

## Indicadores Hidroclimáticos para Avaliação da Vulnerabilidade à Desertificação em Nossa Senhora da Glória (SE)

*Paulo Sérgio de Rezende Nascimento<sup>1</sup>; Diego Santana Santos<sup>1</sup>*

✉ [psrn.geologia@gmail.com](mailto:psrn.geologia@gmail.com)

*1. Universidade Federal de Sergipe.*

---

**Histórico do Artigo:** O autor detém os direitos autorais deste artigo.

Recebido em: 01 de outubro de 2025

Aceito em: 20 de abril de 2026

Publicado em: 30 de abril de 2026

---

**Resumo:** Localizado no semiárido sergipano, o município de Nossa Senhora da Glória é altamente suscetível à desertificação devido à baixa pluviosidade, elevada evapotranspiração e ao desmatamento. O objetivo do trabalho é analisar a vulnerabilidade à desertificação, por meio de indicadores da hidroclimatologia no município de Nossa Senhora da Glória (SE), entre 2000 e 2023. Para isso, elaborou-se o balanço hídrico e a classificação climatológica, segundo método de Thornthwaite. Estes dados foram analisados com o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), tipos de solos e cobertura do solo. Os resultados mostraram que a deficiência hídrica ocorre em seis dos doze meses do ano (verão seco), e, que há pequenas taxas de excedente hídrico no inverno chuvoso, imposta pelo período curto de reposição hídrica no solo, ocasionando o estresse hídrico, com ou sem influência direta do El Niño. O estresse somado às características pedológicas intrínsecas dos neossolos, argissolos e planossolos, como pequena espessura, baixa capacidade de armazenamento de água e vulnerabilidade à erosão, desencadeiam e intensificam processo de degradação de terras. O desmatamento quase total da vegetação natural e sua converção em pastagem intensificam o processo de desertificação do município. O clima megatérmico subúmido seco com excedente hídrico pequeno ou nulo (CldC'2a' evidencia a necessidade de irrigação durante os meses de deficiência hídrica. Nesse sentido, os Sistemas Agroflorestais, integrados ao bioma Caatinga, são alternativas sustentáveis para o uso do solo. **Palavras-chave:** Balanço hídrico, Semiárido sergipano, Megatérmico subúmido seco, Degradação ambiental, Sergipe semiárido, Geoprocessamento.

---

## Hydroclimatic Indicators for Assessing Vulnerability to Desertification in Nossa Senhora da Glória (SE)

**Abstract:** Located in the semi-arid region of Sergipe, the municipality of Nossa Senhora da Glória is highly susceptible to desertification due to low rainfall, high evapotranspiration, and deforestation. The objective of this study is to analyze the vulnerability to desertification, using hydroclimatological indicators, in the municipality of Nossa Senhora da Glória (SE), between 2000 and 2023. To this end, a water balance and climatological classification were developed, according to Thornthwaite's method. These data were analyzed in conjunction with the El Niño Southern Oscillation (ENSO) phenomenon, soil types, and land cover. The results showed that water deficit occurs in six of the twelve months of the year (dry summer), and that there are small rates of water surplus in the rainy winter, imposed by the short period of water replenishment in the soil, causing water stress, with or without the direct influence of El Niño. Stress, combined with the intrinsic soil characteristics of Neosols, Argisols, and Planosols, such as shallow depth, low water storage capacity, and vulnerability to erosion, triggers and intensifies land degradation processes. The near-total deforestation of natural vegetation and its conversion to pasture intensifies the desertification process in the municipality. The dry, sub-humid megathermal climate with little or no water surplus (CldC'2a') highlights the need for irrigation during months of water scarcity. In this sense, Agroforestry Systems, integrated into the Caatinga biome, are sustainable alternatives for land use.

**Keywords:** Water balance, Sergipe semi-arid region, Dry sub-humid megathermal event, Environmental degradation, Sergipe semi-arid region, Geoprocessing.

---

## Indicadores Hidroclimáticos para Evaluar la Vulnerabilidad a la Desertificación en Nossa Senhora da Glória (SE)

**Resumen:** Ubicado en la región semiárida de Sergipe, el municipio de Nossa Senhora da Glória es altamente susceptible a la desertificación debido a la baja pluviosidad, la alta evapotranspiración y la deforestación. El objetivo de este estudio es analizar la vulnerabilidad a la desertificación, utilizando indicadores hidroclimatológicos, en el municipio de Nossa Senhora da Glória (SE), entre 2000 y 2023. Para ello, se desarrolló un balance hídrico y una clasificación climatológica, según el método de Thornthwaite. Estos datos se analizaron en conjunto con el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), los tipos de suelo y la cobertura vegetal. Los resultados mostraron que el déficit hídrico se produce en seis de los doce meses del año (verano seco), y que existen pequeñas tasas de superávit hídrico en el invierno lluvioso, impuestas por el corto período de reposición de agua en el suelo, lo que causa estrés hídrico, con o sin la influencia directa de El Niño. El estrés hídrico, sumado a las características intrínsecas de los suelos Neosoles, Argisoles y Planosoles, como su poca profundidad, baja capacidad de retención de agua y vulnerabilidad a la erosión, desencadena e intensifica los procesos de degradación de la tierra. La deforestación casi total de la vegetación natural y su conversión en pastizales intensifica el proceso de desertificación en el municipio. El clima seco, subhúmedo y megatérmico, con escaso o nulo excedente hídrico (CldC2a'), resalta la necesidad de riego durante los meses de escasez de agua. En este sentido, los sistemas agroforestales, integrados al bioma de la Caatinga, representan alternativas sostenibles para el uso de la tierra

**Palabras clave:** Balance hídrico, Región semiárida de Sergipe, Evento megatérmico subhúmedo seco, Degradación ambiental, Región semiárida de Sergipe, Geoprocesamiento.

---

## INTRODUÇÃO

A desertificação, definida como a degradação do solo em áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas, é desencadeada por vários fatores, como as variações climáticas e as atividades humanas (UN, 1994, p. 4), afetando, diretamente, as atividades agropecuárias. A degradação do solo inclui a degradação dos recursos hídricos, da vegetação e da biodiversidade, reduzindo a qualidade de vida das populações afetadas. No início do processo, a degradação ocorre em pequenas manchas isoladas, as quais aumentam com o tempo, até que essa expansão se combine, tornando-se uma faixa árida maior, semelhante a um deserto (MORAES; WANDERLEY; DELGADO, 2024).

As estimativas globais de áreas degradadas variam de 10 a 60 milhões de km<sup>2</sup>, cobrindo 41% da superfície terrestre e 45% das terras agrícolas do mundo (BURRELL; EVANS; KAUWE, 2020). Tais áreas são caracterizadas por precipitação anual menor que a taxa de evapotranspiração potencial, e índice de aridez menor que 0,65 (GUAN *et al.*, 2019), com influência direta dos anos sob extremos de El Niño Oscilação Sul (ENOS) (KAYANO *et al.*, 2022). Nestes extremos, o aquecimento expressivo e a escassa precipitação tornam o semiárido mais sensível às mudanças climáticas globais.

Desta forma, os eventos de extrema seca aceleram o processo de desintegração do solo, e os de extrema precipitação desencadeiam a lixiviação do solo, removendo as substâncias solúveis do solo, empobrecendo o seu horizonte superficial. O aumento dos eventos de secas intensifica o déficit hídrico, reduzindo a quantidade de água do solo, que, associado ao seu uso inadequado contribui para a perda da biodiversidade e da atividade agrícola e pecuária (HUANG, 2015), intensificando o risco de desertificação.

