



# Impacto da desertificação na dinâmica hidrológica da Bacia do Rio Japaratuba no Médio Sertão Sergipano

Impact of desertification on the hydrological dynamics of the Japaratuba River Basin in the Médio Sertão Sergipano

D. F. C. Santana\*; P. S. R. Nascimento

*Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Sergipe, 49107-230, São Cristóvão-Sergipe, Brasil*

\*deborahcarvalho1227@gmail.com

(Recebido em 07 de julho 2025; aceito em 23 de outubro de 2025)

O mapeamento das áreas em processos de degradação do solo é decisivo para a manutenção da dinâmica hidrológica e dos fluxos ecossistêmicos. Dessa forma, objetivou-se determinar a região afetada pela desertificação e seus possíveis impactos no trecho da Bacia Hidrográfica do Rio Japaratuba, localizada no Médio Sertão Sergipano, correlacionando o conjunto de características naturais do ambiente com os fatores de ordem antrópica. Para tal, foram compilados os mapas de divisão climática, precipitação, pedologia, geomorfologia e uso do solo de bancos de dados georreferenciados de acesso gratuito. Para análise quantitativa das dinâmicas hidrológicas foi realizado o balanço hídrico dos municípios no ano de 2019 e a aplicação do modelo Medalus para obtenção da estimativa do índice de sensibilidade à desertificação. Foram integradas a caracterização natural da região (clima, pedologia e geomorfologia) com as modificações antrópicas (uso do solo), obtendo o índice de desertificação de 1,22. Este resultado indica que a região é potencialmente afetada pelo processo de desertificação; e o balanço hídrico indicou as diferenças entre o período úmido e o seco. No período úmido, o excedente hídrico foi positivo, no entanto, no período seco, a água presente no solo não supriu as demandas ecossistêmicas, denotando uma criticidade hídrica. Essa análise indicou o potencial para a desertificação, com impactos na intensificação da erosão do solo e dos processos de seca, afetando a dinâmica hidrológica e do ecossistema.

Palavras-chave: método Medalus, balanço hídrico, criticidade hídrica.

Mapping areas undergoing soil degradation is crucial for maintaining hydrological dynamics and ecosystem flows. Therefore, the objective was to determine the region affected by desertification and its potential impacts on the Japaratuba River Basin, located in the Middle Sertão region of Sergipe, correlating the set of natural environmental characteristics with anthropogenic factors. To this end, maps of climate division, precipitation, pedology, geomorphology, and land use were compiled from freely accessible georeferenced databases. For a quantitative analysis of the hydrological dynamics, a water balance of the municipalities was calculated in 2019, and the Medalus model was applied to obtain an estimate of the desertification sensitivity index. The natural characteristics of the region (climate, pedology, and geomorphology) were integrated with anthropogenic modifications (land use), resulting in a desertification index of 1.22. This result indicates that the region is potentially affected by the desertification process. The water balance indicated differences between the wet and dry periods. During the wet period, the water surplus was positive; however, during the dry period, the soil water did not meet ecosystem demands, indicating critical water stress. This analysis indicated the potential for desertification, with impacts on the intensification of soil erosion and drought processes, impacting hydrological and ecosystem dynamics.

Keywords: Medalus method, water balance, critical water situation.

## 1. INTRODUÇÃO

O Médio Sertão Sergipano é caracterizado pelo clima semiárido, baixa precipitação pluviométrica anual, altas taxas de temperatura e evapotranspiração, com estação seca prolongada e vegetação predominante do Bioma Caatinga [1-3]. Tais características naturais tornam o território adaptado às condições de aridez, no entanto, as ações antrópicas desequilibram e alteram a dinâmica ambiental [4], tornando a região vulnerável aos processos erosivos, principalmente aquelas em que a vegetação natural foi convertida em solos expostos [5]. A desertificação é o fenômeno decorrente de uma série de processos, os quais envolvem perda de qualidade dos solos

pela degradação ambiental, criando um ciclo de retroalimentação negativa, já que afeta as áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas, contribuindo significativamente com o aumento dos eventos de escassez em áreas que antes eram naturalmente adaptadas [6-8].

O principal fator da alteração do equilíbrio do semiárido sergipano é o uso inadequado do solo [9], juntamente com a alta temperatura e baixa precipitação [10]. A deficiência hídrica nos municípios de Aquidabã, Cumbe, Nossa Senhora das Dores, Graccho Cardoso, Feira Nova e Itabi, ocorre mesmo no período chuvoso entre março e setembro [11, 12]. Tais municípios pertencem ao trecho da Bacia Hidrográfica do Rio Japaratuba, localizada no Médio Sertão Sergipano.

Aproximadamente 86% da área é destinada à pastagem, atividade realizada no desenvolvimento de áreas pastoris e agrícolas, cujo principal fator é o desmatamento da cobertura natural na Bacia Hidrográfica do Rio Japaratuba [13]. Assim, a vegetação arbustiva e arbórea da caatinga, dominante no semiárido é substituída por pastos herbáceos ou culturas de ciclo curto [14]. Esse fator, somado às condições naturais de temperatura e precipitação, corrobora com a fragilização dos solos por diminuir a permeabilidade e aumentar a compactação, acelerando o escoamento superficial e a erosão [15, 16]. Os fatores naturais, como os tipos de solo e as formações geomorfológicas, atrelados à interferência antrópica, colaboram com o aumento da vulnerabilidade à desertificação da região. Esta dinâmica desencadeia impactos adversos aos processos hidrológicos por elevarem a evapotranspiração e reduzirem a infiltração da água no solo pelo aumento do escoamento superficial e interferindo no suprimento de água para a vegetação e uso humano [17, 18].

Posto isso, objetivou-se determinar os possíveis impactos da desertificação nas dinâmicas hidrológicas da Bacia do Rio Japaratuba, inserida no Médio Sertão Sergipano, a partir de uma análise semiquantitativa da sensibilidade/risco ao processo erosivo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo, o território do Médio Sertão Sergipano, possui uma densidade demográfica de, aproximadamente, 40 habitantes/km<sup>2</sup>, é composta por 6 municípios e está inserido em 3 (três) Bacias Hidrográficas: do Rio Sergipe, Rio São Francisco e Rio Japaratuba, sendo esta última o objeto de estudo do presente trabalho (Figura 1), compreendendo os municípios de Aquidabã, Cumbe, Nossa Senhora das Dores, Graccho Cardoso, Feira Nova e Itabi.

