



# Clima e balanço hídrico climatológico de áreas serranas e da depressão sertaneja do semiárido brasileiro

Rebecca Luna Lucena<sup>1</sup>, Alíbia Deysi Guedes da Silva<sup>2</sup>, Fernanda de Cássia Neves Esteca<sup>3</sup>, Emerson Galvani<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Professora Doutora. E-mail: rebecca.luna@ufrn.br

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Mestranda. E-mail: alibiadeysi.prof@gmail.com

<sup>3</sup> Faculdade Metropolitana do Estado de São Paulo. Professora Doutora. E-mail: fernanda.esteca@usp.br

<sup>4</sup> Universidade de São Paulo. Professor Doutor. E-mail: egalvani@usp.br

Recebido em: 11/09/2023

Aceito em: 09/02/2024

## Resumo

Esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de realizar a análise climática comparativa entre áreas de altitude elevada e aquelas localizadas na depressão sertaneja, por meio da aplicação de índices climáticos de aridez. Os municípios escolhidos para esta análise foram: Campos Sales/CE, Guaramiranga/CE, Lagoa Nova/RN, Martins/RN, Monteiro/PB, Areia/PB, Triunfo/PE e Garanhuns/PE, situados em altitudes elevadas; e Crateús/CE, Sobral/CE, Mossoró/RN, Caicó/RN, São Gonçalo/PB, Patos/PB, Petrolina/PE e Cabrobó/PE, representativos de municípios de altitude reduzida. Para a análise climática e de aptidão agrícola, foram aplicados índices climáticos de aridez e de disponibilidade hídrica para a vegetação. A série trabalhada foi de 1981-2010, com dados de precipitação, temperatura do ar e estimativas de evapotranspiração potencial. Os dados foram provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet). Foi observada diferença marcante entre as condições climáticas das áreas elevadas e das áreas de altitude reduzida no semiárido brasileiro, com destaque para o déficit hídrico e as elevadas temperaturas predominantes na depressão sertaneja. As áreas serranas, de modo geral, possuem clima mais úmido do que a depressão, por efeito da orografia; porém, essa condição não é regra, devido à influência de outros fatores geográficos do clima. Ainda, observou-se que as áreas mais elevadas têm, climaticamente, condições favoráveis ao desenvolvimento natural da vegetação e, portanto, ao potencial da atividade agrícola, do que as áreas da depressão sertaneja.

**Palavras-chave:** Climas de altitude. Índices climáticos. Índices de aridez. Nordeste do Brasil.

## Introdução

Segundo os dados do *Atlas Brasileiro de Desastres Naturais* (CEPED, 2013), no Brasil, o desastre natural que acomete o maior número de pessoas é a seca ou estiagem. A seca, tanto meteorológica quanto hidrológica, é um fenômeno comum na região de domínio climático semiárido, que abrange cerca de 55 % do território da região Nordeste do Brasil (SÁ; SILVA, 2010). A seca meteorológica advém de precipitações que ocorrem abaixo da quantidade esperada e a seca hidrológica, geralmente consequência da primeira, refere-se à insuficiência de água disponível para os usos estabelecidos (JESUS et al., 2020).

As condições climáticas, somadas às características pedológicas e aos aspectos econômicos e sociais, ocasionam constantemente

situações de crise e emergência hídrica, geradas a partir da insuficiência de precipitações nesse domínio de natureza do Brasil (AB'SABER, 2003). O semiárido brasileiro possui elevadas taxas de insolação e temperatura, além da irregularidade interanual nos totais de precipitação (CORREIA et al., 2011). Desse modo, na região, predominam condições de déficit hídrico, associadas a condicionantes climáticos e à gestão das águas, a exemplo do controle da água associado ao controle da terra (MALVEZZI, 2007).

De acordo com Salimon e Anderson (2018), “atualmente, o Nordeste do Brasil é uma região semiárida propensa à seca, com alta variabilidade de chuvas, caracterizada por arbustos xéricos (savana) e florestas esparsas de árvores espinhosas decíduas (florestas secas)”. Porém, no semiárido brasileiro, as áreas com altitudes

mais elevadas têm temperaturas menores e umidade relativa do ar maior, em relação ao contexto regional, por efeito da altitude/orografia (AB'SABER, 2003; SOUZA; OLIVEIRA, 2006).

Nessas áreas mais elevadas do semiárido brasileiro, a temperatura é mais amena porque, dentro dos limites da troposfera, a temperatura do ar diminui linearmente com o aumento da elevação (RAMASWAMY et al., 2017; LUCENA et al., 2022). Vários estudos definiram essa taxa de mudança vertical como o gradiente adiabático de temperatura do ar próximo à superfície (KATTEL et al., 2019). O valor de  $-0,65^{\circ}\text{C m}^{-1}$  (vertical) é geralmente usado para estimar a temperatura do ar em altitudes mais elevadas. Essa queda de temperatura ocorre na troposfera e sua taxa pode variar com a localização e a estação do ano e seu valor depende fortemente da umidade atmosférica.

Nesse sentido, foram definidos os conceitos de razão adiabática úmida (RAU) e razão adiabática seca (RAS) (SANTOS et al., 2013). Por exemplo, o gradiente varia de  $\sim 0,4^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  perto da superfície nas regiões tropicais úmidas perto do equador – RAU; para valores muito maiores ( $\sim 0,8/100\text{ m} - 0,9^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ) nos subtrópicos mais secos – RAS (RAMASWAMY et al., 2017). Porém, além do fator “altitude”, deve-se atentar também às situações de barlavento e sotavento, fatos geográficos importantes na captação ou não de umidade em áreas elevadas do semiárido (VIEIRA, 2005; LUCENA et al., 2022). Por barlavento, entende-se a vertente que recebe diretamente os ventos úmidos e, por sotavento, a vertente oposta. Ou seja, os conceitos de barlavento e sotavento estão associados à direção do fluxo de vento e não a uma característica exclusiva do relevo (BARATTO et al., 2022).

Logo, essas áreas de elevada altitude podem ser mais ou menos úmidas dependendo de sua posição/orientação em relação aos ventos e massas de ar mais úmidas provenientes do oceano Atlântico. Elas têm sido estudadas e

necessitam de atenção especial, pois, por suas particularidades, são consideradas como áreas de destaque, incluindo as atividades agrícolas praticadas, como a policultura de subsistência (GOIS et al., 2019), e o potencial turístico, especialmente o ecoturismo (BARBOSA et al., 2016; NASCIMENTO et al., 2022).

No cenário das atividades agrícolas, o semiárido historicamente possui problemas relacionados à agricultura de sequeiro, que é aquela que depende diretamente das chuvas (LE MOS; SANTIAGO, 2020). Esse problema se deve, principalmente, a grandes variabilidades interanual e intrasazonal das chuvas, que se refletem na anomalia da quantidade precipitada entre diferentes anos e na alteração de ciclos de estiagem e chuvas estacionais (com duração entre 10 e 90 dias), respectivamente (MITTERSTEIN; SEVERO, 2008; SOUZA et al., 2017). Associados à variabilidade pluviométrica, ocorrem frequentemente elevados valores mensais e anuais de insolação, temperatura e evapotranspiração potencial, o que gera déficit hídrico (GOMES; ZANELLA, 2023). Assim, a espacialização da classificação climática baseada no balanço hídrico expõe informações importantes para a gestão das águas e para a gestão agrícola na região.

