de categorias e indicadores levantados.

**PALAVRAS-CHAVE:** indicadores de desertificação; degradação ambiental; semiárido brasileiro.

### ABSTRACT

Desertification is the degradation of drylands and their natural resources as a result of climate change and human activities. It represents a serious socio-environmental problem and, for this reason, has aroused academic and scientific interest in order to successfully identify it. This paper operates an Integrative Systematic Review of the Literature (RSIL, in Portuguese) aimed at identifying systems of desertification indicators of the Brazilian semi-arid climate, in works from 2011 to 2021 present in Masters and Doctoral Theses of the Catalogue of Capes. Guided by the method of Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses by Page et al. (2021), it was possible to identify 256 results, which were later reduced to 26 according to their relevance. The remaining

papers were analyzed in terms of their territorial scope, study site, set of indicators and the techniques and methods used. The results provided a spatial framework and a diagnosis that highlighted the complexity of the desertification process, particularly due to the diversity of categories and indicators available.

**KEYWORDS:** desertification indicators; environmental degradation; Brazilian semiarid.

## RESUMEN

La desertificación, en el semiárido brasileño, es el fenómeno de degradación de las tierras secas y el deterioro de sus recursos naturales que sucede como consecuencia de las variaciones climáticas y de la acción humana, se presenta como un grave problema socioambiental y por ello, ha despertado interés académico y científico con el fin de encontrar formas eficientes para identificarla. Este trabajo presenta una Revisión Sistemática Integradora de la Literatura (RSIL), cuyo objetivo es identificar los sistemas de indicadores de desertificación aplicados en el Semiárido brasileño, en trabajos publicados entre 2011 y 2021 en el Portal de Periódico Capes y en la Base. Digital de Tesis y Disertaciones. Usando el método *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* de Page et al. (2021), se identificaron 256 resultados, de los cuales fueron clasificados 26 para efectos del presente trabajo. En estos documentos fueron analizadas las delimitaciones territoriales, las zonas de estudio, las matrices de indicadores, las técnicas y métodos utilizados, lo que permitió generar información acerca de la espacialización y el diagnóstico del fenómeno, evidenciando la complejidad del estudio acerca de la desertificación, especialmente por la diversidad de categorías e indicadores encontrados.

**PALABRAS-CLAVE:** indicadores de desertificación; degradación ambiental; semiárido brasileño.

## RÉSUMÉ

La désertification, phénomène de dégradation des terres arides et de détérioration de ses ressources naturelles, résultant des variations climatiques et des actions humaines, se présente comme un grave problème socio-environnemental et pour cette raison a suscité un intérêt académique et scientifique pour son identification. C'est dans ce sens que le travail porte sur une Révision Systématique Intégrative de la Littérature (RSIL) des travaux réalisés dans la période de 2011 à 2021 et que se trouvent répertoriés dans *Portal des revues scientifiques* et dans la *Base Digital de Thèses et Dissertations de CAPES*. Nous avons dans cette recherche été guidés par la méthode *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* de Page et al. (2021), dans le but d'identifier les systèmes d'indicateurs de désertification appliqués dans l'espace de la zone Semi-aride brésilien, il a été ainsi possible d'identifier 256 résultats,



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 36  
Julho-Dezembro, 2023  
ISSN: 2175-3709

dont 26 ont été inclus dans le processus de sélection. Parmi ceux-ci, le découpage territorial, le site d'étude, la matrice d'indicateurs et les techniques et méthodes employées ont été analysés, fournissant une spatialisation et un diagnostic qui met en évidence la complexité de l'étude de la désertification, principalement due à la diversité des catégories et des indicateurs enquêtés.

**MOTS-CLÉS:** indicateurs de désertification ; dégradation des milieux ; semi-aride brésilien.

## INTRODUÇÃO

A desertificação se apresenta como um problema de ordem socioambiental mais grave das terras secas do planeta Terra. Na definição oficial da *United Nations Convention to Combat Desertification* (UNCCD), assume-se como a degradação da terra em ecozonas específicas – áridas, semiáridas e subúmidas secas – derivada de variados fatores, entre as variações climáticas e as atividades humanas (BRASIL, 2004).

Embora a definição por “degradação da terra” perfaça uma confusão e complexidade conceitual (MATALLO JÚNIOR, 2001; NASCIMENTO, 2013), entende-se pelo termo as degradações que abarcam holisticamente os componentes: solos, recursos hídricos, vegetação, biodiversidade e a qualidade de vida das populações afetadas. Em que coincide para esse fenômeno uma natureza sistêmica e complexa, circunscrito por excelência à dinâmica das terras secas e alvo das atividades biofísicas, socioeconômicas, políticas e institucionais (ABRAHAM; MONTAÑA; TORRES, 2006).

Nessa linha, como tentativa de traçar estratégias metodológicas capazes de identificar a abrangência e o estado do fenômeno, surgiram os estudos por indicadores. O marco histórico foi a Conferência de Nairóbi, no Quênia, em 1977, pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), como primeira tentativa de formulação de um sistema de indicadores. No Brasil, Vasconcelos Sobrinho, em 1978, foi pioneiro na sistematização de categorias de

indicadores – físicos, biológicos, agropecuários e socioeconômicos – que evidenciaram os núcleos, como áreas-piloto de ocorrência da desertificação no Nordeste brasileiro (MATALLO JÚNIOR, 2001).