O semiárido brasileiro estende-se por uma área de aproximadamente 982.566 km<sup>2</sup>, correspondendo a cerca de 12% do território nacional (MEDEIROS *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2017). A região apresenta irregularidades na distribuição da precipitação, solos pedregosos e rasos, baixa capacidade de armazenamento de água nos horizontes do solo e elevada evapotranspiração (LIU *et al.*, 2019). O semiárido no Nordeste do Brasil é constituído por cerca de 1.135 municípios, que concentram uma população de mais de 35 milhões de habitantes (MORAES; WANDERLEY; DELGADO, 2024). As mudanças climáticas têm intensificado o aumento da aridez e da desertificação (LINHARES; FALCÃO SOBRINHO; MUTTI, 2024), principalmente no norte da Bahia e de Pernambuco (SILVA *et al.*, 2023).

Em Sergipe, o semiárido possui uma população aproximada de 478.935 habitantes, distribuída em uma área com cerca de 1.093 km<sup>2</sup> em 29 municípios, abrangendo 51% do estado (INSA, 2021). Esta região sofreu intensos processos de antropização, principalmente entre os anos de 2003 e 2013, decorrente da conversão da vegetação da Caatinga em pastagens (FERNANDES *et al.*, 2017).

Os municípios sergipanos, inseridos na região semiárida sergipana do Alto Sertão do São Francisco, apresentam os maiores índices de suscetibilidade à desertificação (JESUS *et al.*, 2019). Um destes municípios é Nossa Senhora da Glória (GARRIDO; NASCIMENTO, 2025), cuja alta tendência à desertificação reflete adversamente na qualidade de vida da população (OLIVEIRA; PINTO; MENDONÇA, 2016). O baixo volume pluviométrico torna-o mais propenso a ser impactado com a intensificação da escassez das chuvas em função de El Niño Forte (SANTOS; FERREIRA; SANTANA, 2023), cujos pequenos e médios produtores rurais são os mais afetados.

Para estudos da desertificação, destacam-se os procedimentos que empregam elementos hidroclimáticos, como os índices hídricos, de aridez e de umidade, possibilitando distinguir as terras secas em áridas, semiáridas e subúmidas (AQUINO; OLIVEIRA, 2017; MARTALLO JÚNIOR, 2001; SILVA; NASCIMENTO, 2020), refletindo o grau de suscetibilidade à desertificação pela relação entre a precipitação pluvial e a evapotranspiração potencial (oferta atmosférica/demanda atmosférica). A precipitação e a evapotranspiração são os indicadores

centrais do balanço hídrico climatológico (BHC), proporcionando conhecer a disponibilidade hídrica no solo (SILVA; CABRAL JÚNIOR, 2025).

Nesse sentido, o método proposto por Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955) é o mais adequado para o cálculo do balanço hídrico e para a classificação climática a partir dos índices supracitados (FRANCISCO *et al.*, 2017; MATOS *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2022), não necessitando de medidas diretas do solo (ROLIM; SENTELHAS; BARBIERI, 2007; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2019).

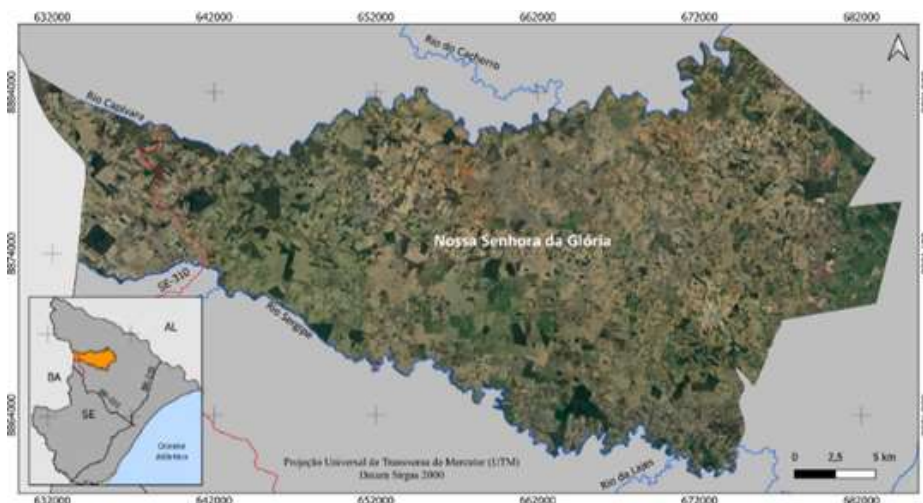
Apesar dos avanços nos estudos sobre desertificação no Nordeste brasileiro, ainda são escassas análises hidroclimáticas em escala municipal que integrem balanço hídrico climatológico, variabilidade climática associada ao ENOS e características pedológicas na avaliação da vulnerabilidade à desertificação.

Desta forma, o objetivo deste trabalho consiste em analisar a vulnerabilidade à desertificação por meio de indicadores da hidroclimatologia no município de Nossa Senhora da Glória (SE), visando: (i) quantificar e caracterizar a variabilidade temporal da temperatura, precipitação pluvial, evapotranspiração potencial e real, deficiência hídrica e excesso hídrico, no período entre 2000 e 2023; (ii) realizar a classificação climática segundo Thornthwaite (1948), a partir da quantificação dos índices hídrico, de aridez, de umidade e eficiência térmica; e (iii) relacionar qualitativamente a deficiência hídrica com o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), e com tipos de solos e cobertura do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O município de Nossa Senhora da Glória está localizado na região noroeste do Estado de Sergipe, no Território do Alto Sertão Sergipano, correspondente à Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco. A sede do município tem uma altitude média de 300 metros e coordenadas geográficas de 10°12'57" de latitude Sul e 37°25'09" de longitude Oeste, inserida nas bacias hidrográficas dos rios São Francisco e Sergipe. Os municípios limítrofes são Monte Alegre de Sergipe e Porto da Folha a norte, Gararu, Gracho Cardoso e Feira Nova a leste; Nossa Senhora Aparecida e Carira a sul e o Estado da Bahia a oeste. O acesso, a partir de Aracaju, é feito pelas rodovias BR-235, BR-101 e SE-206, num percurso total de 126km (Figura 1).



**Figura 1.** Localização do município de Nossa Senhora da Glória (SE) – carta-imagem do satélite sino-brasileiro CBERS-4A.

Fonte: Os autores.

O município está incluído no Polígono das Secas, em uma faixa do sertão semiárido com riscos elevados de desertificação (BRASIL, 2004). Apresenta Clima Semiárido Quente BSh, de acordo com a classificação de Köppen (BOMFIM; COSTA; BENVENUTI, 2002), e rochas metamórficas proterozoicas do Grupo Macururé com predominância de quartzitos e micaxistos associados a corpos graníticos do tipo Glória. Estas litologias definem um potencial hidrogeológico baixo, de comportamento fissural. O relevo é caracterizado por superfícies pediplanadas e dissecadas com formas colinosas e tabulares, cujos solos são o Argissolo Vermelho Eutrófico, Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, Neossolo Litólico Eutrófico e Planossolo Háptico (GARRIDO; NASCIMENTO, 2025), com pequenas áreas de formações savânicas, florestais e campestres preservadas. A pastagem é a principal classe de uso do solo.

### Procedimentos metodológicos

Em primeiro lugar, foram levantados os dados pertinentes ao estudo. Os diários e mensais de precipitação, evapotranspiração e temperatura, da área de estudo, foram obtidos originalmente de Xavier *et al.* (2022) e Barros, Melo e Santos (2025). Já os dados sobre os fenômenos climáticos naturais El Niño e La Niña foram obtidos pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2025) e complementados a partir da literatura científica, com destaque para Berlatto e Fontana (2003); Araújo *et al.* (2013); Kayano e Capistrano (2016); Sousa, Andrade e Costa (2021); Santos, Ferreira e Santana (2023); Souza e Cruz (2024).