A importância prática desta pesquisa reside na necessidade crítica de compreender as variabilidades climáticas em diferentes zonas topográficas do semiárido brasileiro, impactando diretamente a gestão hídrica e as práticas agrícolas nessas regiões. Ao identificar as diferenças climáticas entre áreas serranas e de depressão sertaneja, esta pesquisa pode fornecer informações valiosas para o desenvolvimento de estratégias adaptativas mais eficazes. Além disso, os resultados podem contribuir para a tomada de decisões informadas na mitigação dos impactos da seca, especialmente em um contexto de crescente variabilidade climática.

Nesse contexto, a pesquisa em questão foi desenvolvida com o objetivo de realizar

uma análise climática comparativa entre áreas de altitude elevada e aquelas localizadas na depressão sertaneja, por meio da aplicação de índices climáticos de aridez. Para tanto, foram selecionados municípios dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, sendo quatro municípios para cada estado, dois localizados na serra e dois na depressão sertaneja. Por meio da aplicação de índices climáticos de aridez, pretende-se entender as disparidades climáticas entre essas duas categorias de áreas, contribuindo para a compreensão mais aprofundada dos desafios enfrentados em relação à seca e à estiagem.

semiárido delimitado pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – Sudene (2017). Logo, esses estados passam constantemente por intercorrências relacionados à insuficiência hídrica, que historicamente gera diversos problemas à sociedade, entre eles, falta de água de qualidade e em quantidade para a população e perdas na atividade agrícola. Nesse contexto, foram escolhidos 16 municípios para a pesquisa, sendo quatro para cada um dos estados supracitados. Na Figura 1, observa-se o mapa de localização dos municípios, elaborado no programa QGIS Las Palmas, e, na Tabela 1, registram-se a altitude e as coordenadas geográficas.

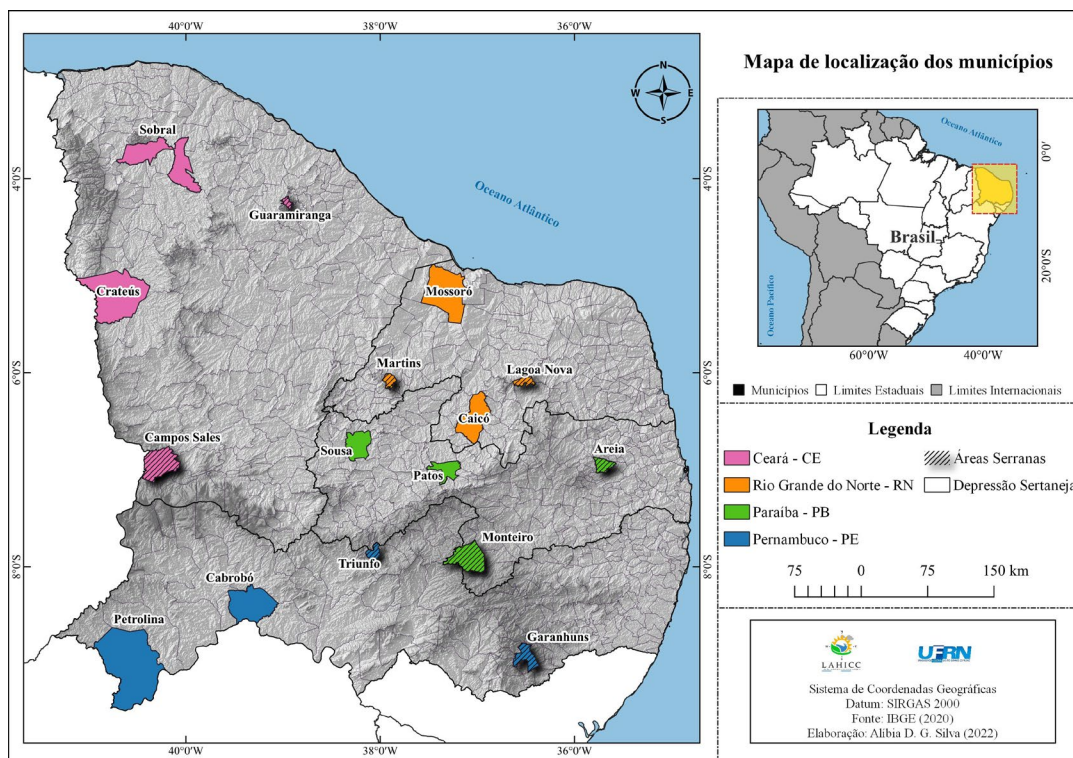
## Material e métodos

### Área de estudo

Os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, que compõem o Nordeste setentrional, abrangem um elevado número de municípios dentro do polígono

Dentro de cada estado, foram selecionados dois municípios com cota altimétrica superior aos 500 m, nos chamados “brejos serranos”, e dois com cotas inferiores aos 400 m, esses localizados nas áreas mais rebaixadas da “depressão sertaneja” (AB’SABER, 2003; Tabela 1).

**Figura 1.** Mapa de localização dos municípios considerados para este estudo



**Fonte:** elaborado pelos autores.

**Tabela 1.** Estados, altitude e coordenadas geográficas dos municípios que compõem a área de estudo

UF	Município	Coordenadas geográficas	Altitude (metros)
CE	Crateús	5° 17' S ; 40° 67' O	296
CE	Sobral	3° 73' S ; 40° 33' O	109
CE	Campos Sales	7° 00' S ; 40° 38' O	583
CE	Guaramiranga	4° 28' S ; 39° 00' O	870
RN	Mossoró	5° 20' S ; 37° 30' O	38
RN	Caicó	6° 47' S ; 37° 08' O	169
RN	Martins*	6° 08' S ; 36° 91' O	645
RN	Lagoa Nova*	6° 09' S ; 36° 46' O	700
PB	São Gonçalo	6° 75' S ; 38° 22' O	233
PB	Patos	7° 02' S ; 37° 27' O	244
PB	Monteiro	7° 88' S ; 37° 07' O	603
PB	Areia	6° 97' S ; 35° 68' O	547
PE	Petrolina	9° 38' S ; 40° 48' O	370
PE	Cabrobó	8° 50' S ; 39° 31' O	337
PE	Triunfo	7° 82' S ; 38° 12' O	1105
PE	Garanhuns	8° 88' S ; 36° 52' O	822

Fonte: Inmet, 2023; \*DCA, 2022.

### Coleta de dados e aplicação de índices climáticos

Para realizar a comparação entre áreas de maior e menor altitude do semiárido brasileiro, foram escolhidas as variáveis precipitação, temperatura média do ar e evapotranspiração potencial. Os valores utilizados foram mensais e anuais da normal climatológica do Brasil, disponibilizada no site do Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet (2022). No caso dos municípios de Lagoa Nova e Martins, ambos localizados no estado do Rio Grande do Norte, os dados foram coletados junto ao departamento de ciências atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande (DCA, 2022), uma vez que esses dois municípios não possuem estação meteorológica.

De posse dos dados climáticos, foram aplicados três índices de aridez: o balanço hídrico climatológico normal (BHC), proposto por Thornthwaite e Matter (1955); o índice de aridez (ÍA) anual, adotado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – UNEP (2022); e o índice de aridez, também conhecido

como índice de mês seco, proposto por Gausson e Bagnouls (1962).

