

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**

# **METEOROLOGIA**



**TESE DE DOUTORADO**

**Eliton Sancler Gomes Sales**

**Delimitações de terras secas no Brasil utilizando  
dados de reanálise**

**Campina Grande, Fevereiro de 2024**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS - CTRN**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS - UACA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA – PPGMET**

**DELIMITAÇÕES DE TERRAS SECAS NO BRASIL UTILIZANDO DADOS DE  
REANÁLISE**

**ELITON SANCLER GOMES SALES**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**FEVEREIRO DE 2024**

**ELITON SANCLER GOMES SALES**

**DELIMITAÇÕES DE TERRAS SECAS NO BRASIL UTILIZANDO DADOS DE  
REANÁLISE**

Trabalho de Tese apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Doutor em Meteorologia.

**Área de Concentração:** Meteorologia de Meso e Grande Escala

**Orientador:** Prof. Dr. José Ivaldo Barbosa de Brito

**CAMPINA GRANDE – PB**

**FEVEREIRO DE 2024**

S163d

Sales, Eliton Sancler Gomes.

Delimitações de terras secas no Brasil utilizando dados de reanálise /  
Eliton Sancler Gomes Sales – Campina Grande, 2024.

195 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade Federal de  
Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2024.

"Orientação: Prof. Dr. José Ivaldo Barbosa de Brito."

Referências.

1. Meteorologia de Meso. 2. Nordeste Brasileiro. 3. Clima. 4.  
Semiárido. 5. Reanálise. 6. UNEP. I. Brito, José Ivaldo Barbosa de. II.  
Título.


CDU 551.5(043)

ELITON SANCLER GOMES SALES


DELIMITAÇÕES DE TERRAS SECAS NO BRASIL UTILIZANDO DADOS DE  
REANÁLISE

TESE APROVADA EM 08/02/2024


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
 JOSEIVALDO BARBOSA DE BRITO  
Data: 07/03/2024 21:32:50-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Dr. JOSÉIVALDO BARBOSA DE BRITO  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Campina Grande

Documento assinado digitalmente  
 CELIA CAMPOS BRAGA  
Data: 27/02/2024 10:05:01-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Profa. Dra. CÉLIA CAMPOS BRAGA  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Campina Grande

Documento assinado digitalmente  
 JOSEFINA MORAES ARRAUT  
Data: 06/03/2024 16:21:30-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. JOSEFINA MORAES ARRAUT  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Campina Grande

Documento assinado digitalmente  
 DAISY BESERRA LUCENA  
Data: 08/03/2024 08:04:18-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. DAISY BESERRA LUCENA  
Departamento de Geociência  
Universidade Federal da Paraíba

Documento assinado digitalmente  
 MEIRY SAYURI SAKAMOTO  
Data: 08/03/2024 17:23:44-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. MEIRY SAYURI SAKAMOTO  
Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

*À Deus.*

*A mim mesmo.*

*Ao meu pai Eliel Lucas de Sales (In memoriam).*

*A toda minha família, em especial minha mãe Maria da Salete Gomes Sales e minha segunda mãe, minha tia Josefa Gomes dos Santos.*

*Ao meu orientador José Ivaldo Barbosa de Brito.*

*A todos os professores que fizeram parte de minha formação acadêmica, desde o ensino fundamental até a Pós-Graduação.*

*Aos meus amigos que me acompanharam e sempre estiveram ao meu lado me apoiando.*

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus por ter me concedido a vida, saúde, inteligência e perseverança para buscar vencer os obstáculos da vida e por nunca deixar eu desistir de meus sonhos.

À toda minha família, meus pais Maria da Salette Gomes Sales e Eliel Lucas de Sales, meus irmãos Evanuzia Suzana Sales, Maria Elizete Sales, Erica Maria Sales, Eraldo Gomes Sales, José Vanilson Sales, Erasmo Carlos Sales e a minha segunda mãe, minha tia Josefa Gomes dos Santos, pela força e apoio que sempre me deram.

Ao meu orientador JoséIVALDO Barbosa de Brito pela orientação, apoio, amizade e pelo exemplo de ser humano e professor, sempre empático, compreensivo, amigo, responsável, acolhedor e sempre disponível a ajudar em todos os momentos da orientação, que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa, desde a dissertação de mestrado, o meu profundo e eterno agradecimento ao senhor, sem seus ensinamentos e orientação eu não teria chegado até aqui.

À Universidade Federal de Campina Grande, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia onde tive a oportunidade de cursar o Mestrado com ensino de qualidade onde me proporcionou uma ótima capacitação profissional e me mostrou que sou e fui capaz de vencer os diversos obstáculos colocados em minha vida no decorrer destes dois anos. A minha amiga de caminhada da Pós-Graduação, Wendy Kaori Matsunaga, minha eterna gratidão pela parceria e amizade e ao grande colega de jornada Gervásio Júnior pelo apoio.

A todos os professores que fizeram parte de minha construção acadêmica, aos técnicos e funcionários terceirizados que fazem parte dessa instituição e que fizeram parte durante minha caminhada desta Pós-Graduação. Em especial, a Secretária Arilene, sempre muito eficiente, carismática, atenciosa e disposta na resolução dos problemas diários.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa que me possibilitou o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores que aceitaram em participarem da banca de defesa, Célia Campos Braga, Meiry Sayuri Sakamoto, Daisy Beserra Lucenae e Josefina Moraes Arraut, meu sincero obrigado pela participação, sugestões e críticas construtivas para a melhoria do trabalho.

*“Conhecimento não é aquilo que você sabe, mas o que você faz com aquilo que você sabe.”*

*Aldous Huxley.*



## RESUMO

A maior parte do Nordeste do Brasil é caracterizado por um clima semiárido com altas temperaturas e baixos índices pluviométricos. Essas condições climáticas associadas às ações antrópicas tais como o desmatamento, uso e ocupação do solo na região têm impactos significativos levando à degradação ambiental, perda de biodiversidade e aumentando a vulnerabilidade de índices climáticos extremos. Para estudar o clima e realizar análises do comportamento do uso e cobertura do solo são necessários dados que contemplem as características físicas e climáticas da região com observações contínuas, que do ponto de vista de estações meteorológicas, ainda não é plenamente observado no Nordeste do Brasil, mas isto pode ser suprido usando dados de reanálise desde que sejam validados. Neste contexto, este trabalho tem como objetivos: validar os dados de reanálises do ERA5-Land e CPC/NOAA a partir dos dados de estações meteorológicas; avaliar o desempenho dos índices hídricos/climáticos de Thornthwaite e de aridez do UNEP ( $I_{aUNEP}$ ) na delimitação de Terras Secas; investigar o uso de índices de vegetação como variáveis adicionais à classificação climática de Terras Secas. Para a validação dos dados de reanálise a metodologia empregada foi à análise dos índices estatísticos: erros médio percentual, médio absoluto e padrão de estimativa, raiz do erro quadrático médio e coeficiente de correlação, sendo os dados de referência os observados em estações e os de reanálise a ser testados. Para a determinação dos índices climáticos de Thornthwaite usou-se a metodologia do balanço hídrico de Thornthwaite e Matter (1955), enquanto, para o  $I_{aUNEP}$  utilizou-se a razão entre precipitação observada ou da reanálise e a evapotranspiração de referência obtida pelo método Penman-Montheith-FAO. Para os índices de vegetação empregou-se as equações de NDVI e EVI. Como resultado, observou-se que os dados da reanálise ERA5-Land representam muito bem os observados, exceto a precipitação, por este motivo, recorreu-se aos dados de precipitação do CPC/NOAA, que foram validados com sucesso. A partir dos resultados obtidos observou-se que com o uso dos índices climáticos de Thornthwaite 87,4% da área do Nordeste é classificada como Terras Secas, sendo que 26,7% das Terras Secas são áridas, enquanto utilizando o  $I_{aUNEP}$  71,2% são terras secas e destas 0,3% são áridas. Devido a esta discrepância, um novo índice de classificação climática foi proposto, denominado de índice de aridez absoluto ( $I_{ab}$ ) em que apresentou resultado satisfatório. De um modo geral, as configurações espaciais dos índices climáticos obtidas apresentaram-se de acordo com as características físicas e climáticas da Região, e os padrões espaciais dos índices de vegetação, em geral, acompanharam a classificação do clima regional. Conclui-se que os dados de reanálise do ERA5-Land, exceto a precipitação e da precipitação do CPC/NOAA são confiáveis e podem ser usados em estudos climáticos, principalmente em associação com dados observados. Os índices de vegetação podem ser utilizados como variáveis adicionais na classificação climática no Nordeste.

**Palavras-Chave:** Nordeste Brasileiro, Clima, Semiárido, Reanálise, UNEP.

## ABSTRACT

Most of Northeast Brazil is characterized by a semi-arid climate with high temperatures and low rainfall levels. These climatic conditions, combined with human actions such as deforestation, land use, and occupation in the region, have significant impacts, leading to environmental degradation, loss of biodiversity, and increased vulnerability to extreme climate indices. To study the climate and conduct analyses of land use and land cover behavior, data that encompass the physical and climatic characteristics of the region with continuous observations are necessary. From the perspective of meteorological stations, this is not yet fully observed in Northeast Brazil, but it can be supplemented using reanalysis data provided they are validated. In this context, this work aims to: validate ERA5-Land and CPC/NOAA reanalysis data using meteorological station data; assess the performance of Thornthwaite's hydrological/climatic indices and the United Nations Environment Programme aridity index ( $I_{aUNEP}$ ) in delineating Drylands; investigate the use of vegetation indices as additional variables in Drylands climatic classification. For the validation of reanalysis data, the methodology employed consisted of analyzing statistical indices: mean percentage error, mean absolute error, standard estimation error, root mean square error, and correlation coefficient, with reference data being observed at stations and reanalysis data to be tested. Thornthwaite's climatic indices were determined using Thornthwaite and Matter's (1955) water balance methodology, while for  $I_{aUNEP}$ , the ratio between observed or reanalysis precipitation and reference evapotranspiration obtained through the Penman-Montheith-FAO method was used. For vegetation indices, the NDVI and EVI equations were employed. As a result, it was observed that ERA5-Land reanalysis data represent the observed data very well, except for precipitation. For this reason, CPC/NOAA precipitation data, which were successfully validated, were used instead. From the obtained results, it was observed that using Thornthwaite's climatic indices, 87.4% of the Northeast area is classified as Dry Lands, with 26.7% of Dry Lands being arid. Meanwhile, using the  $I_{aUNEP}$ , 71.2% are Dry Lands, with 0.3% being arid. Due to this discrepancy, a new climate classification index, called the absolute aridity index ( $I_{ab}$ ), was proposed, which yielded satisfactory results. Overall, the spatial configurations of the climatic indices obtained were consistent with the physical and climatic characteristics of the region, and the spatial patterns of vegetation indices generally followed the regional climate classification. It is concluded that ERA5-Land reanalysis data, except for precipitation, and CPC/NOAA precipitation data are reliable and can be used in climatic studies, especially in conjunction with observed data. Vegetation indices can be used as additional variables in climate classification in the Northeast.

**Keywords:** Brazilian Northeast, Climate, Semiarid, Reanalysis, UNEP.

## LISTA DE SIGLAS

<b>ANA</b>	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
<b>CAD</b>	Capacidade de Água Disponível no Solo
<b>CONDEL</b>	Conselho Deliberativo da SUDENE
<b>CPC</b>	Climate Prediction Center (Centro de Previsão do Clima)
<b>ECMWF</b>	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (Centro Europeu de Previsões Meteorológicas em Médio Prazo)
<b>ENOS</b>	El Niño Oscilação do Sul
<b>ERA5-Land</b>	Modo Terrestre da Reanálise atmosférica da quinta geração do ECMWF
<b>ET<sub>0</sub></b>	Evapotranspiração de Referência
<b>ET<sub>p</sub></b>	Evapotranspiração Potencial
<b>ETR</b>	Evapotranspiração Real
<b>EVI</b>	Enhanced Vegetation Index (Índice de Vegetação Melhorado)
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura)
<b>GT</b>	Grupo de Trabalho Interministerial para a delimitação do SAB
<b>I<sub>a</sub></b>	Índice de Aridez
<b>I<sub>ab</sub></b>	Índice de Aridez Absoluto
<b>I<sub>UNEP</sub></b>	Índice de Aridez da UNEP
<b>I<sub>m</sub></b>	Índice Efetivo de Umidade
<b>I<sub>u</sub></b>	Índice de Umidade
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>INMET</b>	Instituto Nacional de Meteorologia
<b>INPE</b>	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
<b>IPCC</b>	Intergovernmental Panel on Climate Change
<b>MAE</b>	Erro Absoluto Médio
<b>MAPE</b>	Erro Percentual Absoluto Médio
<b>NDVI</b>	Normalized Difference Vegetation Index (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada)
<b>NEB</b>	Nordeste do Brasil
<b>NOAA</b>	National Oceanic and Atmospheric Administration (Administração Nacional Oceânica e Atmosférica)
<b>PMF</b>	Penman Monteith – FAO

<b>PNUMA</b>	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
<b>R</b>	Coefficiente de Correlação de Pearson
<b>REQM</b>	Raiz do Erro Quadrático Médio
<b>SAB</b>	Semiárido Brasileiro
<b>SES</b>	Erro Padrão de Estimativa
<b>SREX</b>	Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation
<b>SUDENE</b>	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
<b>TSM</b>	Temperatura da Superfície do Mar
<b>UNEP</b>	United Nations Environment Programme
<b>ZCIT</b>	Zona de Convergência Intertropical

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 4.1</b>	Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro, 2017.	26
<b>Figura 4.2</b>	Delimitação do Semiárido Brasileiro em 2021.	28
<b>Figura 4.5</b>	Classificação de Köppen para o Brasil, adaptado de Alvares et al. (2013).	38
<b>Figura 5.0</b>	Fluxograma da realização do trabalho.	44
<b>Figura 5.1</b>	Mapa das estações meteorológicas do INMET utilizadas para validação. (MA – Maranhão, PI – Piauí, CE – Ceará, RN – Rio Grande do Norte, PB – Paraíba, BA – Bahia, AL – Alagoas, SE – Sergipe, PE – Pernambuco).	45
<b>Figura 5.2</b>	Normal Climatológica da precipitação (mm) (2000-2016), do ERA5-Land, CPC/NOAA e Estação Cruzeta - RN (INMET).	47
<b>Figura 5.3</b>	Mapa dos 505 pontos de dados de reanálises ERA5-Land e CPC/NOAA utilizados para a classificação climática.	48
<b>Figura 5.4</b>	Capacidade de Água Disponível do Solo (mm) no Nordeste Brasileiro.	49
<b>Figura 6.1</b>	ET <sub>0</sub> mensal de Penman-Monteith – FAO em (mm) calculada com dados do ERA5-Land e estação.	59
<b>Figura 6.2</b>	Configuração espacial no NEB de ET <sub>0</sub> (a) e da precipitação (b) em (mm/ano).	63
<b>Figura 6.3</b>	Correlação de Pearson entre o saldo de radiação – R <sub>n</sub> e ET <sub>0</sub> .	65
<b>Figura 6.4</b>	Classificação climática para o NEB de acordo com o IaUNEP.	66
<b>Figura 6.5</b>	Classificação climática para o NEB de acordo com o I <sub>m</sub> .	68
<b>Figura 6.6</b>	Classificação climática para o NEB de acordo com o I <sub>ab</sub> .	69
<b>Figura 6.7</b>	Déficit Hídrico na atmosfera (a) e excedente de água no solo (mm/ano).	72
<b>Figura 6.8</b>	Índice de Aridez de Thornthwaite.	74
<b>Figura 6.9</b>	Armazenamento de água no solo média anual - ARM (mm/ano).	75
<b>Figura 6.10</b>	NDVI (a) e EVI (b) médios para o período de 2000-2016.	77
<b>Figura A1</b>	Normal Climatológica da precipitação mensal (mm) (2000-2016), do, para os municípios de Cruzeta/RN, Morro do Chapéu/BA, Palmeira dos Índios/AL, Piriapiri/PI e Recife/PE.	95
<b>Figura A2</b>	Classificação climática para o Nordeste Brasileiro de acordo com o IaUNEP (a), I <sub>m</sub> (b), I <sub>ab</sub> (c), I <sub>a</sub> (d), respectivamente.	96
<b>Figura A3</b>	Configuração espacial no NEB: (a) de ET <sub>0</sub> , (b) precipitação, excedente (c) e déficit hídrico (d), ambas em (mm/ano), respectivamente.	97

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 4.1</b>	Número de municípios abrangidos pelo semiárido brasileiro conforme a portaria de 2005 do Ministério da Integração Nacional.	25
<b>Tabela 4.2</b>	Número de municípios abrangidos pelo semiárido brasileiro conforme a Resolução n° 115, de 23 de novembro de 2017.	27
<b>Tabela 4.3</b>	Variação da quantidade de municípios entre as delimitações do Semiárido de 2017 e 2021.	27
<b>Tabela 4.4</b>	Visão geral das principais características do ERA-Interim e ERA5-Land.	40
<b>Tabela 5.1</b>	Classificação Climática de acordo com o $I_{aUNEP}$ .	50
<b>Tabela 5.2</b>	Classificação do tipo de Clima de acordo com o $I_m$ .	51
<b>Tabela 5.3</b>	Classificação Climática proposta usando o $I_{ab}$	52
<b>Tabela 6.1</b>	Parâmetros estatísticos para precipitação, temperatura e velocidade do vento.	59
<b>Tabela A1</b>	Parâmetros Estatísticos mensais das variáveis, precipitação, temperatura e velocidade do vento.	98
<b>Tabela A2</b>	Parâmetros Estatísticos decendiais das variáveis, precipitação, temperatura e velocidade do vento.	101
<b>Tabela A3</b>	Parâmetros Estatísticos mensais da $ET_p$ de Thornthwaite calculado com dados de reanálises e observados.	108
<b>Tabela A4</b>	Parâmetros Estatísticos mensais da $ET_0$ de Penman Monteith calculado com dados de reanálises e observados.	109
<b>Tabela A5</b>	Parâmetros Estatísticos decendiais da $ET_p$ de Thornthwaite calculado com dados de reanálises e observados	110
<b>Tabela A6</b>	Parâmetros Estatísticos decendiais da $ET_0$ de Penman Monteith calculado com dados de reanálises e observados.	111
<b>Tabela A7</b>	Evapotranspiração mensal $ET_P$ THORNTHWAITE calculada com dados de renálises ERA5-Land e observados.	113
<b>Tabela A8</b>	Evapotranspiração mensal $ET_0$ FAO-PENEMAN-MONTEITH calculada com dados de renálises ERA5-Land e observados.	118
<b>Tabela A9</b>	Evapotranspiração mensal decendial $ET_P$ THORNTHWAITE calculada com dados de renálises ERA5-Land e observados.	123
<b>Tabela A10</b>	Evapotranspiração mensal decendial $ET_0$ FAO-PENEMAN-MONTEITH calculada com dados de renálises ERA5-Land e observados.	136

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>20</b>
2.1 Objetivo Geral.....	20
2.2 Objetivo Específicos .....	20
<b>3. JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>21</b>
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>22</b>
4.1 A dinâmica climática da Região Nordeste do Brasil .....	22
4.2 Delimitação do Semiárido Brasileiro .....	24
4.2.1 <i>Considerações sobre o Semiárido Brasileiro</i> .....	29
4.3 Evapotranspiração.....	31
4.4 Balanço Hídrico .....	34
4.5 Classificação Climática.....	36
4.6 Índices de Aridez, Umidade e Efetivo de Umidade.....	38
4.7 Reanálise do ERA5-Land .....	39
4.8 Precipitação do Climate Prediction Center/National Oceanic and Atmospheric Administration (CPC/NOAA) .....	41
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>44</b>
5.1 Área de Estudo.....	45
5.2 Obtenção dos Dados .....	46
5.3 Metodologia .....	48
5.3.1 <i>Cálculo da Evapotranspiração de Referência - <math>ET_0</math></i> .....	48
5.3.2 <i>Classificação Climática</i> .....	49
5.3.3 <i>Cálculo do Índice de aridez do UNEP</i> .....	49
5.3.4 <i>Cálculo do Índice de Aridez de Thornthwaite</i> .....	50
5.3.5 <i>Cálculo do Índice de umidade</i> .....	50
5.3.6 <i>Cálculo do Índice efetivo de umidade</i> .....	51
5.3.7 <i>Cálculo do Índice de Aridez Absoluto</i> .....	51
5.3.8 <i>O cálculo da Evapotranspiração (FAO-Penman-Monteith)</i> .....	53
5.3.9 <i>Cálculos de NDVI e EVI</i> .....	56
5.3.10 <i>Validação do Dados</i> .....	57
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>59</b>
6.1 Validação dos Dados das Reanálises .....	59

6.2 Evapotranspiração e Precipitação .....	61
6.3 Delimitações de Terras Secas .....	66
6.4 Relação Índices de Vegetação e Climáticos .....	76
<b>7. CONCLUSÕES.....</b>	<b>80</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>82</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>151</b>



## 1. INTRODUÇÃO

As delimitações do tipo de vegetação e de solo em áreas de terra são determinadas principalmente pelo clima local, assim como, o tipo de roupa e moradia que as pessoas desenvolveram está diretamente ligado ao clima. Estas características locais causadas pelo clima, em diferentes partes do Mundo, são claramente observadas em país de grande extensão territorial como o Brasil, que tem uma área de aproximadamente 8.516.000 km<sup>2</sup>, que se estende de 73,99°O a 34,80°O e de 33,75°S a 5,27°N. Estes limites apontam para a grande extensão de terras em áreas tropicais e que apresentam um relevo diversificado de vales, montanhas, planícies e planaltos com características climáticas marcantes, pois se observa clima extremamente úmido e quente no noroeste do País, subtropical com verões quentes e invernos frios no Sul e clima seco e semiárido na parte setentrional oriental.

Neste contexto, é oportuno descrever que o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), em geral, abreviado como UNEP (United Nations Environment Programme), conceitua **Terras Secas** como sendo aquelas classificadas com os climas: **árido, semiárido e subúmido seco**. Ressalta-se que os órgãos governamentais brasileiros, em geral, denominam as terras secas como semiárido.

Devido às condições do clima local, uma grande parte da porção setentrional oriental do Brasil é conhecida como o Semiárido Brasileiro (SAB), que compreende uma área de 1,128 milhão de km<sup>2</sup> (13,2% da área total do País), reunindo uma população de 27 milhões de pessoas (13,3% da população brasileira) vivendo em 2.262 municípios distribuídos em dez estados da Federação: Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, além da região norte do estado de Minas Gerais (BRASIL, 2017).

O SAB é uma região delimitada pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), levando em consideração suas condições climáticas dominantes de semiaridez, em especial, a precipitação pluviométrica irregular. Os critérios adotados pela SUDENE são: (1) precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm; (2) índice de aridez do UNEP de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial; (3) percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano (BRASIL, 2017; IBGE, 2021).

A distribuição natural da precipitação no SAB é assinalada pela distribuição de chuvas irregulares, baixos índices de pluviosidade e amplos períodos de estiagem (NYS e ENGLE, 2014; HASTENRATH, 2012). Conforme Martins *et al.* (2017), a seca iniciada em 2012, que se estendeu até 2018, foi o período que apresentou quadriênio mais crítico em termos de totais anuais. Desde 1911 ocorreram duas secas com duração de três anos (1930-32; 1941-43), duas com duração de quatro anos (1951-54 e 2012-2015) e uma com duração de cinco anos (1979-83). Como resultado, há uma intensificação dos efeitos da seca ao longo desse período.

De acordo com Santana e Santos (2020), a seca prolongada que atingiu a região Nordeste, entre 2012 e 2018, afetou o desempenho das atividades agropecuárias, especialmente, na porção semiárida. Verificou-se queda da produção (e, em consequência, da produtividade) de grande maioria dos cultivos característicos de práticas agrícolas familiares; alguns municípios apontaram variações negativas superiores a 90% no início da seca, apesar da manutenção e de alterações em parte das atividades produtivas.

Com as mudanças climáticas, a intensificação das secas, irregulares níveis de precipitação, o SAB se torna uma das regiões mais vulneráveis à variabilidade climática atual e futura. Essas condições estão associadas aos diferentes sistemas que atuam nesta região, definindo uma climatologia complexa, com eventos de precipitação, variando no tempo e espaço, a exemplo, de estiagens associada à influência do El Niño – Oscilação Sul, variações nos padrões da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre os oceanos tropicais. Isso afeta a posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Oceano Atlântico, que acaba modulando a pluviometria sobre o norte do Nordeste (HASTENRATH; HELLER, 1977; MOURA E SHUKLA, 1981; HASTENRATH, 1984; CAVALCANTI, 2012; RODRIGUEZ *et al.*, 2015;).

O relatório especial de extremos do IPCC (2007), *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation–SREX*, enfatiza que o Nordeste apresentará maior constância de períodos longos secos intensos, podendo virar secas sazonais. Marengo e Soares (2007) ressaltaram que modelos de previsão, por eles analisados, apresentaram um saldo de aquecimento para a Região Nordeste, chegando a um acréscimo de 3,0 a 5.5°C até 2100.

Neste contexto, estudos realizados por Silva *et al.* (2017) mostraram que o índice de aridez na região semiárida é superior a 1,0 para toda sua extensão, apresentando elevado nível de suscetibilidade à desertificação, com clima do tipo semiárido, baixos níveis de precipitação, e a evapotranspiração nessa região se torna limitada pela disponibilidade de chuva, pois o suprimento de água é fator determinante da evapotranspiração. Em cerca de 23,4% do SAB, a evapotranspiração demanda mais de 95% da água da chuva, e, conseqüentemente o escoamento é inferior a 5% da chuva, comprometendo a recarga de reservatórios hídricos.

É indicada uma tendência de acentuação do clima mais seco, diminuições da precipitação e, por consequência, mudanças no ciclo hidrológico, devido à intensa variabilidade temporal e espacial das chuvas (SCHMIDT *et al.*, 2018). As alterações climáticas afetam o regime hidrológico e aumentam a expansão das áreas áridas e semiáridas, provocando a redução da disponibilidade hídrica com decorrências prejudiciais nos âmbitos sociais e econômicos, acarretando avanço do desemprego, desestruturação do setor agrícola, dificuldades de saúde e aumento de migração das áreas mais afetadas (SILVA *et al.*, 2010; MARENGO *et al.*, 2011; HUANG *et al.*, 2016; CAVALCANTE *et al.*, 2016).

Diante da problemática, o conhecimento sobre a variabilidade climática, o balanço hídrico climatológico, os índices de aridez e a classificação climática se torna necessário para compreender as características da paisagem, como também, possibilitar a determinação da gestão de políticas públicas, necessárias à utilização racional dos recursos hídricos em muitas regiões (BLAIN, 2009; JESUS, 2015). Porém, no território brasileiro, ainda não se dispõe de uma alta densidade de estações meteorológicas, assim como falhas de medidas nas séries de dados, falta de continuidade da série histórica, além do fechamento de estações que acabam limitando diversas pesquisas de monitoramento, dificultado a utilização dos dados para as tomadas de decisões. (ANGELOCCI *et al.*, 2002; MORAES *et al.*, 2012).