A metodologia do cálculo do balanço hídrico mais utilizada foi desenvolvida por Thornthwaite e Mather (1955), que compara mês a mês, dados de precipitação e temperatura,

considerando uma determinada capacidade de campo. Desta forma, o cálculo do balanço hídrico foi realizado a partir dos dados de precipitação (PRE), temperatura média (TM) e capacidade de água disponível (CAD), entre os anos de 2000 e 2023. A partir destes dados climatológicos foi possível estimar: a evapotranspiração potencial (ETP), a evapotranspiração real (ETR), a quantidade de água que permanece no solo (P-PTP), o negativo acumulado (N-ACU), o armazenamento de água no solo (ARM), a deficiência hídrica (DEF), a alteração no armazenamento total (ALT), e o excedente hídrico (EXC). Assim, o método se fundamenta no princípio da conservação de massa (Equação 1). As equações das variáveis calculadas supracitadas estão apresentadas no Quadro 1, as quais são essenciais para a classificação do tipo climático.

$$PRE - ETP = ETR + DEF + EXC \quad (1)$$

**Quadro 1.** Equações das variáveis calculadas ETP, N-ACU, ARM, ALT, ETR, DEF E EXC

Variáveis calculadas	Equações
Evaporação potencial EP	$EP = 16 \left( \frac{10TM}{IT} \right)^a$
Índice térmico IT	$IT = 1,0499(TM)^{1,5}$
Constante a	$a = 6,75.(10)^{-7}.I^3 - 7,71.(10)^{-5}.I^2 + 1,792.(10)^{-2}.I + 0,49239$
Evaporação potencial	$ETP = ETR. COR$
Negativo acumulado (N-ACU) na estação úmida	$N - ACU = CAD. \ln \left( \frac{arm}{cad} \right)$
Negativo acumulado (N-ACU) na estação seca	Se $P-ETP > 0$ $N - ACU = 0$ Senão: $N - ACU = N - ACU(i - 1) + (P - ETP)$
Armazenamento de água no solo (ARM)	Se $(P-ETP) < 0$ $ARM = CAD^{(N-ACU/CAD)}$ Se $(P-ETP) \geq 0$ $ARM = ARM(i - 1) + (P - ETP)$
Armazenamento total (ALT)	$ALT = ARM(i) - ARM(i - 1)$
Evapotranspiração real (ETR)	Se $(P-ETP) \geq 0$ , então $ETR = ETP$ Se $(P-ETP) < 0$ $ETR = P - ETP - ALT$
Deficiência hídrica (DEF)	$DEF = ETP - ETR$
Excedente hídrico (EXC)	$EXC = P-ETP - ALT$

Fonte: Modificado de Silva; Silva e Santana (2017).

O conhecimento desse fluxo de entrada e saída de água no solo permite classificar o clima da região pelo cálculo dos índices hídrico (IH) (Equação 2), de aridez (IA) (Equação 3), umidade (IU) (Equação 4) e da eficiência térmica (IT). O índice de eficiência térmica (TE) é o próprio valor numérico da evapotranspiração potencial. Para a eficiência térmica, os tipos climáticos foram determinados a partir da ETP e os subtipos climáticos térmicos (SCT) são baseados na relação entre somatório da ETP nos meses do verão e a ETP anual (Equação 5), conforme Thornthwaite (1948) (Quadros 2 e 3). Quanto mais próximo de 100 maior é o excedente hídrico no caso de IH e a maior é o déficit hídrico no caso de IA.

$$IH = \left( \frac{EXC}{ETP} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

$$IA = \left( \frac{DEF}{ETP} \right) \cdot 100 \quad (3)$$

$$IU = IH - 0,6IA \quad (4)$$

$$IA = \left( \frac{ETP_{\text{verão}}}{ETP_{\text{anual}}} \right) \cdot 10 \quad (5)$$

**Quadro 2.** Tipos climáticos e subtipos do fator hídrico da classificação climática de Thornthwaite

<b>Tipo climático hídrico</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Classificação</b>
Superúmido	A	$Iu \geq 100$
Úmido	B4	$80 \leq Iu < 100$
Úmido	B3	$60 \leq Iu < 80$
Úmido	B2	$40 \leq Iu < 60$
Úmido	B1	$20 \leq Iu < 40$
Subúmido	C2	$0 \leq Iu < 20$
Subúmido seco	C1	$-20 \leq Iu < 0$
Semiárido	D	$-40 \leq Iu < -20$
Árido	E	$-60 \leq Iu < -40$
<b>Para climas úmidos (A, B, C2) – Empregando o <math>I_a</math></b>		
<b>Subtipo climático hídrico</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Índice de aridez (<math>I_a</math>)</b>
Sem ou com pequena deficiência hídrica	r	$0 \leq I_a < 16,7$
Deficiência hídrica moderada no verão	s	$16,7 \leq I_a < 33,3$
Deficiência hídrica moderada no inverno	w	$16,7 \leq I_a < 33,3$
Grande deficiência hídrica no verão	s2	$I_a \geq 33,3$
Grande deficiência hídrica no inverno	w2	$I_a \geq 33,3$
<b>Para climas secos (C1, D E) – Empregando o <math>I_H</math></b>		
<b>Subtipo climático hídrico</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Índice hídrico (<math>I_H</math>)</b>
Excedente hídrico pequeno ou nulo	d	$0 \leq I_H < 10$
Excedente hídrico moderado no verão	s	$10 \leq I_H < 20$
Excedente hídrico moderado no inverno	w	$10 \leq I_H < 20$
Grande excedente hídrico no verão	s2	$I_H \geq 20$
Grande excedente hídrico no inverno	w2	$I_H \geq 20$

Fonte: Modificado de Martins *et al.* (2018).

**Quadro 3.** Tipos e subtipos climáticos para o fator térmico da classificação climática de Thornthwaite, baseado na evapotranspiração potencial (ETP)

Tipo climático térmico	Símbolo	Classificação
Megatérmico	A'	$ETP \geq 1140$
Mesotérmico	B'4	$1140 > ETP \geq 997$
Mesotérmico	B'3	$997 > ETP \geq 885$
Mesotérmico	B'2	$885 > ETP \geq 712$
Mesotérmico	B'1	$712 > ETP \geq 570$
Microtérmico	C'2	$570 > ETP \geq 427$
Microtérmico	C'1	$427 > ETP \geq 285$
Tundra	D'	$285 > ETP \geq 142$
Gelo perpétuo	E'	$ETP < 142$
Subtipos climáticos térmicos	Classificação	
a'	$SCT < 48\%$	
b'4	$48\% \leq SCT < 51,9\%$	
b'3	$51,9\% \leq SCT < 56,3\%$	
b'2	$56,3\% \leq SCT < 61,6\%$	
b'1	$61,6\% \leq SCT < 68\%$	
c'2	$68\% \leq SCT < 76,3\%$	
c'1	$76,3\% \leq SCT < 88\%$	
d	$SCT > 88\%$	

Fonte: Modificado de Martins *et al.* (2018).

Os cálculos supracitados foram realizados em planilha do Excel desenvolvida por Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), na versão de 2006. A planilha segue a metodologia de cálculo de Thornthwaite e Mather (1955), a partir da inserção dos parâmetros climatológicos do município de Nossa Senhora da Glória. Assim, os dados iniciais foram a latitude (em graus decimais) e as variáveis meteorológicas de temperatura e precipitação médias mensais de uma série histórica de 23 anos, entre os anos de 2000 e 2023.

As séries temporais longas possibilitam análises mais precisas da variação temporal dos processos hidrológicos (CUNHA *et al.*, 2011). O valor inicial considerado da capacidade de água disponível (CAD) e de armazenamento de água no solo (ARM) foi de 100mm (SILVA; SILVA; SANTANA, 2017). A CAD representa a quantidade máxima de água que o solo pode reter antes de ficar saturado e produzir escoamento, e o ARM representa a quantidade de água disponível no solo para a vegetação.