O BHC foi adaptado em forma de tabela dinâmica por meio do macro (Excel) por Rolim et al. (1998), em que a deficiência, o excedente, a retirada e a reposição hídricas foram calculadas mês a mês a partir de dados de precipitação, temperatura do ar e evapotranspiração potencial. Os resultados foram gerados como tabelas e gráficos de balanço hídrico. O modelo da tabela utilizada para cada município em análise pode ser acessado em trabalhos como Rolim et al. (1998) e Portilho et al. (2011). Os gráficos foram gerados em ambiente de Excel e constam nos resultados dessa pesquisa. A Capacidade de Água Disponível (CAD) adotada foi de 100 mm, conforme utilizado em diversos trabalhos realizados no semiárido brasileiro, como Silva et al. (2017), Costa et al. (2019), Silva et al. (2020), Silva et al. (2022a), Silva et al. (2022b).

Num segundo momento, foi calculado o índice de aridez – ÍA (equação 1), adotado pelo UNEP (CONTI, 2008; UNEP, 2022), e

os resultados dispostos em diferentes classes climáticas (Tabela 2):

$$\acute{A} = P/ETP \quad (\text{equação 1})$$

Em que os valores anuais totais de precipitação são representados por  $P$  e os valores anuais de evapotranspiração potencial por  $ETP$ .

Por último, aplicou-se o índice de aridez ou mês seco, proposto por Gaussen; Bagnouls (1962) *apud* Nimer et al. (1967), utilizando-se a equação 2, e os resultados também foram dispostos em classes climáticas, conforme a Tabela 3.

$$Ia = P \leq 2 * T \quad (\text{equação 2})$$

Em que  $P$  representa os valores mensais de precipitação e  $T$  os valores de temperatura média mensal do ar.

Os mapas foram gerados no programa QGIS Las Palmas e os resultados apresentados por meio da técnica de interpolação do inverso do quadrado da distância (IDW), conforme Gardiman-Junior et al. (2012).

**Tabela 2.** Classificação climática por índice de aridez

Valor de ( $\acute{A}$ )	Classes climáticas
<0,05	Hiperárido
0,05<0,20	Árido
0,21<0,50	Semiárido
0,51<0,65	Subúmido seco
>0,65	Subúmido úmido

Fonte: UNEP, 2022

**Tabela 3.** Classificação climática pelo índice de aridez ou mês seco

Quantidade de meses secos	Tipo climático
12	Desértico
9-11	Subdesértico
7-8	Seco acentuado
5-6	Seco médio
3-4	Seco tênue
1-2	Clima transicional
0	Úmido

Fonte: Torres e Machado, 2011.

## Resultados e discussão

### Balanço hídrico climatológico para a depressão sertaneja

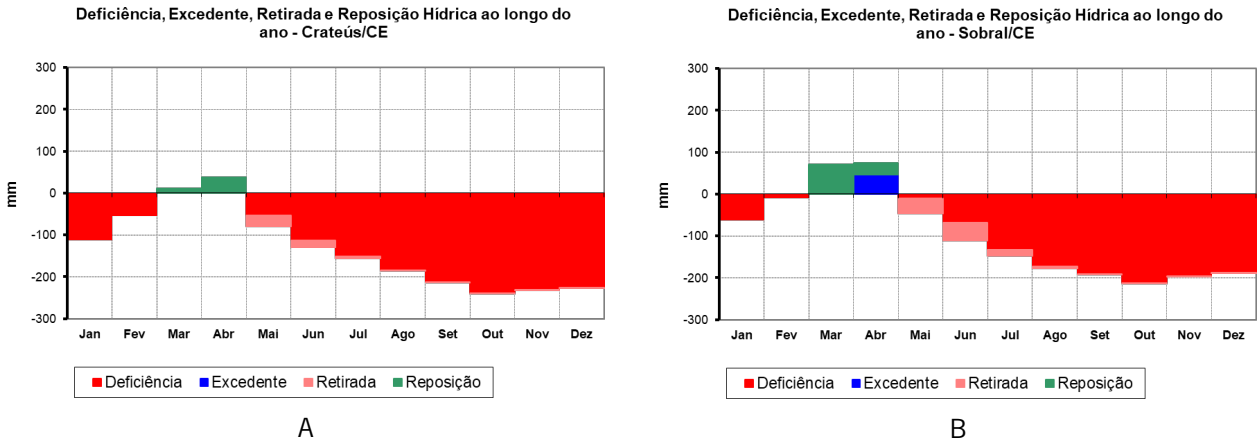
Por meio da análise do BHC, conforme a metodologia de Rolim et al. (1998), percebem-se padrões marcantes nas condições climáticas dos municípios em estudo. As Figuras 2, 3, 4 e 5 (A e B) oferecem uma visão panorâmica dos resultados, evidenciando que, em praticamente todos os meses do ano e em todos os municípios analisados, a precipitação é inferior à evapotranspiração, o que promove deficiência hídrica em quase toda a região, com exceção de Sobral/CE e São Gonçalo/PB. A curva anual da precipitação é muito semelhante entre os municípios (Figuras 2 a 5), com período chuvoso ocorrendo no primeiro semestre do ano e período de estiagem no segundo, o que corrobora diversos trabalhos desenvolvidos no semiárido (LUCENA et al., 2013; REBOITA et al., 2016; BRITO et al., 2017; SILVA et al., 2018). Assim, a reposição hídrica (quando ocorre) é sempre no período chuvoso, restrito aos primeiros meses do ano, como pode ser visto nas Figuras 2 (A e B), 3 (A) e 4 (A).

Sobral/CE e São Gonçalo/PB foram os únicos municípios com excedente hídrico, entre os selecionados para representar a depressão sertaneja. Crateús/CE e Mossoró/RN têm reposição hídrica nos meses mais chuvosos: março e abril. De acordo com o balanço hídrico normal mensal, os municípios mais críticos foram Caicó/RN, Patos/PB, Petrolina/PE e Cabrobó/PE, pois neles não há, em qualquer mês do ano para o período considerado, reposição ou excedente hídrico.

### Balanço hídrico climatológico para áreas elevadas

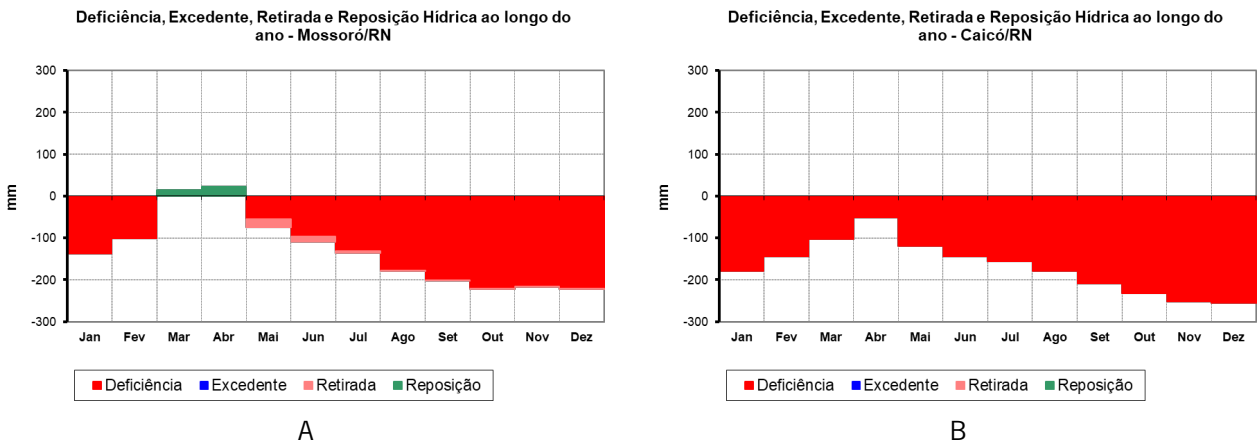
Em se tratando dos municípios localizados em serras, planaltos e chapadas do semiárido brasileiro, observa-se que a reposição e o