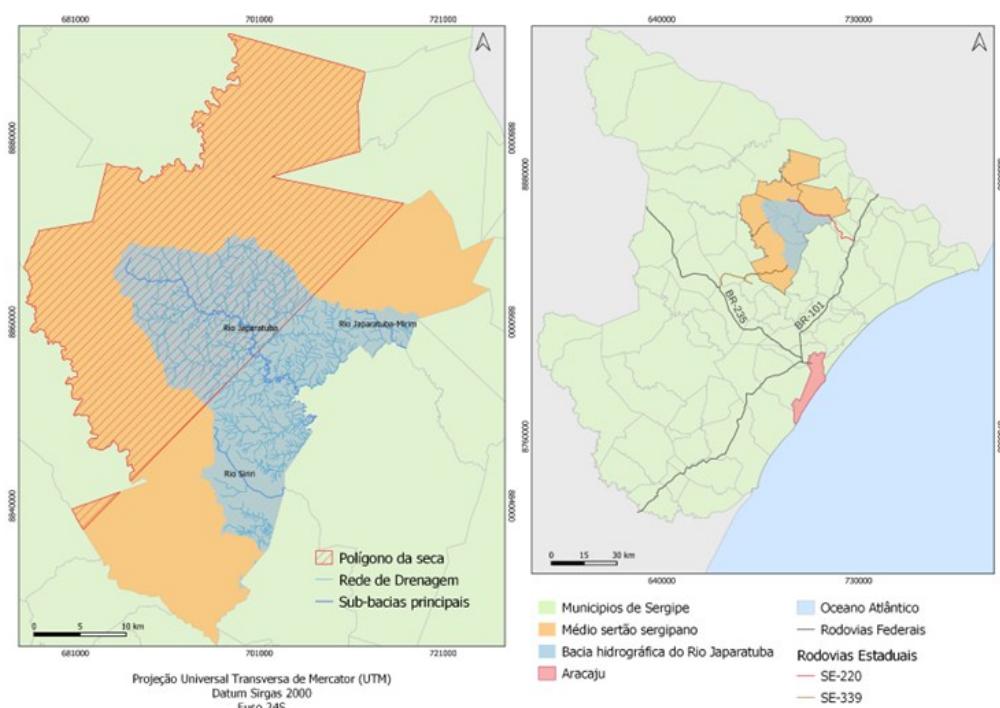


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo em Sergipe, nordeste do Brasil.

Inicialmente, utilizando o *software* livre QGIS-Versão 3.40.01 [19], foram compilados e confeccionados os mapas temáticos: regiões climáticas de: precipitação pluviométrica; pedologia; geomorfologia e vegetação natural e uso do solo. Estes dados vetoriais foram obtidos no Atlas de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe Secretaria (2024) [20] e Projeto MapBiomas – Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil (2023) [21]. Após a aquisição e importação dos dados supracitados para o ambiente de trabalho do *software* QGIS, realizou-se a padronização desses dados para o Sistema de Referências de Coordenadas (SRC), adotando o Sistema de Coordenadas e Datum Sirgas 2000.

Para interpretação e avaliação foi realizada a revisão bibliográfica e aplicada uma forma simplificada da metodologia Medalus (*Mediterranean Desertification and Land Use*) [22-25], em que a abordagem se concentra no processo físico de perda de solo por erosão hídrica, bem como nos processos associados de perda de nutrientes e fertilidade, os quais são identificados como os problemas fundamentais a serem analisados. Assim, é permitido estimar o índice de sensibilidade à desertificação [26-30] através da relação das classes de clima (S1), solo (S2), cobertura vegetal (S3) e pressão antrópica (S4). Para cada classe, foi escolhido o parâmetro mais representativo, a saber: para o S1 foram utilizados os índices de precipitação, as temperaturas médias e o índice de aridez [31]; para a classe S2 foram escolhidas a geomorfologia e pedologia; o NDVI e cobertura natural da paisagem para S3 e por fim, para o S4, foi utilizada a densidade demográfica e percentual do uso do solo. Cada valor ou caracterização de clima, solo, vegetação e pressão antrópica foram obtidos através dos mapas temáticos, apresentando o grau de vulnerabilidade. Esses valores de vulnerabilidade, para a área de estudo, foram obtidos relacionando os valores já determinados na literatura [4, 5, 32, 33], para cada caracterização de clima, solo, cobertura vegetal e pressão antrópica (Tabela 1).

*Tabela 1: Valores de vulnerabilidade dos parâmetros ambientais e antrópicos.*

<b>Parâmetros</b>	<b>Grau de vulnerabilidade</b>	<b>Fonte</b>
<b>Precipitação, temperatura e índice de aridez (S1)</b>	1,5; 1,0 e 1,5 (respectivamente)	[27, 29, 30]
<b>Geomorfologia e pedologia (S2)</b>	2,0 e 3,0 (respectivamente)	[25, 27, 29]
<b>NDVI e cobertura natural (S3)</b>	1,8 e 2,0 (respectivamente)	[25, 27, 29]
<b>Densidade demográfica e percentual do uso do solo (S4)</b>	1,4 e 1,7 (respectivamente)	[25, 27, 30]

Definidos os valores de vulnerabilidade, realizou-se o cálculo, normalizando os valores de vulnerabilidade, com o objetivo de se obter uma escala em comum, em intervalos definidos de 1 a 2, de modo a garantir a combinação e posteriormente utilizá-los na equação da DSI, dada pela equação 1:

$$\text{DSI} = \sqrt[4]{S1 \times S2 \times S3 \times S4} \quad \text{Eq. 1}$$

A normalização foi realizada no Excel, através da aplicação do método Min-Máx:

$$\text{Valor normalizado} = \frac{(X - X_{\min})}{(X_{\max} - X_{\min})} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde: X é o valor original da variável; X<sub>min</sub> é o valor mínimo da variável e X<sub>max</sub> o valor máximo. Foi possível obter quatro classes de sensibilidade à desertificação: não afetado, potencialmente afetado, frágil e crítico [23-25].

Para o cálculo do balanço hídrico do ano de 2019, foram utilizados dados de temperatura média, precipitação e evapotranspiração, os quais foram trabalhados em planilha do Excel desenvolvida por Rolim et al. (1998) [34], na versão de 2006. A planilha segue a metodologia de cálculo de Thornthwaite (1948) [35] e Thornthwaite e Mather (1955) [36] e, para tal, se faz necessário a inserção de parâmetros climatológicos do local. A aquisição dos dados de precipitação, temperatura e evapotranspiração foi realizada pelo aplicativo DataClimaBR desenvolvido na plataforma *Google Earth Engine*. Dessa forma, os dados de precipitação total,

evapotranspiração total e temperatura média, foram obtidos originalmente de Xavier et al. (2022) [37] e Barros et al. (2025) [38], os quais forma empregados para obter: o Negativo acumulado (NEG-ACU), a capacidade de água disponível (CAD), o armazenamento (ARM), o excedente (EXC) e a deficiência (DEF), dos 6 municípios da área de estudo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área de estudo possui três divisões climáticas (Figura 2): litoral úmido, agreste e semiárido, sendo esses dois últimos os mais predominantes na região. As taxas de precipitação variam entre 800 mm/ano e 1500 mm/ano (Figura 3), sendo o intervalo de 800-1000 mm/ano mais significativo, já que é a mais abrangente. Relacionando os dois mapas, é possível verificar e correlacionar as características naturais da região: baixa pluviosidade (especialmente nas áreas identificadas como semiárida e agreste), irregularidade das chuvas, altas temperaturas e forte evaporação [39]. Os autores destacam que a continentalidade é um dos fatores principais das variações climáticas do estado de Sergipe, pois à medida que se afasta do litoral, a precipitação se torna mais escassa, restrita ao período do inverno.

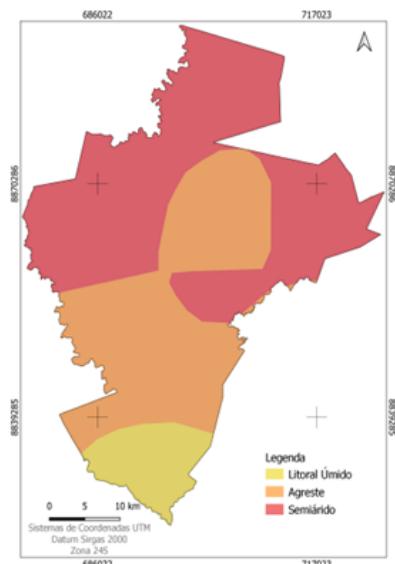


Figura 2: Mapa simplificado das regiões climáticas da área de estudo em Sergipe.