Após o cálculo do BHC e dos índices IH, IA e IU, realizou-se a classificação climática de Thornthwaite (1948), e a relação da influência dos fenômenos climáticos El Niño (EL) e La Niña (LN). Esta relação foi realizada a partir dos anos com precipitação abaixo e acima da média anual, cujo índice empregado foi de 15% de desvio positivo (+15%) ou negativo (-15%), respectivamente, como preconizado por Fisch; Valério (2005). Assim, os anos com precipitação maior que 15% positivo foram considerados “anos acima da média” e os anos com precipitação menor que 15% negativo foram considerados “anos abaixo da média”. Posteriormente, foram

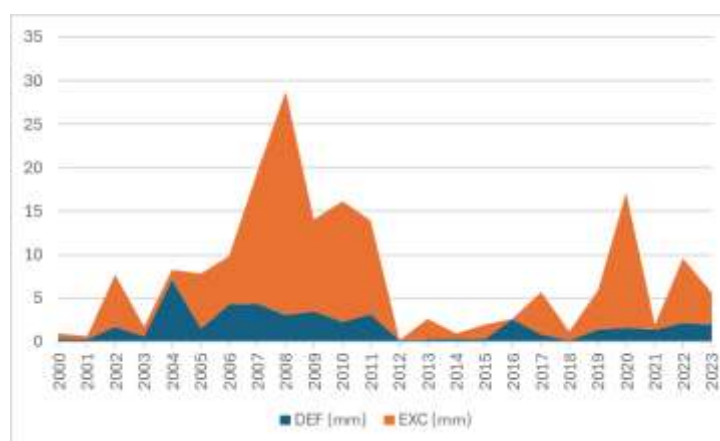
analisados os tipos de solo em relação à resistência frente aos processos erosivos pela classificação hidrológica proposta por Sartori; Lombardi Neto; Genovez (2005), relacionado com a cobertura do solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período do estudo (2000 a 2023), as temperaturas médias anuais e as precipitações totais anuais mínimas e máximas foram 24,6°C (2000) e 25,7°C (2002), 321mm/ano (2023) e 917mm/ano (2008), respectivamente. Em 2011, ocorreram as máximas de evapotranspiração potencial e real (807,3mm/ano e 766mm/ano), e em 2012, as mínimas (390,1mm/ano e 387,6mm/ano). Entre 2005 e 2011 e em 2020, a precipitação foi maior que a evaporação potencial. Em 2004 e 2023, a evapotranspiração potencial foi bem superior a precipitação (Figura 2). Destacam-se os anos de 2004 e 2023, quando a evapotranspiração potencial foi significativamente maior que a precipitação, e a situação inversa nos anos de 2009 e 2020 (Gráfico 1).

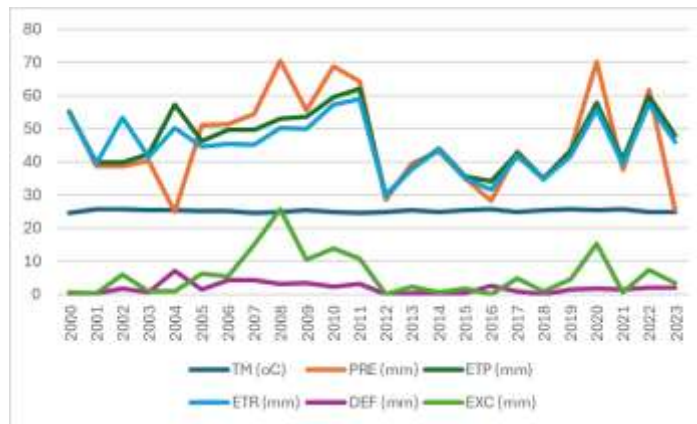
As deficiências hídricas mínimas e máximas anuais foram 2,5mm/ano (2012) e 93,1mm/ano (2004); e o excedente hídrico anual mínimo foi 0 em 2016 e o máximo, 334,3mm/ano em 2008. O excesso hídrico apresentou-se maior que a deficiência hídrica, em especial nos meados finais das décadas de 2000 e 2010, e início da década de 2020 (Gráficos 2 e 3).

**Gráfico 1.** Variação dos dados totais anuais de precipitação (PRE) e evapotranspiração potencial (ETP)



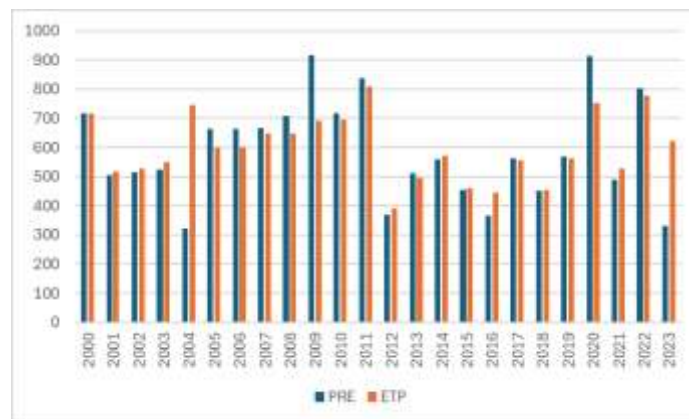
Fonte: Os Autores.

**Gráfico 2.** Variação dos dados totais médios anuais meteorológicos de temperatura média (TM), precipitação (PRE), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR), excesso hídrico (EXC) e deficiência hídrica (DEF) no período de 2000 a 2023



Fonte: Os Autores.

**Gráfico 3.** Variação anual média entre a deficiência hídrica (DEF) e excesso hídrico (EXC), no período de 2000 a 2023



Fonte: Os Autores.

Os resultados do BHC da série histórica de 23 anos são exibidos na Tabela 1. Verifica-se que a variabilidade anual dos elementos climatológicos de entrada de temperatura média (TM; °C) e precipitação pluvial (PRE; mm), e os demais componentes do BHC, evapotranspiração potencial (ETP; mm), evapotranspiração real (ETR; mm), excedente hídrico (EXC; mm) e deficiência hídrica (DEF; mm).

**Tabela 1.** Balanço hídrico climatológico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) (CAD=100mm e Latitude -10,21), no período de 2000 a 2003, Nossa Senhora da Glória (SE).

Mês	T <sub>M</sub> (°C)	P <sub>RE</sub> (mm)	E <sub>TP</sub> (mm)	E <sub>TR</sub> (mm)	E <sub>XC</sub> (mm)	D <sub>EF</sub> (mm)
JAN	26,9	38,9	38,9	37,2	0,2	11,3
FEV	27,0	45,3	39,4	38,9	0,9	11,3
MAR	26,9	60,3	53,6	52,4	1,8	15,2
ABR	26,3	55,9	52,9	51,7	1,8	11,1
MAI	25,0	66,5	56,4	56,9	0,5	9,4
JUN	23,4	53,5	62,3	61,1	1,4	3,3
JUL	22,4	56,2	61,2	60,2	1,3	1,1
AGO	22,6	43,5	55,7	52,9	2,8	0,1
SET	23,8	31,7	43,7	39,2	4,5	0,1
OUT	25,4	34,8	37,0	32,9	3,8	2,7
NOV	26,4	30,5	29,5	26,0	3,1	1,2
DEZ	26,8	28,7	28,8	27,3	2,6	2,6
<b>MEDIA</b>	25,2	45,5	46,6	45,1	2,1	5,8
<b>TOTAL</b>	328,1	552,4	567,1	546,6	26,6	63,9

Fonte: Os autores.

As maiores precipitações médias ocorreram entre os meses de março e julho e as menores, entre agosto e fevereiro, com máxima em maio e mínima em dezembro, de acordo com a característica do semiárido sergipano, ou seja, inverno chuvoso e verão seco. Nesse período, ocorrem as maiores taxas das evapotranspirações potencial e real. A evapotranspiração real registrou um total de 546,6mm/ano, com valores mínimo e máximo de 26,0mm/ano e 61,1mm/ano. O município apresenta deficiência hídrica em 6 dos 12 meses do ano, fazendo com que o consumo hídrico pelas plantas seja maior do que a água disponível no solo, ocasionando o estresse hídrico.