Nesse sentido, visando aprimorar o conhecimento climatológico da região semiárida, torna-se essencial o uso de dados de modelos atmosféricos globais como do Centro Europeu de Previsões Meteorológicas em Médio Prazo (ECMWF - *European Center for Medium Range Weather Forecast*) e do Centro de Previsão do Clima (CPC - *Climate Prediction Center*), da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA

- *National Oceanic and Atmospheric Administration*). Conforme o ECMWF, os seus modelos atmosféricos utilizam um sistema de assimilação de dados, o qual coleta informações de diversas fontes meteorológicas no mundo, como por exemplo, os radares meteorológicos e satélites. O sistema fornece facilmente os dados para download pelo banco meteorológico do Joint Research Center, um centro de pesquisas da Comissão Europeia, incluindo informações de diversas variáveis meteorológicas (MORAES *et al.*, 2014; COUTO *et al.*, 2015; ECMWF, 2021).

Deste modo, no presente estudo, o objetivo é realizar a classificação climática de todos os municípios que compõe o SAB e calcular os índices climáticos efetivos de umidade -  $I_m$  e aridez de Thornthwaite -  $I_a$  (1948) e o índice de aridez do UNEP -  $I_{aUNEP}$  (UNEP, 1992). Para o cálculo desses índices, a estimativa da Evapotranspiração de Referência -  $ET_0$  dar-se-á pelo método de Penman-Monteith (FAO – *Food and Agriculture Organization of the United Nations*), calculados com dados de reanálises do ERA5-Land, a quinta geração de reanálise do ECMWF e reanálises do projeto de precipitação global do CPC/NOAA.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Esta pesquisa tem como objetivo principal avaliar a delimitação de Terras Secas no Nordeste do Brasil, utilizando dados de reanálises do ERA5-Land e precipitação do CPC/NOAA.

### **2.2 Objetivo Específicos**

- Validar os dados de reanálises para a região semiárida brasileira por meio de análises estatísticas, com os observados em estações meteorológicas;
- Estimar os índices climáticos de Thornthwaite, o índice de aridez do UNEP e a  $ET_0$  calculada pelo método recomendado FAO-Penman-Monteith;
- Analisar a delimitação de Terras Secas a partir dos índices climáticos de Thornthwaite e do índice de aridez do UNEP;
- Propor a utilização de um novo índice climático para a delimitação de Terras Secas;
- Verificar o comportamento do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index*) e do índice de vegetação melhorado (EVI - *Enhanced Vegetation Index*) para cada tipo de clima obtido.

### 3. JUSTIFICATIVA

O clima desempenha um papel fundamental na região Nordeste do Brasil, influenciando todos os aspectos da vida nessa região, na questão social, cultural e econômica. Socialmente, as condições climáticas moldam as vidas das comunidades locais, impactando suas tradições culturais e atividades cotidianas. Para a economia, o clima afeta diretamente nas atividades produtivas, como a agricultura e o turismo, principalmente em áreas vulneráveis.

Oficialmente, no Brasil a delimitação de áreas semiáridas no País foi delegada a SUDENE, que seguiu os seguintes critérios técnicos. Observa-se que no critério (1) é exigida apenas uma única variável meteorológica, a precipitação pluvial; nos demais critérios, é necessário um número maior de variáveis, por exemplo, no critério (2), além da precipitação, é imprescindível a evapotranspiração de referência, que por sua vez, pode ser estimada por diferentes métodos, que, em geral, exigem um grande número de variáveis meteorológicas, tais como: temperatura do ar, umidade relativa, vento, pressão atmosférica, insolação, radiação solar e terrestre. Essas informações estão disponíveis apenas nas localidades onde se dispõem de estações meteorológicas climatológicas, cuja distribuição espacial no Brasil ainda é muito restrita.

Em todo Nordeste do Brasil, contabilizando as estações convencionais e automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia, há menos de 170 (cento e setenta) localidades com estações meteorológicas, o que representa menos de 10% dos municípios da Região. Diante disso, buscar alternativas que supram essa ausência de dados, com eficiência e robustez é primordial para o desenvolvimento de diversos trabalhos com uma cobertura de dados meteorológicos maior, obtendo maiores conhecimentos da climatologia de localidades remotas que não possuem estação meteorológica, por exemplo. Portanto, torna-se relevante e plenamente justificável o estudo da possibilidade do uso de dados de reanálise para solucionar este problema, além de buscar conhecer as condições da vegetação de acordo com as distribuições espaciais para cada tipo de clima obtido, analisando o efeito das condições climáticas sobre a vegetação. Este estudo se torna necessário e importante para subsidiar futuras medidas adaptativas e efetivas para o enfrentamento das mudanças climáticas e o controle do avanço de aridez na Região Semiárida do NEB.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 A dinâmica climática da Região Nordeste do Brasil

O NEB situa-se entre 1 e 18 graus de latitude sul, possui características climatológicas definidas pelas altas temperaturas médias (25-35°C), elevado déficit hídrico (cerca de 1.400 mm/ano) e anormalidade espaço temporal das precipitações, o que por vezes leva a longos períodos de seca, com impacto sobre uma ampla porção do território (DA SILVA *et al.*, 2020; MARQUES *et al.*, 2020).

As extremas flutuações climáticas, evidenciadas pelas recorrentes irregularidades das chuvas com períodos de estiagem que podem perdurar até seis anos, apresentam precipitações médias no interior regional entre 400 a 800 mm/ano, balanço hídrico altamente deficitário, devido às elevadas taxas de evaporação, espelho dos altos índices de insolação que excedem de 3.200 horas/ano nessa amostra regional do território brasileiro. Quando os sistemas atmosféricos geradores das chuvas regionais não alcançam o interior, constituem-se no fator principal que dificulta uma atividade agropecuária estável no semiárido nordestino. (NIMER, 1989; GIRÃO, 2012).

Em geral, a variabilidade das chuvas no NEB está associada às anomalias da TSM do Pacífico equatorial que, na fase positiva (El Niño), favorece a redução da precipitação pluviométrica sobre a região Nordeste, enquanto na fase negativa (La Niña), contribui para a ocorrência de chuvas, algumas vezes acima da média histórica. As anomalias do Oceano Atlântico Tropical também apresentam sua influência, por exemplo, anomalias da TSM positiva no Atlântico Tropical Norte e negativa no Sul, tendência de precipitação abaixo da média no NEB, enquanto anomalia da TSM positiva no Atlântico Tropical Sul e negativa no Norte, tendência de precipitação superior à média climatológica no NEB (HASTENRATH E HELLER, 1977; HASTENRATH, 1984; MOURA E SHUKLA, 1981; ANDREOLI *et al.*, 2004; KAYANO, 2009).

Ressalta-se que, apesar da relação entre as fases de anomalias positivas da TSM no Pacífico (El Niño) e os casos de secas no Nordeste tenham sido identificados, Andreoli *et al.* (2004) destacam que os eventos de El Niño não são capazes, sozinhos, de explicar os extremos negativos de precipitação no NEB. Esta conjectura é defendida por Kane (1997), que contabilizou 46 eventos El Niños, de categorias moderada e forte no período de 1949 a 1992, e ocorreram secas na cidade de Fortaleza em apenas 45% destes eventos. Entretanto, uma observação interessante de Kane (1997) foi enfatizar que o El Niño não

é o único fenômeno responsável pelas secas no Nordeste do Brasil. Ressalta-se ainda, que outros pesquisadores já tinham descritos que a anomalia da TSM do Atlântico Tropical era uma variável importante para a análise e previsão de chuvas no Nordeste do Brasil, como, por exemplo, Kayano *et al.* (1988), Hastenrath (1990) e Hastenrath e Greischar (1993).

Outrossim, maiores esclarecimentos podem ser encontrados em diversos estudos pioneiros, como os desenvolvidos por Hastenrath e Heller (1977), Moura e Shukla (1981), Servain (1991) e Nobre e Shukla (1996), que identificaram analogia entre os padrões anômalos da TSM sobre a região tropical do Atlântico e a precipitação no Nordeste. O dinamismo encontrado pelos autores obedece ao que se convencionou chamar Dipolo do Atlântico, fenômeno em que a posição latitudinal sobre o Atlântico da convergência de ventos úmidos, ou seja, da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT, é influenciada pelas anomalias da TSM no Atlântico Tropical Sul e Norte. Caso, a TSM do Atlântico Tropical Sul esteja mais quente que o normal e, a do Norte esteja mais fria que o normal, a ZCIT tende a se localizar ao sul de sua posição climatológica, e vice-versa. Posteriormente, Hastenrath (1990) e Hastenrath e Greischar (1993) denominaram este padrão de anomalia do Atlântico Tropical de Gradiente de Anomalia da TSM, uma vez que nem sempre é observado um dipolo, mas em todos os casos se observa um gradiente. Estudo mais recente, desenvolvido por Polzin e Hastenrath (2014), também averiguou a influência das anomalias da TSM do Atlântico sobre o nordeste do Brasil.

A variabilidade climática global influencia a variabilidade intrasazonal das chuvas sobre NEB, tornando maior ou menor o aumento dos números de dias consecutivos secos. A influência mais marcante é diretamente sentida na migração latitudinal da ZCIT, que está ligada ao gradiente meridional da TSM sobre o Atlântico Tropical e o Pacífico Equatorial. Esse deslocamento pode resultar em períodos de estiagem prolongada no NEB quando a ZCIT se desloca para o norte, ou em uma melhoria nos padrões de chuva quando a ZCIT se desloca para o sul. Diante disso, alterações anômalas ou naturais nas características da ZCIT afetam diretamente na distribuição temporal e espacial da pluviometria regional, onde ajusta ciclos de estiagem intercalados com eventos torrenciais de precipitação em escalas intrasazonal sazonal e interanual (MOURA e SHUKLA, 1981; MECHOSO *et al.*, 1990). De acordo com Corrêa *et al.*, (2017), o máximo de precipitação no norte do Nordeste, principalmente nos estados do Maranhão, Ceará, oeste do Rio Grande do Norte e interior da Paraíba e Pernambuco, ocorre no



período de fevereiro a maio e deve-se ao deslocamento da ZCIT para latitudes mais ao sul, a qual influencia diretamente na qualidade do período chuvoso da região.

Analisando os dados disponibilizados pelo *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais* (INPE, 2017), verifica-se que entre os anos de 2002 a 2007 e 2009 a 2010 foram notificados eventos de El Niño que não chegaram a provocar secas sobre o Nordeste, isto porque além da magnitude dos fenômenos, as anomalias da TSM do Atlântico atuaram favoravelmente para a ocorrência de chuvas na região. Neste caso, ficou claro que dependendo da intensidade dos El Niño, o posicionamento da ZCIT pode contribuir, minimizar ou até mesmo fazer com que seus efeitos não sejam sentidos, no que se refere às taxas de precipitação pluviométrica (Dias, 2020). Pesquisas mais recentes têm mostrado a importância das anomalias da TSM do Pacífico Equatorial e Atlântico Tropical na variabilidade da precipitação no Nordeste do Brasil, como, por exemplo, Carmo e Lima (2020), Costa *et al.* (2020) e Rodrigues *et al.* (2021).

#### **4.2 Delimitação do Semiárido Brasileiro**

O Semiárido Brasileiro (SAB) teve sua primeira delimitação realizada conforme a Lei nº 7.827, de 27 de setembro de 1989, na qual foi definida como a região inserida na área de atuação da SUDENE com precipitação média pluviométrica anual igual ou inferior a 800 mm, tendo sua primeira atualização em 1995, por meio da portaria nº 1.181 da SUDENE. Em 29 de março de 2004, através da Portaria Interministerial nº 6, foi constituído o Grupo de Trabalho (GT) Interministerial para a delimitação do novo SAB. Em seguida, no dia 09 de março de 2005, por meio da Portaria Interministerial nº 01, foram definidos novos critérios para a inclusão de municípios no Semiárido: a precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; índice de aridez de até 0,5 (considerando o período entre 1911 e 1990), risco de seca maior que 60% e contiguidade (SUDENE, 2017).

Utilizando desses critérios, esta nova metodologia foi aplicada consistentemente a todos os municípios que pertenciam à área de atuação da SUDENE na época, resultando em 1.135 municípios, Tabela 4.1.

**Tabela 4.1** - Número de municípios abrangidos pelo Semiárido Brasileiro conforme a Portaria de 2005 do Ministério da Integração Nacional

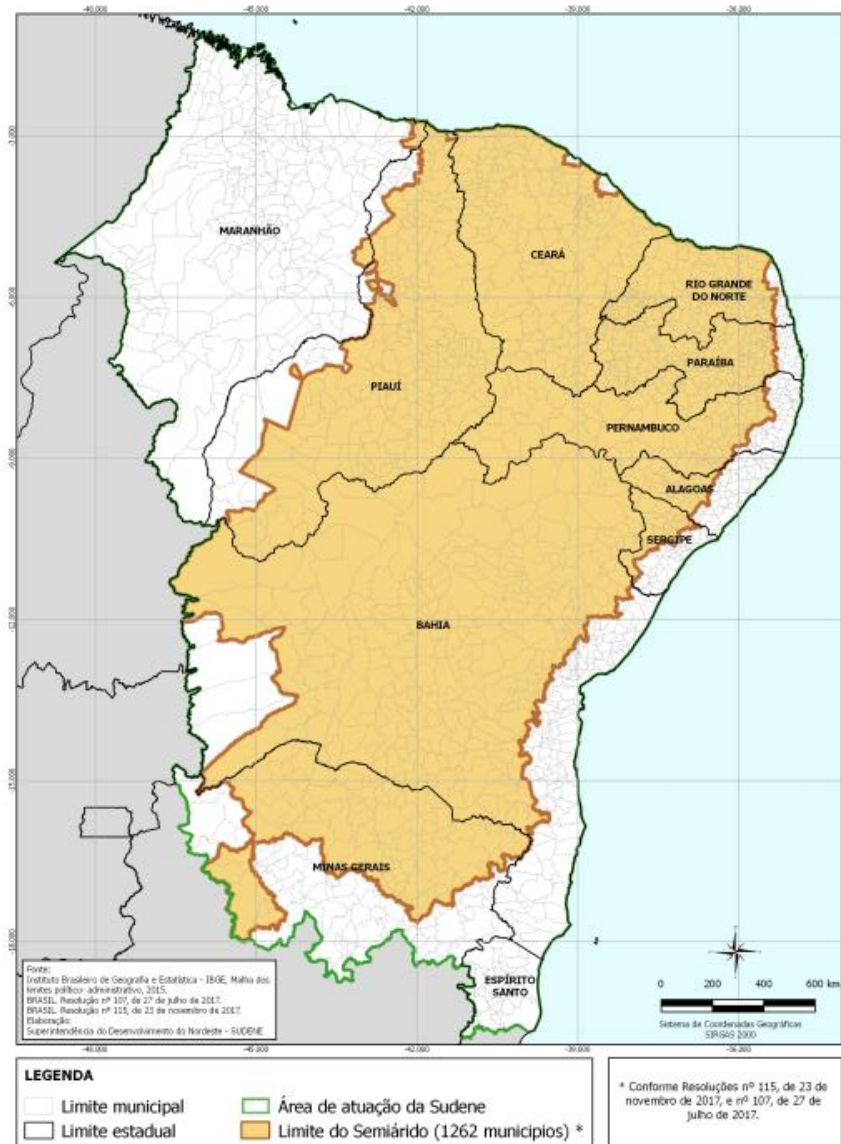
Estado	Total de Municípios	Nº municípios no semiárido				Área Total (Km <sup>2</sup> )	Área no semiárido	
		Anterior a 2005	Incluídos em 2005	Atual	%		(km <sup>2</sup> )	%
Alagoas	102	35	3	38	37.25	27.819	12.687	45.61
Bahia	417	257	8	265	63.55	564.693	393.056	69.61
Ceará	184	134	16	150	81.52	148.825	126.515	85.01
Minas Gerais	853	40	45	85	9.96	586.528	103.590	17.66
Paraíba	223	170	0	170	76.23	56.440	48.785	86.44
Pernambuco	185	118	4	122	65.95	98.312	86.710	88.2
Piauí	223	109	18	127	56.95	251.530	150.454	59.82
R. G. do Norte	167	140	7	147	88.02	52.797	49.590	93.93
Sergipe	75	28	1	29	38.67	21.910	11.176	51.01
<b>Total</b>	<b>2.429</b>	<b>1.031</b>	<b>102</b>	<b>1.133</b>	<b>46.6</b>	<b>1.808.854</b>	<b>982.563</b>	<b>54.32</b>

**Fonte:** Adaptado de BRASIL, Ministério da Integração Nacional (2005).

De acordo com as sugestões do relatório do GT Interministerial, em causa de possíveis mudanças climáticas, a delimitação do Semiárido passou a ser revista a cada década. Desse modo, o Ministério da Integração Nacional criou, em 27 de maio de 2014, um novo Grupo de Trabalho (GT-2014) que, após revisões, decidiu conservar tanto os critérios fundados pelo GT Interministerial em 2005, como a questão da contiguidade, modernizando apenas os dados para o período de 1981-2010. Como consequência, a nova delimitação passou a ser composta por 1.189 municípios.

O relatório conclusivo do GT-2014, assim como sua minuta de resolução, foram submetidos à apreciação e aprovados em 27 de julho de 2017 na XXI Reunião do Conselho Deliberativo da SUDENE - CONDEL, admitindo aos Estados expor a esta Superintendência, no prazo de até 60 dias, recursos à delimitação proposta. Os estados do Maranhão, Paraíba, Ceará, Rio Grande do Norte e Bahia recorreram com o objetivo de inserir municípios no Semiárido. O GT-2014, após o diagnóstico dos pedidos dos estados e recálculo dos indicadores, recomendou a abrangência de 49 municípios à delimitação. A SUDENE, após a análise do novo relatório, indicou ao CONDEL que, além daqueles municípios acrescentados pela revisão do GT-2014, fossem incluídos mais 24 municípios provenientes dos recursos dos estados que fazem fronteira com o limite do Semiárido, sendo 22 municípios por variabilidade nos indicadores, e dois municípios por

contiguidade. Desta forma, o CONDEL, aprovando as sugestões do GT-2014 e da SUDENE, por meio da Resolução nº 115, de 23 de novembro de 2017, definiu o novo Semiárido com 1.262 municípios (Brasil, 2017). A delimitação geográfica da área do Semiárido definido em 2017 é mostrada na Figura 4.1.



**Figura 4.1.** Delimitação do Semiárido Brasileiro em 2017.

**Fonte:** Adaptado de BRASIL, Ministério da Integração Nacional (2017).

Com esta atualização do SAB, houve o acréscimo de mais 73 municípios distribuídos em sete estados. Dos municípios acrescentados, 09 se encontram na Bahia, 10 no Ceará, 02 no Maranhão, 06 em Minas Gerais, 24 na Paraíba, 01 em Pernambuco e 21 no Piauí (Brasil, 2017). A Tabela 4.2 contém os dados, por estado, referentes à delimitação do SAB realizada em 2017.

**Tabela 4.2** - Número de municípios abrangidos pelo Semiárido Brasileiro conforme a Resolução nº 115, de 23 de novembro de 2017.

Semiárido	Nº de Municípios	Área (Km²)	Nº de habitantes	Densidade (Hab/km²)
Alagoas	38	12.646	962.641	76
Bahia	278	445.613	7.675.656	17
Ceará	175	146.945	5.827.192	40
Maranhão	2	3.547	213.693	60
Minas Gerais	91	121.215	1.492.198	12
Paraíba	194	51.335	2.498.117	49
Pernambuco	123	86.145	3.993.975	46
Piauí	185	200.301	2.805.394	14
Rio Grande do Norte	147	49.098	1.922.440	39
Sergipe	29	11.106	478.935	43
Espirito Santo	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>1.262</b>	<b>1.127.953</b>	<b>27.870.241</b>	<b>25</b>

**Fonte:** Adaptado de BRASIL, Ministério da Integração Nacional (2017).

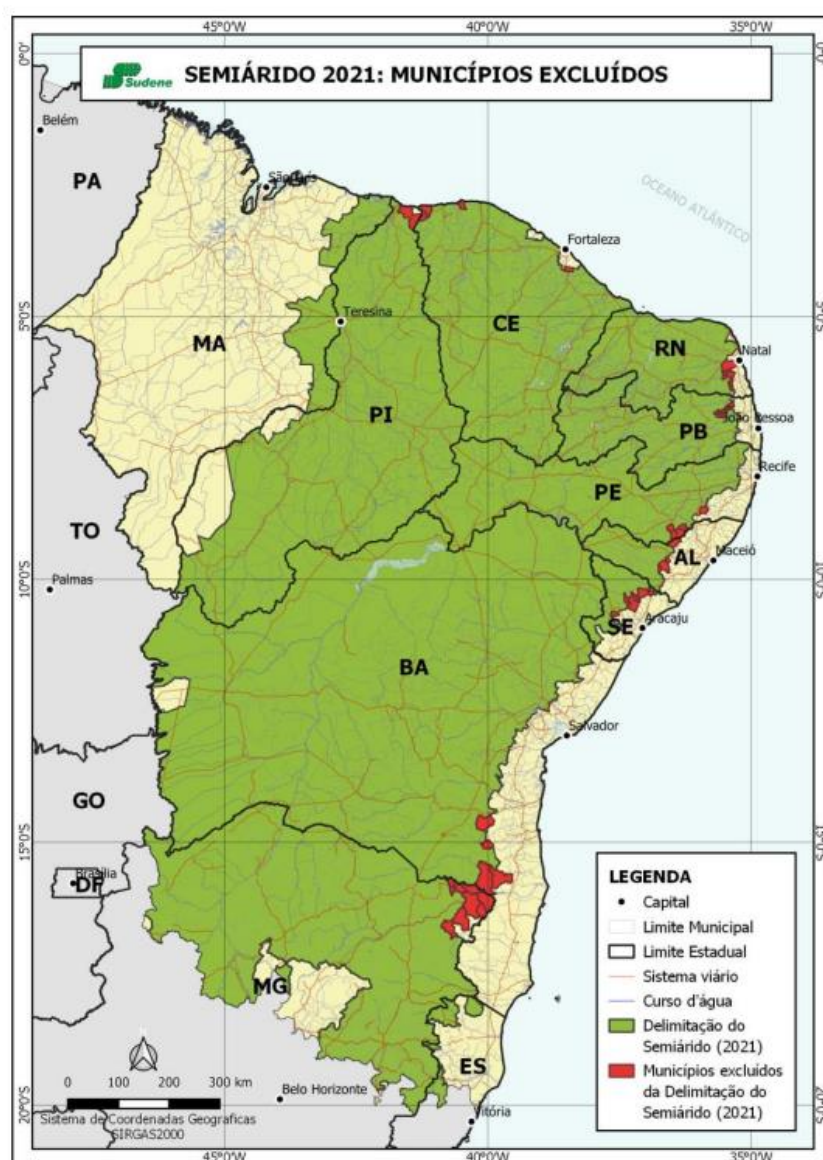
No final de 2021, o CONDEL aprovou a Resolução nº 150/2021, que altera a delimitação da região semiárida, aumentando de 1.262 para 1.427 municípios. Em discussão, foi proposto e acordado em consenso para que fossem geradas análises da configuração do Semiárido, utilizando dados climatológicos atualizados, dos anos de 1991 a 2020, empregando-se os mesmos critérios técnicos adotados da delimitação anterior.

**Tabela 4.3** - Variação da quantidade de municípios entre as delimitações do Semiárido de 2017 e 2021.

Estados	Semiáridos 2017	Semiárido 2021			Total
		Já constavam 2017	Inseridos	Excluídos	
Alagoas	38	34	4	4	38
Bahia	278	274	9	4	283
Ceará	175	171	0	4	171
Maranhão	2	0	6	0	6
Minas Gerais	91	2	14	0	16
Paraíba	194	83	126	8	209
Pernambuco	123	184	4	10	188
Piauí	185	118	19	5	137
Rio Grande do Norte	147	184	31	1	215
Sergipe	29	140	1	7	141
Espírito Santo	2	22	1	7	23
<b>Total</b>	<b>1.262</b>	<b>1.212</b>	<b>215</b>	<b>50</b>	<b>1427</b>

**Fonte:** Adaptado de BRASIL, Ministério da Integração Nacional (2023).

Analisando a Tabela 4.3, observa-se que 50 municípios não mais integrarão o Semiárido nesta revisão da Delimitação. Apesar de estes municípios fazerem parte da delimitação vigente, a exclusão ocorre, pois nenhum deles atingiu os critérios técnicos estabelecidos para 2021. Vale salientar que esta é uma revisão da delimitação do Semiárido que se encontra com versão preliminar, publicada em 2021, mas ainda não sendo considerada a publicação final. A localização dos municípios excluídos pode ser observada na Figura 4.2.



**Figura 4.2.** Delimitação do Semiárido Brasileiro em 2021.

**Fonte:** Adaptado de SUDENE, (2021).

#### **4.2.1 Considerações sobre o Semiárido Brasileiro**

O clima desempenha influência na formação dos solos, na decomposição das rochas, na elaboração das formas superficiais do planeta Terra, no regime dos rios e das águas subterrâneas, nas atividades agrícolas, nos tipos de cultivos praticados, nos sistemas de transportes e na própria distribuição dos humanos na Terra (TORRES e MACHADO, 2016). A inclusão dos assuntos pertinentes ao clima compõe, portanto, um aspecto de extrema importância para a formação de um cidadão e daqueles que sobrevivem em um determinado local.

A região do semiárido no NEB é a região seca mais populosa do mundo (MARENGO, 2008). Ressalta-se que esta observação é considerando a população que vive no semiárido de um único país; se considerar a extensão do semiárido em mais de um país, o Sahel, que está presente em dez países, é o semiárido mais populoso do mundo. O clima da região Nordeste do Brasil, em particular sobre a porção semiárida, em que a irregularidade temporal e espacial das chuvas constitui fator relevante, se não mais do que os totais pluviométricos sazonais propriamente ditos, agravam as condições favoráveis para a agricultura de sequeiro, que depende da manutenção da umidade do solo durante o período de cultivo na região, já que o solo possui uma baixa aptidão de retenção de umidade por ser pedregoso e menos profundo, além de estar associado a altas taxas de evaporação e evapotranspiração (MARENGO *et al.*, 2011; ASSIS *et al.*, 2015).

De acordo com o Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (2016), as situações de maior déficit hídrico ocorrem no Semiárido nordestino, por apresentar o menor nível de chuva do país, altas temperaturas, taxas de evaporação e ampla variabilidade interanual dos deflúvios que proporcionam expressiva oscilação na disponibilidade hídrica em superfície da região, tornando o futuro climático dessa região não promissor (RIBEIRO *et al.*, 2016). Segundo o quinto relatório do IPCC, o nível de chuvas no Nordeste poderá diminuir cerca de 22% até 2100, com baixo grau de confiança, em face das atuais discordâncias entre os modelos climáticos para grande parte do país (IPCC, 2014)

Estudo realizado por Pereira *et al.* (2017) no Agreste Central de Pernambuco identificou mudança no padrão da precipitação total anual de 1963 a 2013 por meio do

índice de anomalia de chuva, com acréscimo da frequência de anos chuvosos até o final da década de 1980 e redução das chuvas a partir da década de 90, cujos anos secos passaram a predominar na região. Galvêncio e Moura (2005) mostraram que a situação comum de secas na região Semiárida do NEB está mais relacionada com a distribuição irregular de chuvas do que propriamente com a falta das mesmas.

De acordo com De Souza *et al.* (2017), os largos períodos de estiagem influenciados pelo El Niño geram danos irreparáveis à população da região, principalmente àqueles que dependem da atividade agrícola, em específico, a agricultura familiar, que para tirar os mantimentos necessários para sua família, necessitam de uma distribuição regular das chuvas (HASTENRATH, 2012).