**Figura 2.** Balanço hídrico para municípios da depressão sertaneja (altitude reduzida) – Ceará



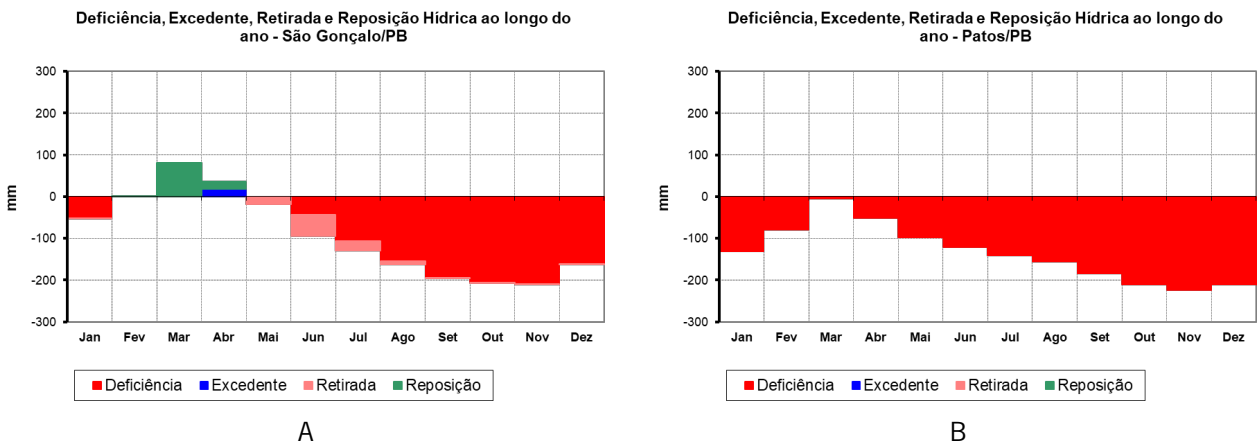
Fonte: elaborado pelos autores

**Figura 3.** Balanço hídrico para municípios da depressão sertaneja (altitude reduzida) – Rio Grande do Norte



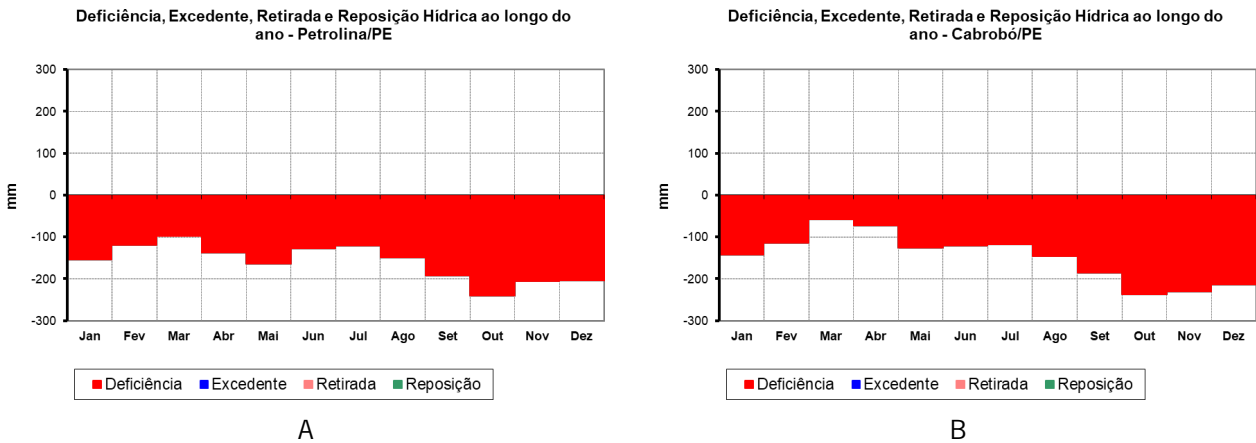
Fonte: elaborado pelos autores

**Figura 4.** Balanço hídrico para municípios da depressão sertaneja (altitude reduzida) – Paraíba



Fonte: elaborado pelos autores

**Figura 5.** Balanço hídrico para municípios da depressão sertaneja (altitude reduzida) – Pernambuco



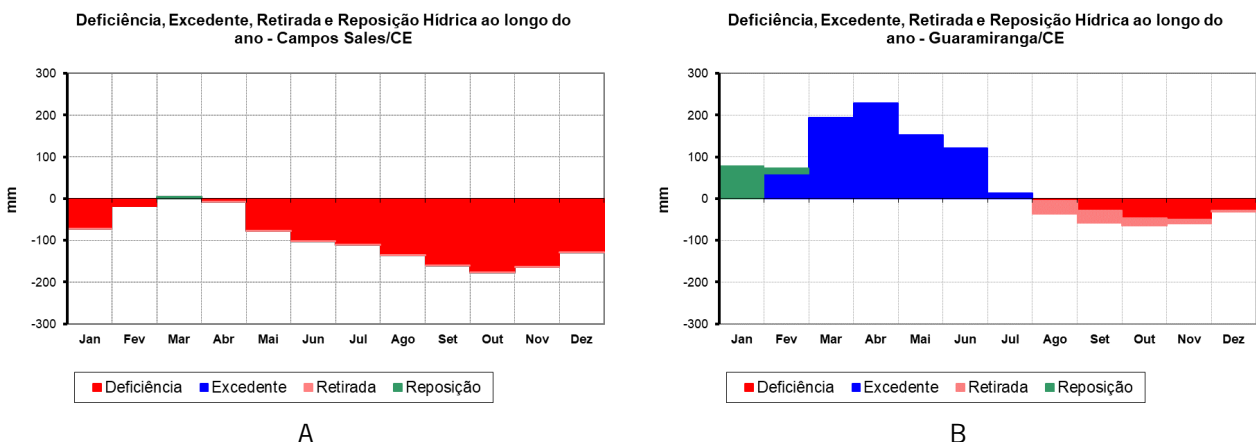
**Fonte:** elaborado pelos autores

excedente hídrico estão mais presentes, indicando maior disponibilidade de água no sistema solo-planta, conforme classificação climática de Thornthwaite e Matter (Figuras 6 a 9). Contudo, há exceção para os municípios de Campos Sales/CE e Monteiro/PB, que possuem balanço hídrico climático semelhante aos valores encontrados para a depressão sertaneja.