De acordo com o sistema de classificação de Thornthwaite (1948), o clima do município de Nossa Senhora da Glória, a partir dos índices: hídrico (IH), de aridez (IA), de umidade (IU), e da eficiência térmica (ET) é categorizado como CldC'2a' (Quadro 4). Esta classificação indica um clima subúmido seco (Cl), em função do índice do IU; com pequeno ou nenhum excesso de água durante o ano, em função do IA e IH (d); microtérnico (C'2) e (a') em função da ET, relacionado à temperatura e evapotranspiração potencial.

## Indicadores Hidroclimáticos para Avaliação da Vulnerabilidade à Desertificação em Nossa Senhora da Glória (SE)

Essa classificação é fundamental para o planejamento de atividades agropecuárias e para a compreensão das condições climáticas locais, especialmente em regiões suscetíveis a variações na disponibilidade hídrica. Destaca-se que, segundo a classificação climática de Köppen, o clima do município é classificado como BSh, correspondendo a um clima semiárido quente e seco, e de acordo com Thornthwaite é do tipo megatérmico subúmido seco com excedente hídrico pequeno ou nulo.

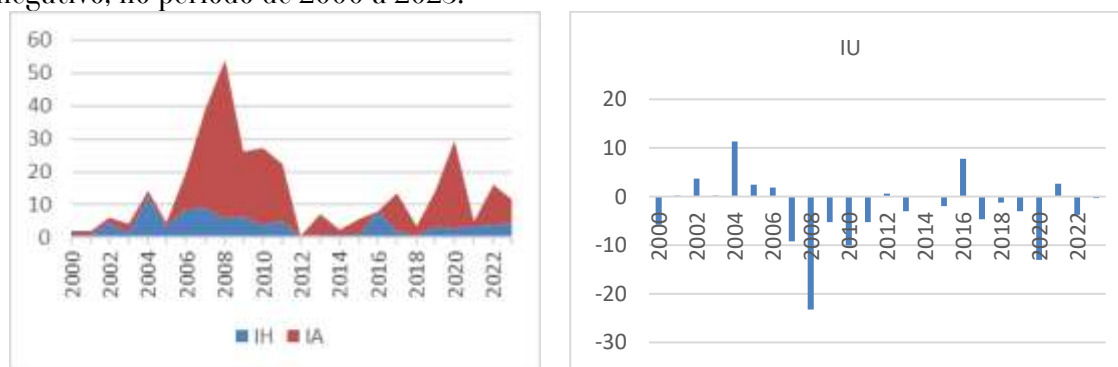
**Quadro 4.** Classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955) do município de Nossa Senhora da Glória (SE)

IH	IA	IU	Tipo climático em função de			
			IU	IH e IA	ET	ET
4,7 (%)	11,3 (%)	-2,1 (%)	Cl	d	C2	a'

Fonte: Os Autores.

Entre 2000 e 2023, o índice de aridez foi maior que o índice hídrico, com destaque para os períodos entre 2006 e 2011, e 2017 e 2023. Os fatores que influenciam o índice de aridez é baixa precipitação, alta temperatura, ventos fortes e baixa umidade relativa. Nestes períodos, o índice de umidade foi negativo, principalmente nos anos de 2007, 2008, 2010 e 2020 (Gráfico 4). O índice de umidade negativo indica deficiência hídrica no solo, com a evapotranspiração potencial superando a precipitação.

**Gráfico 4.** Variação anual entre os índices hídrico e de aridez (a) e índice de umidade positivo e negativo, no período de 2000 a 2023.

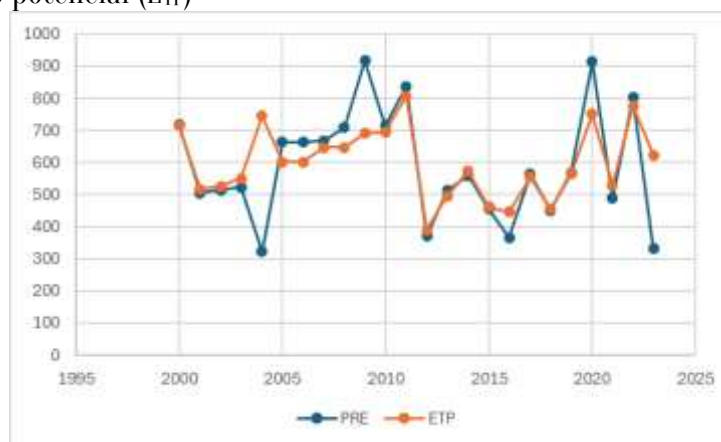


Fonte: Os Autores.

Estudos indicam que, sob cenários de aquecimento global, a classificação climática do município pode alterar-se de subúmido seco para semiárido (MARCOS JÚNIOR *et al.*, 2018). Castelhana e Pinto (2022) destacam fortes tendências de aumento na temperatura e diminuição nas chuvas em todo estado de Sergipe. No entanto, a temperatura anual total apresentou-se,

praticamente, constante durante todo o período estudado (Gráfico 2). A precipitação anual apresentou-se no padrão da área de estudo, ou seja, mínimas por volta de 300mm/ano e máximas de 900mm/ano, cujo comportamento temporal ocorreu de forma similar à evapotranspiração potencial, com acréscimos e decréscimos sazonais, com valores próximos entre si. No entanto, em 2004 e 2023, as precipitações foram significativamente mais baixas que a evapotranspiração potencial, e em 2009 e 2020, ocorreu o contrário, a precipitação foi significativamente maior (Gráfico 5).

**Gráfico 5.** Variação dos dados anuais totais de temperatura ( $T_{EM}$ ), precipitação ( $P_{RE}$ ) e evapotranspiração potencial ( $E_{TP}$ )



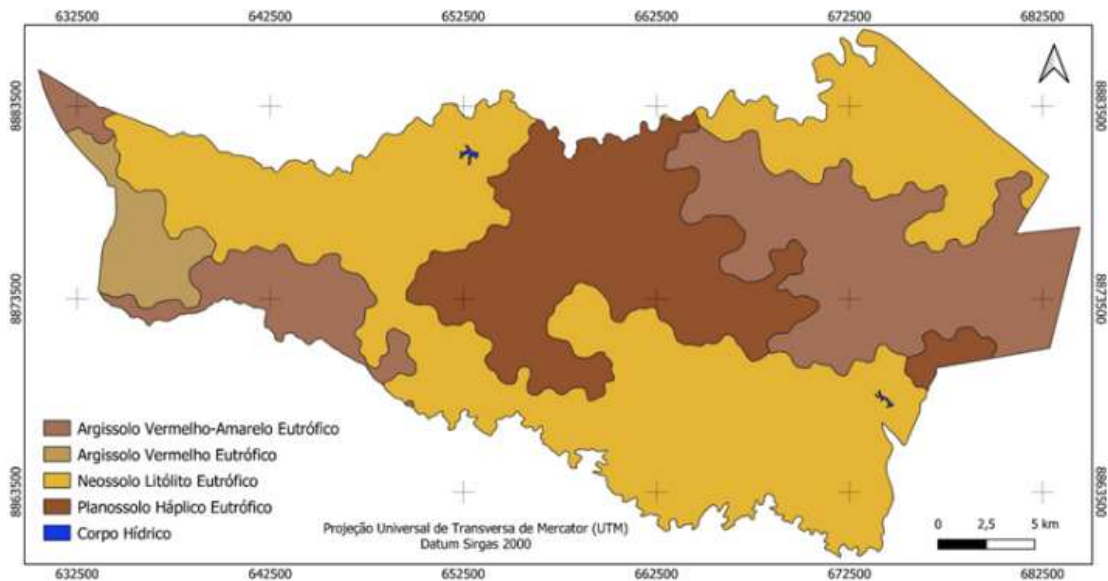
Fonte: Os Autores.