A conceituação de indicador de desertificação diz respeito à categoria que pode avaliar a vulnerabilidade de áreas (NASCIMENTO, 2013), contudo, não indica apenas um estado ou comportamento negativo, está ligado à capacidade de denunciar ou não a ocorrência do processo. Ou seja, compreende um método de identificação do fenômeno (MATALLO JÚNIOR, 2001), capaz de traduzir as características do ambiente e nortear a formulação de políticas públicas e medidas de mitigação.

É nesse sentido que a reunião e tratamento sistematizado de um conjunto de variáveis e parâmetros ordenados constitui o sistema de indicadores. Por sua vez, esses permitem uma abordagem integrada do diagnóstico do fenômeno com vias a prognósticos, constituindo-se uma política de informação, monitoramento e tomada de decisão (BEEKMAN, 2006).

O método mais aceito para utilização de sistemas de indicadores, sob recomendação da UNCCD, é o modelo DPSIR – *Driving forces, Pressures, State, Impacts e Responses*, por representarem uma relação de causa e efeito (NASCIMENTO, 2013; LIMA *et al.*, 2016). Tendo em vista a ineficácia de estudos que se baseiam em indicadores dispersos, tem-se esse modelo



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 36  
Julho-Dezembro, 2023  
ISSN: 2175-3709

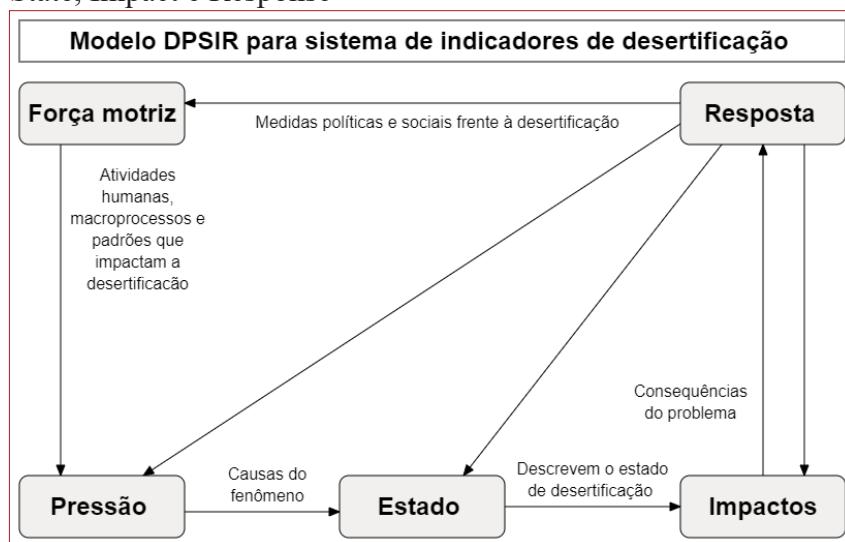
como marco conceitual para a definição de um conjunto de indicadores dentro de um sistema, delineado por objetivos de designação (Figura 1).

Embora se tenha alcançado essa ordenação, ainda persiste, nas pesquisas da área, ausência de métodos de estudo universalmente aceitos, como um entrave epistemológico da desertificação (MATALLO JÚNIOR, 2001). Reside, assim, a necessidade de revisar a produção científica a fim de mapear os sistemas de indicadores empregados, suas técnicas e fragilidades, contribuindo para o

reconhecimento e integração das metodologias.

Destarte, o presente trabalho tem como objetivo identificar os sistemas de indicadores de desertificação aplicados no Semiárido brasileiro (SEB), por meio de uma Revisão Sistemática Integrativa da Literatura (RSIL). Para tanto, o trabalho encontra-se organizado em três seções a contar dessa introdução, seguida da descrição dos procedimentos metodológicos da revisão, por conseguinte os resultados e discussão alcançados nos estudos revisados e, por fim, as considerações finais.

**Figura 01.** Organização do modelo DPSIR – Driving force, Pressure, State, Impact e Response



Fonte: elaboração dos autores com base em Abraham, Montaña e Torres (2006).

## MATERIAIS E MÉTODO

A natureza desta pesquisa é básica, exploratória pelos objetivos delineados e de essência procedimental bibliográfica (PRODANOV; FREITAS, 2013). Trata-se de uma pesquisa de revisão de literatura sistemática do tipo integrativa (OKOLI, 2019), por primar pela sistematização do conhecimento investigado, por meio de uma pergunta-problema,

métodos sistemáticos e explícitos para identificar, selecionar e analisar criticamente pesquisas relevantes.

O protocolo desta revisão adotou o método *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) de Page *et al.* (2021) e se adaptou das abordagens de Mendes, Silveira e Galvão (2008) e Souza,