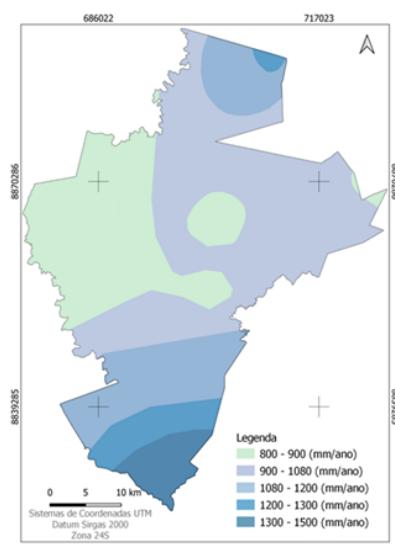


Figura 3: Mapa da distribuição das precipitações pluviométricas (em mm) da área de estudo em Sergipe.

A ação da água (agente ativo da erosão) sobre o solo (agente passivo) origina o processo de erosão hídrica do solo, que depende das condições intrínsecas do solo, como a granulometria, a estrutura, a textura e a composição química, pois determinam a capacidade de cada tipo de solo resistir às forças erosivas, determinando a suscetibilidade ao processo. Na maioria das situações é praticamente impossível diferenciar o que é erosão natural ou erosão antrópica, por isso, é considerado que o processo natural de erosão é acelerado pelas ações humanas [22, 32, 33].

Os tipos de solos presentes no Médio Sertão Sergipano (Figura 4) são os Latossolos Amarelos Distróficos, os Planossolos Háplicos Eutróficos, os Argissolos Vermelhos-Amarelos Distróficos e Eutróficos, os Neossolos Litólicos Eutróficos e Distróficos e Neossolos Quartzarenos Órticos, os quais são de ocorrência típica no Nordeste brasileiro [40-42]. Na Bacia Hidrográfica do Rio Japaratuba, os Neossolos Litólicos Eutróficos e os Argissolos Vermelhos-Amarelos Eutróficos são os solos de maior representatividade.

Os Latossolos Amarelos distróficos são solos estáveis (baixa suscetibilidade a processos erosivos), maduros e bem desenvolvidos (grande espessura do seu perfil), intensamente intemperizados (lixiviados), com boa permeabilidade, com fertilidade natural razoavelmente baixa. Os Argissolos Vermelhos-Amarelos Distróficos e Eutróficos e os Planossolos Háplicos Eutróficos são considerados solos com grau de vulnerabilidade intermediário, pois possuem, em geral, menor profundidade e impõem dificuldade para a infiltração de água em seu perfil (impermeabilidade), favorecendo processos erosivos. Os Neossolos Litólicos Eutróficos e Distróficos e Neossolos Quartzarenos Órticos apresentam pequenas profundidades com pedregosidade superficial, e dessa forma são altamente vulneráveis aos processos erosivos em seus perfis verticais rasos e arenosos, principalmente quando localizados em alta declividade [40-42].

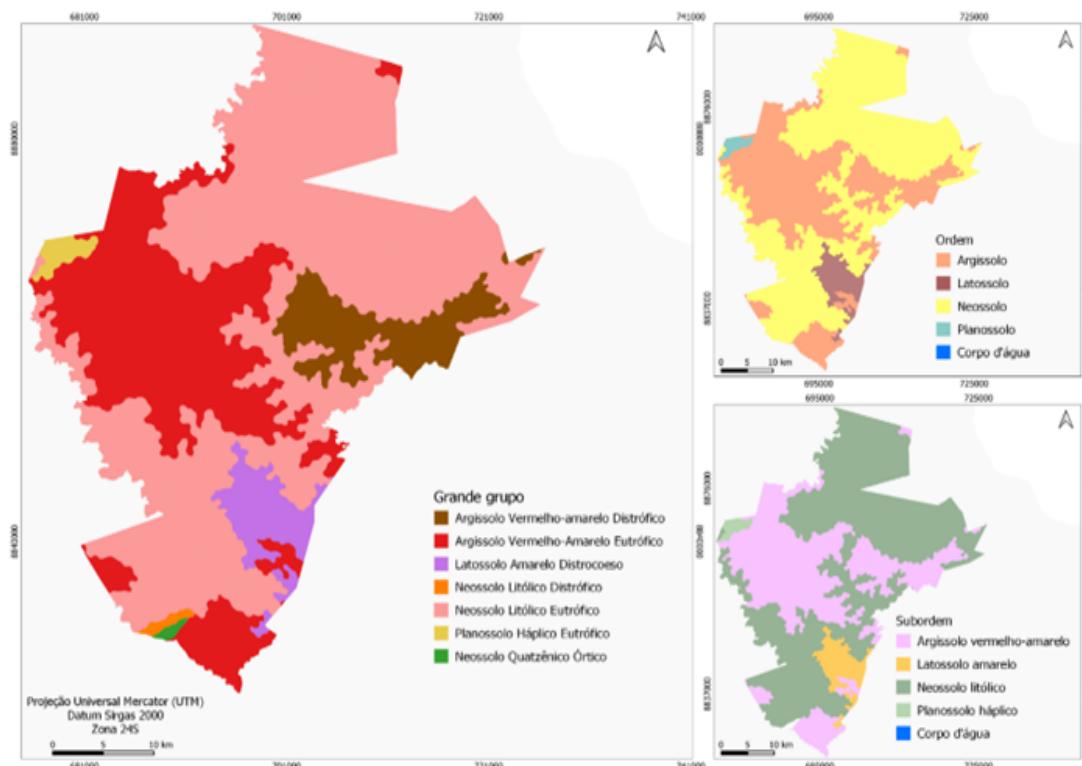


Figura 4: Mapa simplificado de pedologia na área de estudo em Sergipe.

Para a geomorfologia, através da identificação dos tipos geomorfológicos presentes na área e pesquisa bibliográfica acerca de suas características, foram analisadas a porosidade e permeabilidade do solo, que se relacionam de forma direta à dissecação do relevo pela drenagem (Figura 5). Solos e rochas impermeáveis impedem a infiltração das águas e, por consequência, a

quantidade de água superficial a ser escoada no terreno é maior, resultando em um aumento do *runoff* e nos canais de drenagem, que implicam no aumento da capacidade erosiva. As formas de relevo estrutural convexo formadas por escarpas e vales estruturais e o pediplano retocado desnudo com superfícies expostas apresentam escoamento concentrado com alta suscetibilidade à erosão [43, 44]. As formas de relevo pediplano retocado inumado composto por superfície antiga com recobrimento arenoso parcialmente protegido e as homogêneas tabular e convexa constituídas por topos planos e aplainamento residual convexo, respectivamente, apresentam erosão laminar sobre topos e erosão linear nas vertentes [43, 45]. O pediplano degradado inumado constituído por superfície aplainada recoberta indica menor suscetibilidade à erosão, com exceção em regiões climáticas muito variáveis [43].