De acordo com os gráficos apresentados, em grande parte dos municípios com elevada altitude ocorre a reposição e o excedente hídrico, condição climática que indica períodos suscetíveis ao plantio, dependendo da cultura, sem necessidade de irrigação (PEREIRA et al., 2002). Guaramiranga/CE, Areia/PB e Triunfo/PE são verdadeiros “oásis” no semiárido, com

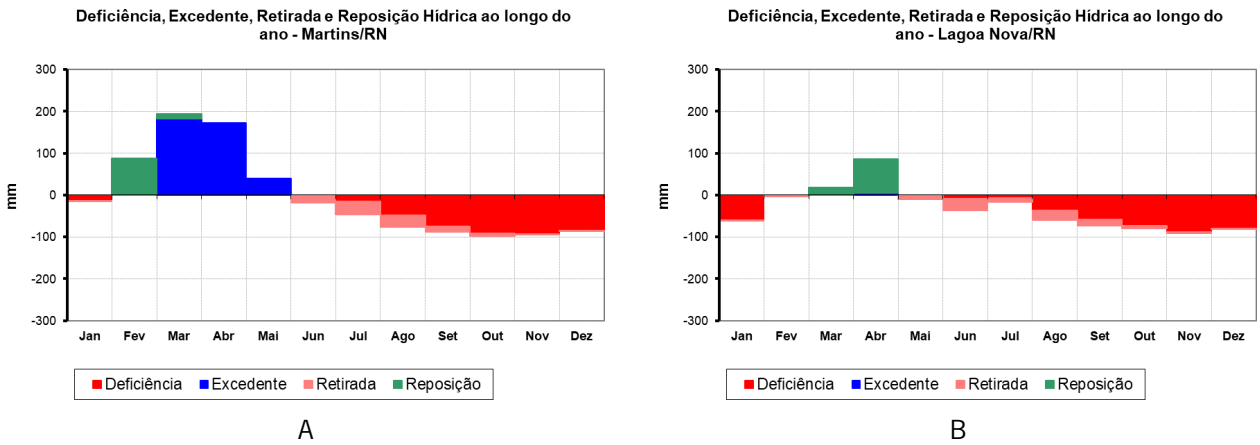
precipitações elevadas e pelo menos seis meses com reposição hídrica, gerando seu excedente. Novais (2023), fazendo uso de dados de temperatura, precipitação e evapotranspiração, classificou o tipo climático desses três municípios como equatorial ameno semissecó. A altitude gera uma condição térmica diferenciada que, por sua vez, pode proporcionar maior umidade, com exceção dos municípios de Campos Sales/CE (Figura 6A) e Monteiro/PB (Figura 8A), nos quais a altitude, aparentemente, não foi o controle mais importante no resultado do BHC. Deve-se considerar, também, outros fatores geográficos do clima, como a subexposição aos ventos úmidos provenientes do oceano.

**Figura 6.** Balanço hídrico para municípios em áreas elevadas (serras, planaltos, chapadas) – Ceará



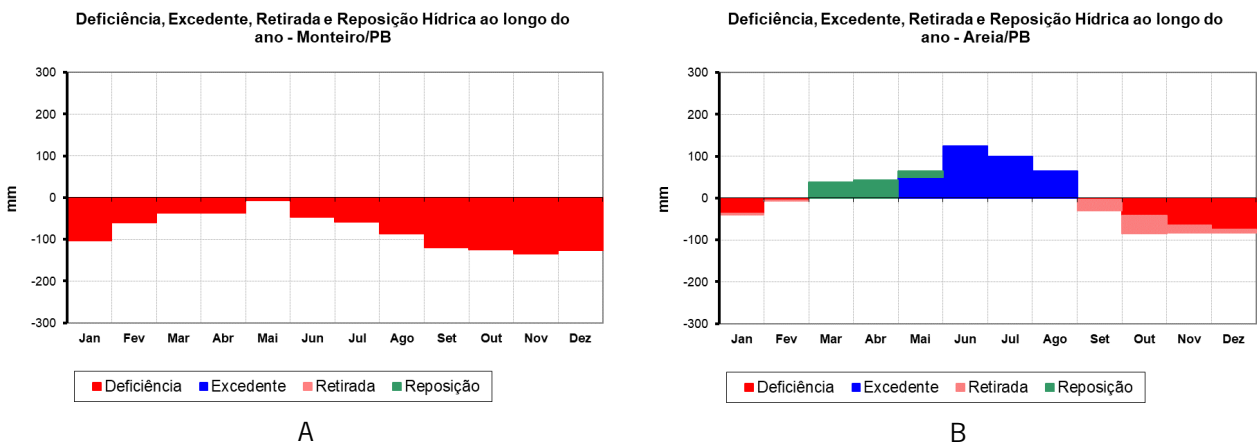
**Fonte:** elaborado pelos autores

**Figura 7.** Balanço hídrico para municípios em áreas elevadas (serras, planaltos, chapadas) – Rio Grande do Norte



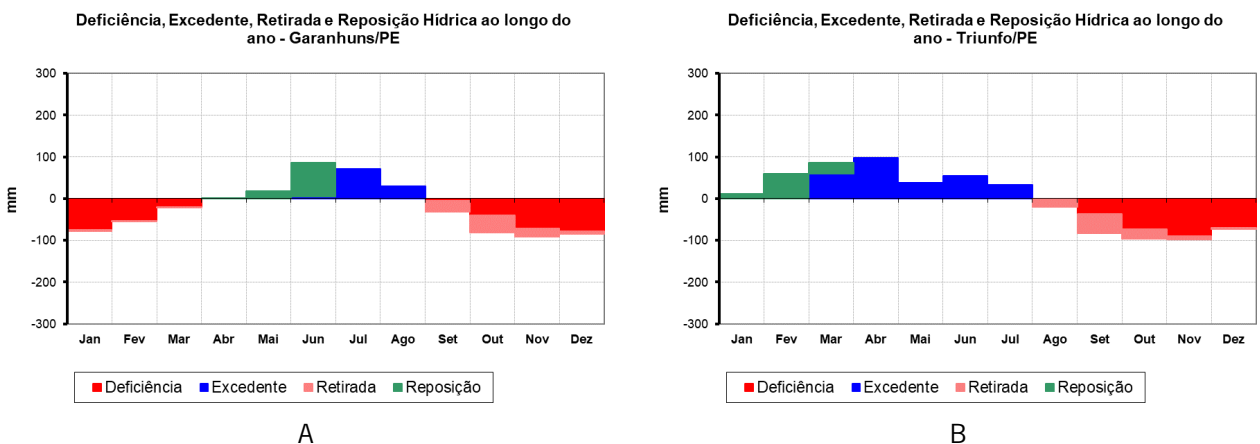
Fonte: elaborado pelos autores

**Figura 8.** Balanço hídrico para municípios em áreas elevadas (serras, planaltos, chapadas) – Paraíba



Fonte: elaborado pelos autores

**Figura 9.** Balanço hídrico para municípios em áreas elevadas (serras, planaltos, chapadas) – Pernambuco



Fonte: elaborado pelos autores



### Classificações climáticas aplicadas à aridez

Na Tabela 4, constam colunas com os nomes dos municípios, a cota altimétrica do local da estação meteorológica de cada município, em que a cor azul representa as áreas elevadas (500-1100 m) e a cor laranja as áreas baixas (30-400 m); o tipo climático, segundo a classificação climática proposta por Thornthwaite; e o tipo climático, segundo a classificação climática proposta por Gaussen. Para climas áridos, foram utilizados tons de laranja e, para climas úmidos, tons de azul.