A precipitação média do total anual, entre 2000 e 2023, foi de 567,4 mm, com maiores precipitações entre março e julho (inverno chuvoso) e menores, entre agosto e fevereiro (verão seco). Os anos 2012, 2013, 2015, 2016 e 2018 apresentaram as precipitações menores que 15% da média anual total, 333,7 mm, 459,9 mm, 447,2 mm, 398,1 mm e 409,4 mm, respectivamente. Há uma correspondência com o fenômeno El Niño Fraco a Muito forte, iniciado no 3º trimestre de 2014 e finalizado no 2º trimestre de 2016. Os anos 2007, 2009, 2010, 2011, 2020 e 2022 apresentaram precipitações maiores que 15% da média anual total, 654,3 mm, 675,8 mm, 762,1 mm, 777,1 mm, 831,3 mm e 729,5 mm. Estes anos apresentam correspondência com o fenômeno La Niña fraca a muito forte. Destaca-se o raro evento *triple-dip* (três anos consecutivos de La Niña), ocorrido entre 2020 e 2023.

A maioria dos solos do semiárido apresentam pequena a média profundidade (entre 50 e 100 cm), com concentração de bases maior que 50% definida pelo caráter eutrófico (ARAÚJO FILHO *et al.*, 2022). Na área de estudo, o Neossolo Litólico Eutrófico é principal tipo de solo em extensão, ocupando cerca de 51% do município. O Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico e

## Indicadores Hidroclimáticos para Avaliação da Vulnerabilidade à Desertificação em Nossa Senhora da Glória (SE)

Argissolo Vermelho Eutrófico, juntos são o 2º grupo predominante, com aproximadamente 31% da área, e o Planossolo Háptico Eutrófico corresponde 18% (Figura 2).



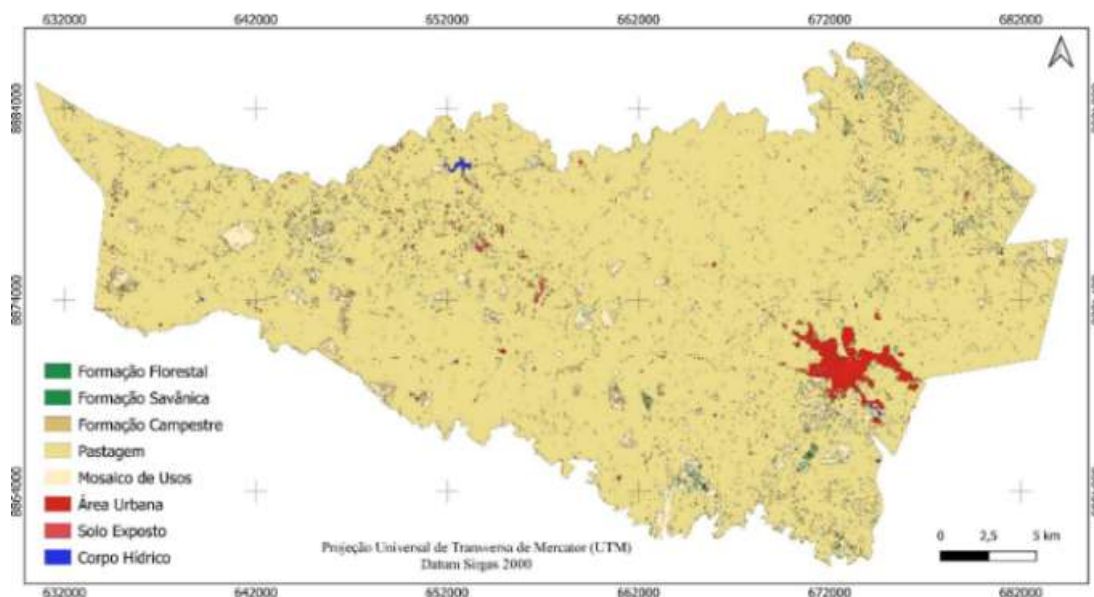
**Figura 2.** Pedologia simplificada do município de Nossa Senhora Glória (SE).  
**Fonte:** IBGE (2020).

O contato lítico próximo à superfície dos Neossolos Litólicos, e a densidade relativamente elevada, porosidade total baixa e pequena permeabilidade dos Planossolos Hápticos proporcionam a estes solos altos valores de escoamento (SARTORI; LOMBARDI NETO; GENOVEZ, 2005). Segundo os autores, os Argissolos Vermelho-Amarelos apresentam em geral maior relação textural entre os horizontes A ou E e B textural do que os Argissolos Vermelhos (textura mais argilosa no horizonte A), sendo por isso em igualdade de condições de relevo, da cobertura vegetal e manejo, mais suscetíveis à erosão do que estes.

De acordo com a classificação hidrológica dos solos, visando definir a suscetibilidade à erosão e a produção de escoamento, desconsiderando a cobertura do solo e a declividade do terreno, proposto por Ogrosky e Mockus (1964), e adaptado aos solos brasileiros por Sartori; Lombardi Neto; Genovez (2005): os Neossolos Litólicos e Planossolos Hápticos apresentam resistência à erosão muito baixo, com índice de erodibilidade (K) de 0,75 e taxa mínima de infiltração menor que 1,27 mm/h (Grupo D); os Argissolos Vermelho-Amarelo e Vermelhos apresentam resistência à erosão baixa, com índice K igual a 0,9 e taxa mínima de infiltração entre 1,27 e 3,381 mm/h.

As pastagens são o principal alimento dos rebanhos no semiárido. Na área de estudo, predominam as pastagens cultivadas em relação às nativas, que ocupam aproximadamente 93%

(Figura 3). A supressão da vegetação natural da Caatinga, que atualmente ocupa uma área em torno de 0,5%, foi convertida em pastagem. Esta conversão, em escala regional, ocasiona modificações no processo de escoamento superficial (CUNHA; ALVALÁ; OLIVEIRA, 2013), acelerando o processo erosivo dos solos, que, naturalmente, são suscetíveis à erosão, como descrito acima. Além disso, as pastagens apresentam maiores proporções de solo exposto do que a Caatinga Arbórea e a Caatinga Arbustiva (SILVA NETO *et al.*, 2022).



**Figura 3.** Cobertura do solo do município de Nossa Senhora Glória (SE)  
**Fonte:** IBGE (2020).

Estudos indicam que a utilização de Sistemas Agroflorestais no Bioma Caatinga tem apresentado resultados satisfatórios para minimizar a degradação do solo e a desertificação, maximizando a produção de alimentos no semiárido (TONUCC *et al.*, 2023). Dessa forma, recomenda-se a integração de pecuária-lavoura-caatinga para aumentar o acúmulo de resíduos em solos, visando diminuir a compactação, aumentar a porosidade total, a fertilidade e a estabilidade dos solos frente às intempéries.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O balanço hídrico do município de Nossa Senhora da Glória (SE), entre 2000 e 2023, apresentou-se com as características do semiárido sergipano. As maiores precipitações e excedentes hídricos ocorreram entre março e julho e as menores precipitações e maiores valores de deficiência hídrica, nos demais meses, caracterizando os invernos chuvosos e os verões secos

## Indicadores Hidroclimáticos para Avaliação da Vulnerabilidade à Desertificação em Nossa Senhora da Glória (SE)

típicos. O município apresentou deficiência hídrica em 6 dos 12 meses do ano, fazendo com que o consumo hídrico pelas plantas seja maior do que a água disponível no solo, ocasionando o estresse hídrico. Este estresse somado às características pedológicas intrínsecas dos Neossolos, Planossolos e Argissolos como a pequena espessura e a baixa capacidade de armazenamento de água, e ao desmatamento quase total da vegetação natural convertida em pastagem, intensificam o processo de desertificação do município. Tais características indicam que o município apresenta alta vulnerabilidade à desertificação.