Os diferentes sistemas de circulação atmosférica que agem na região do SAB fazem com que a climatologia se torne complexa, gerando uma grande variabilidade climática, considerando as chuvas, com eventos de precipitação variando no tempo e no espaço. Além disso, mesmo em períodos considerados de não estiagem, há uma alta ocorrência de veranicos, que são caracterizados como sucessivos dias sem chuvas, forte insolação, calor intenso, baixa umidade relativa e conseqüentemente uma maior taxa de evapotranspiração durante a estação chuvosa, o que compromete ainda mais a agricultura local. (CAVALCANTI, 2012; RODRIGUEZ *et al.*, 2015)

As conseqüências das variabilidades climáticas e das mudanças climáticas vêm afetando todo o planeta com desastres em grande escala, com alterações dos recursos hídricos e na agricultura com o passar dos anos (PEREIRA *et al.*, 2017). Corroborando com isso, Assis *et al.*, (2015) afirma que as mudanças do clima têm influenciado cada vez mais a escassez hídrica, principalmente nas áreas áridas e semiáridas do planeta, podendo destacar o semiárido do Nordeste do Brasil, pois esta região possui uma extensa tendência à aridização, acompanhada de redução da oferta hídrica em decorrência da alteração nos padrões pluviométricos, com diminuição da frequência e intensidade das chuvas.

O Semiárido será possivelmente uma das regiões do país mais impactadas pelas variações climáticas (MARENGO *et al.*, 2017), o que além disso, resultará em impactos importantes sobre a agricultura familiar. Para algumas partes do bioma Caatinga, existem projeções até 2100 de transformação no tipo de cobertura vegetal de característica semiárida para vegetação de ambientes semidesérticos, típica de ambientes áridos (MARENGO *et al.*, 2020). Entre as alterações previstas para a região, se destacam um

acréscimo gradual da temperatura de 1,5-2,5°C e redução de 25-35% da precipitação entre 2041-2070, além do aumento de 3,5 -4,5°C e diminuição de 40-50% das chuvas entre 2071-2100 (RIBEIRO, 2016).

Em consideração do cenário socioeconômico atual, é antecipado que as populações vulneráveis rurais que vivem na região semiárida serão impactadas de modo mais intenso, como ocorrido na última extensa seca da região (2012-2018). Conhecida como a seca mais extrema dos últimos 50 anos, tal evento gerou diversos danos às populações locais, como perdas de culturas e animais, redução de renda, descontinuidade de participação em programas sociais de aquisição de alimentos, dentre outros (PROVISIONAL, 2014; MARENGO *et al.*, 2017; MESQUITA & BURSZTYN, 2017).

Araújo *et al.* (2009) afirmam que, devido à irregularidade da precipitação, é necessário realizar um monitoramento por meio de índices climáticos, uma vez que, ele podem auxiliar em um sistema de acompanhamento das características dos períodos secos ou chuvosos, com informações anuais ou mensais, com as quais se pode conhecer a dinâmica climática de uma determinada região e verificar os impactos que o clima pode causar sobre a distribuição da precipitação pluviométrica.

Baseado nos estudos registrados e citados anteriormente pode-se garantir que a região Nordeste do Brasil, em especial a região semiárida, com as áreas interioranas, caracteriza-se como áreas vulneráveis às irregularidades climáticas, com a espacialidade e intensidade das chuvas provocadas pelos diferentes sistemas de circulação atmosférica. Assim sendo, o conhecimento da variabilidade climática do Seminário do Nordeste do Brasil é substancial para a definição de políticas públicas preocupadas com a convivência das estiagens e eventos intensos de chuva, principalmente, diante da pauta de mudanças climáticas e da necessidade de políticas de mitigação e adaptação.

### **4.3 Evapotranspiração**

Evaporação é o processo em que a água de superfícies evaporantes, tais como lagos, rios, solos e vegetação, é convertida em vapor. A transpiração consiste da vaporização de água líquida contida nos tecidos vegetais e de sua remoção para a atmosfera. Logo, a evapotranspiração é a evaporação e transpiração acontecendo simultaneamente (ALLEN *et al.*, 1998).



A evapotranspiração apresenta diferentes tipos, conforme Jensen *et al.*, (1990); Tomasella e Rossato (2005).

*Evapotranspiração potencial ( $ET_P$ ):* é a água empregada por uma ampla superfície vegetada, em crescimento ativo e abrangendo completamente um terreno bem suprido de umidade, ou seja, em nenhum momento a demanda atmosférica é restringida por falta d'água no solo;

*Evapotranspiração real ( $ETR$ ):* é aquela que ocorre numa superfície vegetada, independentemente de sua área, de seu porte e das condições de umidade do solo. Assim, é aquela que acontece em qualquer situação, sem imposição de qualquer condição de contorno;

*Evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ):* é aquela de uma extensa superfície, coberta totalmente por grama com altura de 0,08 a 0,15 m, em crescimento ativo e sem deficiência hídrica.

De acordo com Tomasella e Rossato (2005), a evapotranspiração pode ser estimada por métodos diretos e empíricos; o primeiro é extremamente difícil de operacionalizar e com altos custos financeiros, pois exige instalações de equipamentos especiais, ocorrendo apenas em condições experimentais. Para a medida direta da evapotranspiração, utilizam-se lisímetros ou evapotranspirômetros. Estes equipamentos consistem em uma caixa impermeável, contendo um volume de solo e que permite conhecer com detalhe alguns termos do balanço hídrico do volume amostrado. Os métodos empíricos levam em consideração a utilização de fórmulas, sendo necessário possuir dados meteorológicos para esse fim.

Dentre os métodos empíricos criados por múltiplos cientistas e pesquisadores, há aqueles que possuem uma adequada base física e teórica, chamados de métodos combinados, como o método de Penman-Montheith, recomendado pela FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) como modelo global padrão para estimativa da evapotranspiração da cultura de referência; é considerado complexo por exigir maior quantidade de dados meteorológicos, que por vezes, não estão sempre disponíveis. Por outro lado, há aqueles mais simples, exigindo apenas a temperatura do ar (Holdridge, Thornthwaite e Blaney-Criddle) e, adicionalmente, a latitude do lugar (Hargreaves e Samani) (ALLEN *et al.*, 1998).

O termo evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) tem passado por alterações de conceito desde o seu surgimento. Recentemente o mais aceito, proposto por Allen *et al.* (1998) é de que a evapotranspiração ocorre em uma superfície de cultura hipotética, com altura de 0,12 m, albedo de 0,23 e resistência do dossel constante e igual a  $70 \text{ s.m}^{-1}$ . Na sua determinação, destacam-se os principais elementos climáticos que influenciam na evapotranspiração: radiação solar, temperatura do ar, déficit de pressão de vapor e velocidade do vento. O tipo da cultura, a densidade, a variedade e a fase de crescimento também afetam a evapotranspiração, já que diferenças na resistência estomática, altura da cultura, rugosidade do dossel, refletividade e cobertura do solo pela vegetação derivam em distintos valores de evapotranspiração sob as mesmas condições climáticas e de solo (ALLEN *et al.*, 1998).

Widmoser (2009) descreveu que mesmo sendo o método recomendado como o método-padrão para determinar a  $ET_0$ , em condições meteorológicas especiais, o método FAO-Penman-Monteith pode levar a erros próximos a 30%, evidentemente em condições climatológicas. Os erros são equivalentes aos das medidas de instrumentos, como demonstrado em muitos estudos. A propósito, numerosos estudos foram efetuados em diversas regiões semiáridas com a finalidade de determinar um método indireto de estimativa da  $ET_0$  com melhor ajuste ao de FAO-Penman-Monteith, a exemplo têm-se: Droogers e Allen (2002), Andrade Júnior *et al.* (2003), Oliveira *et al.* (2006); Borges e Mendiondo (2007), Borges Júnior *et al.* (2012), Palaretti, Mantovani e Sedyama (2014) e Silva *et al.* (2017).

No entanto, em alguns casos, o uso do método de FAO-Penman-Monteith é restrito pela falta de algumas variáveis de entrada, pela pouca disponibilidade de estações meteorológicas de referência, definidas como estação agrometeorológica, rodeada por área vegetada, adequada para mensurar todos os elementos climáticos envolvidos. Nesse sentido, ALLEN *et al.* (1998) aconselham fórmulas para a estimativa de dados climáticos ausentes, como radiação, umidade relativa e velocidade do vento. Estes procedimentos têm exigido sua avaliação em diferentes países e em vários diferentes tipos de climas para testar sua viabilidade. Portanto, pesquisas têm sido feitas em várias partes do mundo, como, por exemplo, Stöckle *et al.* (2004), para cinco locais na Holanda, Espanha, Filipinas, EUA e Síria; Popova *et al.* (2006), para a Bulgária; Jabloun & Sahli (2008), para a Tunísia; Sentelhas *et al.* (2010) para algumas localidades no sul de Ontário, no Canadá; e Sales *et al.* (2021) para todo o Semiárido do Nordeste Brasileiro; todos eles

empregando dados mínimos, têm-se comprovado que os resultados são aceitáveis para as diferentes condições climáticas. Entretanto, deve-se ressaltar que o uso de dados de estações meteorológicas de referências ainda é muito relevante na determinação da  $ET_0$ .

#### **4.4 Balanço Hídrico**

O principal emprego do balanço hídrico é a avaliação e quantificação da disponibilidade de água em uma área específica, considerando tanto as entradas quanto as saídas de água no sistema. Sua aplicação é vasta, sendo empregado em setores como agricultura, hidrologia, gestão de recursos hídricos, planejamento urbano, ambiental e em estudos climatológicos. É possível identificar locais onde uma determinada cultura pode ser explorada com maior eficácia, como também estimar parâmetros climáticos e, a partir deles, colocar comparações entre as condições predominantes em locais diferentes; ou seja, se a mesma metodologia de cálculo do balanço hídrico for seguida para todos os locais de uma mesma região, é admissível identificar os locais climaticamente aptos para a exploração daquela cultura a partir da comparação dos resultados obtidos (TOMASELLA e ROSSATO, 2005). É oportuno mencionar que, em geral, na meteorologia o balanço hídrico é muito empregado na agricultura, entretanto, é uma ferramenta útil no monitoramento de reservatórios, tais como lagos, barragens e açudes, bem como em uso para classificação climática (Sales *et al.*, 2021).

Existem vários métodos para o cálculo do balanço hídrico, sendo que cada um tem um objetivo diferente. Um dos modelos mais conhecidos foi proposto por Thornthwaite (1948) e em seguida modificado por Thornthwaite e Mather, (1955) que ficou conhecido como Balanço Hídrico de Thornthwaite e Mather. A principal função deste balanço é servir como base para uma classificação climática. O método proposto por Thornthwaite e Mather tem sido amplamente utilizado por possibilitar a previsão da variação temporal do armazenamento de água no solo, podendo ser usado como instrumento no auxílio ao zoneamento agroclimático e como indicador climatológico da disponibilidade hídrica de uma região (SANTOS, 2015; JESUS, 2015).

O balanço hídrico climatológico desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) tem a finalidade de determinar o regime hídrico de um local, sem obrigação de medidas diretas das condições do solo, pois para sua elaboração, há necessidade de se definir o armazenamento máximo no solo (CAD - Capacidade de Água Disponível), a medida da chuva total, e também a estimativa da evapotranspiração potencial em cada período. Com

esses parâmetros definidos, pode-se obter o balanço hídrico climáticos, estimando o total de água retida no solo, a evapotranspiração real e o déficit ou excedente hídrico do local selecionado. Com todos esses componentes, a contabilização de água de uma determinada camada do solo permite definir os períodos secos (deficiência hídrica) e úmidos (excedente hídrico) (REICHARDT, 1990; TOMASELLA e ROSSATO, 2005).

Mesmo com toda a relevância em relação à disponibilidade hídrica, existem poucas pesquisas sobre balanço hídrico do solo. A disponibilidade hídrica de uma região pode ser calculada a partir do balanço hídrico climatológico, que corrobora as variações sazonais do excedente e déficit hídrico com base nas relações de entradas e saídas de água do solo, principalmente precipitações e evapotranspiração de referência (ANGELOCCI *et al.* 2002).

Segundo Cunha e Martins (2009), a classificação objetiva definir em termos de temperatura, umidade e suas distribuições estacionais os limites geográficos dos diferentes tipos de clima que ocorrem no mundo por meio da descrição e mapeamento das regiões climáticas, para identificá-las e classificá-las em diferentes tipos. Desta forma, reconhecer as condições climáticas se torna uma importante ferramenta para um planejamento agrícola adequado (SENTELHAS *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2010), além da adaptabilidade de cada cultura a diversos fatores, como os tipos de solo de cada região (MONTEIRO, 2009).

O balanço hídrico climático de Thornthwaite e Mather (1955) inclui estimativas da evapotranspiração real, déficit hídrico e excedente hídrico. Essa metodologia leva em consideração que a taxa de perda de água por evapotranspiração varia linearmente com o armazenamento de água no solo. Em condições naturais, um ecossistema que esteja sendo cultivado apresenta um balanço hídrico que pode ser expresso da seguinte configuração:

$$P + I - ETR - R - D + \Delta A = 0$$

Sendo P a precipitação, I a irrigação, ETR a evapotranspiração real, R o escoamento superficial da água, D a drenagem profunda e  $\Delta A$  a variação da água armazenada no solo.

A partir do balanço hídrico climático de Thornthwaite e Mather (1955), é possível realizar a classificação climática de uma região e reconhecer suas características climatológicas. Diversos estudos já têm utilizado, por exemplo, Sales *et al.*, (2021), Da Silva *et al.*, (2022), Rodrigues (2023), dentre outros.

#### 4.5 Classificação Climática

O clima de uma determinada região pode ser compreendido como o estudo médio das condições atmosféricas em um período de tempo específico, sendo que esse estudo necessita envolver o maior número de dados possíveis (INMET, 2015). A classificação climática tem o objetivo de identificar em uma grande área ou região, zonas com características climáticas e biogeográficas relativamente homogêneas, promovendo indicações de grande importância sobre as condições ecológicas, suas potencialidades agrícolas e o meio ambiente da região (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2003).

O NEB possui uma classificação climática como uma das climatologias mais complexas do mundo, devido à anormalidade espacial e temporal na distribuição de chuvas. Como decorrência desse fenômeno é possível localizar na região Nordeste do Brasil mesorregiões geográficas muito particulares, nos quais climas vão do superúmido, característico das zonas litorâneas, até o clima seco quase desértico do sertão e o semiárido, com uma baixa disponibilidade hídrica (NIMER, 1989).

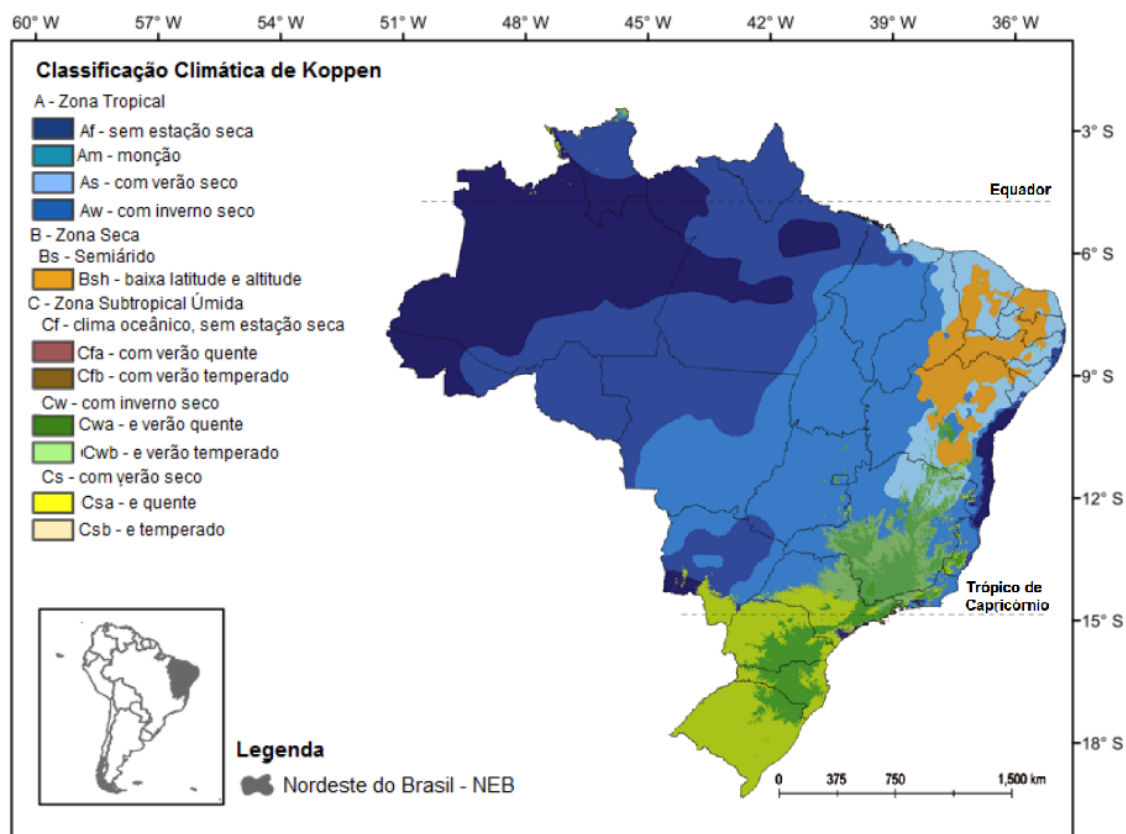
A região Nordeste está situada na zona intertropical da Terra, assim, por razão da abundância de radiação solar, a temperatura se torna bem elevada durante todo o ano. São identificados três tipos de climas ao longo da região: tropical, semiárido e equatorial úmido. Clima tropical: acontece especialmente no sul da Bahia, centro do Maranhão e no litoral de todos os Estados da região. Esse tipo de clima oferece duas estações bem definidas, sendo uma seca e uma chuvosa. Clima semiárido: compreende principalmente a região central do Nordeste, onde as temperaturas são elevadas durante o ano todo, as chuvas são irregulares e há caso de prolongada estiagem. Clima equatorial úmido: é identificado em uma limitada área da região situada a oeste do Maranhão, que sofre influência do clima equatorial, com temperaturas elevadas e chuvas abundantes. (LUCENA *et al.*, 2015).

Conforme Medeiros (2019), as inúmeras variações espacialmente no clima são determinadas pelas diferentes combinações dos processos atmosféricos, os quais produzem correspondentemente, um grande número de tipos climáticos. Como ferramentas científicas fundamentais, as classificações climáticas possuem três objetivos que se inter-relacionam: ordenar grande quantidade de informações; facilitar a rápida recuperação e comunicação. Entre os métodos de classificações, podemos citar as mais utilizadas classificações: Köppen (1931) e Thornthwaite (1948). O primeiro tem como

base de classificação as temperaturas e precipitações, utilizado tanto em estudos climatológicos quanto geográficos, enquanto que o segundo, além de temperaturas e precipitações, incorpora também a evapotranspiração de referência, baseando-se em índices climáticos desenvolvidos para o cálculo do balanço hídrico climático.

A classificação de Köppen é fundamentada em valores médios anuais e mensais de temperatura e precipitação, que apresenta cinco tipos climáticos, representados pelas letras A, B, C, D e E. Cada clima recebe duas ou três letras minúsculas que mensuram detalhamentos do clima. Este método é utilizado a mais de 80 anos, é uma classificação incontestável e permite adaptá-lo para diferentes condições climáticas, sendo ao mesmo tempo, simples e detalhada. A facilidade de composição de letras colabora para uma máxima difusão desta classificação em todos os setores interessados: arquitetura, agronomia, botânica, engenharia civil, hidrologia, geologia e geografia. (VIANELLO e ALVES, 2000; CUNHA e MARTINS., 2009).

Para a classificação de Köppen, o SAB possui pelo menos três tipos climáticos, sendo As, Aw, e BSh, onde o clima semiárido da região é caracterizado por apresentar altas médias térmicas, baixa nebulosidade, elevadas taxas de evaporação e, sobretudo, baixos índices pluviométricos, em torno de 500 a 700 mm anuais (OLIVEIRA *et al.*, 2006; ALVARES *et al.*, 2013). Na figura abaixo, é possível visualizar os diferentes tipos de climas para o Brasil e, em específico, o Nordeste, conforme a classificação climática de Köppen realizada por Alvares *et al.*, (2013).



**Figura 4.5.** Classificação de Köppen para o Brasil.

**Fonte:** Adaptado de Alvares et al. (2013).

A classificação climática de Thornthwaite leva em consideração a utilização de quatro letras. A primeira letra da classificação refere-se ao índice de umidade, a segunda, ao índice de aridez, a terceira indica a eficiência térmica e a quarta aponta a porcentagem da eficiência térmica no verão em relação à evapotranspiração potencial anual (Thornthwaite, 1948). De acordo com Cunha e Martins (2009), a classificação de Thornthwaite detecta pequenas variações espaciais climáticas com mais eficiência do que a de Köppen.

#### 4.6 Índices de Aridez, Umidade e Efetivo de Umidade

Com o objetivo de realizar a classificação climática, Thornthwaite (1948) criou os índices de aridez, umidade e efetivo de umidade. Logo em seguida, Thornthwaite e Mather (1955) indicaram um balanço hídrico, possuindo como variáveis de saída, a evapotranspiração potencial total anual, déficit anual hídrico, excedente anual de água no solo.

O índice de aridez, elaborado por Thornthwaite (1948), calcula a diferença entre evapotranspiração potencial e a evapotranspiração real dividida pela evapotranspiração

potencial. Este índice é um indicativo da quantidade de água necessária para a atmosfera atingir a saturação; ou seja, uma medida de déficit de água na atmosfera. O índice de umidade indica a quantidade de água precipitada além da evaporação real e da saturação do solo e essa umidade é calculada pela razão do excedente anual de água no solo, a evapotranspiração potencial. Estes índices são de relevante importância e são utilizados nos estudos não apenas de áreas secas, como também de terras úmidas (VAREJÃO SILVA, 2001).

O índice efetivo de umidade é um indicativo do balanço hídrico anual climatológico de uma determinada localidade e das condições climáticas reinantes das condições da atmosfera local e do solo, tais como se há excesso, déficit, recarga do lençol freático ou utilização das reservas do solo (VAREJÃO SILVA, 2001).

De acordo com Lopes *et al.*, (2015), em 1991, o UNEP adotou uma avaliação de classificação climática agregada ao valor do Índice de Aridez. O cálculo deste índice é a razão da precipitação média total anual e a evapotranspiração potencial média total anual. Para a classificação climática, usam-se as denominações de clima hiperárido, árido, semiárido, subúmido seco, subúmido úmido e úmido, conforme os valores obtidos do índice de aridez do UNEP (UNEP, 1992). Esse índice foi usado inicialmente para a constatação dos efeitos antropogênicos nas condições climáticas e hoje é também utilizado para o conhecimento de zoneamento agrícola e das mudanças climáticas de modo geral.

#### **4.7 Reanálise do ERA5-Land**

A Reanálise é um método usado para levantar um registro de clima em grade tridimensional com domínio global ou regional que ajusta observações passadas de distintos sistemas de medições meteorológicas (estações meteorológicas de superfície, satélites, radiossondas, entre outros) com modelos numéricos de grande e mesoescala de previsão do tempo (Numerical Weather Prediction - NWP), criando um histórico fisicamente consistente ao longo do tempo, de como o clima da Terra evoluiu (CARTA *et al.* 2013; STÜKER *et al.*, 2016).

Nos últimos anos, foi lançada uma nova geração de produtos de reanálise como resultado de avanços na assimilação de dados climatológicos e na modelagem numérica. Essas bases de dados de reanálise são: ERA-Interim, MERRA-2, e, o mais recente, ERA5,



operado pelo ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*). O ECMWF é uma organização intergovernamental independente, apoiada por 34 países, produzindo e divulgando previsões meteorológicas numéricas inteiramente à disposição dos serviços meteorológicos nacionais dos estados apoiadores e também disponíveis ao público em geral (ECWMF, 2021).

O ERA5 é a reanálise que atualmente está sendo produzida pela ECMWF. Esta base de dados é a quinta geração de reanálise atmosférica produzida pela ECMWF, antecedida pela ERA-15, ERA-40 e ERA-Interim. Esta 5ª geração de reanálises é fruto das previsões do modelo global operacional deste centro e do sistema integrado de observações da Organização Meteorológica Mundial. Estes dados são assimilados, utilizando o método 4D-VAR, sendo disponibilizados com 137 níveis verticais em coordenada híbrida, topo atmosférico em 0,01 hPa, frequência horária e resolução horizontal de 31 km, capturando detalhes muito mais sutis dos fenômenos atmosféricos do que nas reanálises globais anteriores de baixa resolução (HERSBACH *et al.*, 2020; ECWMF, 2021).

Deve-se lembrar ainda que o ERA5 é a primeira reanálise produzida como um serviço operacional, em vez de um projeto de pesquisa. Na Tabela 4.4 podem-se observar as principais características das séries de reanálises, com a evolução do ERA5 na substituição do ERA-Interim.

**Tabela 4.4** - Visão geral das principais características do ERA-Interim e ERA5.

	<b>ERA-Interim</b>	<b>ERA5</b>
<b>Período de dados</b>	1979 – Agosto 2019	1950-atual
<b>Frequência</b>	6 horas (análises) 3 horas (previsões)	Horária
<b>Resolução espacial (km)</b>	79	31
<b>Níveis verticais</b>	60	137
<b>Disponibilidade em tempo real</b>	-	2-3 meses (produto final), 5 dias (produto preliminar)

**Fonte:** adaptado de (ECWMF, 2021).

Ressalta-se que ERA5-Land é um conjunto de dados de reanálise que fornece uma visão consistente da evolução das variáveis terrestres ao longo de várias décadas com uma resolução melhorada em comparação com ERA5. O ERA5-Land foi construído reproduzindo a componente terrestre da reanálise climática ERA5 do ECMWF.

Diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos, utilizando dados de reanálises para suprir a ausência e falhas de diferentes dados de variáveis em estações meteorológicas em todo o mundo e verificada sua acurácia na utilização. Dentre eles, pode-se citar Lompar *et al.*, (2019), que avaliaram a possibilidade de utilização de dados de reanálises do ERA5-Land para preenchimentos de falhas de dados de temperatura. O estudo apresentou a Raiz do Erro Quadrático Médio – REQM muito baixo para todos os comprimentos de lacunas variando de 1,1°C (Montecristo/Itália) a 1,9°C (Gumpenstein/Áustria), concluindo que diante dos resultados obtidos, no caso em que os dados medidos não são disponíveis, os dados do ERA5-Land podem ser usados para preencher a lacuna de temperatura.

Jiang *et al.*, (2019) analisaram as medições *in situ* de 98 locais de radiação solar total horária, radiação direta e radiação difusa na China em comparação com dados de reanálises do ERA5-Land. Os resultados revelaram que as estimativas da reanálise correlacionam bem com as observações do solo e refletem completamente as características regionais e variações diárias em locais individuais. Porém, vale salientar que em áreas com tempo nublado, a precisão da reanálise ERA5-Land pode diminuir, isso porque a profundidade das nuvens interfere na quantidade e distribuição da radiação solar que atinge a superfície terrestre, afetando na precisão das estimativas da radiação solar do ERA5-Land. Dentre outros trabalhos nacionais e internacionais com reanálises do ERA5-Land, destaca-se: De Oliveira Castro *et al.*, (2019), Do Carmo *et al.*, (2020), Jourdier (2020), Gleixner *et al.*, (2020) e Ruiz *et al.*, (2021).