Observando os resultados encontrados e expostos na Tabela 4, merece destaque o município de Campos Sales/CE, que apesar da cota altimétrica elevada, possui clima semiárido com seca acentuada, indicando que a altitude por si só não favorece as condições de umidade específicas das demais áreas elevadas, indicando que pode estar sob condição de sotavento. O município de Lagoa Nova/RN teve clima úmido segundo a classificação climática

de Thornthwaite, porém, por registrar sete meses secos no ano, foi classificado como seco acentuado, conforme a classificação proposta por Gaussen. Petrolina/PE aparece como o município com o maior grau de aridez, sendo constatado pelo BHC, pelo índice de aridez (árido) e pelo índice de mês seco (subdesértico). Novais (2023), por meio de sua proposta de classificação climática, baseada na quantidade de meses secos e no total anual de precipitação, identificou o domínio climático “árido” entre os estados de Pernambuco e Bahia e em áreas a sotavento do planalto da Borborema, destacando Petrolina (PE), Cabaceiras (PB) e Angicos (RN) como principais municípios desse domínio inclusos no Nordeste setentrional. Dos municípios com elevada altitude, Guaramiranga/CE, Areia/PB, Triunfo/PE e Garanhuns/PE são os mais úmidos, quando aplicados todos os índices em questão. Martins/RN, Lagoa Nova/RN, Monteiro/PB e São Gonçalo/PB possuem alguma divergência entre as classificações climáticas aplicadas (Tabela 4).

**Tabela 4.** Localização, altitude do local e tipo climático de municípios do semiárido brasileiro

Município/UF	Geoambiente	Altitude	Tipo climático*	Tipo climático**
Cratús/CE	Depressão	296 m	Semiárido	Seco acentuado
Sobral/CE	Depressão	109 m	Semiárido	Seco acentuado
Campos Sales/CE	Serras/Planaltos	583 m	Semiárido	Seco acentuado
Guaramiranga/CE	Serras/Planaltos	870 m	Úmido	Seco tênue
Mossoró/RN	Depressão	38 m	Semiárido	Seco acentuado
Caicó/RN	Depressão	169 m	Semiárido	Seco acentuado
Martins/RN	Serras/Planaltos	645 m	Úmido	Seco médio
Lagoa Nova/RN	Serras/Planaltos	700 m	Úmido	Seco acentuado
São Gonçalo/PB	Depressão	233 m	Semiárido	Seco médio
Patos/PB	Depressão	244 m	Semiárido	Seco acentuado
Monteiro/PB	Serras/Planaltos	603 m	Semiárido	Seco médio
Areia/PB	Serras/Planaltos	547 m	Úmido	Seco tênue
Petrolina/PE	Depressão	370 m	Árido	Subdesértico
Cabrobó/PE	Depressão	337 m	Semiárido	Seco acentuado
Triunfo/PE	Serras/Planaltos	1105 m	Úmido	Seco tênue
Garanhuns/PE	Serras/Planaltos	822 m	Úmido	Seco tênue

\*Índice de aridez de Thornthwaite; \*\*Índice de aridez de Gaussen, número de meses secos.

**Fonte:** elaborado pelos autores.

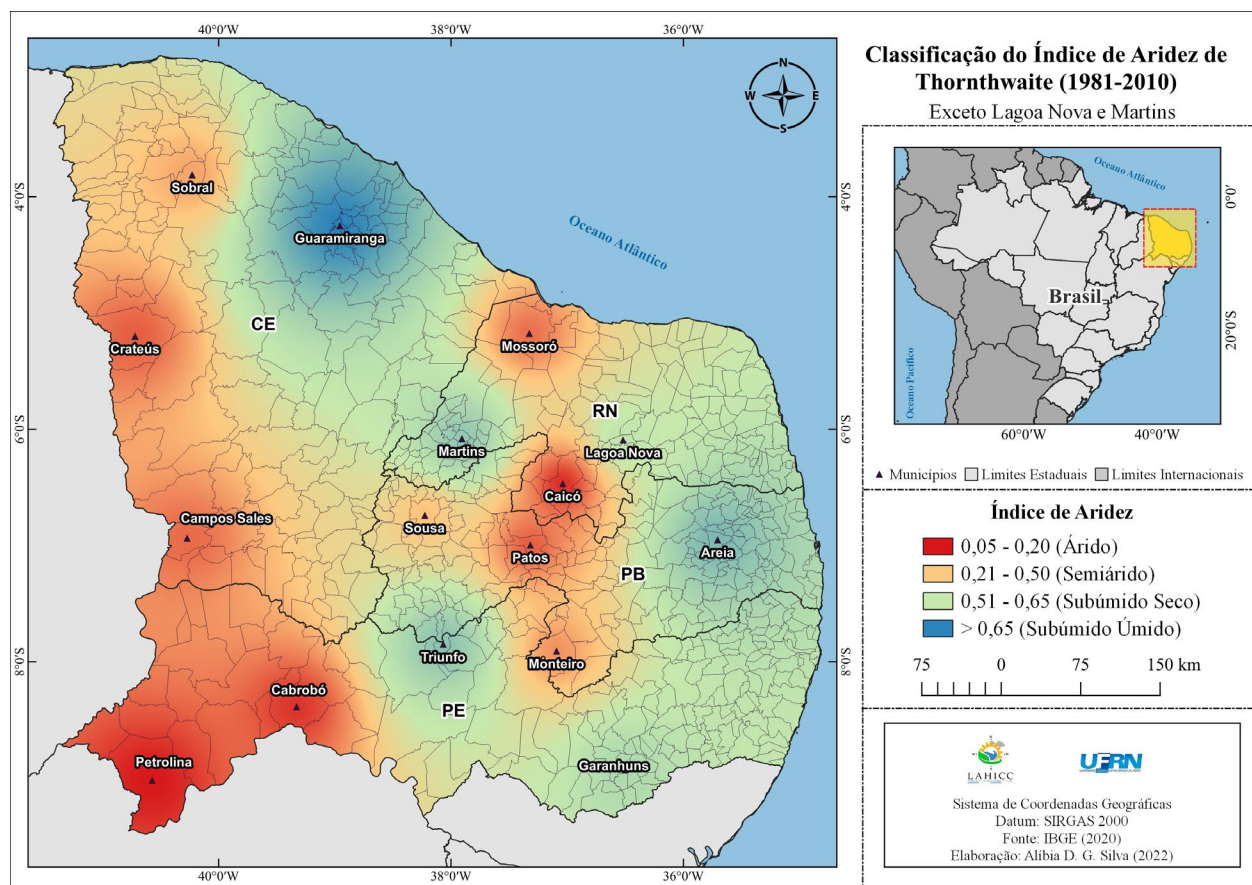
Por fim, apresenta-se um mapa com o índice de aridez (Thornthwaite) anual, registrando a espacialização da semiaridez nos municípios do Nordeste setentrional considerados nesta pesquisa (Figura 10).