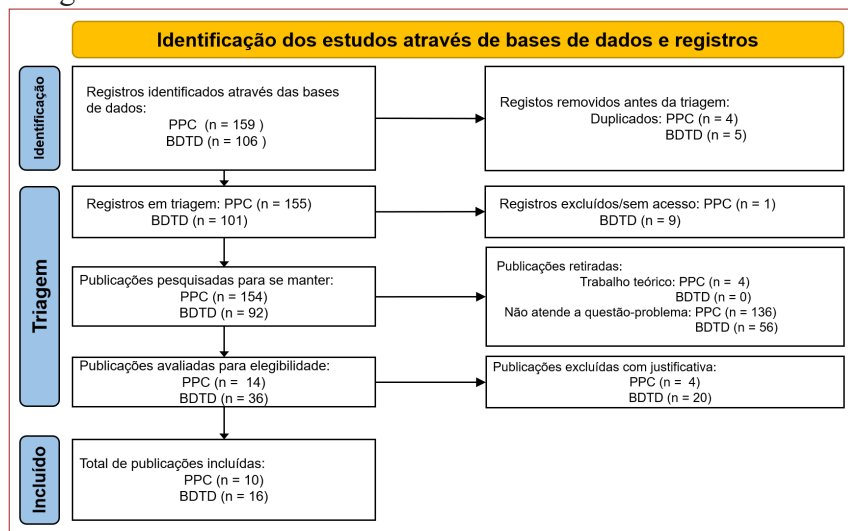
Silva e Carvalho (2010). Teve-se como questão-problema: “Quais os sistemas de indicadores de desertificação estão sendo aplicados no Semiárido brasileiro?”. Nomeou-se como critérios de elegibilidade, para inclusão, trabalhos nos idiomas português, inglês e espanhol, intervalo de tempo de 2011 a 2021 – haja vista a necessidade problematizadora de espacializar os sistemas de indicadores no território do SEB – e artigos científicos de periódicos, teses e dissertações; para exclusão, trabalhos cujo acesso não estava disponível, trabalhos teóricos e que não atendessem à questão-problema.

Utilizou-se das bases de dados do Portal de Periódicos Capes (PPC), com acesso à Comunidade Acadêmica Federada (CAFe) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERJ) e a Base Digital de Teses e Dissertações (BDTD), tendo em vista a cientificidade e a gama de trabalhos disponíveis. Para tanto, teve como termo de busca Indicadores de desertificação – uma vez que esse é o mais recorrente

nas palavras-chave dos trabalhos da temática – e estratégia de busca o intervalo de tempo de 2011 a 2021. Em relação ao processo de revisão, seguiram-se três etapas principais: 1º - busca dos estudos nas bases de dados; 2º - coleta de dados buscando filtrar a natureza metodológica dos trabalhos (teórica ou empírica) e 3º - análise crítica dos estudos incluídos, norteadas pela extração de informações centrais: recorte territorial/local de aplicação dos indicadores; matriz de indicadores adotados; e materiais e métodos para entender como foram aplicados os indicadores.

Como etapas subsequentes e que se materializam neste *paper*, tem-se, *a priori*, a apresentação dos resultados do processo de revisão, conforme PRISMA, pelo fluxograma com identificação, triagem e estudos incluídos. *A posteriori*, a discussão dos resultados que se pautam apenas nos estudos incluídos para a RSIL, orientada pela lista de verificação da composição do presente *paper*.

**Figura 02.** Fluxograma do processo da RSIL – Revisão Sistemática Integrativa da Literatura



Fonte: elaboração dos autores com base em Page *et al.* (2021).



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 36  
 Julho-Dezembro, 2023  
 ISSN: 2175-3709

## ESTUDOS DE APLICAÇÕES DE INDICADORES DE DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

A síntese quantitativa do processo de busca, seleção e avaliação da RSIL está detalhada por base de dados no fluxograma da Figura 2. Esse permitiu identificar 265 resultados, sendo que 9 foram removidos por aparecerem duplicados dentro das bases de dados. Na triagem, foram excluídos inicialmente 10 trabalhos por não terem acesso completo, 4 por serem de natureza teórica e 192 por não atenderem a questão-problema da revisão, se enquadrando nos critérios de exclusão. Quanto aos últimos, vale ressaltar que são trabalhos que, apesar de apresentarem o termo desertificação e/ou indicadores no título, no resumo e/ou nas palavras-chave, não tratam diretamente da temática, e ainda há aqueles que se vinculam, mas não se pautavam na aplicação de indicadores.

Desse modo, foram eleitos 40 trabalhos para avaliação, sendo que 24 desses foram excluídos com justificativas, pois, apesar de aparentemente satisfazerem os critérios de inclusão, apresentaram, de forma geral e em grau decrescente de ocorrência, as seguintes razões de exclusão: I - não apresentam uma aplicação baseada em um sistema de indicadores; II - embora tragam análise de um elemento como subsídio para indicar a degradação ambiental, não tratam de um sistema de indicadores aplicados a fim de obter um índice de desertificação; III - confundem a

técnica de obtenção do dado com indicador, sem trazer um sistema de indicadores; IV - embora se utilizem de parâmetros físicos para caracterizar a área e o seu potencial de degradação ambiental não apresentam uma sistematização unificada de indicadores; V - não se tratam de estudos de caso, apenas descrevem uma metodologia de índice de desertificação; e VI - aplicam sistema de indicadores para sustentabilidade em unidades de conservação.

Assim, foram incluídos o total de 26 trabalhos nesta RSIL. Esses estão organizados no Quadro 1, conforme agrupamento por categoria de indicadores verificada nesses estudos e na literatura especializada de Matallo Júnior (2001) e Abraham e Beekman (2006). É possível perceber maior frequência de trabalhos com indicadores que coadunam dos elementos físico-naturais com as questões sociais e econômicas, denominados pela categoria de geobiofísicos, socioeconômicos e biofísicos. Essa realidade reflete um dos maiores desafios no estudo da desertificação por indicadores, já alertada por Matallo Júnior (2001) e Oliviera (2011), que é a capacidade de interpretar e mensurar em variáveis integradas um único sistema de indicadores, a desertificação pelas suas causas ambientais (o biofísico) e humanas (o socioeconômico).