#### **4.8 Precipitação do Climate Prediction Center/National Oceanic and Atmospheric Administration (CPC/NOAA)**

Os dados do CPC/NOAA referem-se a informações coletadas, analisadas e fornecidas pelo projeto de precipitação global do CPC/NOAA. Conforme Cardoso e Quadro (2017), o CPC é responsável por monitorar e prever padrões climáticos de curto e médio prazo em escala global através da coleta de dados de diversas fontes, como observações de satélite, estações meteorológicas terrestres e marítimas, entre outros.

O CPC combina dados de precipitação de mais de 30 mil estações meteorológicas distribuídas por todo o globo terrestre, utilizando a técnica de Interpolação Ótima (GANDIN, 1965 *apud* CHEN *et al.*, 2008). O CPC disponibiliza dados de precipitação diários desde janeiro de 1979 até o presente. Esses dados são fundamentais para previsões

climáticas, modelagem e compreensão dos fenômenos meteorológicos. Além dos dados de precipitação, eles incluem informações como temperatura do ar, pressão atmosférica, umidade, ventos e padrões climáticos, ajudando a compreender e antecipar mudanças no clima (CHEN *et al.*, 2008).

Chen *et al.* (2008) conduziram uma análise comparativa entre três técnicas objetivas de interpolação para dados diários de precipitação, provenientes de observações (HIGGINS *et al.*, 2000; SHI *et al.*, 2001; SILVA *et al.*, 2007). A avaliação envolveu testes de validação. Embora os três métodos fossem capazes de produzir dados de precipitação diária com erro inferior a 1% em grande parte do planeta, a técnica de interpolação (OI) se destacou, apresentando maior consistência em áreas onde a rede de observação é mais escassa, já que nestas regiões, a qualidade das análises é afetada pela menor distribuição espacial das estações.

Com o objetivo de estabelecer uma rede abrangente de dados diários de precipitação em todas as regiões terrestres do planeta, Chen *et al.* (2008) optaram por empregar a técnica OI. Isso foi feito em uma grade de resolução espacial de 0.5° de latitude/longitude, permitindo a disponibilização de dados históricos em tempo real e estabelecendo-se como uma nova fonte de dados em alta resolução.

As informações sobre a precipitação de pontos de grade em um determinado local, derivadas de um conjunto de observações, representam uma fonte valiosa para estudos climáticos. Na última década, esses conjuntos têm sido extensivamente empregados, principalmente em pesquisas climatológicas que requerem análises espaciais, minimizando os desafios decorrentes de dados incompletos ou de cobertura espacial irregular. Podemos citar diversos autores que realizaram avaliação pontual dos dados de precipitação em pontos de grade, comparando-os com dados de estações locais com os do CPC/NOAA.

Nascimento *et al.* (2010) realizaram uma avaliação dos dados diários de precipitação estimados pelo CPC, comparando-os com sete estações meteorológicas do INMET, localizadas na calha do rio Solimões-Amazonas. Os resultados foram considerados satisfatórios para análises de séries temporais diárias.

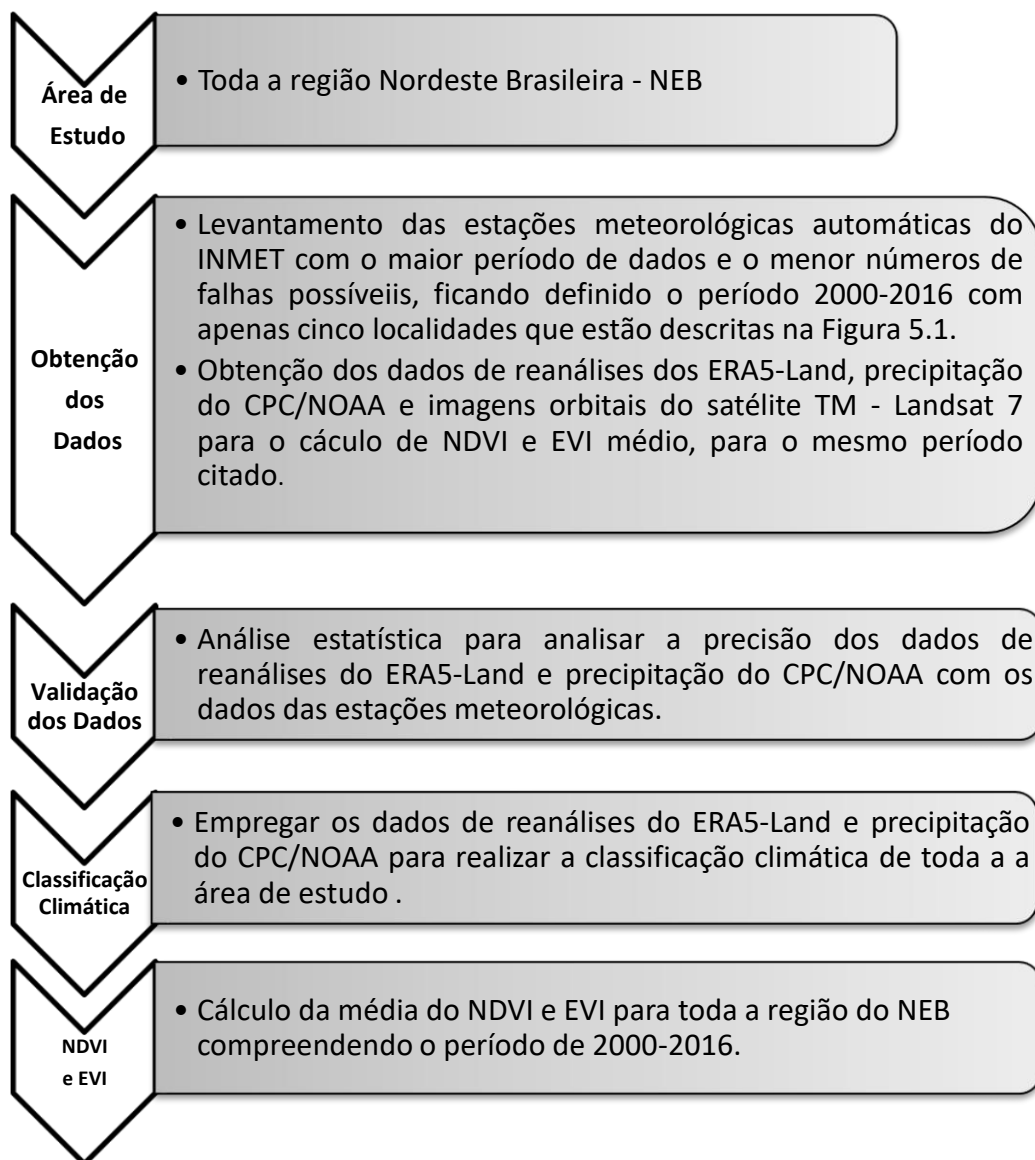
Sena *et al.* (2012) analisaram o desempenho dos dados de precipitação do CPC usando dados observados de chuva para a região do Cariri Paraibano entre os anos de

1979 e 2010. Os dados do CPC reproduziram o trimestre chuvoso da área de estudo com uma margem de erro inferior a 20%, considerada pequena, dada a variabilidade da precipitação na região. No entanto, foram identificadas discrepâncias no período seco, com uma margem de erro mais elevada, demonstrando uma resposta menos precisa neste período.

Saldanha *et al.* (2015) conduziram uma avaliação comparativa entre os dados do CPC e os dados de precipitação das estações meteorológicas de superfície no estado do Rio Grande do Sul. Os resultados revelaram um desempenho satisfatório do conjunto de dados do CPC, com coeficientes de correlação médios em torno de 0,9 e um coeficiente de eficiência médio em torno de 0,81. Concluíram que os dados do CPC podem ser considerados como fontes alternativas confiáveis de informações sobre precipitação.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho é dividido nas seguintes etapas: definição da área de estudo; obtenção dos dados; validação dos dados a partir de análises estatísticas; classificação climática de toda a área de estudo; cálculo do NDVI e EVI. É possível observar a ordem das etapas no fluxograma apresentado na Figura 5.

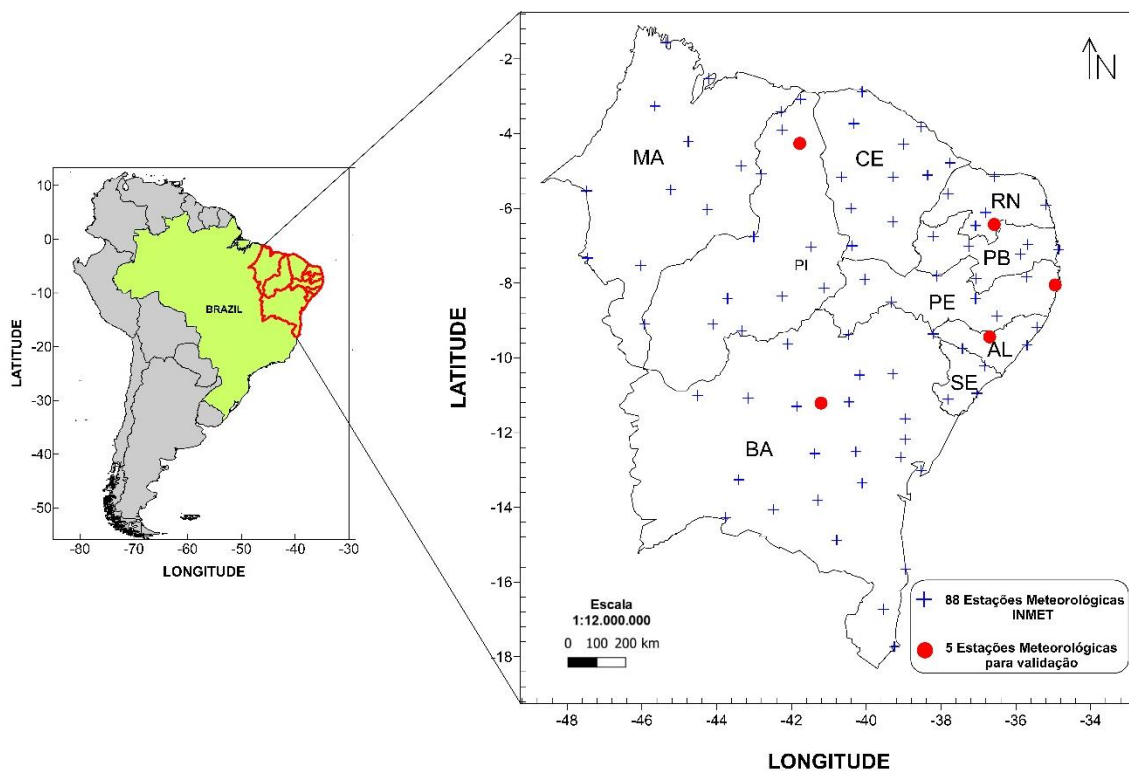


**Figura 5.** Fluxograma da realização do trabalho.

**Fonte:** do próprio autor.

## 5.1 Área de Estudo

A área de estudo é o NEB, que abrange os estados: Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia.



**Figura 5.1.** Mapa das estações meteorológicas do INMET utilizadas para validação. (MA – Maranhão, PI – Piauí, CE – Ceará, RN – Rio Grande do Norte, PB – Paraíba, BA – Bahia, AL – Alagoas, SE – Sergipe, PE – Pernambuco).

**Fonte:** do próprio autor.

Para realização da validação dos dados de reanálises, foi feito um levantamento de 88 estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), distribuídas no NEB, com registro de dados diários UTC entre 1981-2019. Analisadas uma a uma, de todas as 88 estações automáticas do INMET, foi possível utilizar os dados de apenas cinco, pois foram as que apresentaram o maior período de dados 2000-2016 com o menor número de falhas possíveis que podem ser utilizadas sem comprometer a validação dos dados de reanálises, ficando assim definido o período de estudo do trabalho 2000-2016, são elas: Cruzeta – RN ( $6,43^{\circ}\text{S}$ ,  $36,79^{\circ}\text{W}$ , 226m), Palmeira dos Índios – AL ( $9,42^{\circ}\text{S}$ ,  $36,62^{\circ}\text{W}$ , 278m), Piri-piri- PI ( $4,28^{\circ}\text{S}$ ,  $41,79^{\circ}\text{W}$ , 158m), Morro do Chapéu – BA ( $11,55^{\circ}\text{S}$ ,  $41,15^{\circ}\text{W}$ , 1002m) e Recife – PE ( $8,06^{\circ}\text{S}$ ,  $34,96^{\circ}\text{W}$ , 7m), cuja distribuição espacial é mostrada na Figura 5.1 destacadas em ponto vermelho.

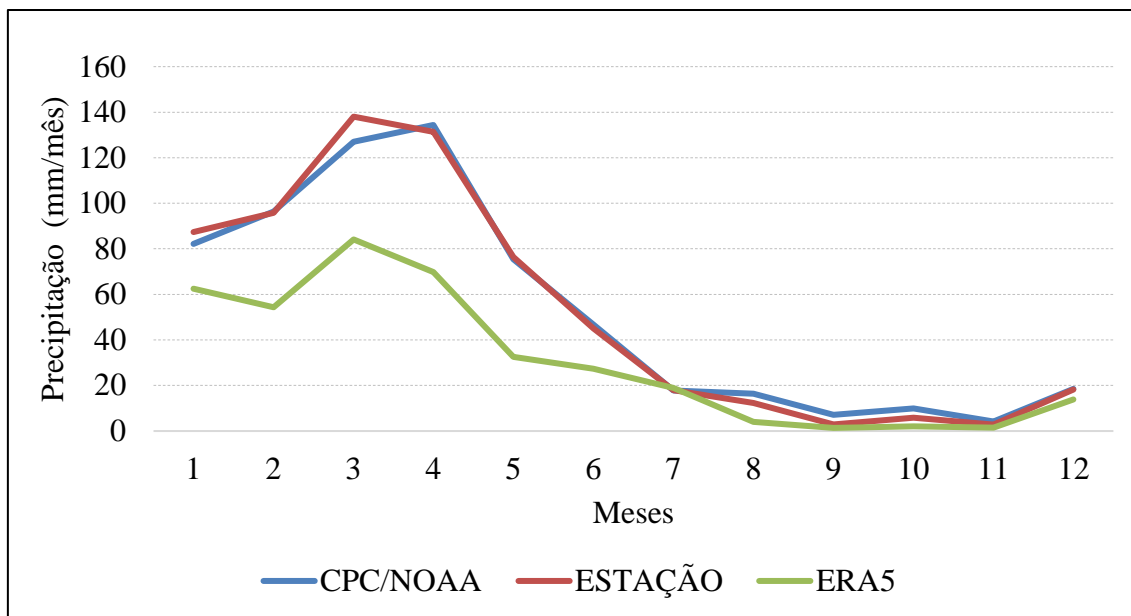
## 5.2 Obtenção dos Dados

Das estações meteorológicas automáticas do INMET, foram utilizados dados diários registrados nos horários de 0 e 12 UTC de precipitação (mm), insolação total (horas) e temperaturas mínima (°C) e máxima (°C), umidade relativa (%) e intensidade do vento (m/s), e a partir deles, foi feita a média diária, mensal e anual para cada variável.

Da reanálise ERA5-Land para o mesmo período citado anteriormente, foram utilizados dados de temperaturas do ar (°C), temperatura do ponto de orvalho (°C), saldo de radiação solar na superfície (J/m<sup>2</sup>), saldo de radiação de ondas longas superfície (J/m<sup>2</sup>), intensidade do vento (m/s) e precipitação pluvial, com resolução espacial de 0,1 x 0,1 graus. Dados de precipitação pluvial do CPC/NOAA, com resolução de 0,5 x 0,5 graus (Chen *et al.*, 2008).

Para o cálculo do NDVI e EVI médio, foram utilizadas imagens orbitais do satélite TM - Landsat 7 e processadas através do *Google Earth Engine* – GEE, compreendendo o período de estudo 2000-2016.

Em uma primeira análise, observou-se que os dados da reanálise ERA5-Land não estavam conseguindo captar as precipitações do período mais chuvoso do semiárido do NEB. Portanto, foram obtidos dados de precipitação do projeto CPC/NOAA, e constatou-se que os dados deste projeto conseguiram captar as precipitações do período chuvoso do semiárido. Neste contexto, na Figura 5.2 é mostrada a climatologia da precipitação mensal para a estação de Cruzeta – RN (6,43°S, 36,58°W), no período de 2000-2016, para as três fontes de dados: estação, ERA5-Land, CPC/NOAA; observa-se que no período mais chuvoso, a climatologia mensal com dados CPC/NOAA acompanha à da estação, enquanto a do ERA5-Land apresenta valores inferiores à da estação. Ressalta-se que Lavers *et al.*, (2022) analisaram o desempenho do ERA5-Land em captura a precipitação observada em todo o globo. Observam que o ERA5-Land é relativamente eficiente na estimativa da precipitação no extratropical, porém, é ineficiente em captura a precipitação nos trópicos.



**Figura 5.2.** Normal Climatológica da precipitação mensal (mm) (2000-2016), do ERA5-Land, CPC/NOAA e Estação Cruzeta/RN (INMET).

**Fonte:** do próprio autor.

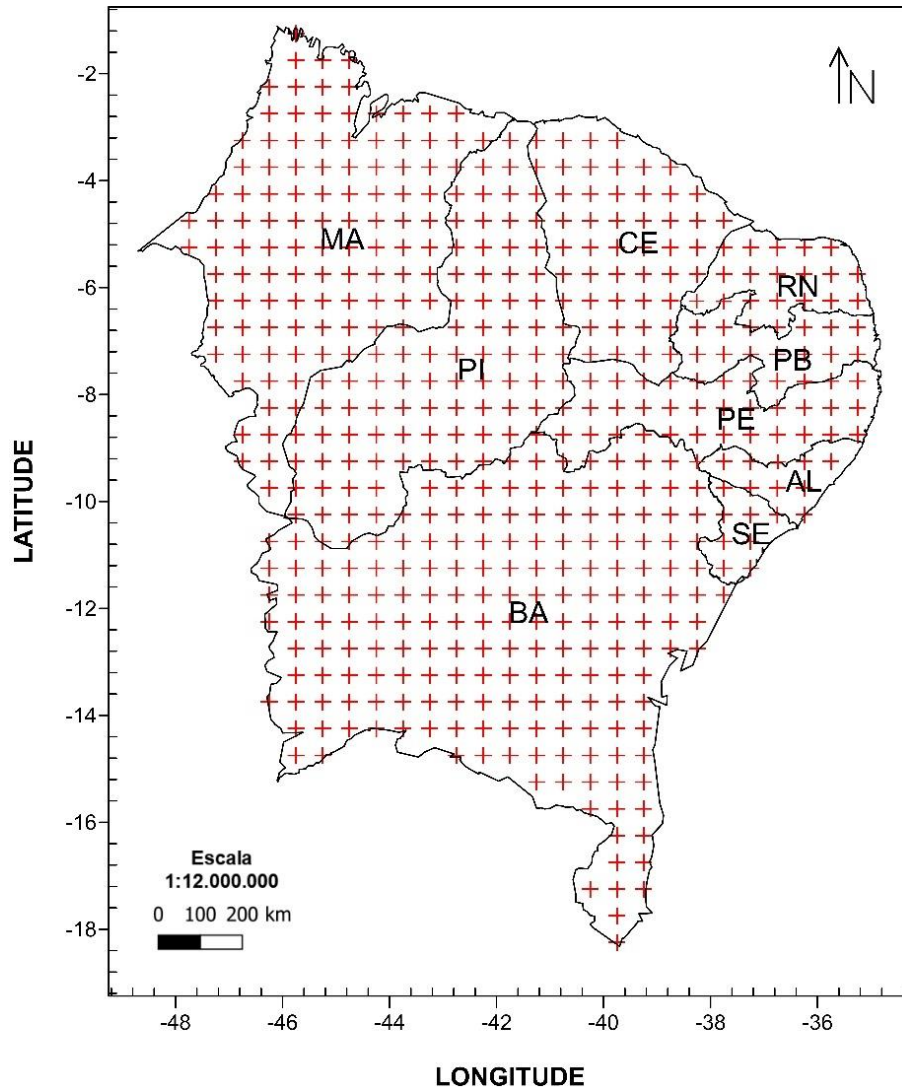
Na Figura 1A do apêndice, é possível visualizar o comportamento da precipitação quando comparada as três diferentes fontes de dados, ERA5-Land, CPC/NOAA e Estação Meteorológica (INMET) para as cinco localidades citadas na área de estudo.

Para os dados do ERA5-Land, foi necessário o cálculo da velocidade do vento ( $w_s$ , em m/s) a partir das componentes zonal  $u$  (componente paralelo ao eixo-x - longitudinal) e meridional  $v$  (componente paralelo ao eixo-y - latitudinal), utilizado a equação  $w_s = \sqrt{u^2 + v^2}$ . Os dados de velocidade de vento dos produtos de reanálises a 10m foram convertidos para 2m conforme equação proposta em Allen *et al.* (1998), para que pudessemos utilizar no cálculo da  $ET_0$ .

Foram calculadas médias climatológicas para todas as variáveis das três distintas fontes para o período 2000-2016. Para os cálculos, foi utilizado o Microsoft Excel 2019 e a linguagem de programação Python. Como os dados do ERA5-Land possuem uma resolução em pontos de grades de  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ , e os do CPC/NOAA,  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ , através da linguagem de programação Python 3.8, na manipulação dos dados de reanálises, foram obtidos valores médios, variando a latitude e longitude em  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ , compreendendo todo o território da área de estudo. Com isso, foi gerado um total de 505 pontos de grades, como pode ser observado na Figura 5.3, representando 5,74 vezes o número de estações do INMET distribuídas na área geográfica de estudo. Para cada ponto, foram obtidos os



dados necessários e, realizada a climatologia no período de estudo citado (2000-2016) e, posteriormente, o cálculo da classificação climática. Para a confecção das Figuras, foi realizada a interpolação dos dados por meio do Software Surfer 8.1.



**Figura 5.3.** Mapa dos 505 pontos de dados com base nas reanálises ERA5-Land e CPC/NOAA utilizados para a classificação climática.

**Fonte:** do próprio autor.

## 5.3 Metodologia

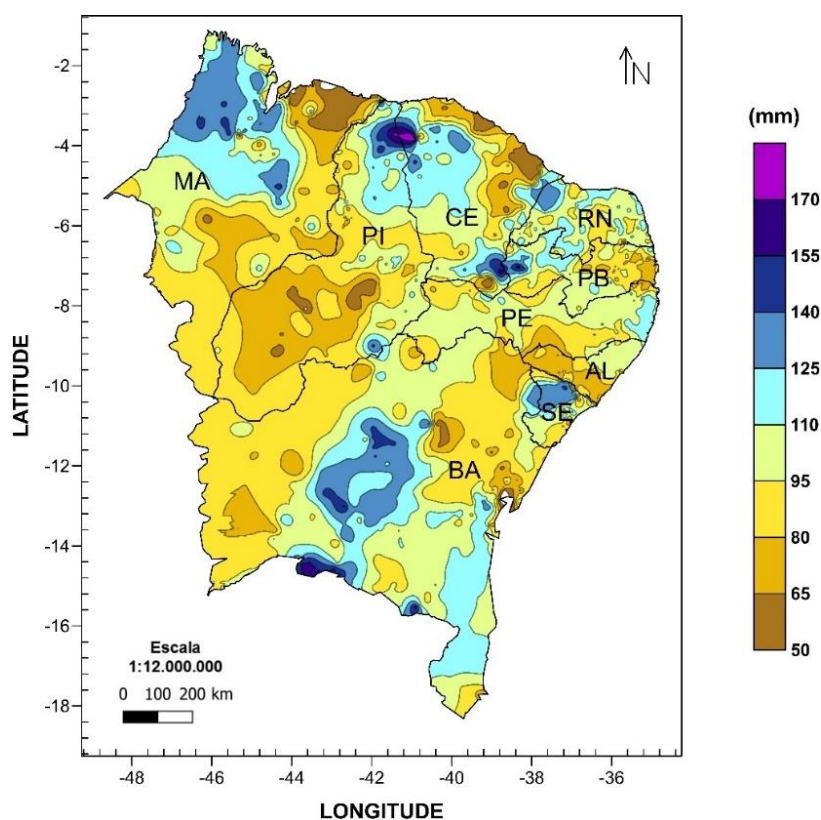
### 5.3.1 Cálculo da Evapotranspiração de Referência - $ET_0$

Após a manipulação dos dados para a climatologia, foi realizada a estimativa da evapotranspiração de referência –  $ET_0$ , utilizando o modelo matemático completo de Penman-Monteith-FAO encontrado por Allen *et al.* (1998) e recomendado pela FAO.

### 5.3.2 Classificação Climática

Após as estimativas de  $ET_0$ , foram calculados os índices climáticos: Índice de Umidade ( $I_u$ ), Índice de Aridez ( $I_a$ ) e o Índice Efetivo de Umidade ( $I_m$ ), proposto por Thornthwaite (1948) e  $I_{aUNEP}$  (Middleton e Thomas, 1992; Middleton e Thomas, 1997) e por último, propor a classificação, usando um novo índice, denominado de índice de aridez absoluto ( $I_{ab}$ ). Estes índices foram calculados por meio do Balanço Hídrico seriado segundo o modelo proposto por Thornthwaite e Mather (1955) e desenvolvido em planilha Microsoft Excel por Rolim *et al.*, (1998).

O valor da CAD usado foi referente a cada tipo de solo dos municípios do Nordeste, disponibilizados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA (ANA, 2021), cuja configuração espacial é apresentada na Figura. 5.4



**Figura 5.4.** Capacidade de Água Disponível do Solo (mm) no Nordeste Brasileiro.

**Fonte:** do próprio autor.

### 5.3.3 Cálculo do Índice de aridez do UNEP

Para realizar o cálculo do índice de aridez do UNEP para o período de 2000 a 2016, foi utilizada a forma recomendada pelo UNEP (1992):

$$I_{aUNEP} = \frac{P_{total}}{ET_0} \quad (5.1)$$

onde:

$I_{aUNEP}$  – Índice de aridez do UNEP

$P_{total}$  → Precipitação total anual;

$ET_0$  → Evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) total anual.

A Tabela 5.1 mostra a classificação climática de acordo com o  $I_{aUNEP}$ . Esse índice tem sido utilizado com medidor das áreas sujeitas aos processos de desertificação, segundo a definição das Nações Unidas.

**Tabela 5.1** - Classificação Climática de acordo com o  $I_{aUNEP}$ .

Índice de Aridez	Classes Climáticas
$I_a \geq 1,00$	Úmido
$0,65 < I_a < 1,00$	Subúmido Úmido
$0,50 < I_a \leq 0,65$	Subúmido Seco
$0,20 < I_a \leq 0,50$	Semiárido
$0,05 < I_a \leq 0,20$	Árido
$I_a \leq 0,05$	Hiperárido

**Fonte:** Adaptado de UNEP (1992).

### 5.3.4 Cálculo do Índice de Aridez de Thornthwaite

Para calcular o Índice de Aridez no período de 2000 a 2016, foi utilizada a fórmula preparada por Thornthwaite (1948):

$$I_a = \left( \frac{DEF_{anual}}{ET_0} \right) \times 100 \quad (5.2)$$

onde:

$I_a$  – Índice de aridez de Thornthwaite

$DEF_{anual}$  → Déficit de água na atmosfera total anual;

$ET_0$  → Evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) total anual.