A altitude é um controle geográfico do clima que tem grande importância em ambientes naturalmente quentes, como nas zonas intertropicais do planeta (BARRY; CHORLEY, 2013). De acordo com Ynoue et al. (2017), quando a radiação solar chega ao planeta Terra, cerca de 30 % dela é diretamente refletida para o espaço como radiação de onda curta. O restante da radiação entra na atmosfera para, então, atingir a superfície terrestre. Ao passar pela atmosfera, a radiação solar não a esquenta de forma considerável, exceto na estratosfera, devido à absorção pelo ozônio. Ao atingir a superfície dos continentes e mares, a radiação

solar é absorvida, gerando calor e aumentando a temperatura na superfície.

A atmosfera é praticamente transparente às radiações oriundas do Sol, de forma que uma fração considerável delas incide sobre a superfície terrestre. Uma vez que a superfície está aquecida, ela transforma a radiação em calor e a reemite à atmosfera no formato de ondas longas. Ou seja, os continentes, as águas, os objetos esquentam-se bem mais do que o ar atmosférico. Portanto, pode-se afirmar que a atmosfera tem aquecimento basal, ou seja, de baixo para cima, dentro dos limites da troposfera. Nesse sentido, já se pode deduzir maior amenidade térmica nos municípios mais elevados do Nordeste setentrional, se comparados aos da depressão. No entanto, pelo menos dois deles (Campo Sales/CE e Monteiro/PB) têm aridez mais acentuada que municípios da depressão sertaneja, o que merece uma melhor

**Figura 10.** Índice de aridez aplicado em municípios do Nordeste setentrional



Fonte: elaborado pelos autores

análise. Ao contrário, os municípios localizados em elevadas cotas altimétricas, porém próximos ao litoral, como é o caso de Guarimiranga/CE e Areia/PB, acabam sendo beneficiados pela chuva orográfica com maior frequência, em detrimento daqueles elevados em áreas mais afastadas do litoral, ainda que ocorram exceções.

Ressalta-se a relevância estratégica das áreas elevadas do semiárido como guardiãs das principais nascentes de água que alimentam riachos e rios cruciais para a região. A captação eficiente de água por essas áreas de serras, planaltos e chapadas ressalta a importância crítica de preservar e gerir esses ecossistemas estratégicos.

Em relação à comparação entre os índices de aridez aplicados, “Thornthwaite” e “Gausse”, os resultados foram precisamente compatíveis, com exceção do município de Lagoa Nova/RN, localizado na Serra de Santana, classificado pelo índice de aridez de Thornthwaite como “úmido”, enquanto o índice de aridez de mês seco o classificou como “seco acentuado”. Segundo Galvani (2008), o índice de aridez proposto por Thornthwaite tem mais vantagens do que o proposto por Gausse, como a “determinação das melhores épocas de semeadura indicando qual época é menos sujeita a restrições hídricas para a cultura em questão” (p. 4733), entre outras vantagens, o que não descarta a importância do índice de mês seco de Gausse, incluindo sua fácil aplicabilidade.

## Conclusões

O semiárido nordestino possui nuances intrigantes, entre as quais a altitude se sobressai como protagonista. Destaca-se a diferença substancial entre as condições climáticas nas áreas elevadas e nas áreas deprimidas do semiárido brasileiro, sublinhando um déficit hídrico mais acentuado e temperaturas mais elevadas na depressão sertaneja. A prevalência

de um clima mais úmido nas áreas serranas, em linhas gerais, sugere uma influência significativa da orografia nesse padrão climático, embora seja imperativo reconhecer exceções notáveis, exemplificadas pelos municípios de Campos Sales/CE e Monteiro/PB, nos quais outros fatores geográficos demonstram influência marcante.

As áreas mais elevadas oferecem condições mais propícias ao desenvolvimento natural da vegetação e, por conseguinte, ao potencial da atividade agrícola, em comparação com as áreas da depressão sertaneja.

## Agradecimentos

A segunda autora agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado e o quarto autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de pesquisa e produtividade.

## Referências

- AB’SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 158 p.
- BARATTO, J.; GOBO, J. P. A.; GALVANI, E.; WOLLMANN, C. A. Metodologia para a estimação da temperatura do ar em função da altitude a partir de dados de perfil topoclimático. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, n. 18, p. 112-132, 2022.
- BARBOSA, A. H. da S.; NETO, I. A.; MEDEIROS, D. S. C de; SOUSA, F. H. de N.; MEDEIROS, F. H. F.; SOARES, I. A.; FERNANDES, I. R. D.; SANTOS, J. R. T.; CARVALHO, R. G. de. Caracterização e potencial de uso das trilhas turísticas do município de Portalegre - RN. In: CARVALHO, R. G. de.; MEDEIROS, S. R. M de. (Orgs). **Meio ambiente e desenvolvimento sustentável na região serrana de Martins e**

**Portalegre, Rio Grande do Norte.** Mossoró: UERN, 2016. 234 p.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima.** 9.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 512 p.

BRITO, S. S. B.; CUNHA, A. P. M. A; CUNNINGHAM, C. C.; MARENGO, J. A.; CARVALHO, M. A. Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. **International Journal of Climatology**, v. 38, n. 1, p. 1-13, 2017. <https://doi.org/10.1002/joc.5225>

CEPED. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010.** 2. Ed. Brasil. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. 127 p.

CONTI, J.B. O conceito de desertificação. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 3, n. 2, p. 39-52, 2008.

CORREIA, R. C.; KIILL, L. H. P.; MOURA, M. S. B. de; CUNHA, T. J. F.; JESUS JUNIOR, L. A. de; ARAUJO, J. L. P. **A região semiárida brasileira.** Petrolina: EMBRAPA semiárido, 2011. 48 p.

COSTA, T. S.; SALES, R. A. de; SANTOS, R. de J.; SANTOS, R. A. dos; SANTOS, R. L. Estimativa do balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Bom Jesus da Lapa-BA. **Revista Ifes Ciência**, v. 5, n. 2, p. 208-216, 2019. DOI:10.36524/ricv5i2.458

DCA/UFMG. Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA) – Universidade Federal de Campina Grande (UFMG). **Clima.** Campina Grande, s.d. Disponível em: <<http://www.dca.ufcg.edu.br/clima/>>. Acesso em: 18 mar. 2022.

GALVANI, E. Estudo comparativo dos elementos do balanço hídrico climatológico para duas

idades do Estado de São Paulo e para Paris. **Confins (Paris)**, n. 4, 2008. <https://doi.org/10.4000/confins.4733>

GARDIMAN JUNIOR, B. S.; MAGALHÃES, I. A. L.; FREITAS, C. A. A. de; CECÍLIO, R. A. Análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim (ES). **Revista Ambiência**, v. 8, n. 1, p. 61-71, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5777/ambiencia.2012.01.05>

GOIS, L. S. de S.; CÔRREA, A. C. de B.; MONTEIRO, K. de A. Análise integrada dos brejos de altitude do nordeste do Brasil a partir de atributos fisiográficos. **Espaço Aberto**, v. 9, n. 2, p. 77-98, 2019.

GOMES, F. I. B. P.; ZANELLA, M. E. Histórico, causas e características da semiaridez do Nordeste do Brasil. **Geografares [Online]**, v. 37, p. 1-21, 2023.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas do Brasil.** Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 10 fev. 2022.