Outro ponto de investigação desta revisão é o recorte territorial adotado para a pesquisa

em desertificação, haja vista que a dimensão desse fenômeno perpassa pelo diagnóstico do ambiente (ABRAHAM; BEEKMAN, 2006) e que as bacias hidrográficas, como unidades espaciais naturais integradoras dos aspectos físicos e sociais, se apresentam como o *locus* de estudo mais adequado com viés para o planejamento, gestão e mitigação da desertificação (SOUSA; NASCIMENTO, 2015; NASCIMENTO, 2017). Assim, dos 26 estudos, 9 foram em bacias hidrográficas, embora prevaleçam 13 em áreas político-administrativas, 3 em núcleos de desertificação e 1 em sistemas ambientais.

Aliado a esse fato tem-se a espacialidade de ocorrência da desertificação no Brasil, tratada pelo Programa Nacional de Combate à Desertificação (PAN-BRASIL) como as Áreas Suscetíveis à Desertificação (ASD's), em uma extensão de 1.340.000km<sup>2</sup>, circunscrito por excelência ao SEB e às áreas de entorno. Essas últimas, embora não possuam clima semiárido ou subúmido seco, enquadram-se pela ocorrência das secas e da severa degradação ambiental (BRASIL, 2004). Assim, percebe-se que os estudos em questão guardam coerência, pois debruçam a análise do fenômeno para o SEB. Por outro lado, ao espacializá-los observa-se que não há uma distribuição representativa pelo território, a nível estadual, prevalecendo estudos no Ceará (Figura 3) – estado que possui três núcleos de desertificação e maiores áreas em processo avançado (ALBUQUERQUE *et al*, 2020).

No que diz respeito à caracterização metodológica dos sistemas de indicadores e à capacidade de avaliação do processo de desertificação no SEB, verifica-se uma diversidade expressiva de indicadores, tanto em relação às categorias vinculadas como às variáveis dos indicadores (Quadro 2). Entretanto, há uma presença significativa do sistema geobiofísico de indicadores aplicados em sistemas ambientais da paisagem, pelos estudos de Souza, Souza e Sousa (2021), Cezário (2019), Barreto (2018), Costa e Oliviera (2017), Araújo (2016), Barreto (2015) e, ainda em associação com os socioeconômicos, pelos trabalhos de Sousa (2016) e Silva (2018).

Observa-se esses trabalhos de forma integrada, sob a perspectiva geossistêmica (BERTRAND, 2004), e vêm colaborando a nível acadêmico com a atualização dos indicadores para o SEB, embora ainda se restrinjam majoritariamente ao território do Ceará. Isso demonstra ser necessário conhecer e alargar essa agenda de pesquisa com vistas ao aperfeiçoamento da metodologia e aplicação na diversidade de outros espaços no SEB, que resguarda cenários ainda a serem explorados.

Outro sistema de indicadores que prevalece entre os revisados é o socioeconômico, com uma variedade de 30 indicadores que não mantêm relação direta de causa e efeito com a desertificação totalmente (MATALLO JÚNIOR, 2001). Embora esses recorram a uma base de dados de boa disponibilidade a nível



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 36  
Julho-Dezembro, 2023  
ISSN: 2175-3709



nacional, estadual ou local para mensurar as variáveis e atribuir os graus de ocorrência do processo, não é identificável em todos a relação pormenorizada dessa ocorrência, demonstrando fragilidade nessa abordagem.

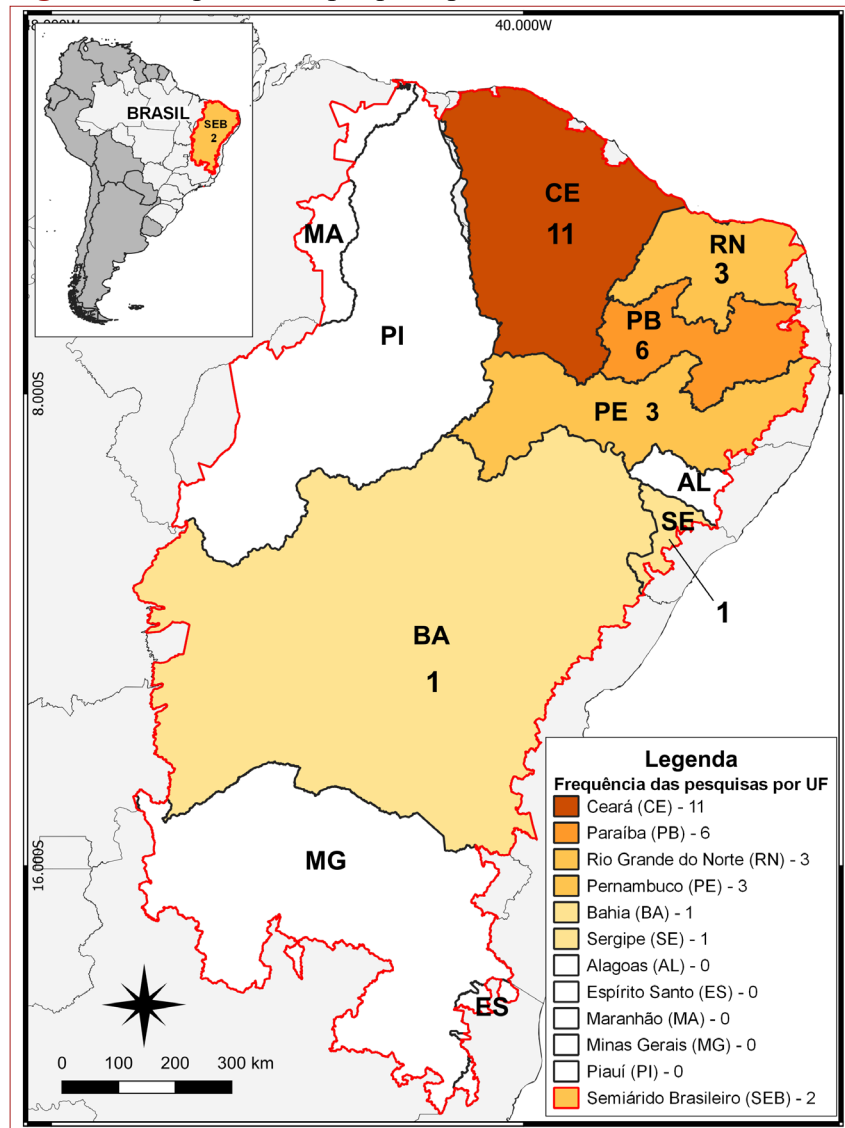
Com exceção daqueles que se integram à categoria dos agropecuários, a exemplo dos temas que investigam o uso da terra e sua produção econômica e degradante, como tratou os estudos de Lima (2014) e Gois (2016).