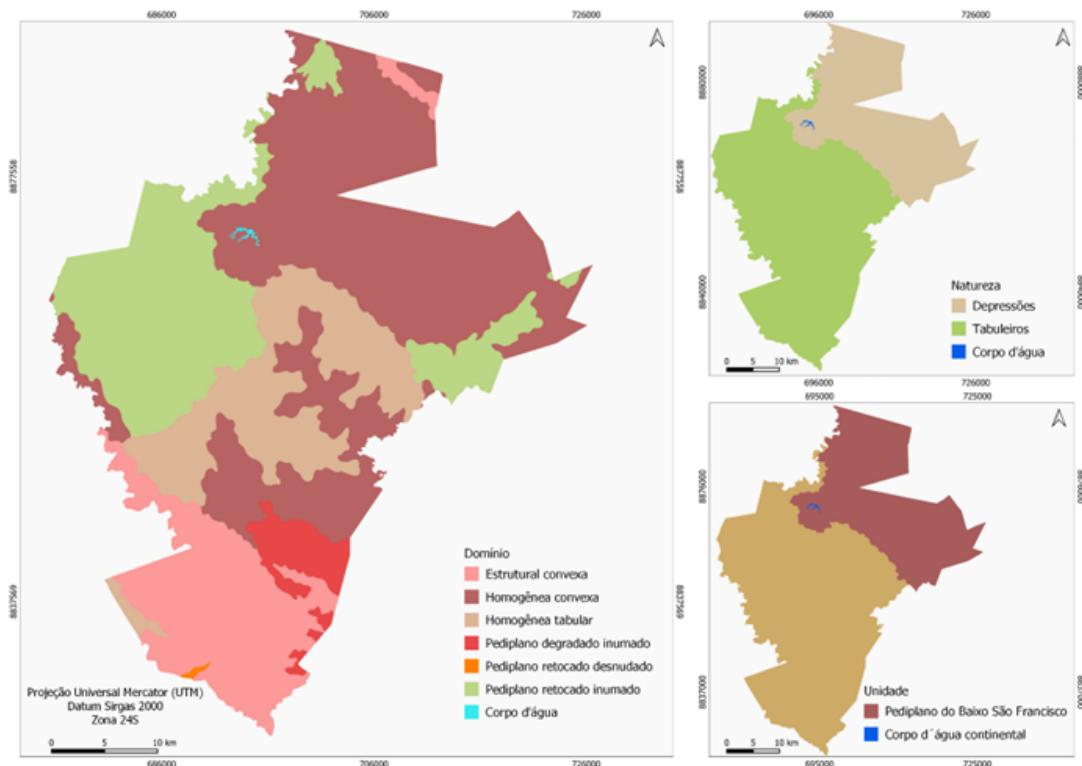


Figura 5: Mapa simplificado de geomorfologia na área de estudo em Sergipe.

Em relação à vegetação, a densidade da cobertura vegetal e o uso dado ao solo são os pontos a serem analisados. A cobertura vegetal do terreno e sua alta densidade trazem efeitos que protegem contra os processos erosivos, logo se não há nenhum dos dois, o solo fica desprotegido e vulnerável aos processos erosivos [32, 33]. A vegetação natural e o uso do solo são representados pela grande parcela da área destinada à pastagem (aproximadamente 86% das áreas úteis), com poucas incidências visíveis da vegetação natural (Figura 6).

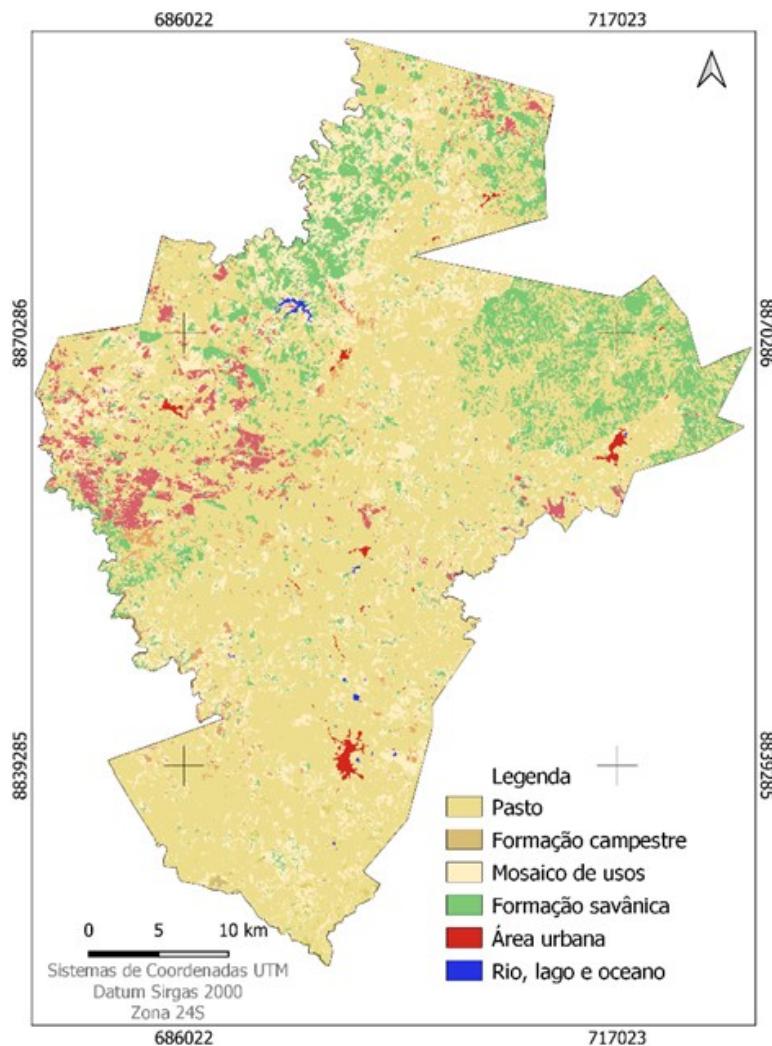


Figura 6: Mapa de vegetação natural e uso do solo na área de estudo em Sergipe.

A desertificação, geralmente, começa com o desmatamento e a consecutiva substituição da vegetação nativa por um tipo de cultura de porte e de ciclo de vida diferente [46]. Assim, a vegetação arbustiva e arbórea da caatinga é substituída por pastos ou culturas de ciclo curto. As características climáticas com altas taxas de temperatura e evaporação, precipitações irregulares no tempo e vegetação esparsa, com desmatamento e conversão da vegetação natural em áreas agropecuárias intensificam o processo de degradação dos solos, tornando-os improdutivos. Outras perdas severas são de biodiversidade do bioma em que atinge desde os solos, vegetação e toda a fauna [47].

Apesar disso, o território apresenta baixa pressão antrópica no que se refere à densidade demográfica: apresenta um valor de média dos 6 municípios de, aproximadamente, 36,68 hab/km<sup>2</sup>. No Plano de Desenvolvimento do Território do Médio Sertão Sergipano [48] é destacado o predomínio das pastagens. Fato que se traduz pela dimensão cultural da região, por conta da herança política e cultural, e sua relação com os latifúndios, justificando a concentração de rebanho bovino, aproximadamente 116.842 cabeças de gado (o quinto maior do estado) e a grande produção de leite, cerca de 15% da produção total de Sergipe.