Houve uma correspondência com os fenômenos El Niño e La Niña, ocasionando as menores e as maiores precipitações, respectivamente. De acordo com o sistema de classificação de Thornthwaite (1948), o clima do município de Nossa Senhora da Glória é categorizado como CldC'2a', ou seja, clima subúmido seco microtérnico com pequeno ou nenhum excedente hídrico, necessitando de irrigação durante os meses de deficiência hídrica. Com base nos resultados obtidos, recomendam-se os Sistemas Agroflorestais, por seu potencial de aumentar a matéria orgânica do solo e influenciar positivamente os teores de carbono e nitrogênio durante a conversão da Caatinga em áreas agrícolas consorciadas.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J. G. B. Balanço hídrico climatológico e erosividade do Parque Nacional da Serra da Capivara e entorno, Piauí, Brasil. **Geoambiente On-line**, n. 29, p. 36 – 55, 2017. Disponível em: <https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/48493>. Acessado em: 5 set 2025.

ARAÚJO, R. G.; ANDREOLI, R. V.; CÂNDIDO, L. A.; KAYANO, M. T.; SOUZA, R. A. F. A influência do evento El Niño - Oscilação Sul e Atlântico Equatorial na precipitação sobre as regiões norte e nordeste da América do Sul. **Acta Amazonica**, v. 43, n.4, p. 469 – 480, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/5bKWZlrcw4jqVGC6jNw199L/abstract/?lang=pt>. Acessado em 30 mai 2025.

ARAÚJO FILHO, J. C.; MARQUES, F. A.; AMARAL, A. J.; CUNHA, T. J. F.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; GALVÃO, P. V. M. **Solos do semiárido características e estoque de carbono**. In: Giongo, V.; Angelotti, F. Brasília: Embrapa. Cap. 6, 2022.

BARROS, G.V.P.; SOUZA, R.M.; SANTOS, S.F.S. Análise comparativa entre os dados de precipitação do programa GPM e os observados por estações meteorológicas em Sergipe. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.18, n. 4, p. 2777-2791, 2025. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/261720>. Acessado em: 1 ago 2025.

BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura** Porto Alegre: UFRGS, 2003. 110p.

BOMFIM, L. F. C.; COSTA, I. V. G.; BENVENUTI, S. M. P. **Diagnóstico do Município de Nossa Senhora da Glória**. Aracaju: CPRM, 2002, 22p.

BRASIL. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca/PAN Brasil**. Brasília (DF): Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos, 2004. 214p.

BURRELL, A. L.; EVANS, J. P.; DE KAUWE, M. G. Anthropogenic climate change has driven over 5 million km<sup>2</sup> of drylands towards desertification. **Nature Communications**, v. 11, n. 3853, p. 1-11, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17710-7>. Acessado em: 4 set 2025.

CASTELHANO, F. J.; PINTO, J. E. S. S. Tendências e alterações climáticas no estado de Sergipe, nordeste do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 42, p. 1-15, 2022. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/185565/179882>. Acessado em: 13 set 2025.

CUNHA, A. P. M.; ALVALÁ, R. C.; NOBRE, C. A.; CARVALHO, M. A. Monitoring vegetative drought dynamics in the Brazilian semiarid region. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 214-215, p. 494-505, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168192315007157>. Acessado em 29 mai 2025.

CUNHA, A. P. M. A.; ALVALÁ, R. C. S.; OLIVEIRA, G. S. Impactos das mudanças de cobertura vegetal nos processos de superfície na região semiárida do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.2, 139 - 152, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/MMHbxJF9tw6G3bmDyktv3QL/abstract/?lang=pt>. Acessado em 30 mai 2025.

FERNANDES, M. R. M.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q.; FERNANDES, M. M. Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Região Semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, p. 472-482, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/floram/a/CHP7srFFcKSbVSVCwRwqV8c/?format=pdf&lang=pt>. Acessado em: 6 set 2025.

FISCH, G; VALÉRIO, C. M. Variabilidade intra e interanual da precipitação em Taubaté-SP associado aos eventos El Niño e La Niña. **Revista de Biociências**, v.11, n. 1-2, p. 19-29, 2005. Disponível em: <https://periodicos.unitau.br/biociencias/article/view/192/158>. Acessado em: 14 fev 2025.

FRANCISCO, P.R.M., MEDEIROS, R.M., MATOS, R.M., SANTOS, D., SABOYA, L.M.F. Evapotranspiração de referência mensal e anual pelo método de Thornthwaite para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, n. 13, p. 135-147, 2017. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/13961>. Acessado 31 mai 2025.

GARRIDO, A. P. M. L.; NASCIMENTO, P. S. R. Modelagem da vulnerabilidade à desertificação no Alto Sertão do estado de Sergipe por análise multicriterial. **Revista Internacional de Ciências**, v. 14, n. 1, p. 57 -76, 2025. Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/ojs/index.php/ric>. Acessado em: 13 set 2025.

GUAN, X., MA, J., HUANG, J.; HUANG, R.; ZANG, L.; ZHUNG, M. Impact of oceans on climate change in drylands. **Science China Earth Science**, v. 62, 891-908, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11430-018-9317-8>. Acessado em: 13 set 2025.

HUANG, H.; HAN, Y.; CAO, M.; SONG, J.; XIAO, H.; CHENG, W. Spatiotemporal characteristics of evapotranspiration paradox and impact factors in China in the period of 1960-2013. **Advances in Meteorology**, v. 1, n.1, p. 1-11, 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2015/519207>. Acessado em: 13 fev 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil: 2016 - 2018**. Rio de Janeiro: IBGE. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/cobertura-e-uso-da-terra/15831-cobertura-e-uso-da-terra-do-brasil.html>. Acessado em 15 jan 2025.

INSA. Instituto Nacional do Semiárido. **O Semiárido Sergipano**. 2021. Disponível em: <https://ajnl.com.br/type/blogs/o-semiarido-sergipano/>. Acessado em: 3 set 2025.

JESUS, J. B., SOUZA, B. B., OLIVEIRA, A. M. S.; GAMA, D. C. Aridity index and climatic risk of desertification in the semi-arid state of Sergipe. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 24, n. 15, p. 214-227, 2019. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/14126/7359>. Acessado 13 set 2025.

KAYANO, M. T., CAPISTRANO, V. B. El Niño e La Niña dos últimos 30 anos: diferentes tipos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n.3, p. 283 - 290, 2016. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/Kayanoetal.pdf>. Acessado em 10 fev 2025.

KAYANO, M. T.; CERÓN, W. L.; ANDREOLI, R. V.; SOUZA, R. A. F.; ÁVILA-DÍAZ, A.; ZULUAGA, C. F.; CARVALHO, L. M. V. Does the El Niño-Southern Oscillation Affect the Combined Impact of the Atlantic Multidecadal Oscillation and Pacific Decadal Oscillation on the Precipitation and Surface Air Temperature Variability over South America? **Atmosphere**, v. 13, n. 2, p. 1-20, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/atmos13020231>. Acessado em: 2 set 2025.



## Indicadores Hidroclimáticos para Avaliação da Vulnerabilidade à Desertificação em Nossa Senhora da Glória (SE)

LIMA, A. A. C.; OLIVEIRA, F. N. S.; AQUINO, A. R. L. **Limitações do uso dos solos do estado do Ceará por suscetibilidade à erosão**. Fortaleza: Embrapa, 2002. 19p.

LINHARES, L. I. M.; FALCÃO SOBRINHO, J.; MUTTI, P. R. Evidências do aumento da aridez no estado do Ceará. **Revista Equador**, v. 13, n. 1, p. 93-108, 2024. Disponível em: <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/14480>. Acessado em 12 fev 2025.