### Quadro 01. Estudos incluídos na Revisão Sistemática Integrativa

Categoria dos Indicadores	Autores	Recorte territorial e local de estudo/UF
Geobiofísicos	Souza, Souza e Sousa (2021)	Sub-bacia hidrográfica do Rio Figueiredo/CE
	Cezário (2019)	Município de Tejuçuoca/CE
	Barreto (2018)	Serras da Meruoca e de Uruburetama e os sertões adjacentes/CE
	Costa e Oliviera (2017)	Sub-bacia hidrográfica do Riacho Santa Rosa/CE
	Araújo (2016)	Município de Parambu/CE
	Barreto (2015)	Sub-bacia do riacho do Urubu, Mucuim, Arneiroz/CE
Socioeconômicos e biofísicos	Caetano (2018)	Comunidades rurais da ASD do Sertão dos Inhamuns/CE
	Alves <i>et al.</i> (2018)	Bacia hidrográfica do alto curso do Rio Paraíba/PB
	Lima <i>et al.</i> (2016)	Microrregiões geográficas do Seridó Oriental e Ocidental/RN e Seridó Oriental e Ocidental/PB
	Macêdo (2015)	Região dos Cariris Velho/PB
	Vieira (2015)	Semiárido brasileiro
Edáfico/Espectrais	Albuquerque <i>et al.</i> (2020)	Município de Parelhas/RN
	Oliveira Junior <i>et al.</i> (2020)	Polo regional de Jeremoabo/BA
	Santos (2017)	Núcleo de Irauçuba e a Floresta Nacional de Sobral (FLONA)/CE
	Soares, Nóbrega e Mota Filho (2017)	Bacia hidrográfica do rio Pajeú/PE
Físico-ambientais	Aquino <i>et al.</i> (2018)	Município de Tauá/CE
	Teixeira (2018)	Núcleo de Cabrobó e entorno/PE
	Pereira Neto (2016)	Núcleo de desertificação do Seridó/RN
	Silva (2014)	Município de São João do Cariri/PB
Geobiofísicos e Socioeconômicos	Sousa (2016)	Sub-bacia hidrográfica do Riacho Feiticeiro (CE, Brasil) e na micro-bacia da Ribeira Grande (Santiago, Cabo Verde)
	Silva (2018)	Municípios de Santa Quitéria e Independência/CE
Socioeconômicos	Rodrigues (2017)	Municípios do Semiárido brasileiro
	Alves, Azevedo e Cândido (2017)	Bacia hidrográfica do Rio Paraíba/PB
Agropecuários, sociais, econômicos e geoambientais	Gois (2016)	Município de Poço Redondo/SE
	Lima (2014)	Bacia do Rio Taperoá/PB
Climáticos	Soares, Nóbrega e Galvêncio (2017)	Bacia hidrográfica do Rio Pajeú/PE

Fonte: Elaboração dos autores (2022).

**Figura 03.** Frequência das pesquisas por estado do Semiárido Brasileiro



Elaborado pelos autores em 2022.

No que diz respeito à atualização da literatura clássica, identifica-se o advento dos sistemas espectrais de indicadores, que se utilizam, sobretudo, das técnicas de geoprocessamento, sensoriamento remoto e processamento digital de imagens para avaliar o estado da desertificação, como nos estudos de Albuquerque *et al.* (2020) e Santos (2017). Isso é válido pela acessibilidade e difusão dessas técnicas digitais entre os ramos do conhecimento, sobretudo porque os estudos focam no comportamento temporal e de alteração da cobertura

vegetal, dos solos e dos aspectos climáticos, uma vez que esses têm o potencial de melhor caracterizar o risco à desertificação (NASCIMENTO, 2013), por lidar diretamente com os atributos geoambientais da área, embora os resultados das técnicas digitais sejam uma aproximação e representação do real.

Além desses aspectos, nota-se nos trabalhos, de maneira geral, uma fragilidade na descrição técnica e procedimental de execução dos parâmetros dos indicadores, inviabilizando, em alguns casos, a universalização

dos sistemas aplicados, desafio que tem dificultado as pesquisas em desertificação (RÊGO, 2012). Atrelado a isso, tem-se a prevalência dentro do modelo DPSIR, conforme indicado no Quadro 2, indicadores de estado, que embora sejam essenciais, cumprem apenas um primeiro estágio na identificação de áreas em processo de desertificação.