A baixa precipitação anual e a estação seca prolongada do clima semiárido, atreladas à supressão vegetal e aos variados usos da terra intensificam as características naturais que já são suscetíveis à desertificação. Desse modo, os solos perdem suas estruturas devido à compactação e diminuição da permeabilidade, reduzindo a infiltração da água e aumentando o escoamento superficial. Os aquíferos, principalmente os fraturados, perdem significativamente a taxa de recarga, pois dependem da pequena capacidade de percolação das camadas de rochas. Já para os

granulares, há prejuízo na eficiência natural da taxa de recarga. Assim, com todos os parâmetros definidos e normalizados (Tabela 2), foi realizado o cálculo do índice de sensibilidade à desertificação (DSI) com a média dos índices normalizados de cada classe.

*Tabela 2: Parâmetros e índices normalizados das classes analisadas.*

Classes	Parâmetros	Índices normalizados
S1	Precipitação, temperatura e índice de aridez	1,25; 1,0 e 1,25 (respectivamente)
S2	Geomorfologia e pedologia	1,5 e 2,0 (respectivamente)
S3	NDVI e cobertura vegetal	1,4 e 1,5 (respectivamente)
S4	Uso do solo e densidade demográfica	1,35 e 1,2 (respectivamente)

Assim, o DSI obtido a partir dos parâmetros utilizados foi classificado em classes de sensibilidade à desertificação [37], conforme a Tabela 3. O valor foi obtido através da equação 3:

$$\text{DSI} = \sqrt[4]{1,167 \times 1,75 \times 1,45 \times 1,275} = 1,22 \quad \text{Eq. 3}$$

Desta forma, estando entre os valores de 1,170 e 1,225, a área de estudo é classificada como potencialmente afetada. Este resultado vai ao encontro à divisão climática proposta por Diniz et al. (2014) [49]. Os autores classificaram o estado de Sergipe em 4 zonas climáticas, as quais variam de acordo com a duração do período seco em meses, divergindo de até 2 meses de seca a partir da zona litorânea até o semiárido. Assim o Território do Médio Sertão Sergipano apresenta até 6 meses de seca anual, em oposição ao Território do Alto Sertão Sergipano, que atinge até 8 meses de seca.

*Tabela 3: Classes de sensibilidade à desertificação.*

Susceptibilidade	Pesos
Não afetado	<1,170
Potencialmente afetado	1,170 a 1,225
Frágil	1,225 a 1,530
Crítico	>1,530

A análise do balanço hídrico dos 6 municípios (Tabelas 4 a 9) permitiu revelar dados sobre o déficit acumulado, o excedente hídrico, a deficiência de água e o armazenamento de água no solo.

*Tabela 4: Balanço hídrico climatológico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), no ano de 2019, Aquidabã (SE).*

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P- ETP	N-ACU	ARM (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
<b>Jan</b>	26,7	37,887	38,6	-0,7	-0,7	99,3	0,0	0,0
<b>Fev</b>	27,6	50,594	48,7	1,9	0,0	100,0	0,0	1,2
<b>Mar</b>	27,3	141,279	61,9	79,3	0,0	100,0	0,0	79,3
<b>Abr</b>	26,6	38,275	69,1	-30,9	-30,9	73,4	4,3	0,0
<b>Mai</b>	26,1	35,356	53,9	-18,6	-49,4	61,0	6,1	0,0
<b>Jun</b>	23,8	105,401	62,5	42,9	0,0	100,0	0,0	3,9
<b>Jul</b>	23,0	86,523	71,8	14,7	0,0	100,0	0,0	14,7
<b>Ago</b>	22,8	47,035	70,4	-23,4	-23,4	79,1	2,5	0,0
<b>Set</b>	24,1	33,555	55,2	-21,7	-45,1	63,7	6,3	0,0
<b>Out</b>	25,6	17,334	34,7	-17,4	-62,4	53,6	7,2	0,0
<b>Nov</b>	27,1	12,631	23,2	-10,6	-73,0	48,2	5,2	0,0
<b>Dez</b>	27,6	18,284	18,6	-0,3	-73,4	48,0	0,2	0,0
<b>Total</b>	308,2	624,2	608,8	-	-	926,4	31,8	99,1
<b>Média</b>	30,6	100,3	50,7	-	-	77,2	2,7	8,3

*Tabela 5: Balanço hídrico climatológico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), no ano de 2019, Cumbe (SE).*

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P- ETP	N-ACU	ARM (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
<b>Jan</b>	26,5	37,13	37,6	-0,5	-0,5	99,5	0,0	0,0
<b>Fev</b>	27,5	48,919	47,7	1,2	0,0	100,0	0,0	0,7
<b>Mar</b>	27,1	126,654	60,5	66,1	0,0	100,0	0,0	66,1
<b>Abr</b>	26,5	43,236	69,3	-26,1	-26,1	77,0	3,1	0,0
<b>Mai</b>	25,9	37,443	53,9	-16,4	-42,5	65,4	4,8	0,0
<b>Jun</b>	23,5	107,286	62,9	44,4	0,0	100,0	0,0	9,8
<b>Jul</b>	22,8	96,215	72,6	23,6	0,0	100,0	0,0	23,6
<b>Ago</b>	22,6	52,644	73,7	-21,0	-21,0	81,0	2,1	0,0
<b>Set</b>	23,8	35,621	59,0	-23,4	-44,4	64,2	6,5	0,0
<b>Out</b>	25,4	17,803	37,2	-19,4	-63,8	52,8	8,1	0,0
<b>Nov</b>	26,8	13,126	25,1	-12,0	-75,8	46,8	6,0	0,0
<b>Dez</b>	27,4	19,394	19,4	0,0	-75,8	46,9	0,0	0,0
<b>Total</b>	305,8	635,5	618,9	-	-	926,4	31,8	99,1
<b>Média</b>	25,5	53,0	51,6	-	-	77,2	2,7	8,3

*Tabela 6: Balanço hídrico climatológico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), no ano de 2019, Nossa Senhora das Dores (SE).*

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P- ETP	N-ACU	ARM (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
<b>Jan</b>	26,5	38,82	39,8	-1,0	-1,0	99,0	0,0	0,0
<b>Fev</b>	27,5	52,37	50,6	1,8	0,0	100,0	0,0	0,8
<b>Mar</b>	27,2	124,76	62,5	62,3	0,0	100,0	0,0	62,3
<b>Abr</b>	26,5	52,644	72,3	-19,6	-19,6	82,2	1,8	0,0
<b>Mai</b>	25,8	39,49	56,8	-17,3	-37,0	69,1	4,3	0,0
<b>Jun</b>	23,6	106,77	63,0	43,8	0,0	100,0	0,0	12,9
<b>Jul</b>	22,8	112,55	73,1	39,4	0,0	100,0	0,0	39,4
<b>Ago</b>	22,6	58,92	76,6	-17,7	-17,7	83,8	1,5	0,0
<b>Set</b>	23,8	37,40	64,8	-27,4	-45,1	63,7	7,3	0,0
<b>Out</b>	25,3	19,76	45,7	-25,9	-71,0	49,2	11,4	0,0
<b>Nov</b>	26,7	15,19	32,8	-17,6	-88,6	41,2	9,7	0,0
<b>Dez</b>	27,3	22,45	24,1	-1,7	-90,3	40,5	1,0	0,0
<b>Total</b>	305,6	681,2	662,2	-	-	928,7	36,9	115,4
<b>Média</b>	25,5	56,8	55,2	-	-	77,4	3,1	9,6

*Tabela 7: Balanço hídrico climatológico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), no ano de 2019, Gracho Cardoso (SE).*