### 5.3.5 Cálculo do Índice de umidade

Para definir o índice de umidade, é realizada a relação em porcentagem entre o excesso de água anual e a evapotranspiração potencial, fórmula organizada por Thornthwaite (1948):

$$I_u = \left( \frac{EXC_{anual}}{ET_0} \right) \times 100 \quad (5.3)$$

onde:

$I_u$  – Índice de umidade de Thornthwaite

$EXC_{anual}$  → Excedente de água;

$ET_0$  → Evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) total anual.

### 5.3.6 Cálculo do Índice efetivo de umidade

Para o cálculo do Índice efetivo de umidade, relacionam-se os dois índices acima, a expressão que fornece este índice é:

$$I_m = (I_u - (0,6 \times I_a)) \times 100 \quad (5.4)$$

onde:

$I_m$  – Índice efetivo de umidade de Thornthwaite

A Tabela 5.2 mostra a classificação do tipo de clima de uma região, de acordo com o  $I_m$ .

**Tabela 5.2** - Classificação do tipo de Clima de acordo com o  $I_m$ .

<b><math>I_m</math></b>	<b>Tipo de Clima</b>
$I_m \leq -60$	Hiper-árido
$-60 < I_m \leq -40$	Árido
$-40 < I_m \leq -20$	Semiárido
$-20 < I_m \leq 0$	Subúmido Seco
$0 < I_m \leq 20$	Subúmido Úmido
$20 < I_m \leq 40$	Úmido 1
$40 < I_m \leq 60$	Úmido 2
$60 < I_m \leq 80$	Úmido 3
$80 < I_m \leq 100$	Úmido 4
$I_m \geq 100$	Super Úmido

**Fonte:** Adaptado de Brito (2000).

### 5.3.7 Cálculo do Índice de Aridez Absoluto

Além das classificações climáticas realizadas com os índices  $I_{aUNEP}$  e  $I_m$ , foi feita uma classificação, usando um novo índice proposto, denominado de índice de aridez absoluto ( $I_{ab}$ ); que é a razão entre a evapotranspiração de referência e a precipitação totais anuais. Para este índice, é proposta a classificação climática apresentada na Tabela 5.3.

$$I_{ab} = \frac{ET_0}{P_{total\ anual}} \quad (5.5)$$

**Tabela 5.3** - Classificação Climática proposta usando o  $I_{ab}$ .

$I_{ab}$	Tipo de Clima
$I_{ab} > 12,00$	Hiperárido
$3,50 < I_{ab} \leq 12,00$	Árido
$1,80 < I_{ab} \leq 3,50$	Semiárido
$1,35 < I_{ab} \leq 1,80$	Subúmido seco
$1,00 < I_{ab} \leq 1,35$	Subúmido úmido
$0,40 < I_{ab} \leq 1,00$	Úmido
$I_{ab} \leq 0,40$	Superúmido

Os limiares da classificação climática usando o  $I_{ab}$  foram elaborados buscando uma justificativa para cada limite:

- Valores de  $I_{ab}$  igual a 1,00, significa que a precipitação é igual a evapotranspiração de referência, portanto, para localidades com  $I_{ab}$  igual ou superior a 1,00, o clima é classificado como úmido, uma vez que a precipitação é superior a demanda evaporativa da atmosfera.
- Para  $I_{ab}$  inferior ou igual a 0,40, o clima é classificado como superúmido. Quando a precipitação é igual ou superior a 2,5 vezes a evapotranspiração de referência, tem-se um excedente de umidade no mínimo de 1,5 vezes a demanda evaporativa da atmosfera ao longo de um ano, por este motivo.
- O  $I_{ab}$  superior a 1,00 denota uma precipitação anual inferior a evapotranspiração de referência, ou seja, clima não úmido.
- Quando a evapotranspiração de referência é superior à precipitação, mas o  $I_{ab}$  não excede 1,35, o clima é classificado como subúmido úmido, pois a precipitação anual é no mínimo 74% da evapotranspiração de referência e ao longo do ano têm-se as estações chuvosa e seca. Assim sendo, é provável que se tenha excedente hídrico durante a estação chuvosa, que produz uma estação seca sem grande deficiência hídrica, fazendo com que o clima não seja seco, mas subúmido úmido.
- $I_{ab}$  superior a 1,35 é classificado como climas secos. Contudo, é conveniente, como recomendado pelo UNEP (Middleton e Thomas, 1992; Middleton e Thomas, 1997), apresentar quatro tipos de climas secos: subúmido seco, semiárido, árido e hiperárido.

- Nos casos em que o total anual de precipitação é inferior a 55% da evapotranspiração de referência  $I_{ab}$  superior a 1,80, o clima apresenta um elevado grau de aridez, como pequeno ou nenhum excedente hídrico ao longo do ano, o que não representa um clima subúmido, nem mesmo os subúmidos secos.
- O clima subúmido seco é aquele em que os valores de  $I_{ab}$  estão entre 1,35 e 1,80.
- O clima semiárido é aquele em que o  $I_{ab}$  é superior a 1,80, porém inferior ou igual a 3,5, pois quando a evapotranspiração de referência é superior a 3,5 vezes a precipitação, o grau de aridez é bastante elevado e provavelmente ocorra déficit hídrico ao longo dos doze meses do ano, o que leva a classificação climática de árido.
- Nas localidades em que  $I_{ab}$  é superior a 12, apresentam um grau de aridez extremamente elevado, o que produz um clima hiperárido (Tabela 5.3).

### 5.3.8 O cálculo da Evapotranspiração (FAO-Penmam-Monteith)

A evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) foi estimada para as localidades que dispõem de dados de estações meteorológicas do INMET, de acordo com a equação da FPM, conforme mostra a seguir:

$$\lambda ET_0 = \frac{\Delta(R_n - G) + \frac{86,4 \rho c_p (e_s(z) - e_d(z))}{r_a}}{\left[ \Delta + \gamma \left( 1 + \frac{r_c}{r_a} \right) \right]} \quad (5.6)$$

donde  $\lambda$  [ $\text{MJkg}^{-1}$ ] é o calor latente de evaporação da água,  $\Delta$  [ $\text{kPa}^0\text{C}^{-1}$ ] é a derivada da pressão de saturação do vapor d'água com em função da temperatura do ar ( $d(e_s(T))/dT$ ),  $R_n$  [ $\text{MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ] é o saldo de radiação,  $G$  [ $\text{MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ] é o fluxo vertical de calor do solo,  $\rho$  [ $\text{kgm}^{-3}$ ] é a densidade do ar,  $c_p$  [ $\text{kJkg}^{-1}\text{C}^{-1}$ ] é o calor específico do ar a pressão constante,  $e_s(z)$  [ $\text{kPa}$ ] é a pressão de saturação de vapor do ar medido na altura  $z$ ,  $e_d(z)$  [ $\text{kPa}$ ] é a pressão de real vapor do ar medido na altura  $z$ ,  $r_a$  [ $\text{sm}^{-1}$ ] é a resistência aerodinâmica para a difusão do vapor d'água na camada limite superficial,  $r_c$  [ $\text{sm}^{-1}$ ] é a resistência do dossel da vegetação à transferência do vapor d'água,  $\gamma$  é o parâmetro psicrométrico ( $\gamma=10^{-3}Pc_p/(0,622\lambda)$ ),  $\lambda = 2,501 - 2,361 \times 10^{-3}T$ ,  $\lambda$  calor latente de

vaporização[MJkg<sup>-1</sup>], T temperatura do ar [°C], P pressão atmosférica na superfície [kPa]) e 86,4 é o fator de conversão de [kJ s<sup>-1</sup>] para [MJ d<sup>-1</sup>].

Para estimar a ET<sub>0</sub>, usando a Equação (5.6) Allen *et al.*, (1994) introduziram as seguintes parametrizações:

- Densidade do ar (ρ):

$$\rho = \frac{3,486P}{1,01(\underline{T} + 273)} \quad (5.7)$$

- Calor específico do ar a pressão constante (c<sub>p</sub>):

$$c_p = \frac{622\lambda\gamma}{P} \quad (5.8)$$

- Resistência aerodinâmica (r<sub>a</sub>):

$$r_a = \frac{\ln\left(\frac{z_w - d_0}{z_{om}}\right)\ln\left(\frac{z_p - d_0}{z_{ov}}\right)}{k^2 U(z_w)} \quad (5.9)$$

em que P é a pressão atmosférica medida ou estimada na estação,  $\underline{T}$  é a temperatura média do ar medida na estação, z<sub>w</sub> e z<sub>p</sub> são as alturas do anemômetro (velocidade do vento) e do psicrômetro (umidade), respectivamente, d<sub>0</sub> é a altura de deslocamento do plano de velocidade do vento zero, z<sub>om</sub> é o comprimento de rugosidade para transferência de momentum, z<sub>ov</sub> é o comprimento de rugosidade para transferência de vapor, k é a constante de von Kármán e U(z<sub>w</sub>) é a velocidade do vento medida na altura z<sub>w</sub>. A equação (5.6) é válida para atmosfera neutra (sem convecção) na escala de tempo de um dia ou maior, que é uma condição típica do semiárido do Nordeste em quase todos os meses do ano. A vegetação de referência será tomada como sendo grama de altura h<sub>c</sub> = 12 cm e resistência do dossel r<sub>c</sub> de 70 s/m. Jensen *et al.*, (1990) sugeriram d<sub>0</sub> = 0,67h<sub>c</sub>, z<sub>om</sub> = 0,123 h<sub>c</sub>, z<sub>ov</sub> = z<sub>om</sub> e k = 0,41. Substituindo esses valores na equação (5.6) e usando a velocidade do vento a 2m da superfície e introduzindo as equações (5.7), (5.8) e (5.9) na equação (5.6), obtém-se:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (5.10)$$

Sendo que  $ET_0$  é obtida em mm/dia,  $U_2$  [m/s] é a velocidade do vento em 2 m de altura da superfície. As pressões de vapor a saturação ( $e_s$  [kPa]) e real ( $e_d$  [kPa]) são estimadas para as medidas no abrigo meteorológico.

O balanço de radiação na superfície no caso das estações meteorológicas, que não dispõem de dados de radiação solar e terrestre, é parametrizado usando-se a insolação, a temperatura do ar e a pressão de vapor, de acordo com a equação sugerida por Allen *et al.* (1994):

$$R_n = Q_0(0,25 + 0,50n/N)(1 - \alpha) - \varepsilon 2,45 \times 10^{-9} (0,34 - 0,14e_d^{1/2})(0,1 + 0,9n/N)(T_x^4 + T_m^4) \quad (5.11)$$

onde  $\alpha$  é o albedo da superfície, com valor de 0,23, para a grama de referência, no cálculo da  $ET_0$  (ALLEN, *et al.*, 1994),  $\varepsilon$  é a emissividade do ar tomada igual à unidade (um),  $Q_0$  é a radiação solar no topo da atmosfera para o dia 15 de cada mês, para os valores mensais, e para os dias 5, 15 e 25 (24 para fevereiro), para os valores decendiais,  $n$  é a insolação diária, valor médio mensal, medida na estação meteorológica,  $T_x$  e  $T_m$  são as médias mensais das temperaturas máxima e mínima do ar, respectivamente, dadas em graus Kelvin,  $N$  é o número máximo teórico de brilho solar em horas para o dia 15 de cada mês, para condições mensais, e para os dias 5, 15 e 25 (fevereiro 24), para os valores decendiais,  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann ( $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ ). A pressão de vapor à saturação na superfície e real em kPa é dada pela relação de Clausius-Clapeyron (HARTMANN, 1994):

$$e_s = 0,611 \exp((\lambda/R_v) * (1/273 - 1/T)) \quad (5.12)$$

em que  $\lambda$  é o calor latente de vaporização ( $\lambda = 2,501 \text{ MJkg}^{-1}$ ),  $R_v$  constante dos gases para o vapor d'água ( $R_v = 461 \times 10^{-6} \text{ MJK}^{-1}\text{kg}^{-1}$ ) e  $T$  é a temperatura do ar média mensal ou decendial, em K, enquanto,  $e_d$ [kPa] é dada por:

$$e_d = 0,611 \exp((\lambda/R_v) * (1/273 - 1/T_d)) \quad (5.13)$$

a  $e_d$  também pode ser obtida multiplicando  $e_s$  pela umidade relativa e dividindo por 100.



Para os cálculos da  $ET_0$  como os dados da reanálise ERA5-Land os saldos de radiação solar e terrestre estão disponíveis, portanto, não se faz necessário estimar usando a equação 5.11.

Para período de tempo superior a 10 dias, a magnitude do fluxo de calor no solo ( $G$ ) é muito pequena e, portanto, deve ser negligenciada (ALLEN *et al.*, 1994) ou seja tomada igual a zero.

### 5.3.9 Cálculos de NDVI e EVI

Foram utilizadas imagens orbitais do satélite Landsat 7, gerenciado e operado em conjunto pela Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA) e pelo US Geological Survey (USGS), que fornece o registro mais longo e contínuo de observações da superfície terrestre da Terra gratuitamente em resolução média desde 1972. O Landsat 7 possui sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) lançado em 15 de abril de 1999 e está em operação há mais de 20 anos com o desenvolvimento recente da análise de séries temporais com base em todas as observações claras disponíveis de valor similar de outros Landsats (Wulder *et al.*, 2019; Zhu *et al.*, 2019).

Para os cálculos dos índices de vegetação NDVI e EVI, foram necessárias baixar imagens de reflectância na banda próxima ao infravermelho (NIR), na banda vermelha (RED) e a reflectância na banda azul (BLUE). Para a obtenção das configurações espaciais do NDVI e EVI médios do período 01 de janeiro 2000 a 31 de dezembro de 2016, foram utilizadas 4989 e 7003 imagens, respectivamente, ambas com resolução de 30m e em seguida realizada a média para análise da variação espacial e temporal.

As imagens foram processadas por meio do *Google Earth Engine* - GEE, que incluiu correções atmosféricas com cobertura de nuvens de até 20% e recorte da área de estudo. Os valores de NDVI e EVI foram armazenados em arquivos raster GeoTIFF e processados os mapas no Software gratuito e de código aberto QGIS 3.16.9.

Para os cálculos de NDVI e EVI, foram utilizadas as equações conforme descritas por QIU *et al.*, (2021).

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad 5.13$$

$$EVI = 2,5 * \left( \frac{NIR-RED}{NIR+6*RED-7,5*BLUE+1} \right) \quad 5.14$$

onde NIR é a reflectância na banda próxima ao infravermelho, RED é a reflectância na banda vermelha e BLUE é a reflectância na banda azul.

### 5.3.10 Validação do Dados

Para a validação dos dados e análise dos resultados, utilizou-se o Erro Percentual Absoluto Médio - MAPE, o Erro Absoluto Médio – MAE, Raiz do Erro Quadrático Médio – REQM, o Erro Padrão de Estimativa – SES e o Coeficiente de Correlação de Pearson – R, conforme descrita em (SANTOS, 2015). Foram validados dados de temperatura, precipitação e velocidade do vento, cujas equações são apresentadas a seguir.

$$MAPE = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{X_{pi} - X_{oi}}{X_o} \right| \quad 5.19$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [X_{pi} - X_{oi}] \quad 5.20$$

$$REQM = \left( \frac{\sum_{i=1}^N (X_{pi} - X_{oi})^2}{N} \right)^{1/2} \quad 5.21$$

$$SES = \sqrt{\frac{(X_{pi} - X_{oi})^2}{n - 1}} \quad 5.22$$

$$R = \frac{cov(X_{pi}, X_{oi})}{\sqrt{var(X_{pi}) \cdot var(X_{oi})}} \quad 5.23$$

onde  $X_{pi}$  corresponde ao valor estimado (CPC/NOAA para variável precipitação e da reanálises ERA5 para as demais variáveis),  $X_{oi}$  ao valor observado (estação) de um dia ao longo da série de dados para precipitação e temperatura e das observações para o vento,  $N$  a quantidade de dias da série ou o número de observações conforme a variável,  $cov(X_{pi}, X_{oi})$  covariância das variáveis  $X_{pi}$  e  $X_{oi}$ ,  $var(X_{pi})$  e  $var(X_{oi})$  são as variâncias das variáveis  $X_{pi}$  e  $X_{oi}$ . Ressalta-se que, para a estimativa do coeficiente de correlação, foi removido o ciclo anual da série de dados.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Validação dos Dados das Reanálises

As validações dos dados de precipitação do projeto CPC/NOAA e dos dados de Temperatura e velocidade do vento da reanálise ERA5-Land foram concretizadas por meio dos parâmetros estatísticos (MAE, MAPE, REQM, SES e R), em que as anomalias decendiais de cada ano (36 decêndios ano) no período de 2000 a 2016 destas variáveis foram comparadas com as anomalias obtidas para as cinco estações meteorológicas do INMET que apresentaram o menor número de dias com dados ausentes. Os valores obtidos para cada parâmetro estatístico de cada variável e de cada estação meteorológica são apresentados na Tabela 6.1.

**Tabela 6.1** - Parâmetros estatísticos para comparação dos dados de reanálise e de estações, para as variáveis: precipitação, temperatura e velocidade do vento, para o período 2000-2016.

Precipitação					
Localidade	MAE (mm/mês)	MAPE (%)	REQM (mm/mês)	SES (mm/mês)	R
Piripiri - PI	11,55	-	18,26	18,82	0,99
Cruzeta - RN	9,33	-	15,60	16,08	0,97
Recife - PE	26,70	-	37,18	38,32	0,97
Palmeira dos Índios - AL	10,83	-	16,77	17,28	0,94
Morro do Chapéu - BA	8,32	-	12,98	13,38	0,95
Temperatura					
Localidade	MAE (°C)	MAPE (%)	REQM (°C)	SES (°C)	R
Piripiri - PI	1,11	3,97	1,25	1,28	0,9
Cruzeta - RN	0,55	2,02	0,65	0,67	0,90
Recife - PE	0,72	2,76	0,78	0,81	0,93
Palmeira dos Índios - AL	1,07	4,31	1,13	1,16	0,97
Morro do Chapéu - BA	0,47	2,26	0,56	0,58	0,97
Vento					
Localidade	MAE (m/s)	MAPE (%)	REQM (m/s)	SES (m/s)	R
Piripiri - PI	0,48	34,61	0,55	0,56	0,72
Cruzeta - RN	0,36	13,08	0,43	0,44	0,89
Recife - PE	1,27	86,89	1,33	1,37	0,40
Palmeira dos Índios - AL	0,51	24,18	0,58	0,60	0,85
Morro do Chapéu - BA	0,26	11,03	0,33	0,34	0,94

**Fonte:** do próprio autor.

Da Tabela 6.1, observa-se que dentre as três variáveis analisadas estatisticamente, a que apresentou maiores valores MAE, REQM e SES foi a precipitação do CPC/NOAA, justamente porque entre as variáveis analisadas é a que apresenta as maiores variabilidade intersazonal e interanual, porém, pode-se observar que apresentou uma boa correlação para todos os municípios, com valores  $r \geq 0,95$ , podendo ser utilizada na ausência de dados. O MAPE não foi calculado para a precipitação, pois em alguns meses não houve registro de precipitação e não existe divisão por zero.

Ressalta-se que outros pesquisadores compararam os dados de precipitação do projeto CPC/NOAA com os de precipitação observados em estações ou postos pluviométricos, tanto para pequenas áreas, como por exemplo, Sena *et al.*, (2012) que realizaram um estudo para a região do Cariri Paraibano durante o período de 1979 a 2010, e obtiveram boa correlação entre as séries com coeficiente que variaram entre 0,58 a 0,89, todos significantes a 95% de confiança, bem como demonstraram que os dados do CPC/NOAA também conseguiram reproduzir bem o trimestre chuvoso, que ocorre entre os meses de fevereiro a abril, na área em estudo. Enquanto, Juárez *et al.*, (2009) realizaram estudos para uma área cobrindo a parte central do Nordeste confinada entre as latitudes de 10°S e 5°S e as longitudes de 45°W e 35°W, e também concluíram que os dados do CPC/NOAA captam com precisão o ciclo anual e os totais mensais da precipitação da área analisada. Matsunaga *et al.*, (2023) compararam os dados de precipitação do CPC/NOAA com os de estações meteorológicas do estado da Bahia, e também afirmaram que os dados do CPC/NOAA representam muito bem os dados observados em estações meteorológicas.

Observa-se na Tabela 6.1 que, com exceção da estação do Recife, a variável velocidade do vento apresenta valores de MAE, MAPE, REQM, SES relativamente baixos e coeficiente de correlação elevado indicam que a reanálise ERA5-Land pode ser utilizada para estimativa destas variáveis no NEB, pois até mesmo para a estação do Recife, as discrepâncias, com exceção do MAPE, não foram muito elevadas e o coeficiente de correlação foi de 0,40 (Tabela 6.1). Possivelmente, estes valores são decorrentes da posição geográfica da estação do Recife, que está em uma área com altitude inferior à sua vizinhança, além da influência da brisa do mar na região litoral que pode afetar a precisão da reanálise.

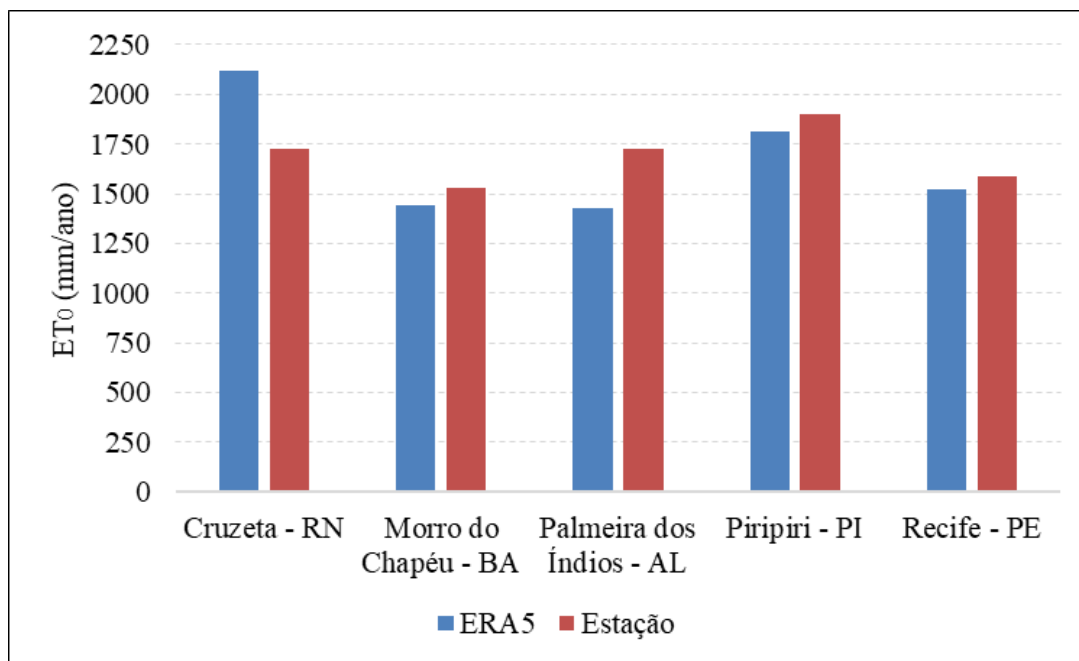
Para a mesma variável, Fernandes et al., (2021) realizou a comparação com observações de vento de três regiões costeiras do Brasil, Maranhão, Santa Catarina e Bacia do Santos com reanálise atmosférica ERA5-Land do ECMWF e os resultados demonstram que o ERA5-Land é adequado para análise de escala diária a mensal das velocidades do vento, pois apresentou  $r \geq 0,74$ , porém a resolução do modelo atual impede uma representação próxima da variabilidade diurna em locais onde a brisa do mar importante componente da circulação.

Além disso, Jiang et al., (2020) analisaram os desvios das medições *in situ* de 98 locais com dados de radiação horária do ERA5-Land para a China, e os resultados revelaram que as estimativas da reanálise se correlacionaram bem com as observações do solo e refletem completamente a características regionais e variações diárias em locais individuais. Trabalhos semelhantes realizados por Cardoso & Quadro (2017), Lompar et al., (2019), Siefert et al., (2021), Araújo et al., (2022) e Matsunaga et al., (2023) encontraram resultados semelhantes quanto à validação dos dados de reanálises do ERA5 e CPC/NOAA.

Assim, diante da estatística apresentada e dos trabalhos similares já realizados, conclui-se que os dados de reanálises podem ser utilizados para suprir a ausência de registro de dados das variáveis, temperatura, precipitação e vento de estações meteorológicas, surgindo como uma alternativa para realizar e aprimorar os estudos relacionados a mudanças e a dados climáticos que dependem de série de dados de longo prazo, como, por exemplo, no NEB.

## **6.2 Evapotranspiração e Precipitação**

Na Figura 6.1, é apresentada a Evapotranspiração de Referência média anual para o período de 2000 -2016, para a região em estudo, utilizando para tanto, o método de Penman-Monteith com o emprego dos dados de reanálise ERA5 e de estações meteorológicas.



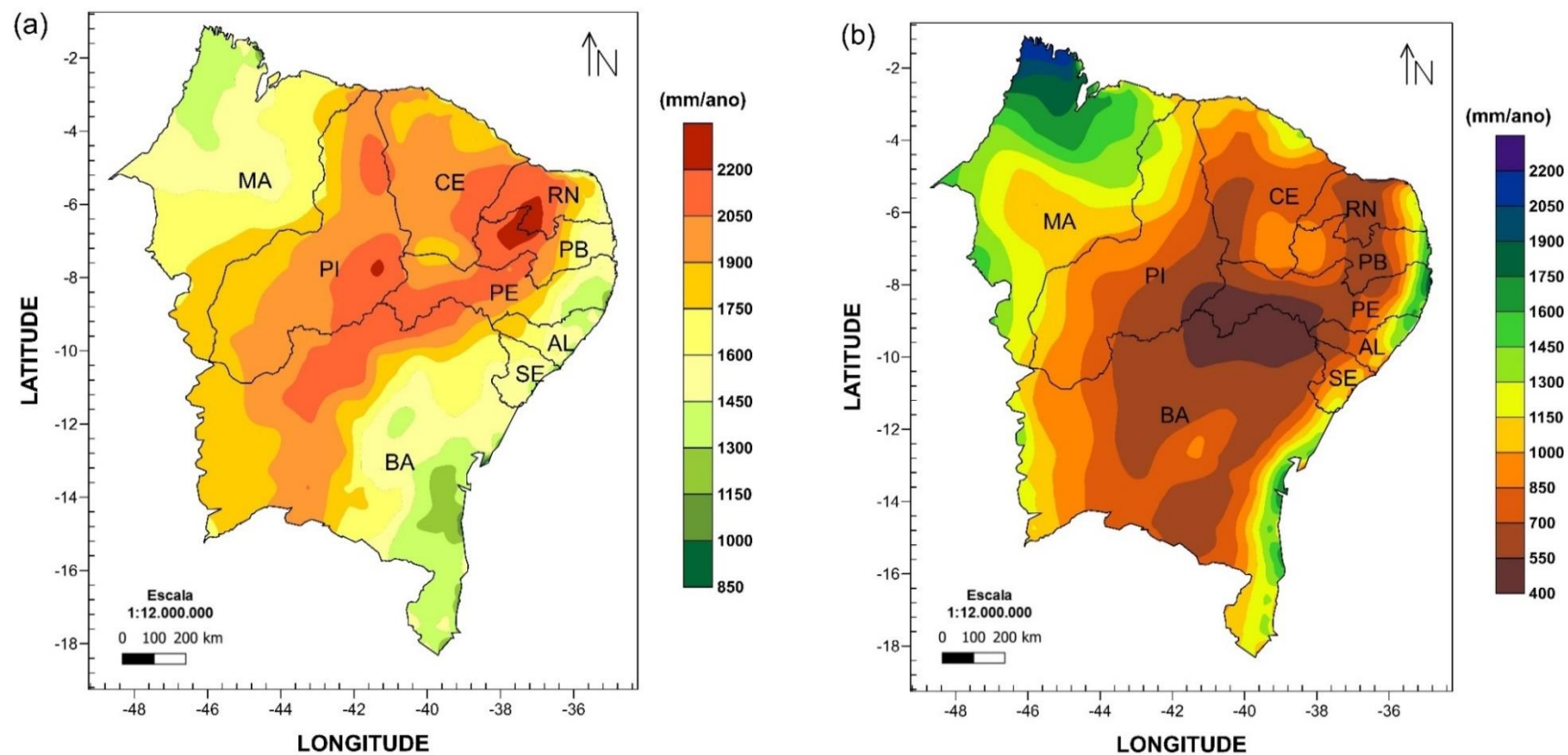
**Figura 6.1.**  $ET_0$  média anual de Penman-Monteith – FAO (mm/ano) calculada com base nos dados da reanálise ERA5-Land e estação meteorológica para o período de 2000-2016.