Perante essa realidade, deve ser esclarecedor que a caracterização ou diagnóstico físico do ambiente e das suas condições sociais de ocupação do território, embora sejam etapas primordiais no estudo da deser-

tificação, não se caracterizam como um sistema de indicadores para a detecção do fenômeno. Ainda que se elenque de forma dispersa um ou mais elementos físicos, não se enquadram como um conjunto mínimo capaz de permitir a identificação de tais processos e seu monitoramento ao longo do tempo (MATALLO JÚNIOR, 2001). De modo que, desconsiderando tal prerrogativa, entra-se em negligência e contradição conceitual e metódica do significado da desertificação, enquanto fenômeno dinâmico e complexo de suas causas e consequências para investigação.

**Quadro 02.** Matriz dos sistemas de indicadores revisados nos estudos

Categoria	Tema	Indicador	Principais técnicas/método	Modelo DPSIR
Geobiofísicos	Geologia	Litotipos/Permeabilidade	Mapeamento cartográfico	Estado
	Relevo	Declividade/Topografia	Geoprocessamento de Modelo Digital de Elevação	
	Cobertura vegetal	Classes de vegetação e conservação	Geoprocessamento de imagens de satélite, checagem em campo e mapeamento	
			Mapeamento cartográfico e trabalho de campo	
	Solos	Espessura	Literatura especializada	
		Erosão	Trabalho de campo	
		Vulnerabilidade a perda de solo	Metodologia de Crepani <i>et al.</i> (2001) com a interseção de variáveis geoambientais	
	Clima	Zonação climática	Mensuração de dados meteorológicos	
		Índice de aridez	Razão entre a precipitação e a evapotranspiração	
		Vulnerabilidade às secas	Variação da anomalia na normal pluviométrica	
Espectrais	Cobertura vegetal	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada	Geoprocessamento de imagens de satélite, checagem em campo e análise estatística	Estado
		Índice de Área Foliar		
	Solos	Índice de Textura de Solo		
		Topsoil Grain Size Index		
	Clima	Índice de Umidade por Diferença Normalizada		
		Temperatura da Superfície		
		Albedo		
		Saldo de radiação		
		Fluxo de calor no solo		

Continua na próxima página...

Categoria	Tema	Indicador	Principais técnicas/método	Modelo DPSIR		
Socioeconômicos	População	Densidade demográfica	Dados censitários pela ordem de mais pessoas, maior pressão/degradação das terras (habitante/km <sup>2</sup> )	Estado		
		População Feminina	Dados censitários e institucionais a nível nacional, regional e local			
		População > 65 anos				
		Proporção da população rural				
		População urbana				
		População total				
		Densidade demográfica (hab./km <sup>2</sup> )				
		Proporção da população sem acesso à energia elétrica				
		Proporção da população sem acesso à água encanada				
		% dos ocupados no setor agropecuário - 18 anos ou mais				
	% dos ocupados no setor comércio - 18 anos ou mais					
	Acesso à água	Captação de água	Dados censitários e institucionais a nível nacional, regional e local	Estado		
	Posse de Terra	Estrutura fundiária				
	Pobreza	Matriz energética				
	Pobreza	Destino dos resíduos sólidos				
	Saúde	Esperança de vida ao nascer				
		Taxa de mortalidade infantil				
	Renda	Razão de dependência			Dados censitários e institucionais a nível nacional, regional e local	-
		Taxa de analfabetismo - 15 anos ou mais				Pressão
		Taxa de alfabetização				Pressão
		Taxa de desocupação				Estado
		Taxa de atividade	-			
		População Economicamente Ativa	-			
Índice de desenvolvimento humano municipal		Dados censitários pela orientação de menor IDH-M, áreas mais degradadas	-			
Renda domiciliar <i>per capita</i>		Dados censitários e institucionais a nível nacional, regional e local	-			
Proporção de extremamente Pobres			Estado			
Sem rendimento			-			
Índice de GINI	-					
Produto interno bruto <i>per capita</i>	-					
Produto interno bruto Municipal	-					
Climáticos	Clima		Índice de aridez (IA)	Razão entre a precipitação (P) e a evapotranspiração (ETP)	Estado	
			Precipitação padronizada (IPP)	Séries históricas mensais com 50 anos de precipitação		

Continua na próxima página...



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 36  
Julho-Dezembro, 2023  
ISSN: 2175-3709

Categoria	Tema	Indicador	Principais técnicas/método	Modelo DPSIR
Agropecuários	Uso da terra	Efetivo de caprinos/área dos estabelecimentos agropecuários	Dados censitários e institucionais a nível nacional, regional e local	Pressão
		Efetivo de ovinos/área dos estabelecimentos agropecuários		
		Proporção da área municipal destinada à lavouras permanentes e temporárias		
		Avanço da fronteira agropecuária	Dados censitários	
		Uso do solo agrícola	Dados censitários agropecuários pela ordem de maior área cultivada, maior risco de degradação das terras	
		Pecuária	Dados censitários agropecuários	Força motriz
		Estrutura agrícola	Dados censitários agropecuários, pela ordem de maior número de pequenas propriedades, mais degradação da terra	
		Extrativismo vegetal	Dados, censitários agropecuários, pela ordem de maior extração vegetal, maior degradação das terras (m <sup>3</sup> de lenha/município)	Pressão
		Agricultura temporária	Dados institucionais locais	
		Carga animal	Quantidade de unidades animal por área de pastagem nativa e plantada	
		Ocorrência de incêndio	Mapa de densidade de Kernel, calculado a partir dos focos de incêndio, para o período de 10 anos	Resposta

Elaborado pelos dos autores (2022).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A natureza complexa e dinâmica do fenômeno da desertificação, no tempo e no espaço, implica decisivamente nos estudos que se debruçam sob o avanço metodológico de investigação do problema, sobretudo, por meio da sistematização de categorias de indicadores. Embora a temática da desertificação tenha ganhado *status* científico e preocupação internacional desde a década de 1970, ainda hoje é perceptível entraves de compreensão do problema no meio acadêmico, institucional e das políticas públicas.