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P- ETP	N-ACU	ARM (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
<b>Jan</b>	26,7	34,131	35,4	-1,3	-1,3	98,7	0,0	0,0
<b>Fev</b>	27,6	42,83	43,6	-0,8	-2,0	98,0	0,0	0,0
<b>Mar</b>	27,2	127,242	59,4	67,8	0,0	100,0	0,0	65,8
<b>Abr</b>	26,5	35,339	68,3	-32,9	-32,9	71,9	4,9	0,0
<b>Mai</b>	25,9	34,352	49,5	-15,1	-48,1	61,8	5,0	0,0
<b>Jun</b>	23,5	100,436	60,5	40,0	0,0	100,0	0,0	1,8
<b>Jul</b>	22,8	81,217	70,0	11,2	0,0	100,0	0,0	11,2
<b>Ago</b>	22,6	44,7	67,7	-23,0	-23,0	79,4	2,5	0,0
<b>Set</b>	23,9	32,951	51,6	-18,6	-41,7	65,9	5,1	0,0
<b>Out</b>	25,5	15,013	29,4	-14,4	-56,1	57,1	5,6	0,0
<b>Nov</b>	27,0	10,967	19,8	-8,8	-64,9	52,3	4,0	0,0
<b>Dez</b>	27,5	15,731	16,0	-0,3	-65,2	52,1	0,1	0,0
<b>Total</b>	306,8	681,2	662,2	-	-	937,3	27,2	78,9
<b>Média</b>	25,6	47,9	47,6	-	-	78,1	2,3	6,6

*Tabela 8: Balanço hídrico climatológico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), no ano de 2019, Feira Nova (SE).*

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P- ETP	N-ACU	ARM (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
<b>Jan</b>	26,6	36,694	37,6	-0,9	-0,9	99,1	0,0	0,0
<b>Fev</b>	27,5	48,041	47,3	0,7	-0,2	99,8	0,0	0,0
<b>Mar</b>	27,2	126,220	60,8	65,4	0,0	100,0	0,0	65,2
<b>Abr</b>	26,5	43,739	70,0	-26,2	-26,2	76,9	3,2	0,0
<b>Mai</b>	25,9	37,098	53,4	-16,3	-42,5	65,4	4,7	0,0
<b>Jun</b>	23,6	104,832	62,1	42,7	0,0	100,0	0,0	8,1
<b>Jul</b>	22,8	96,661	71,9	24,8	0,0	100,0	0,0	24,8
<b>Ago</b>	22,6	52,088	72,7	-20,6	-20,6	81,4	2,0	0,0
<b>Set</b>	23,8	35,325	58,5	-23,1	-43,7	64,6	6,3	0,0
<b>Out</b>	25,4	17,525	37,4	-19,9	-63,6	52,9	8,2	0,0
<b>Nov</b>	26,8	13,094	25,9	-12,8	-76,4	46,6	6,4	0,0
<b>Dez</b>	27,4	19,190	19,8	-0,7	-77,1	46,3	0,4	0,0
<b>Total</b>	306,1	630,5	617,4	-	-	933,0	31,2	98,1
<b>Média</b>	25,5	52,5	51,5	-	-	77,7	2,6	8,2

*Tabela 9: Balanço hídrico climatológico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), no ano de 2019, Itabi (SE).*

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P- ETP	N-ACU	ARM (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
<b>Jan</b>	26,7	36,009	37,0	-1,0	-1,0	99,0	0,0	0,0
<b>Fev</b>	27,6	46,712	46,1	0,6	-0,4	99,6	0,0	0,0
<b>Mar</b>	27,3	134,2605	60,7	73,6	0,0	100,0	0,0	73,2
<b>Abr</b>	26,6	36,807	68,7	-31,9	-31,9	72,7	4,6	0,0
<b>Mai</b>	26,0	34,854	51,7	-16,8	-48,7	61,4	5,6	0,0
<b>Jun</b>	23,7	102,9185	61,5	41,4	0,0	100,0	0,0	2,9
<b>Jul</b>	22,9	83,87	70,9	13,0	0,0	100,0	0,0	13,0
<b>Ago</b>	22,7	45,8675	69,1	-23,2	-23,2	79,3	2,5	0,0
<b>Set</b>	24,0	33,253	53,4	-20,2	-43,4	64,8	5,7	0,0
<b>Out</b>	25,5	16,1735	32,1	-15,9	-59,3	55,3	6,4	0,0
<b>Nov</b>	27,0	11,799	21,5	-9,7	-68,9	50,2	4,6	0,0
<b>Dez</b>	27,6	17,0075	17,3	-0,3	-69,3	50,0	0,2	0,0
<b>Total</b>	307,5	599,5	590,0	-	-	932,3	31,2	98,1
<b>Média</b>	25,6	50,0	49,2	-	-	77,5	2,5	7,4

A média da temperatura, precipitação, evapotranspiração, o armazenamento de água no solo, excedente e deficiência hídrica são similares nos 6 municípios. Os gráficos correspondentes ao excesso e deficiência hídrica sintetizam o comportamento hídrico destas localidades (Figura 7).

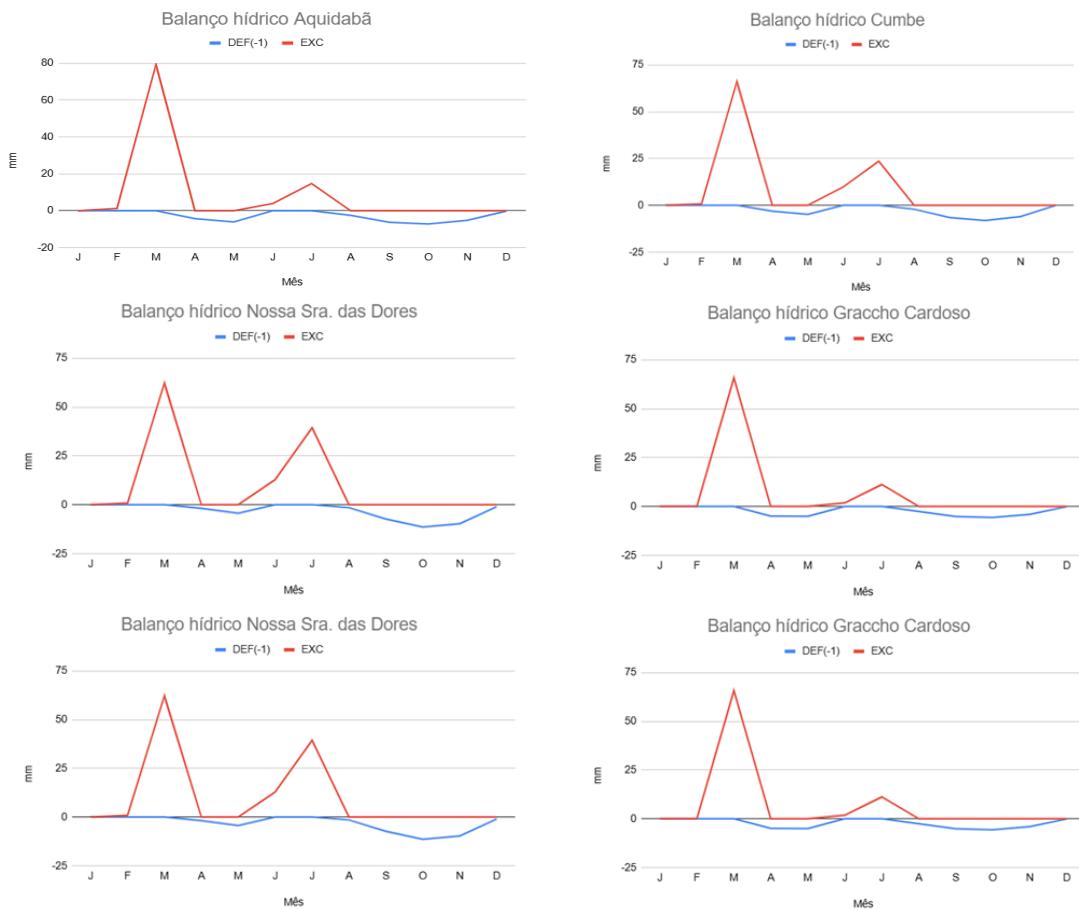


Figura 7: Gráficos do balanço hídrico dos 6 municípios do Médio Sertão Sergipano.