**Fonte:** do próprio autor.

Na Figura 6.1, observa-se que, em geral, os valores obtidos foram similares e bem próximos, apresentando o mesmo comportamento no decorrer dos meses do ano, sendo possível representar e identificar os maiores e menores valores nos diferentes meses do ano. Foi identificada uma forte correlação com valores de  $r \geq 0,95$  para as cinco localidades, comprovando a eficiência da utilização dos dados de reanálises ERA5 quando ausente os dados observados para o cálculo da  $ET_0$ .

Por um lado, Ismael Filho *et al.*, (2015) descreveram que a temperatura e o balanço de radiação são as duas variáveis de maior efeito direto sobre a estimativa da evapotranspiração. Enquanto isso, Lompar *et al.*, (2019) e Jiang *et al.*, (2019) demonstraram a confiabilidade no uso dos dados de temperatura e radiação do ERA5-Land. Pesquisa similar realizada por Paredes *et al.*, (2021) e Vanella *et al.*, (2022) reforça os resultados obtidos no presente trabalho, onde a  $ET_0$  obtida com dados do ERA5-Land apresenta valores semelhantes a  $ET_0$  calculada com dados de estações meteorológicas (Figura 6.1), então, é possível concluir que é seguro o uso dos dados do ERA5-Land na ausência de dados observados.

Nas Figuras 6.2a e 6.2b, são mostradas as configurações espaciais médias anuais da  $ET_0$  (mm/ano) e precipitação (mm/ano) no Nordeste do Brasil, respectivamente, utilizando dados do ERA5-Land ( $ET_0$ ) para estimativa da  $ET_0$  e do CPC/NOAA para a precipitação no período 2000-2016.



**Figura 6.2.** Configuração espacial no NEB: (a) de  $ET_0$ , (b) precipitação, ambas em (mm/ano).  
**Fonte:** do próprio autor.

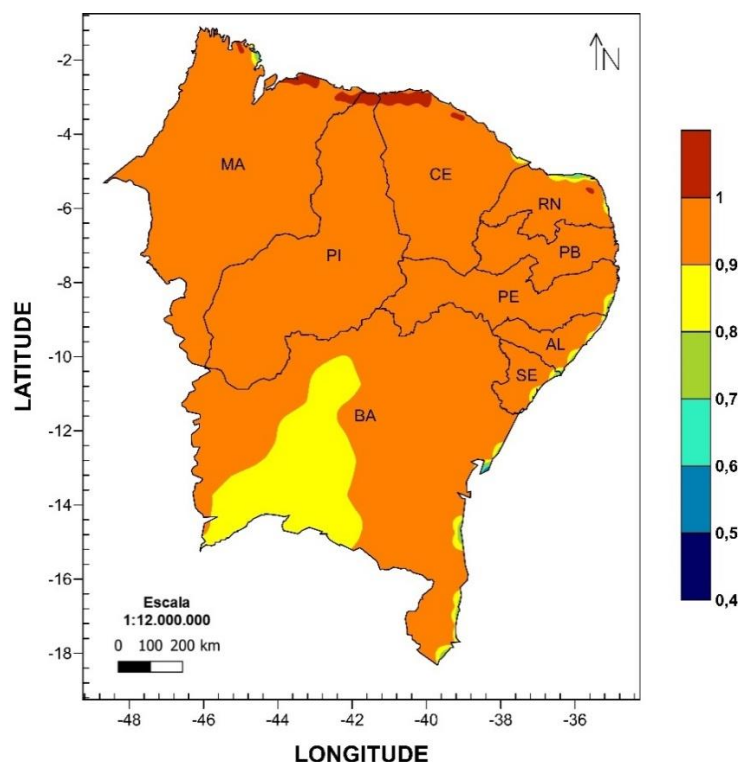


Como pode ser observado na Figura 6.2a, a configuração espacial da  $ET_0$  apresenta valores máximos em parte do interior dos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Ceará, Piauí e Bahia, conseqüentemente, associados aos altos níveis de radiação solar, baixa umidade relativa e ao baixo nível de precipitação Figura 6.2b, criando características específicas para climas semiáridos e até árido. Os valores de  $ET_0$  são similares aos encontrados em outros trabalhos, como em Júnior & Bezerra (2018), que encontrou valores de  $ET_0$  para a região Nordeste, com total médio anual de até 2098,0 mm/ano para região oeste do estado do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, sul do Ceará, Leste do Piauí e parte do norte da Bahia.

Quanto à Figura 6.2b, os dados do CPC/NOAA conseguiram representar a configuração espacial da precipitação média climatológica anual, seguindo padrões espaciais apresentados por pesquisadores, como, por exemplo, Marengo *et al.*, (2011), Moura (2021). Contudo, é salutar informar que os padrões espaciais são semelhantes, porém apresentam detalhes específicos diferentes, por exemplo, Marengo *et al.*, (2011) mostram precipitação inferior a 1000 mm/ano no litoral da divisa da Paraíba com o Rio Grande do Norte, bem como também, mostram uma área de precipitação superior a 1400 mm/ano no sertão da Paraíba. Moura (2021) mostrou um núcleo com precipitação superior a 1320 mm/ano no sertão da Paraíba. Ressalta-se que estes valores não são reais e não foram observados, utilizando os dados do projeto de precipitação global CPC/NOAA (Figura 6.2b). Provavelmente, estas características observadas por Marengo *et al.*, (2011) e Moura (2021) ocorreram devido ao processo de interpolação utilizado por estes autores e, de certa forma, isto pode ter sido corrigido pelo CPC/NOAA. Portanto, sempre é importante reforçar os cuidados que devem ser tomados nos processos de interpolação, pois mesmo utilizando uma boa densidade de pluviômetro, como observado no sertão da Paraíba, ainda é possível obter interpolações não reais. Também deve ser enfatizado que mesmo ainda necessitando de melhoramento no detalhamento espacial da precipitação, o projeto CPC/NOAA representa um bom avanço em relação aos anteriormente existentes.

Budyko (1974) introduziu um índice de seca que era a razão entre o total de água potencialmente evaporada pela energia do balanço de radiação em superfície e a precipitação em uma determinada localidade, ou seja, a energia do balanço de radiação seria suficiente para produzir a evapotranspiração potencial em uma determinada localidade. Verificando se esta teoria de Budyko poderia ser aplicada ao Nordeste do

Brasil, foi produzida uma Correlação de Pearson entre os dados de Saldo de Radiação – (Rn) (diferença entre os balanços de radiação solar na superfície e radiação de ondas longas) e a  $ET_0$  apresentada na Figura 6.3, os maiores valores de correlação concentram-se praticamente em todos os estados do Nordeste. De maneira geral, não havendo restrição hídrica, quanto maior a disponibilidade de energia solar, e conseqüentemente, do saldo de radiação, maior também será a evapotranspiração. Em exceção, algumas áreas litorâneas que se estendem desde o estado da Bahia até o Maranhão, a correlação é inferior às das demais áreas, como pode ser observado, este fato ocorre justamente devido à intensidade do vento ser maior na região litoral. A exemplo disso, Silva (2003) mostrou que a região litoral norte do Rio Grande do Norte apresenta velocidades médias anuais entre 7 e 9,5 m/s (50 m de altura), consideravelmente elevadas quando comparadas as do interior. Isso acontece devido à ação conjunta dos ventos alísios e às brisas marítimas. Na região do Médio São Francisco, também se observa correlação mais baixa que na sua vizinhança; esta região também tem ventos mais intensos (ROCHA et al., 2022). Por conseguinte, observa-se uma diminuição da ação direta do saldo de radiação na evapotranspiração, diminuindo um pouco a influência direta do Rn na  $ET_0$ .



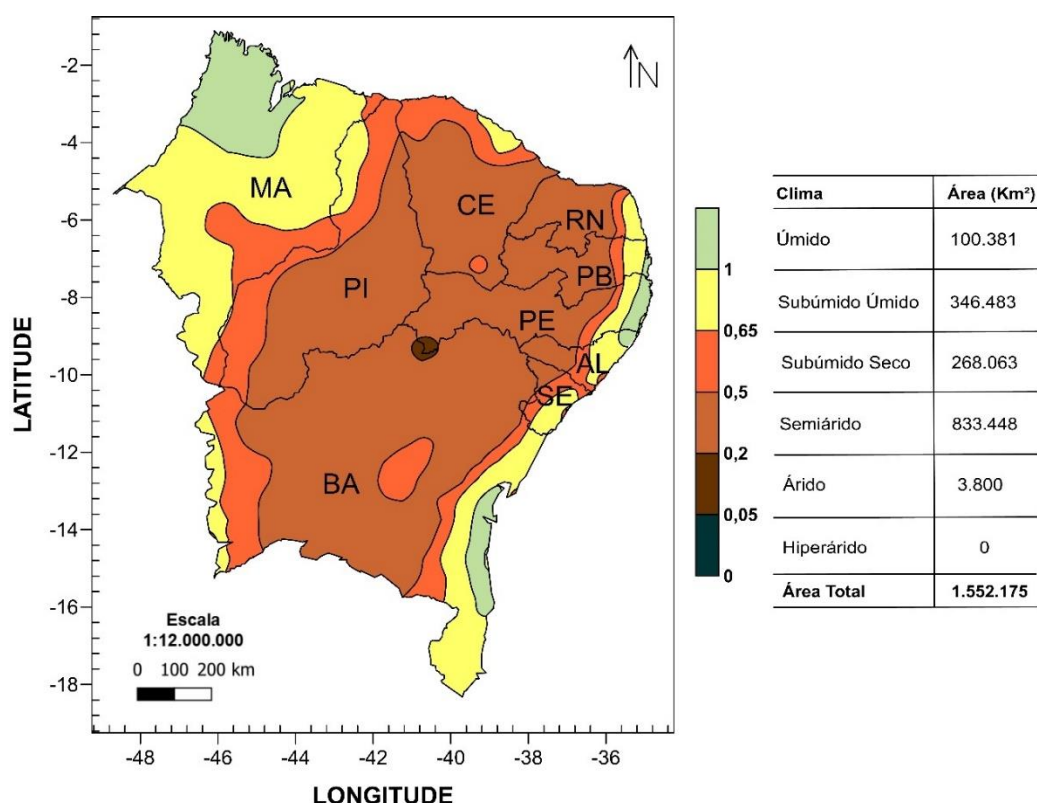
**Figura 6.3.** Correlação de Pearson entre o saldo de radiação – Rn e a Evapotranspiração de Referência -  $ET_0$  para o período 2000-2016.

**Fonte:** do próprio autor.

### 6.3 Delimitações de Terras Secas

Após a validação dos dados da reanálise, foram calculados os índices climáticos  $I_{aUNEP}$ ,  $I_m$ ,  $I_{ab}$ ,  $I_a$  e por último, o déficit hídrico para a área de estudo; sendo este primeiro utilizado atualmente para realizar a classificação climática de Semiárido Brasileiro.

Na Figura 6.4, é mostrada a classificação climática, utilizando o  $I_{aUNEP}$ . Verifica-se que o  $I_{aUNEP}$  conseguiu representar bem a transição dos tipos climáticos da região litoral ao interior, de úmido a semiárido. A maior área em destaque é a região semiárida com 834.448 km<sup>2</sup>, representando 53,8% de 1.552.175 km<sup>2</sup>, área total do NEB.



**Figura 6.4.** Classificação climática para o Nordeste Brasileiro de acordo com o  $I_{aUNEP}$ .

**Fonte:** do próprio autor.

Comparando estes resultados com os de Sales *et al.*, (2021), que realizaram uma classificação climática para a região do Nordeste Brasileiro, utilizando dados climatológicos do INMET 1981-2010, obtiveram uma área total de 812.026,9 km<sup>2</sup> de clima semiárido, valor próximo ao obtido no presente estudo. Sales *et al.*, (2021) utilizaram apenas informações de estações meteorológicas e no presente estudo usaram-se dados de reanálise, que de certa forma, apresentam detalhamento espacial mais refinado do que o uso de apenas estações. Isso tende a produzir resultados mais precisos.

Evidentemente, que o uso de estações é primordial até mesmo para o melhoramento das reanálises.

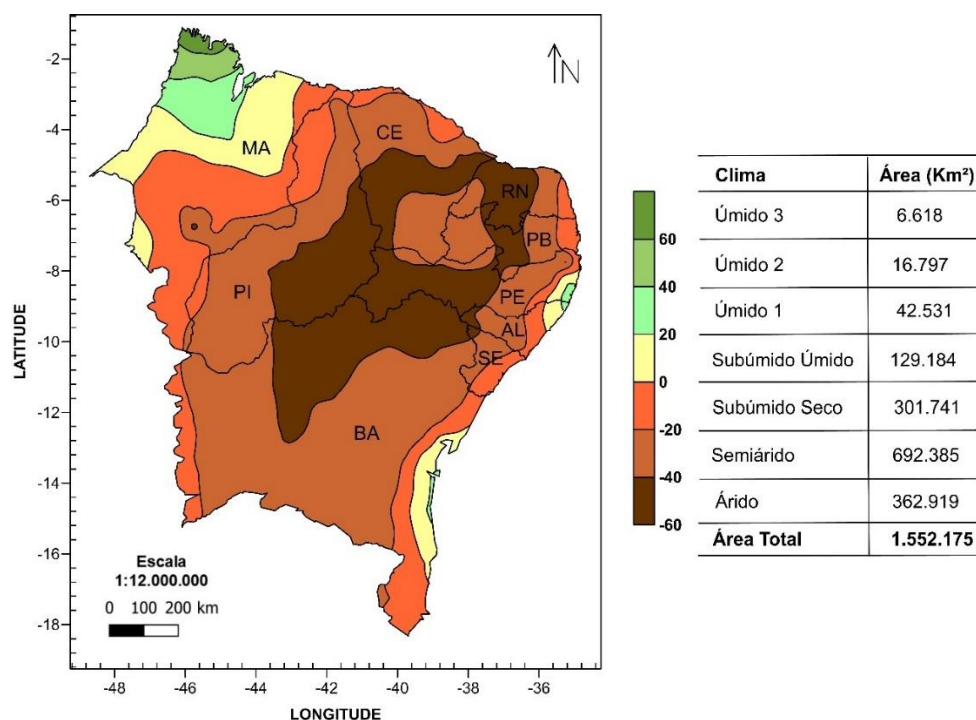
Pode-se observar uma pequena área árida de 3.800 km<sup>2</sup> que está inserida na mesorregião do Submédio São Francisco (Figura 6.4). Esta região apresenta características específicas de temperatura e evapotranspiração elevadas e precipitação irregular com média anual inferior a 500 mm (Figura 6.2b). Comparando as Figuras 6.2a e b com a Figura 6.4, verifica-se que a área classificada com clima árido é muito pequena e possivelmente não represente a realidade regional, pois na Figura 6.2b é observada uma grande área na divisa de Pernambuco com a Bahia, que se estende desde o Piauí até a divisa da Bahia com Alagoas e Sergipe. Nesta mesma área, é observada a evapotranspiração potencial de referência elevada (Figura 6.2a). Portanto, a área árida, ao longo da fronteira de Pernambuco com a Bahia deve se estender do Piauí até a fronteira Bahia Sergipe, e não em um núcleo isolado como mostrado na Figura 6.4.

Deste modo, a área árida no NEB é superior à mostrada na Figura 6.4, ou seja, a classificação climática usando  $I_{aUNEP}$  para a área central do NEB mostrou um clima mais úmido que realidade. Entretanto, nas proximidades de Salvador, na parte central do litoral da Bahia, observa-se clima subúmido úmido (Figura 6.4), porém a precipitação média anual nesta área é superior a 2000 mm/ano (Simões, 2017); ou seja, é um clima úmido. Por outro lado, ainda é possível observar que com o uso dos dados do ERA5 e CPC/NOAA no cálculo do  $I_{aUNEP}$ , é plausível identificar na região central da Bahia-BA e sul do estado do Ceará-CE, áreas de clima subúmido seco, justamente onde fica localizada a chapada diamantina na BA e a Chapada do Araripe no CE, região serrana com altitudes elevadas e precipitação média anual superior às áreas circunvizinhas.

Lopes *et al.*, (2017) encontraram resultados semelhantes aos apresentados na Figura 6.4. Eles realizaram o cálculo do índice de aridez e tendência climática à desertificação para a região semiárida do nordeste brasileiro no período de 1961 a 2015 e concluíram que a região Semiárida do Nordeste do Brasil apresenta tendências estatisticamente significativas de aumento nas condições de aridez e que a região pode se tornar área de grande processo de desertificação.

Na Figura 6.5, é apresentada a classificação climática realizada, utilizando o índice  $I_m$ . Verifica-se que a classificação climática quando realizada utilizando o  $I_m$  apresenta uma área de clima árido 95,8 vezes maior do que quando comparada com o

$I_{aUNEP}$ , passando de uma área de 3.800 km<sup>2</sup> para 363.919 km<sup>2</sup>. A maior área em destaque ainda continua sendo a região semiárida, representando apenas 44,6% da área total do NEB, porém, observa-se uma diminuição de 17%, passando de uma área de 834.448 km<sup>2</sup> para 692.385 km<sup>2</sup>, quando comparado o  $I_{aUNEP}$  e  $I_m$ , respectivamente. Entretanto, observa-se um aumento da região semiárida no estado do Maranhão e litoral do estado do Ceará, seguida da diminuição do clima subúmido seco (Figuras 6.4 e 6.5). Resultados semelhantes, ao apresentado na Figura 6.5, foram obtidos por outros pesquisadores, Marcos Junior (2018); Jesus *et al.*, (2019), Sales *et al.*, (2021), Oliveira *et al.*, (2021).



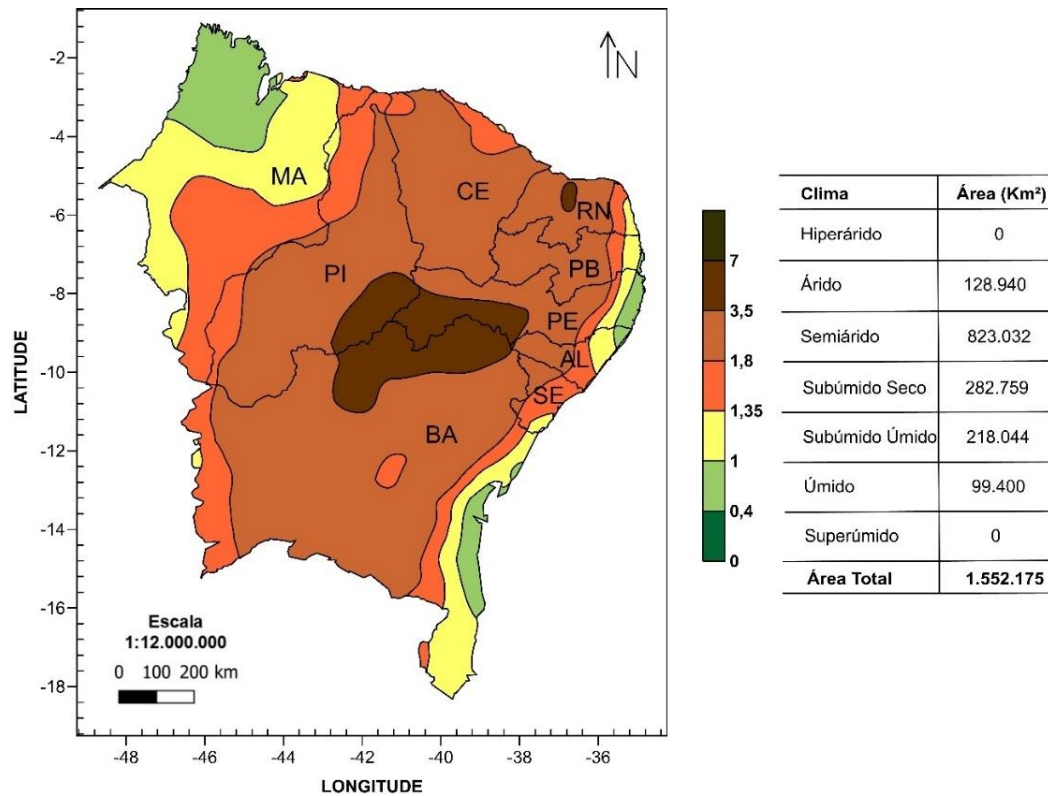
**Figura 6.5.** Classificação climática para o Nordeste Brasileiro de acordo com o  $I_m$ .  
**Fonte:** do próprio autor.

Este aumento da região árida de acordo com  $I_m$  (Figura 6.5), quando comparada com o  $I_{aUNEP}$  (Figura 6.4), se deve justamente aos elevados níveis de  $ET_0$  e à baixa precipitação nesta região, como pode ser visualizado na Figura 6.2a e b que consequentemente eleva o déficit hídrico. Contudo, na parte central do Ceará, em parte da divisa do Ceará com o Piauí e no limite do oeste da Paraíba com Pernambuco, observa-se precipitação superior a da divisa Pernambuco-Bahia, enquanto, nestas mesmas áreas, a evapotranspiração potencial de referência é inferior a da divisa Pernambuco-Bahia. Evidentemente, estas áreas não têm o mesmo clima; ou seja, a classificação climática de Thornthwaite produziu um clima mais árido que a realidade. Fato semelhante foi

observado no litoral sudeste da Bahia, em que a classificação climática com  $I_m$  determinou um clima subúmido úmido, porém esta área é conhecida por apresentar um clima úmido (Sambuichi & Haridasan, 2007; Simões *et al.*, 2017; Mencia *et al.*, 2021). De um modo geral, em muitas áreas do Nordeste, a classificação climática com  $I_{aUNEP}$  e com  $I_m$  apresentaram climas diferentes. Entretanto, comparando as configurações das classificações climáticas  $I_{aUNEP}$  (Figura 6.4) e  $I_m$  (Figura 6.5) com as Figuras 6.2a e b que podem ser visualizadas também em conjunto no apêndice na Figura A2 e A3, não é possível identificar quais dos dois índices melhor representa o clima do NEB, principalmente, em relação à área árida, que apresenta uma área relativamente extensa com o uso de  $I_m$  e muito pequena, utilizando  $I_{aUNEP}$ . Portanto, no presente trabalho foi proposto novo índice, o  $I_{ab}$ .

Na Figura 6.6, é apresentada a classificação climática realizada, utilizando o  $I_{ab}$ . Observa-se que a classificação com este índice foi capaz de representar muito bem os tipos de climas do NEB, respeitando a transição climática do litoral a parte central da região, de úmido a árido, assim como, da parte central para o noroeste, fronteira com Floresta Amazônica, descrevendo com bom desempenho a transição de clima árido ao úmido.

Na Figura 6.6, observam-se duas áreas classificadas com clima árido, sendo uma pequena área no centro-norte do Rio Grande do Norte, e a outra no Submédio São Francisco e vizinhança, abrangendo áreas dos estados da Bahia, Piauí e Pernambuco, totalizando uma área de 128.940 km<sup>2</sup> de clima árido, que representa 8,3% do território do NEB. No Piauí, a área árida encontra-se na microrregião do Alto e Médio Canindé, em Pernambuco na região do Submédio São Francisco e na Bahia na região conhecida como Raso da Catarina. Comparando as Figuras 6.2a e b com a Figura 6.6, observa-se que o grau de aridez que classificou o clima como árido apresentado na Figura 6.6 está coerente com os campos de evapotranspiração de referência (Figura 6.2a) e com a precipitação (Figura 6.2b). Ressalta-se que estas áreas são conhecidas com muito secas e com elevado grau de aridez, principalmente, o Raso da Catarina (Conti, 2005; Lucena *et al.*, 2016; Lopes *et al.*, 2017; Dubreuil *et al.*, 2019).



**Figura 6.6.** Classificação climática para o Nordeste Brasileiro de acordo com o  $I_{ab}$ .  
**Fonte:** do próprio autor

A área do centro-norte do Rio Grande do Norte, que corresponde a microrregião de Angicos também é conhecida pelo seu elevado grau de aridez, com precipitação inferior a 500 mm/ano e evapotranspiração de referência superior a 2000. Estas características também foram observadas por Diniz e Pereira (2015). Comparando as áreas com clima árido, obtidas pelos três métodos, verificam-se grandes diferenças entre eles. Usando  $I_{aUNEP}$  e  $I_m$  as áreas áridas são 0,25% e 23,4% da área total do NEB, respectivamente, enquanto, ao utilizar o  $I_{ab}$  a área árida cobre 8,3% do NEB, conforme pode ser visualizado na Figura A2 do apêndice. Descrevendo as áreas do NEB que apresentam os maiores graus de suscetibilidade a desertificação, Lopes *et al.*, (2017) encontraram uma área superior a de aridez do  $I_{ab}$  e inferior a do  $I_{aUNEP}$ . Portanto, observa-se que o  $I_{aUNEP}$  subestimou e o  $I_m$  superestimou no dimensionamento das áreas áridas no NEB.