No que diz respeito ao processo de revisão de literatura neste estudo, que visou identificar os sistemas de indicadores que vêm sendo adotados para identificação do problema a nível de Semiárido brasileiro, foi possível espacializar as principais categorias, temas e indicadores sob o marco conceitual de enfoque (Quadro 2), como principal contribuição às pesquisas empíricas futuras e ao aprimoramento e ordenação das metodologias, em seu quadro científico, visando adequar as realidades específicas à técnica

operacional e sistemática dos indicadores.

Entretanto, não reside somente a necessidade de revisão e atualização dos sistemas de indicadores vigentes nos estudos, é preciso traçar, do ponto de vista teórico e metodológico, qual o grau de coerência dos indicadores trabalhados com capacidade de denunciar a ocorrência de desertificação. Para tanto, não coube ao escopo deste trabalho

neste momento, mas parte como agenda de reflexão e execução *a posteriori* nos territórios do SEB, pois é somente com (re) construção e aplicação dos sistemas de indicadores, à luz das realidades espaciais locais, que conseguiremos avançar na detecção de ocorrência do fenômeno, *vis a vis* na capacidade de dar respostas epistemológicas à compreensão conceitual e política de tomada de decisão de combate à desertificação.●

### AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) e da Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Norte (FAPERN) – 001, processo SEI n.º 10910019.000263/2021-43.



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 36  
Julho-Dezembro, 2023  
ISSN: 2175-3709

## REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, E. M.; MONTAÑA, E.; TORRES, L. Procedimiento y marco metodológico para la obtención de indicadores de desertificación en forma participativa. In: ABRAHAM, E. M.; BEEKMAN, G. B. *Indicadores de la Desertificación para América del Sur*. Mendoza: Editorial Martín Fierro, 2006. p. 36-60.
- ABRAHAM, E. M.; BEEKMAN, G. B. *Indicadores de la desertificación para América del Sur*. Mendoza: Editorial Martín Fierro, 2006.
- ALBUQUERQUE, D. S. *et al.* Cenário da desertificação no território brasileiro e ações de combate à problemática no estado do Ceará, Nordeste do Brasil. *Desenvolvimento e Meio Ambiente* [Edição especial] Sociedade e ambiente no Semiárido: controvérsias e abordagens, Paraná, v. 55, p. 673-696, 2020.
- ALBUQUERQUE, P. I. de M. *et al.* Sensoriamento remoto aplicado em indicadores de desertificação no município de Parelhas/RN. *Revista de Geografia*, Recife, v. 37, n. 1, p. 241-261, 2020.
- ALVES, T. L. B. *et al.* Evolução espaço-temporal do albedo e da cobertura vegetal da superfície na bacia hidrográfica do alto curso do Rio Paraíba. *Geosul*, Florianópolis, v. 33, n. 66, p. 147-171, 2018.
- ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V.; CÂNDIDO, A. G. Indicadores socioeconômicos e a desertificação no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 19-40, 2017.
- AQUINO, D. do N. *et al.* Use of remote sensing to identify areas at risk of degradation in the semi-arid region identify areas at risk of degradation in the semi-arid region. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 49, n. 3, p. 420-429, 2018.
- ARAÚJO, D. T. de. *Indicadores de degradação ambiental/ desertificação no município de Parambu/CE*. 2016. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016. 151 p.
- BARRETO, L. L. *Suscetibilidade ao processo de desertificação no Núcleo dos Sertões dos Inhamuns: o caso da sub-bacia do riacho do Urubu – Mucuí – Arneiroz – CE*. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015. 152 p.

BARRETO, L. L. *Indicadores geobiofísicos de suscetibilidade à desertificação nas Serras de Uruburetama, da Meruoca e nos sertões do centro norte – Ceará – Brasil*. 2018. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. 177 p.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. In: CRUZ, O. (trad.) *Revista RA'E GA*, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.

BEEKMAN, G. B. El programa de combate a la desertificación y mitigación de los efectos de la sequía en América del Sur, BID-IICA. In: ABRAHAM, E. M. e BEEKMAN, G. B. *Indicadores de la Desertificación para América del Sur*. Mendoza: Editorial Martín Fierro, 2006. p. 21-35.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-BRASIL)*. Brasília: Edições MMA, 2004.

CAETANO, F. A. O. *Desertificação e governança nas comunidades rurais da ASD do Sertão dos Inhamuns, Ceará*. 2018. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Programa de Pós-Graduação em Economia Rural. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. 125 p.

CEZÁRIO, A. R. V. *Degradação ambiental e suscetibilidade à desertificação no município de Tejuçuoca Ceará - Brasil*. 2019. Dissertação (mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019. 136 p.

COSTA, L. R. F. da; OLIVEIRA, V. P. V. de. Sistemas ambientais e indicadores de desertificação: dinâmica das paisagens semiáridas na Sub-Bacia Hidrográfica do Riacho Santa Rosa. *Ateliê Geográfico*, Goiânia, v. 11, n. 2, p. 238-258, 2017.

CREPANI, E. *et al.* *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial*. São José dos Campos: INPE, 2001.

GALVÃO, T. F. G.; PANSANI, T. de S. A.; HARRAD, D. Principais itens para relatar revisões sistemáticas e meta-análises: a recomendação PRISMA. *Epidemiologia Serviço de Saúde*, Brasília, v. 24, n. 2, p. 335-342, 2015.