LIU, Y.; SHISTHA, N.; XU, X.; WANG, M. S.; LI, Y.; WANG, Q.; SHADANOV, D.; WANG, Z. Effects of contemporary environments and quaternary climates change on drylands plants diversity differ between growth forms. **Ecography**, v. 42, n. 1, p. 334-345, 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/325715398\\_Effects\\_of\\_contemporary\\_environment\\_and\\_Quaternary\\_climate\\_change\\_on\\_drylands\\_plant\\_diversity\\_differ\\_between\\_growth\\_forms](https://www.researchgate.net/publication/325715398_Effects_of_contemporary_environment_and_Quaternary_climate_change_on_drylands_plant_diversity_differ_between_growth_forms). Acessado em: 5 set 2025.

MARCOS JÚNIOR, A. D.; SILVEIRA, C. S.; VASCONCELOS JÚNIOR, F. C.; GUIMARÃES S. O.; COSTA, J. M. F. Classificação climática de Thornthwaite para o Brasil com base em cenários de mudanças climáticas do IPCC-AR5. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 4, p. 647-664, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/66750>. Acessado em: 14 mai 2025.

MARTINS, F. B.; GONZAGA, G.; SANTOS, D. F.; REBOÍTA, M. S. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: cenário atual e projeções futuras. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, p. 129-156, nov. 2018. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/14064>. Acessado em: 28 mai 2025.

MATALLO JÚNIOR, H. **Indicadores de Desertificação: histórico e perspectivas**. Brasília: Unesco, 2001, 80p.

MATOS, R.M.; SILVA, P.F.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, B.D.B.; BARROS, A.S.; DANTAS NETO, J.; SABOYA, L.M.F. Balanço hídrico climatológico normal e sequencial para o município de Barbalha – CE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n.3, p.973-982, 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/3420200740>. Acessado em: 13 fev 2025.

MEDEIROS, A. S.; MAIA, S. M. F.; SANTOS, T. C.; GOMES, T. C. A. Soil Carbon losses in conventional farming systems due to land-use change in Brazilian semi-arid region. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 287, n.1, p. 1-9, 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/338307673\\_Soil\\_carbon\\_losses\\_in\\_conventional\\_farming\\_systems\\_due\\_to\\_land-use\\_change\\_in\\_the\\_Brazilian\\_semi-arid\\_region](https://www.researchgate.net/publication/338307673_Soil_carbon_losses_in_conventional_farming_systems_due_to_land-use_change_in_the_Brazilian_semi-arid_region). Acessado 5 set 2025.

MORAES, J. B.; WANDERLEY, H. S.; DELGADO, R. C. Áreas suscetíveis a desertificação no Nordeste do Brasil e projeção para cenário de mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.17, n.6, p. 4003-4014, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/259141>. Acessado em: 20 ago 2025.

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. Cold & warm episodes by season, 2025. Disponível em: [https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php). Acessado em: 21 ago. 2025.

OGROSKY, H. O.; MOCKUS, V. Hydrology of agricultural lands. In: Chow, V. T. **Handbook of Applied Hydrology**. New York : McGraw-Hill, Cap. p. 1-97, 1964.

OLIVEIRA, A. R.; PINTO, J. E. S. S.; MENDONÇA, F. A. A desertificação no Alto Sertão de Sergipe/Brasil: abordagem na perspectiva das vulnerabilidades socioambientais. **Investigaciones Geográficas**, v. 1, p. 139-149, 2016. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/cf9c/af066d18b6750239b80aace7afc49918c2aa.pdf>. Acessado em: 15 fev 2025.

OLIVEIRA, J. A. M., OLIVEIRA, C. M. M. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Arinos-MG. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 6, p. 3021-3027, 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/330527315>. Acessado em 28 fev 2025.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.



SANTOS P. H. N.; FERREIRA, W. S.; SANTANA, B. L. P. Repercussões do El Niño e La Niña na precipitação do estado de Sergipe – Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 33, p. 399-437, 2023. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/17395>. Acessado em 13 mar 2025.

SANTOS, W. M.; SOUZA, R. M. S.; SOUZA, E. S.; ALMEIDA, A. Q., ANTONINO, A. C. D. Variabilidade espacial da sazonalidade da chuva no semiárido brasileiro. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 4, p. 368-376, 2017. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/1466>. Acessado em: 4 set 2025.

SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GEONOVEZ A. B. Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método de Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos – Parte I: Classificação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n.4, p. 5-18, 2005. Disponível em: [https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/26/6c2ebe52f7043b800f2879be8e09bd55\\_624e887e937b744607e1fe0d08b69e6d.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/26/6c2ebe52f7043b800f2879be8e09bd55_624e887e937b744607e1fe0d08b69e6d.pdf). Acessado em: 13 set 2025.

SILVA, J. S.; CABRAL JÚNIOR, J. B. Hidroclimatologia e balanço hídrico climatológico para o estado de Alagoas, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, v. 36, p. 340-365, 2025. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/18957>. Acessado em 14 mar 2025

SILVA, P. L. F.; NASCIMENTO, R. S. Balanço hídrico climatológico e índice de aridez para municípios da Microrregião de Guarabira, Paraíba. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering** v. 14, 2, p.135-150, 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Pedro-Silva-212/publication/341294275>. Acessado em: 2 set 2025.

SILVA, L. A. P.; SILVA, C. R.; SOUZA, C. M. P.; BOLFE, E. L.; SOUZA, J. P. S. Mapeamento da aridez e suas conexões com classes do clima e desertificação climática em cenários futuros – semiárido brasileiro. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 35, p. 1-13, 2023. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/123456789/3259>. Acessado em 14 mar 2025.

SILVA, G. N.; SILVA, J. G. F.; SANTANA, W. M. Estimativa do balanço hídrico climatológico: um estudo de caso. **Vivências**, v. 13, n. 25, p. 117-127, 2017. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/123456789/3259>. Acessado em: 15 mar 2025.

SILVA NETO, M. A.; JESUS, J. E. G.; MONTENEGRO, A. A. A.; SOUZA, L. B.; LINS, F. A. C.; CHAGAS, A. M. S. Parâmetros biofísicos como instrumento analítico de degradação do solo em bacia experimental do semiárido Pernambucano. **Revista da Sociedade Brasileira de Agrometeorologia**, v.30, p. 1 – 11, 2022. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/368775634\\_Parametros\\_biofisicos\\_como\\_instrumento\\_analitico\\_de\\_degradacao\\_do\\_solo\\_em\\_bacia\\_experimental\\_do\\_semiarido\\_pernambucano](https://www.researchgate.net/publication/368775634_Parametros_biofisicos_como_instrumento_analitico_de_degradacao_do_solo_em_bacia_experimental_do_semiarido_pernambucano). Acessado em 31 mar 2025.

SOUZA, C. E. L. D.; CRUZ, R. C. **Balanço hídrico climatológico do município de Cacequi/RS de 1985 a 2020**: efeitos do fenômeno ENOS e da mudança na cobertura da terra. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia v. 25, n. 100, p. 15 – 33, 2024. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/71000>. Acessado em 30 abr 2025.

THORNTON, C.W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review**, London, v.38, p.55-94, 1948.

THORNTON, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton, Drexel Institute of Technology-Laboratory of Climatology. **Publications in Climatology**, v. 8, n. 1, p. 104, 1955.

UNITED NATIONS. United Nations. **Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa**. Paris, 17 jun. 1994. Disponível em: [https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?chapter=27&clang=en&mtsg\\_no=XXVII-10&src=IND](https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?chapter=27&clang=en&mtsg_no=XXVII-10&src=IND). Acessado em: 2 set 2025.

XAVIER, A. C.; SCANLON, B. R.; KING, C. W.; ALVES, A. I. New improved Brazilian daily weather grided data (1961-2020). **International Journal of Climatology**, v.2, n.16, p.8390-8404, 2022. Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/joc.7731>. Acessado em 28 mai 2025.