Quando comparada a classificação climática realizada com o  $I_{aUNEP}$  (Figura 6.4) e  $I_{ab}$  (Figura 6.6), observa-se que ambos obtiveram valores de áreas muito próximos para o clima semiárido, com 833.448 km<sup>2</sup> e 823.032 km<sup>2</sup>, representando 53,7% e 53%, respectivamente, da área total do NEB, respectivamente, com uma diferença de apenas

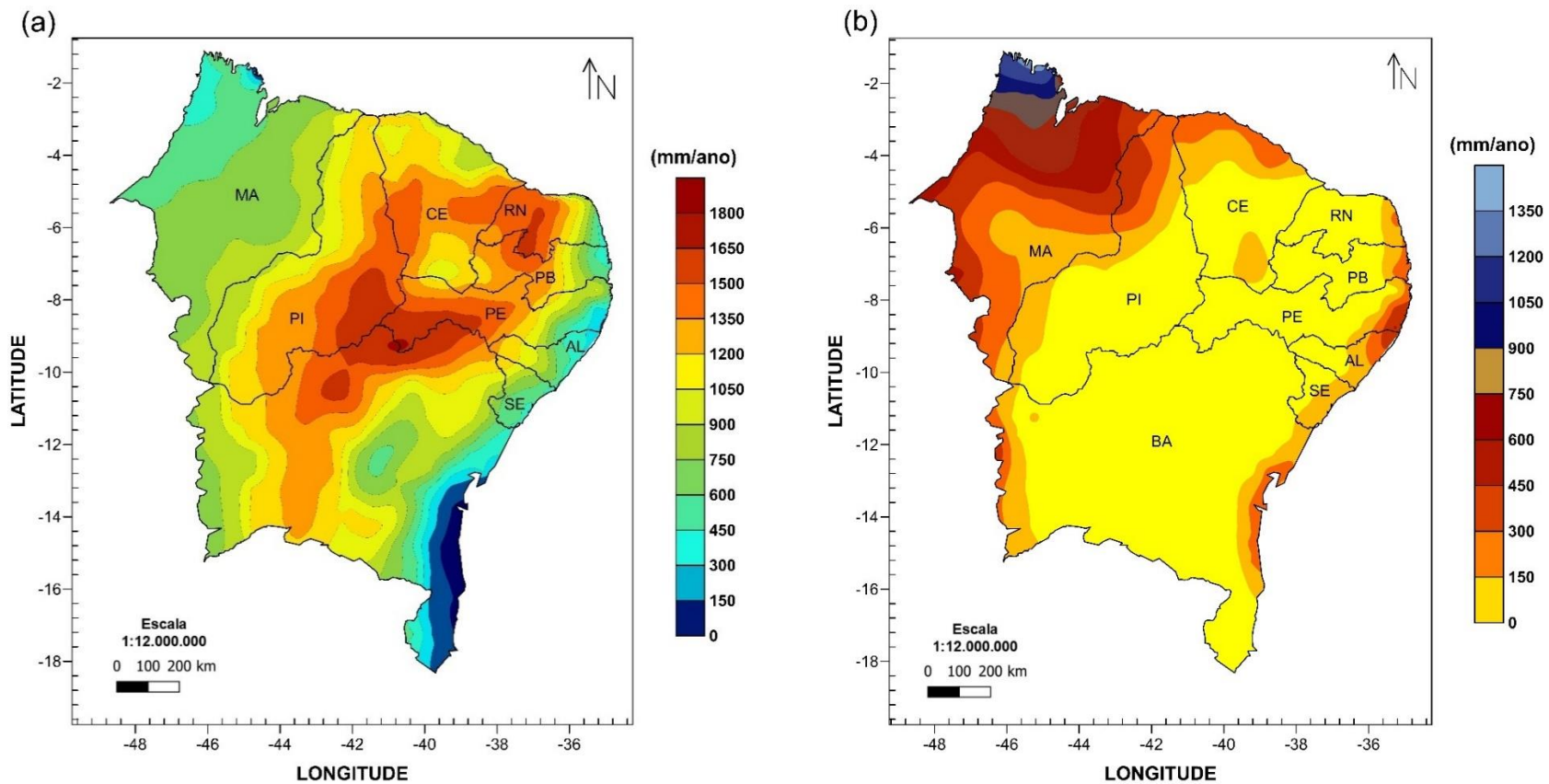
0,7% entre os dois índices, enquanto, a área semiárida obtida utilizando  $I_m$  representa 44,6% da área do NEB, uma vez que ao usar este índice ( $I_m$ ), parte do clima semiárido foi estimado com sendo árido. Com relação ao tipo de clima Subúmido Seco, as áreas obtidas com os três métodos foram muito próximas, representando 18,2% (282.759 km<sup>2</sup>), 17,3% (268.063 km<sup>2</sup>) e 19,4% (301.741 km<sup>2</sup>) da área total do NEB ao usar  $I_{ab}$ ,  $I_{aUNEP}$  e  $I_m$ , respectivamente. Por outro lado, as áreas estimadas com clima subúmido úmido apresentaram diferenças entre elas, conforme o método de classificação climática, pois usando  $I_{ab}$  a área estimada foi 218.044 km<sup>2</sup> (14,0%),  $I_{aUNEP}$  346.483 km<sup>2</sup> (22,3%) e  $I_m$  129.184 km<sup>2</sup> (8,3%). As áreas classificadas como clima úmido apresentaram valores muito próximos ao classificar, usando  $I_{ab}$  (99.400 km<sup>2</sup>) e  $I_{aUNEP}$  (100.381 km<sup>2</sup>), que representa 6,4% e 6,5% da área total do NEB, respectivamente; enquanto a área classificada com úmido, utilizando  $I_m$  foi de 65.946 km<sup>2</sup>, que corresponde a 4,2% da área do NEB. Podemos visualizar de maneira estratégica essas diferenças para cada tipo de clima obtido com os diferentes índices na Figura A2, apresentada no apêndice.

Um resultado interessante é a classificação climática de clima subúmido seco no litoral, no limite dos estados de Alagoas e Sergipe, observado tanto com o uso do  $I_{aUNEP}$ , Figura 6.4, como com os de  $I_m$  e  $I_{ab}$ , Figuras 6.5 e 6.6, respectivamente. Marengo *et al.*, (2020) mostram remanescentes de vegetação de savana nas proximidades do litoral na divisa dos estados de Alagoas e Sergipe, enquanto, Cantidio e Souza (2019), ao realizarem um estudo sobre a Mata Atlântica, mostraram áreas de caatinga próximo ao litoral na divisa de Alagoas e Sergipe. Ressalta-se que, mesmo com estas características descritas por Marengo *et al.*, (2020) e Cantidio e Souza (2019), é pouco provável que a área do litoral na divisa de Alagoas e Sergipe seja de clima subúmido seco. Contudo, é importante mencionar que o  $I_{ab}$  representou um ganho nas delimitações de Terras Secas, em comparação com o  $I_{aUNEP}$  e  $I_m$ .

Outro ponto em comum entre os três índices é que o tipo de clima semiárido ocupou a maior área geográfica em comparação aos demais tipos climáticos, abrangendo 53,8%, 44,6% e 53,0% da área total do NEB, conforme os índices  $I_{aUNEP}$ ,  $I_m$  e  $I_{ab}$ , respectivamente. Com base nos resultados obtidos, observa-se que usando  $I_m$ , há uma tendência de classificação do clima mais árido, enquanto utilizando  $I_{aUNEP}$  existe uma tendência de classificar o clima mais úmido.



Nas Figuras 6.7a e b são mostrados o déficit hídrico na atmosfera e excedente hídrico no solo da região do NEB, respectivamente, calculados com o uso dos dados de reanálises.



**Figura 6.7.** (a) Déficit Hídrico na atmosfera (mm/ano) e (b) Excedente Hídrico no solo (mm/ano) para o Nordeste Brasileiro.

**Fonte:** do próprio autor.

Foram observados valores máximos de déficit hídrico na atmosfera de até 1800 mm/ano (Figura 6.7a), localizados na mesorregião do Submédio São Francisco e área central do Estado do Rio Grande do Norte, devido esta região apresentar características específicas de temperatura e evapotranspiração elevadas e baixos níveis de precipitação, e assim provocar valores elevados de déficit hídrico na atmosfera (Figura 6.7a), bem como de aridez (Figura 6.6). Na Figura A3 do apêndice, é notório visualizar o comportamento do déficit e excedente hídrico quando comparado com a distribuição espacial da precipitação e evapotranspiração de referência.

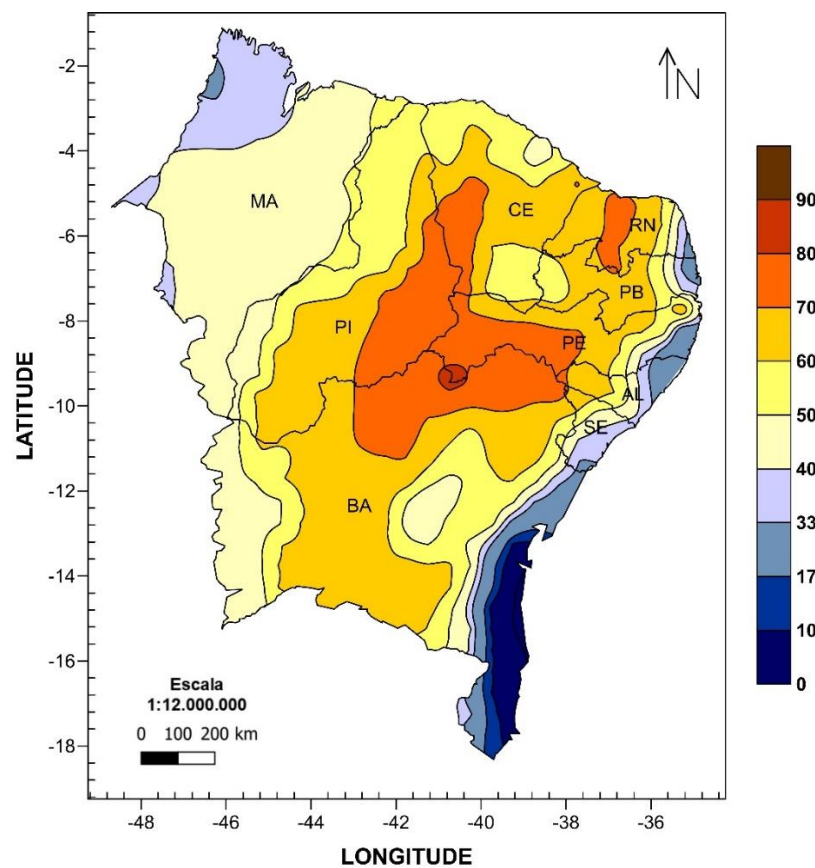
O comportamento para o excedente hídrico no solo (Figura 6.7b) segue o mesmo padrão. Grande parte da região central do Nordeste Brasileiro possui praticamente zero mm/ano, exceto parte da Chapada do Araripe em que apresentou uma melhor condição de em torno de 150 mm/ano, devido às suas características geográficas e climatológicas da região, enquanto a região do norte do Maranhão e áreas litorâneas apresentaram melhores níveis de excedente hídrico no solo, de até 1350 mm/ano. Isso se deve ao fato de que essas áreas possuem melhores totais médios anuais de precipitação como mostrado na Figura 6.2b.

Trabalho realizado por Marengo *et al.*, (2017) analisou o déficit hídrico do NEB durante os anos de seca 2011-2016, obtendo uma média climatológica para este período na região de apenas 650 mm/ano, onde a maior concentração de déficit hídrico incluiu particularmente o norte da Bahia, oeste do Pernambuco e o leste do Piauí, tendo como resultado estresse hídrico vegetativo, baixa produtividade vegetal e conseqüentemente o aumento de aridez.

Ressalta-se que nestas áreas citadas por Marengo *et al.*, (2017), o índice de aridez (Figura 6.6) e déficit hídrico na atmosfera (Figura 6.7a) apresentaram valores elevados, que podem estar associados ao rigor do período de estiagens pelo qual a região passou no período de 2012 a 2017, quando cada ano destes seis anos apresentou precipitação abaixo da média climatológica.

A configuração espacial para o índice de aridez de Thornthwaite para todo território do NEB é apresentada na Figura 6.8. Observando as Figuras 6.7a e Figura 6.8, verifica-se que uma área ampla que se estende desde a metade da divisa do Piauí com a Bahia e Pernambuco e se estende em direção leste até divisa da Bahia com Alagoas e

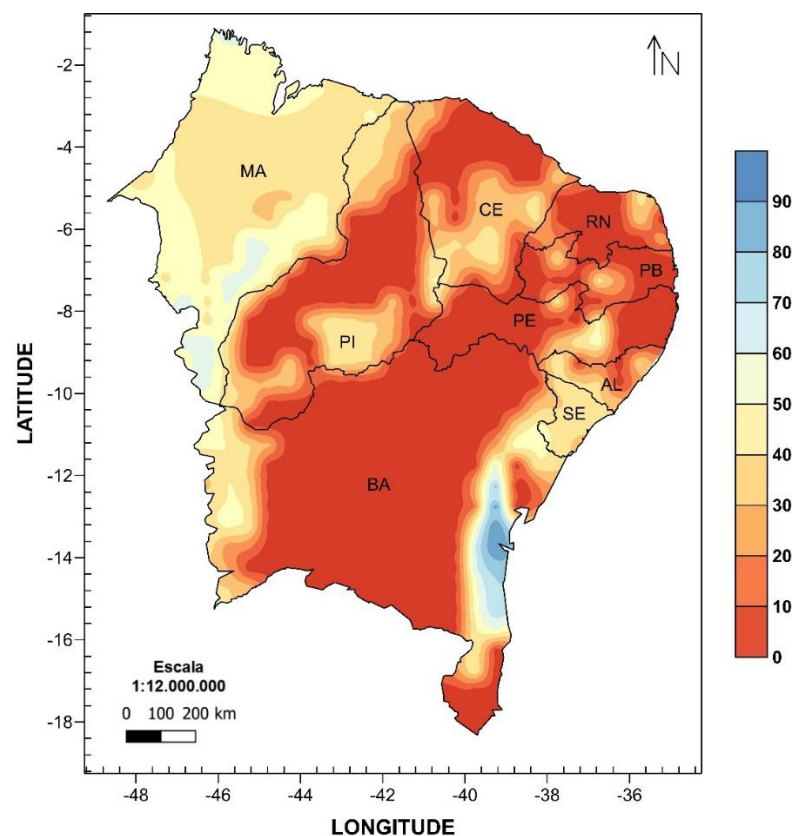
Sergipe apresentou índice de aridez elevado que está associando aos altos valores de déficit hídrico na atmosfera e baixo excedente hídrico no solo, mas não correspondendo a apenas um núcleo pequeno e isolado de clima árido entre Juazeiro-BA e Petrolina-PE, como mostrado na configuração espacial do  $I_{aUNEP}$  (Figura 6.4), ou seja, é uma área bem mais extensa. Por outro lado, ainda é possível observar que com o uso dos dados do ERA5-Land e CPC/NOAA no cálculo do  $I_{aUNEP}$  (Figura 6.4), é plausível identificar na região central da Bahia-BA e sul do estado do Ceará-CE, áreas de clima subúmido seco, justamente onde fica localizada a chapada diamantina na BA e a Chapada do Araripe no CE, região serrana com altitudes elevadas e precipitação média anual superior as áreas circunvizinhas.



**Figura 6.8.** Índice de Aridez de Thornthwaite para o Nordeste Brasileiro.  
**Fonte:** do próprio autor.

Na Figura 6.9, visualiza-se o armazenamento de água no solo – ARM, médio anual. Observa-se que de certa forma, segue o comportamento semelhante ao do CAD (Figura 5.4) e ou da distribuição da precipitação (Figura 6.2b). Significando que, para as localidades que possuem elevados valores de CAD, como, por exemplo, quase todo Maranhão, partes dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco e

Alagoas, quase todo estado de Sergipe e leste e oeste da Bahia, justamente nas áreas em que os solos possuem maior capacidade de retenção de água, conseqüentemente, conseguem armazenar mais água por um período maior de tempo. Quando as áreas com CAD elevados também apresentam valores elevados de precipitação o efeito se soma, e estas localidades chegam a apresentar valores de ARM de até 90 mm/ano. Conseqüentemente, estas localidades acabam proporcionando melhores condições para o desenvolvimento de vegetação e práticas agrícolas por possuírem disponibilidade hídrica mais favorável, além disto, essas áreas são aquelas que possuem menores valores de aridez de Thornthwaite, como é possível visualizar na Figura 6.8, bem como o índice da aridez da UNEP (Figura 6.4) e o índice de aridez absoluto (Figura 6.6), discutidos anteriormente.



**Figura 6.9.** Armazenamento de água no solo média anual - ARM (mm/ano) para o Nordeste Brasileiro.

**Fonte:** do próprio autor.

Neste contexto, é salutar descrever que ao comparar as configurações dos índices utilizados para delimitações de Terras Secas  $I_{aUNEP}$  (Figura 6.4),  $I_m$  (Figura 6.5) e  $I_{ab}$  (Figura 6.6), como as do déficit hídrico da atmosfera (Figura 6.7a), excedente hídrico no solo (Figura 6.7b), índice de aridez de Thornthwaite (Figura 6.8) e ARM médio anual (Figura 6.9), que estão apresentadas também na Figura A2 e A3 do apêndice, observa-se

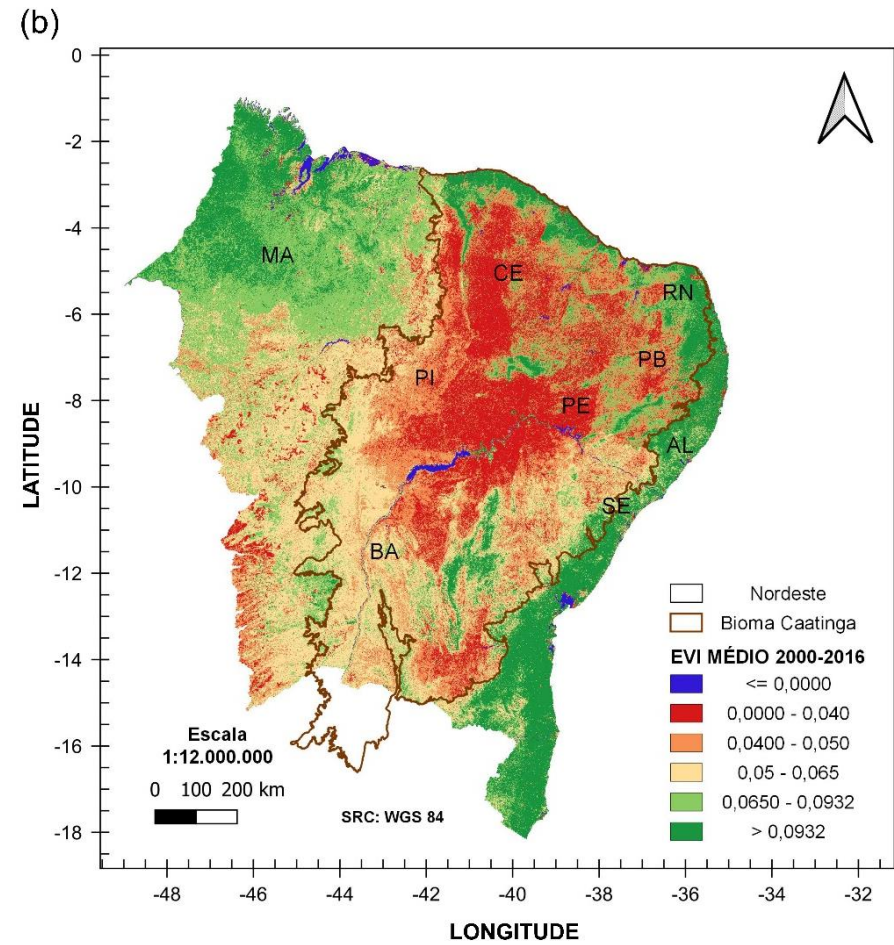
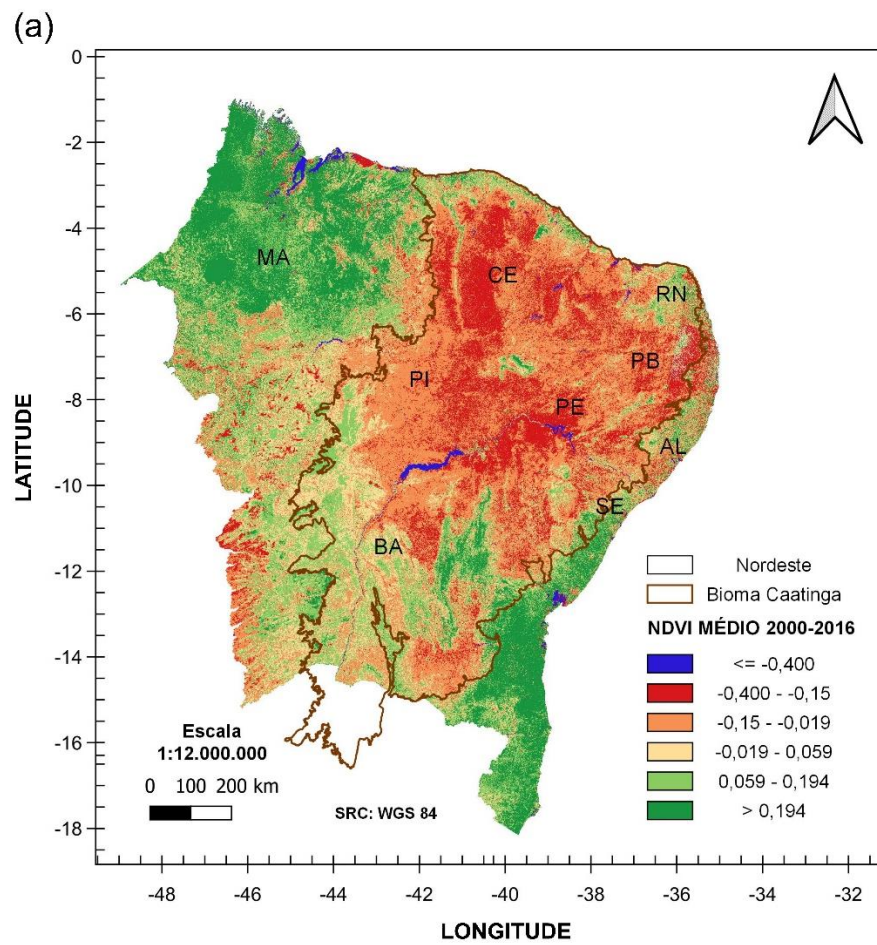
que a configuração espacial sobre o NEB do excedente hídrico do solo apresenta-se mais próxima da do  $I_{aUNEP}$ , enquanto a do déficit hídrico da atmosfera se aproxima mais da configuração do  $I_m$  e a do índice de aridez de Thornthwaite apresenta-se mais próxima da do  $I_{ab}$ , e finalmente a do ARM médio anual proporciona uma configuração espacial diferentes dos três índices.

Portanto, a configuração espacial de cada índice analisado para as delimitações de Terras Secas tem pelo menos uma configuração espacial de outro índice climático semelhante a ele. Entretanto, de um modo geral a associação das configurações da  $ET_0$  média anual (Figura 6.2a) e da precipitação média anual (Figura 6.2b) estão mais próximas do  $I_{ab}$ , o que, de certa forma, é esperado uma vez que este índice é a razão entre as precipitações médias anuais e a  $ET_0$  média anual. Contudo, pode ser afirmado que o  $I_{ab}$  representa um melhoramento nas delimitações de Terras Secas.

#### **6.4 Relação Índices de Vegetação e Climáticos**

Após a análise dos índices climáticos discutido na seção anterior, foram obtidas as imagens de NDVI e EVI para a mesma área de estudo, com a finalidade de verificar o possível uso de novas variáveis para o aprimoramento de delimitações de Terras Secas.

Nas Figuras 6.10a e b, são apresentadas as configurações espaciais de NDVI e EVI médios para o mesmo período utilizado no estudo 2000-2016. Observa-se que os valores de NDVI estão entre o intervalo de -0,400 e 0,194, enquanto os de EVI encontram-se entre 0,000 e 0,0932. É possível observar que a configuração espacial dos índices de vegetação acompanha as dos índices climáticos Figura 6.7a e b e Figura 6.4, como, por exemplo, para o clima do tipo semiárido que se estende em toda a região central do Nordeste. Compreendendo 53,8% de 1.552.175 km<sup>2</sup>, área total do NEB apresenta os valores de NDVI e EVI extremamente baixos (destacado em vermelho e laranja). Isso indica baixa condição hídrica da vegetação, predominantemente a caatinga, que por possuir defesa própria de sua fisiologia vegetal em respostas ao elevado déficit hídrico e aridez para a região (Figura 6.7a e b), perdem suas folhas com o objetivo de evitar a transferência do vapor de água para o ar através da transpiração, garantindo assim a sua sobrevivência durante o período seco até haver o retorno das precipitações novamente. Segundo Lima e Carvalho (2018), quanto mais próximo de um, maior a quantidade de vegetação presente na área de estudo.



**Figura 6.10.** (a) NDVI e (b) EVI médios para o Nordeste Brasileiro calculados compreendendo o período de 2000-2016.

**Fonte:** do próprio autor.

Quando comparadas as Figuras 6.10a e b com as Figuras 6.7a e b e Figuras 6.4, é possível identificar na região central da Bahia-BA e sul do estado do Ceará-CE, onde fica localizada a chapada diamantina na BA e a Chapada do Araripe no CE, região serrana com altitudes elevadas e precipitação média anual superior as áreas circunvizinhas, área menos árida, com baixo déficit hídrico, clima subúmido seco e NDVI e EVI elevados. Isso evidencia que há vegetação com disponibilidade hídrica conforme condições climáticas amenas, e corrobora para que os dados de reanálises consigam identificar e se correlacionar bem com as condições favoráveis da vegetação. Além disso, o comportamento dos valores de NDVI e EVI elevados nas regiões litorâneas dos estados do Nordeste acompanha a transição dos tipos de clima úmido até o semiárido, à medida que vai se distanciando para a região central do Nordeste que é mais seco, árido e baixa disponibilidade hídrica da vegetação.

Realizada a mesma comparação que antes, podemos observar na Fig 6.4 que na região entre Petrolina e Pernambuco foi obtido o tipo de clima árido que está diretamente associado ao índice de aridez e déficit hídrico (Figura 6.7a e b) onde é possível enxergar nos mapas de NDVI e EVI valores muitos baixos, pois indica baixa disponibilidade hídrica para a vegetação nessa região. *Brito et al.*, (2017), analisando o comportamento da vegetação nas áreas de Caatinga preservada no município de Petrolina – PE, relataram que a prevalência de valores entre 0 e 0,2 geralmente está associada à presença de solo exposto. *Bilar et al.* (2018), monitoraram a cobertura vegetal por meio de índices biofísicos no Parque Estadual da Mata da Pimenteira (PEMP), região semiárida de Pernambuco, e encontraram resultados semelhantes, por exemplo em 2016, no início do período mais seco da região, para o NDVI os resultados dos índices foram inferiores a 0,40, com a indicação de alto estresse hídrico, ausência de folhas e grandes áreas de solo exposto.

Desta forma é possível observar que os valores de NDVI e EVI com baixa aridez, baixo déficit e tipo de clima mais úmido, apresentaram valores na faixa de 0,059 - > 0,194 e 0,0828 - > 0,0932 indicando maior presença de umidade no solo, planta e menor estresse hídrico. O contrário acontece quando tem elevada aridez, alto déficit hídrico e tipo de clima mais seco (árido e semiárido) em que apresentam valores de NDVI e EVI mais baixos, que estão relacionados à menor presença de umidade no solo e planta. A combinação de mudanças climáticas na carência ou falta de chuvas, seguidas de altas temperaturas e altas taxas de evaporação e concorrência por recursos hídricos pode levar

a uma crise potencialmente desastrosa em que as populações mais pobres são as mais vulneráveis, como os agricultores do semiárido do Nordeste, pois a região já enfrenta um problema crônico de escassez hídrica (Marengo *et al.*, 2017).