GOIS, D. V. *Dinâmica fitogeográfica e suscetibilidade à desertificação no município de Poço Redondo - SE*. 2016.



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 36  
Julho-Dezembro, 2023  
ISSN: 2175-3709



Dissertação (Pós-Graduação em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2016. 161 p.

LIMA, P. P. S. de. *Análise do processo de degradação/desertificação na bacia do Rio Taperoá-PB através de indicadores e geotecnologias*. 2014. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014. 163 p.

LIMA, R. da C. C. *et al.* Sistema de avaliação espacial do processo de desertificação no Semiárido brasileiro. *Gaia Scientia*, João Pessoa, v. 10, n. 4, p. 690-707, 2016.

MACÊDO, M. L. A. de. *Análise estatística e geotecnologias no estudo dos indicadores de desertificação nos “Cariris Velhos”- PB*. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015. 134 p.

MATALLO JÚNIOR, H. *Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas*. Brasília: UNESCO, 2001.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. de C.; GALVÃO, C. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto Contexto Enfermagem*, Florianópolis, v. 17, n. 4, p. 758-64, 2008.

NASCIMENTO, F. R. *O fenômeno da desertificação*. Goiânia: Editora UFG, 2013.

NASCIMENTO, F. R. Método e operacionalidades na relação ambiental entre bacias hidrográficas e áreas susceptíveis à desertificação na América Latina e Brasil. *Universidade e Meio ambiente*, Belém, v. 2, n. 1, p. 1-18, 2017.

OLIVEIRA, V. V. Indicadores biofísicos de desertificação, Cabo Verde/África. *Mercator*, Fortaleza, v. 10, n. 22, p. 147-168, 2011.

OLIVEIRA JÚNIOR, I. de *et al.* Uso e cobertura da terra e o processo de desertificação no polo regional de Jeremoabo-Bahia. *Revista de Geografia*, Recife, v. 37, n. 2, p. 130-149, 2020.

OKOLI, C. Guia para realizar uma revisão sistemática da literatura. In: DUARTE, D. A. (trad.); MATTAR, J. (Rev. tec.) *EaD em Foco*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 1-40, 2019.

PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, v. 372, n. 71, p. 1-9, 2021. Disponível em: <https://www.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmj.n71> Acesso em: 16 mai. 2022.

PEREIRA NETO, M. C. *Predisposição à desertificação no núcleo Seridó (RN - Brasil): geoecologia de paisagens semiáridas*. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016. 195 p.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. *Metodologia do trabalho científico* [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RÊGO, A. H. *Os sertões e os desertos: o combate à desertificação*. Brasília: FUNAG, 2012.

RODRIGUES, C. P. B. *Ensaio sobre a vulnerabilidade socioeconômica da desertificação no semiárido brasileiro*. 2017. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Curso de Pós-Graduação em Economia Rural. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. 143 p.

SANTOS, T. C. dos. *Avaliação do desempenho de índices espectrais na identificação de áreas desertificadas*. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. 242 p.

SILVA, E. G. B. da. *Degradação das terras secas nos sertões de Santa Quitéria e Independência – Ceará: contribuições ao monitoramento ambiental*. 2018. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. 180 p.

SILVA, G. J. F. da. *Estimativa de indicadores biofísicos para avaliação do processo de desertificação no município de São João do Cariri- PB*. 2014. 127 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

SOARES, D. B.; NÓBREGA, R. S.; MOTA FILHO, F. de O. Mapeamento do percentual de solo exposto em área suscetível à desertificação em Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Cartografia*, Monte Carmelo, v. 69, n. 9, p. 1669-1676, 2017.

SOARES, D. B.; NÓBREGA, R. S.; GALVÍNCIO, J. D. G.



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 36  
Julho-Dezembro, 2023  
ISSN: 2175-3709

Indicadores climáticos de desertificação na bacia hidrográfica do rio Pajeú, Pernambuco. *Revista Brasileira de Climatologia*, Curitiba, v. 22, n. 14, p. 363-380, 2018.

SOUSA, M. L. M. de. *Susceptibilidade à Degradação/Desertificação na Sub-Bacia Hidrográfica do Riacho Feiticeiro (Ceará/Brasil) e na Microbacia da Ribeira Grande (Santiago/Cabo Verde)*. 2016. 215 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

SOUSA, M. L. M. de; NASCIMENTO, F. R. do. Estudos geoambientais de bacias hidrográficas em áreas suscetíveis à desertificação no Nordeste do Brasil. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, Bogotá, v. 24, n. 1, p. 13-27, 2015.

SOUZA, M. T. de; SILVA, M. D. da; CARVALHO, R. de. Revisão integrativa: o que é e como fazer? *Einstein*, São Paulo, v. 8, n. 1, 2010.

SOUZA, S. D. G. de; SOUZA, A. C. N. de; SOUSA, M. L. M. de. Na interface do embasamento, solos e cobertura: a suscetibilidade à desertificação da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Figueiredo, Ceará. *Caderno de Geografia*, Belo Horizonte, v. 31, n. 66, p. 682-701, 2021.

TEIXEIRA, C. M. B. *Comportamento e integração de indicadores espectrais da desertificação*. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018. 152 p.

VIEIRA, R. M. da S. P. *Susceptibilidade à degradação/desertificação no semiárido brasileiro: tendências atuais e cenários decorrentes das mudanças climáticas e do uso da terra*. 2015. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) – Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2015. 111 p.