JESUS, E. T.; AMORIM, J. S.; JUNQUEIRA, R.; VIOLA, M. R.; MELLO, C. R. Meteorological and hydrological drought from 1987 to 2017 in Doce River Basin, Southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 25, p. 1-10, 2020. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020190181>

KATTEL, D. B.; YAO, T.; ULLAH, K.; RANA, A. S. Seasonal near-surface air temperature dependence on elevation and geographical coordinates for Pakistan. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 138, n. 3-4, p. 1591-1613, 2019.

LEMOS, J. de J. S.; SANTIAGO, D. F. Instabilidade temporal na produção agrícola familiar de

sequeiro no semiárido do Nordeste Brasileiro. **Desenvolvimento em Questão**, v. 18, n. 50, p. 186-200, 2020. <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2020.50.186-200>

LUCENA, R. L.; FERREIRA, A. M.; FERREIRA, H. F. P. de A.; STEINKE, E. T. Variabilidade climática no município de Caicó/RN: secas e chuvas num arquétipo do clima semiárido do Nordeste brasileiro. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 8, n. 2, p. 67 – 89, 2013.

LUCENA, R. L.; SILVA, F. E. B. da; APRÍGIO, T. R. de M.; CABRAL-JÚNIOR, J. B. The influence of altitude on the climate of semiarid areas: contributions to conservation. **The International Journal of Climate Change: Impacts and Responses**, v. 14, n. 2, p. 78 - 94, 2022. <https://doi.org/10.18848/1835-7156/CGP/v14i02/81-93>

MALVEZZI, R. **Semi-árido: uma visão holística**. Brasília: CONFEA, 2007. 140 p.

MITTERSTEIN, M. R.; SEVERO, D. L. Análise de variabilidade intrasazonal e interanual da precipitação no Vale do Itajaí com a transformada de ondaletas. **Revista Dynamis**, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2008. <http://dx.doi.org/10.7867/1982-4866.2007v13n1.p01-10>.

NASCIMENTO, M. S.; GUZZI, A.; ANDRADE, I. M.; SIQUEIRA, A. J. S. GOMES, I. S. A. O birdwatching na Caatinga: o potencial ecoturístico do Parque Nacional de Ubajara (CE). **Revista Brasileira de Ecoturismo**, v. 15, n. 3, p. 539-554, 2022.

NIMER, E.; SILVA, J. X.; LIMA, G.R. Curso de geografia para professores do ensino superior. **Geografia física**. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: [http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20%20RJ/CursodeFerias/curso%](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20%20RJ/CursodeFerias/curso%20de%20geografia%20para%20prof%20do%20ensino%20superior_julho_1967.pdf)

[20de%20geografia%20para%20prof%20do%20ensino%20superior\\_julho\\_1967.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20%20RJ/CursodeFerias/curso%20de%20geografia%20para%20prof%20do%20ensino%20superior_julho_1967.pdf).

NOVAIS, G. T. **Climas do Brasil: classificação climática e aplicações**. 1.ed. Porto Alegre, RS: Totalbooks, 2023. 328 p.

PEREIRA, A. R; ANGELOCCI, L. R; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PORTILHO, A. P.; CASTRO, M.C.; ALVES, G. de S.; AGUIAR, N. F. de; SILVA, M. S. da. Balanço hídrico para Pinheiral, Rio de Janeiro. **Agrogeoambiental**, v. 3, n. 2, p. 21 - 28, 2011.

RAMASWAMY, V.; HURRELL, J.W.; MEEHL, G.A. Why do temperatures vary vertically (from the surface to the stratosphere) and what do we understand about why they might vary and change over time? In: LAZANTE, J. R. (Org) **Temperature trends in the lower atmosphere: steps for understanding and reconciling differences**. Washington: NOAA, 2017.

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; ARMANDO, R. P; FREITAS, C.; MARTINS, D.; MILLER, G. Causas da semi-aridez do sertão nordestino. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, n. 1, p. 254-277, 2016. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v19i0.42091>

ROLIM, G. de 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**, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.

SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. da. **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: EMBRAPA Semiárido, 2010. 402 p.

SALIMON, C.; ANDERSON, L. How strong is the relationship between rainfall variability and

Caatinga productivity? a case study under a changing climate. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2, (suppl 1), p. 2121 - 2127, 2018.

SANTOS, A. F. dos; ASSIREU, A. T.; PASSOS, H. L.; MATTOS, J. G. Z. de; SCHMENGLER, M. **Estabilidade atmosférica e desenvolvimento de nuvens**. São José dos Campos: INPE, 2013. 65 p.

SILVA, G. das N.; SILVA, J. G. F. da.; SANTANA, W. M. de. Estimativa do balanço hídrico climatológico: um estudo de caso. **Vivências: Revista Eletrônica de Extensão da URI**, v. 13, n. 25, p. 117-127, 2017.

SILVA, G. S.; SILVA, W. S.; SILVA, A. L.; ALMEIDA, N. V.; ARAÚJO, L. E. Análise da Precipitação da Microrregião do Cariri Oriental Paraibano. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, n. 1, p. 42-57, 2018.

SILVA, P. D.; MARTINS, J. V. da S.; ARAÚJO, D. B.; BORGES, P de F. Balanço hídrico climatológico como ferramenta ao planejamento agropecuário na região de Sobral-CE. **Revista Científica Rural**, v. 22, n. 1, p. 1-12, 2020. <https://doi.org/10.30945/rcr-v22i1.3129>

SILVA, A. D. G.; SANTOS, A. L. B.; SANTOS, J. M.; LUCENA, R. L. Balanço hídrico climatológico e classificação climática do estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, n. 1, p. 798-816, 2022a.

SILVA, P. L. F. da.; NASCIMENTO, R. de S.; SILVA, L. F. da.; TAVARES, D. D. Balanço hídrico climatológico para a cidade de Patos, PB: ano de referência 2017. **Revista científica eletrônica de agronomia da FAEF**, v. 41, n. 1, p. 1 - 12, 2022b.

SOUZA, M. J. N. de; OLIVEIRA, V. P. V. de. Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do

Nordeste brasileiro. **Mercator**, v. 5, n. 9, p. 85-102, 2006.

SOUZA, C. L. O. de; NOGUEIRA, V. de F. B.; NOGUEIRA, V. da S. Interannual variability of precipitation in brazilian semi-arid cities between 1984 and 2015. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 4, p. 740-747, 2017.

SUDENE. **Delimitação do semiárido**. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/assuntos/projetos-e-iniciativas/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em: 02 fev. 2017.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. de O. **Introdução à climatologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 256 p.

THORNTON, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Publications in Climatology, New Jersey, Drexel Institute of Technology, 1955, 104 p.

UNEP - United Nations Environment Programme. **World status of desertification**. Disponível em: <https://na.unep.net/siouxfalls/des/uncedp1.php>. Acesso em: 29 mar. 2022.

VIEIRA, I. F. M. **A região do Curimataú no estado da Paraíba: Aspectos fisioclimáticos e ocupação do solo**. 2005. 66p. (TCC) Departamento de Geociências, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

YNOUE, R. Y.; REBOITA, M.; AMBRIZZI, T.; SILVA, G. A. M. da. **Meteorologia: noções básicas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 179 p.