Observa-se que há grande disparidade entre os meses secos e úmidos. Nos meses úmidos há excedente hídrico, condição em que a quantidade de água no solo ultrapassa a capacidade de armazenamento (CAD), corroborando com processos de grande drenagem superficial e/ou percolação profunda. Já nos meses secos, há deficiência hídrica, onde a água disponível no solo não é suficiente para atender as demandas das plantas, do próprio solo, do ecossistema e da agricultura. Embora as condições climáticas, na área de estudo, não sejam favoráveis a uma atividade socioeconômica específica, não significa dizer que a sua realização é inviável, pois o desenvolvimento tecnológico possibilita adaptar atividades outrora inviabilizadas pelos condicionantes climáticos ou ambientais [33]. Desta forma, é fundamental a análise dos indicadores hidroclimáticos para o crescimento da atividade econômica agropecuária à luz da sustentabilidade ambiental, com destaque para a agricultura familiar, apoiada pelo Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF).

#### 4. CONCLUSÃO

Os solos predominantes na Bacia do Rio Japaratuba possuem baixa capacidade de retenção hídrica, e a geomorfologia apresenta vulnerabilidade mediana à desertificação. O uso predominante para pastagem (85%) intensifica processos erosivos e desertificação, aumentando o escoamento superficial e reduzindo a infiltração. O balanço hídrico, essencial para analisar a relação da entrada (precipitação) e a saída (evapotranspiração, escoamento e infiltração) de água e suas variações espaciais e temporais, revela excedente nos meses úmidos e deficiência nos secos, afetando a disponibilidade de água, tanto para o próprio solo, como para a vegetação e possível uso para agricultura.

A análise da vulnerabilidade à desertificação permitiu compreender a interação entre essas características naturais e as influências antrópicas sobre a dinâmica hidrológica da região. A integração das variáveis, para aplicação do método Medalus, resultou em um DSi de 1,22. Esse valor indica que a área se encontra em uma categoria de vulnerabilidade potencial, ou seja, apresenta condições propícias para processos de degradação do solo, principalmente quando é submetida a fatores como o manejo inadequado da terra, desmatamento e, no caso do Médio Sertão Sergipano, a intensificação do uso do solo para pastagem.

Em síntese, com a caracterização da dinâmica hidrológica e o índice de vulnerabilidade à desertificação, em que foi possível integrar essas características naturais da área com as influências humanas, foi observado que, apesar de ser um ecossistema adaptado, a pressão antrópica (principalmente do manejo do solo) traz alterações a todo o ecossistema. Análises como essa identificam áreas vulneráveis e mudanças que podem ocorrer na dinâmica hidrológica, dando possibilidade de implementar estratégias de manejo e de redução dos processos erosivos e da potencialidade à desertificação.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Uso da terra no estado de Sergipe. Rio de Janeiro (RJ): IBGE; 2011.
2. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Sustentabilidade e Ações Climáticas (Semac). Estudo, análise e proposta da divisão hidrográfica de Sergipe em unidades de planejamento e bacias hidrográficas. Aracaju (SE): Semarh; 2009.
3. Instituto Nacional do Semiárido (INSA). Mapas em PDF: delimitação do Semiárido Sergipano. Brasília (DF): INSA; 2024.
4. Silva ATL, Nascimento PSR. Caracterização da vulnerabilidade à desertificação por geotecnologias no Sul do estado de Sergipe. *Sci Plena*. 2024 Set;20(8):1-12. doi: 10.14808/sci.plena.2024.089910
5. Garrido APML, Nascimento PSR. Modelagem da vulnerabilidade à desertificação no Alto Sertão do estado de Sergipe por análise multicriterial. *Rev Int Cienc*. 2025 Abr;15(1):57-76. doi: 10.12957/ric.2025.85552
6. Coelho Netto ALC. Desertificação degradação ambiental em regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas. 2. ed. Rio de Janeiro (RJ): Editora Bertrand Brasil; 2007.
7. Brasil. Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil. Brasília (DF): MMA; 2007.
8. Zweig R, Filin S, Avni Y, Sagiv A, Mushki A. Land degradation and gully development in arid environments deduced by mezzo-and micro-scale 3D quantifications - the Negev Highlands as a case study. *J Arid Environ*. 2018 Jan;153(2):52-65. doi: 10.1016/j.jaridenv.2017.12.006
9. Santos AV, Silva MAS. Avaliação de características habitacionais de domicílios rurais em recortes territoriais sergipanos. *Rev Econ Sociol Rural*. 2016 Mar;54(1):1-22. doi: 10.1590/1234-56781806-9479005401006
10. Santos PHN, Ferreira WS, Santana BLP. Repercussões do El Niño e La Niña na precipitação do estado de Sergipe-Brasil. *Rev Bras Climatol*. 2023 Nov;33(19):409-37. doi: 10.55761/abclima.v33i19.17395
11. Santos EF, Souza IF, Leite IV. Regiões Homogêneas em Sergipe agrupadas através dos índices climáticos. *Rev Bras Meteorol*. 2022 Oct;37(4):477-89. doi: 10.1590/0102-77863740053
12. Santos EFN, Sousa IF. Análise estatística da precipitação do estado de Sergipe através dos fatores e agrupamentos. *Rev Bras Climat*. 2018 Jul;23(14):205-22. doi: 10.5380/abclima.v23i0.58267
13. Barros GVP, Gomes HB, Nascimento PSR, Pinto DDC, Silva FDS, Costa LC. Comparative analysis of potential soil degradation in the state of Sergipe. *Geo UERJ*. 2023 Jun;42:1-25. doi: 10.12957/geouerj.2023.76860
14. Pérez-Marin AM, Cavalcante AMB, Medeiros SS, Tinoco LBM, Salcedo IH. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? *Parc Estrat*. 2012 Jan;17(34):87-106.
15. Santos LAN, Nascimento PSR, Barros GVP. Processamento analítico hierárquico no mapeamento da fragilidade ambiental à erosão do solo. *R Bras Geom*. 2020 Dez;8(4):275-98. doi: 10.3895/rbgeo.v8n4.12635
16. Santos MS, Nascimento PSR. Análise da suscetibilidade e vulnerabilidade à erosão hídrica pelo processo analítico hierárquico (AHP). *Gesta*. 2020 Abr;9(1):1-19. doi: 10.9771/gesta.v9i1.37588
17. Araújo JC, Confalonieri U, Borges EL. Desertificação no Brasil. Brasília (DF): Ministério do Meio Ambiente, 2004.
18. Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN-Brasil. Brasília/DF: MMA; 2005.

- Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/snpct/dcde/programa-de-acao-nacional-de-combate-a-desertificacao-e-mitigacao-dos-efeitos-da-seca-pan-brasil.pdf>.
19. QGIS Development Core Team [Internet]. QGIS Geographic Information System. A Free and Open-Source Geographic Information System; 2024. Disponível em: <https://www.qgis.org>.
  20. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Sustentabilidade e Ações Climáticas (Semac). Atlas de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe [Internet]. Aracaju (SE): Serhidro; 2024. Disponível em: <https://serhidro-semac.hub.arcgis.com/maps/7e89188fa1a245a89e9d3b9e3342190f/about>.
  21. Mapbiomas. Projeto de mapeamento anual do uso e cobertura da terra no Brasil. Coleção 7 [Internet]. Brasília (DF): MapBiomas Brasil; 2023. Disponível em: <https://mapbiomas.org/lancamentos>.
  22. Brandt CJ, Thornes JB. Mediterranean desertification and land use. Nova Jersey (US): Wiley; 1996.
  23. Al-Haidarey MJS, Al-Shimmary HMA, Al. Awadi HFH. Using of mediterranean desertification and land use model in subtropics: a review. *J Univ Archit Technol.* 2020 Jun;12(6):1355-58. doi: 10.37896/JXAT12.06/2032
  24. Abuzaid AS, Abdelatif AD. Assessment of desertification using modified Medalus model in the north Nile Delta, Egypt. *Geoderma.* 2022 Jan;5(1):1-6. doi: 10.1016/j.geoderma.2021.115400
  25. Elnashar A, Zeng H, Wu B, Gebremicael TG, Khadiga M. Assessment of environmentally sensitive areas to desertification in the Blue Nile Basin driven by the MEDALUS-GEE framework. *Sci Total Environ.* 2022 Apr;815:152925. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.152925
  26. Pessoa EKF, Castro LMS, Oliveira VPV. Indicadores-guias para avaliação da susceptibilidade à desertificação nos sistemas ambientais da sub-bacia do riacho Juriti, Canindé, Ceará. *Rev Tocantinense Geogr.* 2025 Jan;14(32):205-24. doi: 10.70860/rtg.v14i32.19390
  27. Ferrara A, Kosmas C, Salvati L, Padula A, Mancino G, Nolè A. Updating the MEDALUS-ESA framework for worldwide land degradation and desertification assessment. *Land Degrad Dev.* 2020 Jan;31(12):1593-607. doi: 10.1002/lrd.3559
  28. D'ettorre US, Liso IS, Parisi V, Parise M. Desertification assessment using the Modified Mediterranean Desertification and Land Use Model in a Karst Plateau. *Geosc.* 2024 Nov;14(12):1-21. doi: 10.3390/geosciences14120320
  29. Boudjemline F, Semar A. Assessment and mapping of desertification sensitivity with MEDALUS model and GIS - Case study: Basin of Hodna, Algeria. *J Water Land Dev.* 2018 Mar;36(1):17-26. doi: 10.2478/jwld-2018-0002
  30. Bidi Z, Khoudour D, Sarri D, Bensemra S, Bouafia S. Contribution of GIS to mapping sensitivity to sand encroachment in the Boussaada sub-basin (South-west of Hodna, Algeria) using the MEDALUS approach. *Agr Acad J.* 2025 Jan;8(1):100-16.
  31. Santos EFN, Sousa, IF; Leite IV. Regiões homogêneas em Sergipe agrupadas através dos índices climáticos. *Rev Bras Meteorol.* 2023 Mai;37(4):477-89. doi: 10.1590/0102-77863740053
  32. Crepani E, Medeiros JS, Hernandez Filho P, Florenzano TG, Duarte VBCF. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos (SP): INPE; 2001.
  33. Becker BK, Egler CAG. Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos estados da Amazônia Legal. Brasília (DF): MMA/SAE; 1997.
  34. Rolim GS, Sentelhas PC, Barbieri V. Planilhas no ambiente Excel TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Rev Bras Agrometeorol.* 1998 Abr;6(1):133-7. doi: 10.55761/abclima.v30i18.15240
  35. Thornthwaite CW. An approach towards a rational classification of climate. *Geogr Rev.* 1948 Jan;38(1):55-94. doi: 10.2307/210739
  36. Thornthwaite CW, Mather JR. The water balance. *Publications in Climatology.* New Jersey (US): Drexel Inst. of Tech.; 1955.
  37. Xavier AC, Scanlon BR, King CW, Alves AI. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). *Int J Climatol.* 2022 Mai;42:8390-404. doi: 10.1002/joc.7731
  38. Barros GVP, Souza RM, Santos SFS. Análise comparativa entre os dados de precipitação do programa GPM e os observados por estações meteorológicas em Sergipe. *Rev Bras Geogr Fís.* 2025 Abr;18(4):2777-91. doi: 10.26848/rbgf.v18.4.p2777-2791
  39. Santos PHN, Barros GVP, Ferreira WS. Perfil climático e cobertura do solo: o cenário do estado de Sergipe. *Rev Bras Geogr Fís.* 2023 Jan;16(1):101-15. doi: 10.26848/rbgf.v16.1.p101-105
  40. Araújo Filho JC, Marques FA, Amaral AJ, Cunha TJF, Souza Júnior VS, Galvão PVM. Solos do semiárido características e estoque de carbono. In: Giorgio V, Angelotti F, organizadores. Agricultura de baixa emissão de carbono em regiões semiáridas: experiência brasileira. 1. ed. Brasília (DF): Embrapa; 2022. p. 93-112.
  41. Sartori A, Lombardi Neto F, Geonovez AB. Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método de Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos

- Parte 1: classificação. *Rev Bras Recur Hídricos*. 2005 Dez;10(4):5-18. doi: 10.21168/rbrh.v10n4.p19-29
42. Cunha TJF, Petrere VG, Silva DJ, Mendes AMS, Melo RF, Oliveira Neto MB, et al. Principais solos do semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. In: Sá IB, Silva PCG, editores. *Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação*. Petrolina (PE): Embrapa Semiárido; 2010. p. 50-87.
43. Guerra AJT, Cunha SB. *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 9. ed. Rio de Janeiro (RJ): Bertrand Brasil; 1994.
44. Cunha SB, Guerra AJT. *Geomorfologia do Brasil*. Rio de Janeiro (RJ): Bertrand Brasil; 2006.
45. Bastos FH, Maia RP, Cordeiro AMN. *Geomorfologia*. Fortaleza(CE): EdUECE; 2015.
46. Santos NO, Machado RAS, Rubén CLG. Identification of levels of anthropization and its implications in the process of desertification in the Caatinga biome (Jeremoabo, Bahia-Brazil). *Cuad Investig Geogr*. 2022 Mai;48(1):1-18. doi: 10.18172/cig.5212
47. Silva FP, Castro FC, Cruz Junior AG. Processo de desertificação e perda de diversidade biológica no semiárido brasileiro. *Rev Ouricuri*. 2024 Jul;14(2):3-11. doi: 10.59360/ouricuri.vol14.iedicao-especial-02.a22528
48. Sergipe (Estado). *Plano de Desenvolvimento do Território do Médio Sertão Sergipano*. Aracaju (SE): Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia; 2008.
49. Diniz MTM, Medeiros SC, Cunha CJ. Sistemas atmosféricos atuantes e diversidade pluviométrica em Sergipe. *Bol Goia Geogr*. 2014 Abr;34(1):17-34.