Silva *et al.*, (2020) realizaram os cálculos de índices de seca, aridez e de vegetação a fim de estabelecer diagnósticos e prognósticos que ajudem na gestão dos recursos hídricos. Foram obtidas correlações espaciais e pontuais afirmando que o uso de índices de vegetação como o NDVI e EVI obtidos por meio de sensoriamento remoto pode ser empregado como método alternativo aos índices físicos, de seca e de aridez, como ferramenta para o monitoramento de eventos extremos, assim como, indicação de áreas susceptíveis ao processo de desertificação. Além disso, podem auxiliar na gestão dos recursos hídricos pelos órgãos gestores, indicando a evolução dos fenômenos hidrológicos extremos, sugerindo a adoção de ações preventivas e mitigadoras quanto ao uso prioritário da água.

Finalmente, comparando as Fig 6.10a e b com as Figura 6.7a e b e Figura 6.4, observa-se que, com exceção das áreas densamente antropizadas, como o extremo oeste da Bahia, em geral, as áreas que apresentam clima com maior grau de aridez e maior déficit hídrico na atmosfera são as que apresentam menores índices de vegetação; o que demonstra o alto grau de vulnerabilidade destas áreas, apontando que é muito proeminente o uso racional das terras, com preservação e recuperação da cobertura original. Dentro deste contexto, Lacerda *et al.*, (2020) esclareceram que a vulnerabilidade ambiental do semiárido está associada ao clima da região, e isto impõe a necessidade de recuperação e de preservação da cobertura natural, já que qualquer alteração feita nela, tem como consequência mudança no tipo de clima mais seco, desta forma é preciso utilizar práticas indutoras de prosperidade social em harmonia com o ambiente. Portanto, as informações geradas no presente estudo são importantes para subsidiar ações de recuperação de áreas degradadas, criação de políticas públicas, planejamento e gestão ambiental.

Finalmente, é oportuno descrever que os índices de vegetação podem ser utilizados para delimitações de Terras Secas. Contudo, se fazem necessários cuidados redobrados, uma vez que estes índices não captam as condições de clima real em áreas antropizadas, como, por exemplo, o oeste da Bahia.



## 7. CONCLUSÕES

As validações para as variáveis de Temperatura e Vento dos dados de reanálise ERA5-Land do ECMWF, exceto a precipitação, bem como dados de precipitação do Projeto de Precipitação CPC/NOAA, apresentaram ótimo desempenho estatístico. Assim, os dados de reanálise ERA5-Land e de precipitação do CPC/NOAA para a estimativa de  $ET_0$  podem ser utilizados em estudos, monitoramento e análise de delimitações de Terras Secas, principalmente na ausência de dados de estações meteorológicas e/ou de postos pluviométricos, pois são dados confiáveis e fidedignos, indicando que são dados confiáveis para poderem ser utilizados em estudos climáticos sem prejuízos dos resultados obtidos.

As delimitações de Terras Secas utilizando o índice efetivo de umidade de Thornthwaite ( $I_m$ ) e de aridez da UNEP ( $I_{aUNEP}$ ) apresentaram resultados discrepantes, principalmente a delimitações de terras áridas. Portanto, conclui-se que estes índices não podem ser usados isoladamente para as delimitações de Terras Secas, uma vez que levam a classificação errônea de algumas áreas.

Os índices de vegetação, tanto o NDVI como o EVI podem ser variáveis adicionais no aprimoramento de delimitações de Terras Secas. Contudo, o seu uso é limitado, pois não é recomendável utiliza-los em áreas antropizadas.

O índice de aridez absoluto, proposto no presente trabalho, se mostrou muito útil nas delimitações de Terras Secas, uma vez que o mesmo representou de forma semelhante as delimitações dos diversos climas regionais. Entretanto, apesar de sua robustez, não é aconselhável o seu uso de forma isolada, ou seja, ainda se faz necessário utilizá-lo em conjunto com outros métodos.

Um resultado importante, na presente pesquisa, foi que para os dados necessários para estimativa de  $ET_0$ , a reanálise com espaçamento de grade horizontal de  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$  mostrou-se satisfatória e confiável, enquanto, para precipitação apresentou-se irreal, com resultados discrepantes da realidade. Para obter dados de reanálise confiável de precipitação, foi necessária uma grade horizontal de  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ . Possivelmente, uma das causas para que isso tenha ocorrido seja devido à densidade espacial de estações meteorológicas no Nordeste do Brasil que é inferior a recomendada pela OMM, principalmente para a análise da precipitação. Portanto, pode-se concluir que para o

melhoramento dos dados de reanálise sobre o Nordeste do Brasil é necessária a ampliação da rede de estações meteorológicas para que disponibilizem informações precisas e fidedignas.

Por lei, a cada dez anos é necessário que órgão oficial do Brasil, atualmente representado pela SUDENE, apresente novas delimitações da região Semiárida do Brasil. Atualmente, um dos índices utilizado é o  $I_{aUNEP}$  e na presente pesquisa demonstrou-se que um índice proposto, o índice de aridez absoluto, é um melhor indicador nas delimitações de Terras Secas do que o índice de aridez da UNEP. Portanto, o índice proposto, é um índice recomendável para as próximas delimitações do Semiárido.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G. A. Penman for all seasons. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, St. Joseph, v.112, n.4, p.348-386, 1986.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G. D. E.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorol. Z.**, 22, pp. 711-728, <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Capacidade de Água Disponível no Solo. Disponível em: < <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/28fe4baa-66f3-4f6b-b0d2-890abf5910c4>>. Acessado em 03 de abril de 2020.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de.; BASTOS, E. A.; BARROS, A. H. C.; SILVA, C. O. da.; GOMES, A. A. N. Classificação climática e regionalização do semi-árido do estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. **Revista Ciência Agronômica**, v.36, p.143-151, 2003.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T.; GUEDES, R. L.; OYAMA, M. D.; & ALVES, M. A. S. A influência da temperatura da superfície do mar dos Oceanos Pacífico e Atlântico na variabilidade de precipitação em Fortaleza. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 3, p. 337-344, 2004.

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

ARAÚJO, C. S. P. D.; IPPOLITO, M.; & ALMEIDA, C. D. G. C. D. Evaluation of air temperature estimated by ERA5-Land reanalysis using surface data in Pernambuco, Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, 194. 2022. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10047-2>.

ARAÚJO, L.; NETO, J. M.; & SOUSA, F. Análise climática da bacia do rio Paraíba-índice de anomalia de chuva (IAC). **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 6, n. 3, 2009.

ASSIS, J. M. O.; SOUZA, W.; SOBRAL, M. C. M. Climate analysis of the rainfall in the lower-middle stretch of the São Francisco river basin based on the rain anomaly index. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 2, p. 188- 202, 2015.

BILAR, A. B. C.; DE MENDONÇA PIMENTEL, R. M.; & CERQUEIRA, M. A. Monitoramento da cobertura vegetal através de índices biofísicos e gestão de áreas protegidas. **Geosul**, 33(68), 236-259. 2018. <http://dx.doi.org/10.5007/2177-5230.2018v33n68p236>.

BLAIN, G. C. Considerações estatísticas relativas à oito séries de precipitação pluvial da Secretaria de Agricultura e abastecimento do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**. São Paulo, v. 24, n. 1, p. 12-23.

BORGES JÚNIOR, J. C.; ANJOS, R. J., SILVA, T. J.; LIMA, J. R.; & ANDRADE, C. L. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para a microrregião de Garanhuns, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 380-390, 2012.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Nova delimitação do semiárido brasileiro. 2017. Disponível em:< <http://sudene.gov.br/planejamento-regional/delimitacao-do-semiarido>>. Acessado em 03 de abril de 2020.

BRITO, J. I. B. Modelo regional de estimativa do balanço hídrico aplicado à variabilidade climática do Nordeste do Brasil, 2000, 147p. Tese (Doutorado e Recursos Naturais) – Universidade Federal da Paraíba-UFPB, Campina Grande 2000.

BUDYKO, M. I. Climate modification techniques (for changing the influx of short wave radiation). *Meteorol. i Hidrolog.*,(Moscow), n. 2, p. 91-97, 1974.

CANTIDIO, L. S. & SOUZA, A. F. Aridity, soil and biome stability influence plant ecoregions in the Atlantic Forest, a biodiversity hotspot in South America. **Ecography**, 42. 2019. <https://doi.org/10.1111/ecog.04564>

CARDOSO, C. S.; QUADRO, M. F. L. Análise comparativa de dados de precipitação gerados pelo “Climate Prediction Center–CPC” versus dados observados para o Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 04, p. 1180-1198, 2017.

CARMO, M. V. N. S.; LIMA, C. H. R. Caracterização Espaço-Temporal das Secas no Nordeste a partir da Análise do Índice SPI. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 2, 233-242, 2020. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778635201>).

CARTA, J. A.; VELÁZQUEZ, S.; CABRERA, P. A review of measure-correlate-predict (MCP) methods used to estimate long-term wind characteristics at a target site. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 27, p. 362-400, 2013

CAVALCANTE, J. E. G.; MEDEIROS, J. F. D.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; FIGUEIRÊDO, V. B.; DA COSTA, J. P.; & SANTOS, W. D. O. Development and water requirements of cowpea under climate change conditions in the Brazilian semi-arid region. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.9. 783-788, 2016.

CAVALCANTI, I. F. A. Large scale and synoptic features associated with extreme precipitation over South America: A review and case studies for the first decade of the 21st century. **Atmospheric Research**, v. 118, p. 27-40, 2012.

CHEN, M.; SHI, W.; XIE, P.; SILVA, V. B.; KOUSKY, V. E.; WAYNE HIGGINS, R.; & JANOWIAK, J. E. Assessing objective techniques for gauge-based analyses of global daily precipitation. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, 113 (D4). 2008. <https://doi.org/10.1029/2007JD009132>.

CONTI, J. B. A questão climática do Nordeste brasileiro e os processos de desertificação. **Revista Brasileira de Climatologia**. 1, 7-14. 2005.

CORRÊA, I. C. P.; DE BRITO, J. I. B.; DE SOUZA COSTA, A. Variabilidade dos índices de umidade e aridez para as cidades de Crato e Paracurú no estado do Ceará. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, p. 549-554, 2017.

COSTA, M. S.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; SANTOS, P. J.; CORREIA-FILHO, W. L. F.; GOIS, G.; BLANCO, C. J. C.; TEODORO, P. E.; SILVA-JUNIOR, C. A.; SANTIAGO, D. B.; SOUZA, E. O.; JARDIM, A. M. R. F. Rainfall extremes and drought in Northeast Brazil and its relationship with El Niño–Southern Oscillation. **International Journal of Climatology**, v. 41, p. E2111–E2135, 2020.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Revista Irriga**, v.14, n.1, p. 1-11, 2009.

DA SILVA, A. D. G; A. L. B., DOS 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, p. 798-816, 2022.

DA SILVA, H. S.; SILVA, José R. S.; STOSIC, T. Multifractal analysis of air temperature in Brazil. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, v. 549, p. 124333, 2020.

DE OLIVEIRA CASTRO, B. V.; DA SILVA, F. P.; PIRES, G. D. Avaliação de parâmetros meteorológicos gerados pela reanálise ERA 5 para a cidade de Seropédica, região da Baixada Fluminense-RJ. **Revista Engenharia, Meio Ambiente e Inovação**, v. 2, n. 1, p. 7, 2019.

DE SOUZA, C. L. O.; NOGUEIRA, V. F. B.; NOGUEIRA, V. S. Variabilidade interanual da precipitação em cidades do semiárido brasileiro entre os anos de 1984 e 2015. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 4, p. 740-747, 2017.

DIAS, ERIC MATEUS SOARES. **Mudanças climáticas e recursos hídricos: percepções sobre riscos climáticos e capacidade adaptativa na região semiárida do Rio Grande do Norte, Brasil**. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

DINIZ, M. T.; & PEREIRA, V.H. C. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. **Boletim Goiano de Geografia**. 35, 488-506. 2015.

DO CARMO, L. F. R.; DE ALMEIDA, P.; PINTO, A. C.; ANTONIO, C. F. de J. L. Estimativa do perfil de vento e potencial eólico offshore para costa de Cabo Frio. **Sistemas & Gestão**, v. 15, n. 1, p. 46-52, 2020.

DROOGERS, P.; ALLEN, R. G. Estimating reference evapotranspiration under inaccurate data conditions. **Irrigation and drainage systems**, v. 16, n. 1, p. 33-45, 2002.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. (2019). Climate change evidence in Brazil from Köppen's climate annual types frequency. **International Journal of Climatology**, v. 39, n. 3, p. 1446-1456.

ECMWF. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, [www.ecmwf.int](http://www.ecmwf.int). 2021.

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. ETo Calculator. Manual (38p) e software Version 3.1. 2009. Land and Water Digital Media Series No 36.

FERNANDES, I. G.; PIMENTA, F. M.; SAAVEDRA, O. R.; & SILVA, A. R. Offshore validation of ERA5 reanalysis with hub height wind observations of Brazil. IEEE PES innovative smart grid technologies conference-Latin America, 1–5. 2021. <https://doi.org/10.1109/ISGTLatinAmerica52371.2021.9542993>.

GALVÍNCIO, J. D.; DE MOURA, M. S. B. Aspectos climáticos da captação de água de chuva no Estado de Pernambuco. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2005.

GANDIN, L. S.; 1965. Objective analysis of meteorological fields. R. Hardin (Ed.). Jerusalem: Israel program for scientific translations.

GIRÃO, O. Reconstrução do clima no Nordeste Brasileiro: Secas e enchentes do século XIX. Finisterra-**Revista Portuguesa de Geografia**, n. 93, p. 29-47, 2012.

GLEIXNER, S.; DEMISSIE, T.; DIRO, G. T. Did ERA5 improve temperature and precipitation reanalysis over East Africa?. **Atmosphere**, v. 11, n. 9, p. 996, 2020.

HARTMANN, D.L. **Global Physical Climatology**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 1994. 411p.

HASTENRATH, S. 1990. Prediction of north-east Brazil rainfall anomalies. **Journal of Climate**, v. 3, p. 893–904, 1990.

HASTENRATH, S. Exploring the climate problems of Brazil's Nordeste: a review. **Climatic Change**, v. 112, n. 2, p. 243-251, 2012

HASTENRATH, S. Interannual variability and annual cycle: Mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic sector. **Monthly Weather Review**, v. 112, n. 6, p. 1097-1107, 1984.

HASTENRATH, S.; GREISCHAR, L. Further work on the prediction of Northeast Brazil rainfall anomalies. **J. Climate**, v. 6, p. 743–758, 1993.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 103, n. 435, p. 77-92, 1977.

HERSBACH, H.; BELL, B.; BERRISFORD, P.; HIRAHARA, S.; HORÁNYI, A.; MUÑOZ-SABATER, J.; & SIMMONS, A. The ERA5 global reanalysis. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 146, n. 730, p. 1999-2049, 2020.

HIGGINS, R. W.; SHI, W.; YAROSH, E.; JOYCE, R. Improved United States precipitation quality control system and analysis. **NCEP/Climate Prediction Center Atlas**, 7, 40, 2000.

<http://sudene.gov.br/images/arquivos/semiario/arquivos/infograficosemiariododelimitac>  
HUANG, J.; YU, H.; GUAN, X.; WANG, G.; & GUO, R. Accelerated dryland expansion under climate change. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 2, p. 166-171, 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Semiárido Brasileiro, o que é. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15974-semiarido-brasileiro.html?=&t=o-que-e>>. Acessado em 20 de dez de 2020.

INMET. 2015. Tempo e Clima. Disponível em: < [http://www.inmet.gov.br/html/informacoes/curiosidade/tempo\\_clima.html](http://www.inmet.gov.br/html/informacoes/curiosidade/tempo_clima.html) >. Acesso em: 19 de maio de 2020.

INPE. Últimas Ocorrências de El Niños. Disponível em: <[http://enos.cptec.inpe.br/tab\\_elnino.shtml](http://enos.cptec.inpe.br/tab_elnino.shtml)>. Acesso em 15 de agosto de 2020.

IPCC Climate Change. Impact, Adaptation and Vulnerability, IPCC WGII AR5 Summary for Policymakers, 2014.

IPCC Intergovernmental Panel On Climate Change. AR 4. Climate Change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007.

ISMAEL FILHO, A.; BORGES, P. D. F.; ARAÚJO, L. D. S.; PEREIRA, A. R.; LIMA, E. D.; SILVA, L. D. S.; & SANTOS JUNIOR, C. D. Influência das variáveis climáticas sobre a evapotranspiração. **Gaia Scientia**, 9, 62-66. 2015.

JABLOUN, M.; SAHLI, A. Evaluation of FAO-56 methodology for estimating reference evapotranspiration using limited climatic data application to Tunisia. **Agricultural Water Management**. v. 95, n. 06, p. 707-715, 2008.

JENSEN, M.E.; BURMAN, R.D.; ALLEN, R.G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. ASCE Manual 70. ASCE, New York, 1990. 332p.

JESUS, J. B. Estimativa do balanço hídrico climatológico e classificação climática pelo método de Thornthwaite e Mather para o município de Aracaju-SE. **Scientia Plena**, v. 11, n. 5. 2015.

JIANG, H.; YANG, Y.; BAI, Y.; & WANG, H. Evaluation of the total, direct, and diffuse solar radiations from the ERA5 reanalysis data in China. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, v. 17, n. 1, p. 47-51, 2019.

JOURDIER, B. Evaluation of ERA5, MERRA-2, COSMO-REA6, NEWA and AROME to simulate wind power production over France. **Advances in Science and Research**, v. 17, p. 63-77, 2020.

JUÁREZ, R. I. N.; LI, W.; FU, R.; FERNANDES, K.; & DE OLIVEIRA CARDOSO, A. Comparison of precipitation datasets over the tropical South American and African continents. **Journal of hydrometeorology**, 10(1), 289-299. 2009.

JÚNIOR, J. B. C.; & BEZERRA, B. G. Análises da evapotranspiração de referência e do índice de aridez para o Nordeste do Brasil. **Revista de Geociências do Nordeste**. 4, 72-89. 2018.

KANE, R. P. Prediction of droughts in north-east Brazil: Role of ENSO and use of periodicities. **International Journal of Climatology**, v. 17, n. 6, p. 655-665, 1997.

KAYANO, M. T.; DE OLIVEIRA, C. P.; ANDREOLI, R. V. Interannual relations between South American rainfall and tropical sea surface temperature anomalies before and after 1976. **International Journal of Climatology**, v. 29, n. 10, p. 1439-1448, 2009.

KAYANO, M. T.; RAO, V. B.; MOURA, A. D. Tropical circulations and the associated rainfall anomalies during two contrasting years. **International Journal of Climatology**, v. 8, p. 477-488, 1988.

KÖPPEN, W. Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: **Walter de Gruyter**, 1931. 388p.

LACERDA, F. F.; LOPES, G. M. B.; & DE ALBUQUERQUE, M. M. Viveiros educadores na Caatinga—mitigação aos efeitos da mudança do clima no semiárido brasileiro. **Agrometeoros**, 26(2). 2020. <http://dx.doi.org/10.31062/agrom.v26i2.26412>.

LAVERS, D. A.; SIMMONS, A.; VAMBORG, F.; & RODWELL, M. J. An evaluation of ERA5 precipitation for climate monitoring. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v. 148, n. 748, p. 3152-3165, 2022.

LIMA, L. B.; & DE CARVALHO, H. D. S. A evolução do índice de vegetação e água como indicadores da ocorrência de desmatamento na APA Serra Branca/Raso da Catarina em Jeremoabo—BA. 2018.

LOMPAR, M.; LALIĆ, B.; DEKIĆ, L.; & PETRIĆ, M. Filling gaps in hourly air temperature data using debiased ERA5 data. **Atmosphere**, v. 10, n. 1, p. 13, 2019.

LOPES, I.; LEAL, B. G. Índice de aridez e tendência a desertificação para estações meteorológicas nos estados da Bahia e Pernambuco (Variation and classificação of aridity and trend desertification for weather stations in state of Bahia and Pernambuco). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, 2015.

LOPES, I.; SANTOS, S. D.; LEAL, B. G.; & MELO, J. Variação do índice de aridez e tendência climática à desertificação para a região semiárida do nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 10(4), 1014-1026. 2017. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v10.4.p1014-1026>.

LUCENA, L.; STOSIC, T. Temperatura do nordeste brasileiro via análise de lacunaridade. **Sigmae**, v. 2, n. 3, p. 76-80, 2016.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 129, n. 3, p. 1189-1200, 2017.

MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas. *Estudos avançados*, v. 22, n. 63, p. 83-96, 2008.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; ALVALA, R.; CUNHA, A. P.; BRITO, S.; & MORAES, O. L. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, p. 1973-1985, 2017.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; & LACERDA, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. Recursos hídricos em regiões áridas e



semiáridas. In: **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas.**, Campina Grande – Paraíba, pp. 385-422. 2011.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P. M.; NOBRE, C. A.; NETO, G. G. R.; MAGALHAES, A. R.; TORRES, R. R.; SAMPAIO, G.; ALEXANDRE F.; ALVES, L. M.; CUARTAS, L. A.; DEUSDARÁ, K. R. L.; & ÁLVALA, R. C. Assessing drought in the drylands of northeast Brazil under regional warming exceeding 4° C. **Natural Hazards**, v. 103, n. 2, p. 2589-2611, 2020.

MARENGO, J. A.; SOARES, W. R. Caracterização do clima no Século XX e Cenários Climáticos no Brasil e na América do Sul para o Século XXI derivados dos Modelos Globais de Clima do IPCC. Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade. Brasília: SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS - SBF, 2007 (**Relatório Técnico (Ministério do Meio Ambiente)**).

MARQUES, T. V.; Mendesa K.; Mutti P.; Medeiros S.; Silva L.; Perez-Marinc, A. M.; Campos S.; Lúcio, P. S.; Lima K.; Reisa J do.; Ramos, T. M.; Silva, D. F. da.; Oliveira, C. P.; Costa, G. B.; Antonino, A. C.D.; Menezes, R.S.C.; Santos e Silva C. M.; Bezerra B. Environmental and biophysical controls of evapotranspiration from Seasonally Dry Tropical Forests (Caatinga) in the Brazilian Semiarid. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 287, p. 107957, 2020.

MARTINS, E. S. P. R.; MAGALHÃES, A. R.; FONTENELE, D. A seca plurianual de 2010-2017 no Nordeste e seus impactos. **Parcerias Estratégicas**, v. 22, n. 44, p. 17-40, 2017.

MATSUNAGA, W. K.; SALES, E. S. G.; JÚNIOR, G. C. A.; SILVA, M. T.; LACERDA, F. F.; DE PAIVA LIMA, E.; ... & DE BRITO, J. I. B. Application of ERA5-Land reanalysis data in zoning of climate risk for corn in the state of Bahia—Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, p. 1-19, 2023.

MECHOSO, C. R.; LYONS, S. W.; & SPAHR, J. A. The impact of sea surface temperature anomalies on the rainfall over northeast Brazil. **Journal of climate**, v. 3, n. 8, p. 812-826, 1990.

MEDEIROS, R. M. Método da classificação climática de Köppen e Thornthwaite aplicado ao município de Bom Jesus-PI, Brasil. **Brazilian Journal of Agroecology and Sustainability**, 2019.

MENCIA, F. P. H.; ZANCHI, F. B. & LOPES, E. R. N. Climatic characteristics and their implications among the pedological and topographical aspects of southern Bahia, Brazil. **Revista Brasileira de Climatologia**, 29. 2021.  
<http://dx.doi.org/10.5380/rbclima.v29i0.71108>

MESQUITA, P. S.; BURSZTYN, M. Food acquisition programs in the Brazilian semi-arid region: benefits to farmers and impacts of climate change. **Food Security**, v. 9, n. 5, p. 1041-1051, 2017.

MIDDLETON, N.; THOMAS, D. World Atlas of Desertification. London: UNEP, 1992.

MIDDLETON, N.; THOMAS, D. World Atlas of Desertification. London: UNEP, 1997.

- MONTEIRO, J. E. B. A. Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. 1. ed. Brasília: **INMET**, 2009. 530p.
- MORAES, R. A.; ROCHA, J. V.; LAMPARELLI, R. A. C. Determination of total accumulated rainfall, global radiation, evapotranspiration and degree-days originated from the ECMWF model to sugar cane crop. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 2, p. 322-331, 2014.
- MORAES, R. A.; ROCHA, J. V.; ROLIM, G.; LAMPARELLI, R. A. C.; MARTINS, M. Evaluation of 10-day period precipitation, maximum and minimum air temperature data from the ECMWF model in São Paulo state. **Brasilian Journal of Irrigation and Drainage**, v. 17, n. 3 p. 397- 407, 2012.
- MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal of the atmospheric sciences**, v. 38, n. 12, p. 2653-2675, 1981.
- MOURA, M. S. B. Bioma Caatinga: Precipitação e evaporação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2021. Disponível em: [embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/clima/precipitacao-evaporacao](http://embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/clima/precipitacao-evaporacao). Acessado em 10/11/2023.
- NASCIMENTO, T. S.; SARAIVA, J. M. B.; SENNA, R.; AGUIAR, F. E. O. Preenchimento de falhas em banco de dados pluviométricos com base em dados do CPC (Climate Prediction Center): estudo de caso do rio Solimões-Amazonas. **Revista Brasileira de Climatologia**, 7, 2010.
- NIMER, E. Climatologia da Região Norte. *Climatologia do Brasil*, p. 363-392, 1989.
- NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of climate**, v. 9, n. 10, p. 2464-2479, 1996.
- NYS, E. D.; ENGLE, Nathan. Living with the semi-arid and proactive drought management in Northeast Brazil: a new perspective. Washington, DC: **World Bank Group**. 2014.
- OLIVEIRA, A. P. B. & CASTRO, G. G. P. The precariousness of women's work in the Petrolina/Juazeiro Pole, located in the northeastern semiarid and the need for public policies as a way to mitigate inequalities. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, 8. 2021. <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.83.9>
- OLIVEIRA, M. B. L.; SANTOS, A. J.; MANZI, A. O.; ALVALÁ, R. D. S.; CORREIA, M. D. F.; & DE MOURA, M. S. B. Trocas de energia e fluxo de carbono entre a vegetação de caatinga e atmosfera no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, p. 378-386, 2006.
- PALARETTI, L; F.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) em regiões citrícolas paulistas. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 1, p. 38-47, 2014.

PAREDES, J. A.; BRAVO, M. A.; FERRADA, P. A. Evaluation of ERA5 Reanalysis and RCP 4.5 Climate Scenarios in the Hydrological Simulation of Chilean High Andes Catchments. **Water**, 12 (5). 2021. <https://doi.org/10.3390/w12051315>.

PEREIRA, M. L. T.; SOARES, M. P. A.; SILVA, E. A.; DE ASSUNÇÃO MONTENEGRO, A. A.; & DE SOUZA, W. M. Variabilidade climática no Agreste de Pernambuco e os desastres decorrentes dos extremos climáticos. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, p. 394-402, 2017.

POLZIN, D.; HASTENRATH, S. Climate of Brazil's Nordeste and Tropical Atlantic sector: preferred time scales of variability. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 2, p. 153-160, 2014.

POPOVA, Z.; KERCHEVA, M.; PEREIRA, L.S. Validation of the FAO methodology for computing  $ET_0$  with limited data. Application to South Bulgaria. **Irrigation and Drainage**. v. 55, n. 02, p. 201-215, 2006.

PROVISIONAL, W. M. O. Statement on the Status of the Global Climate in 2016. **WMO Press Release**, v. 15, p. 14, 2016.

REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. Barueri (SP): Manole, 1990.

RIBEIRO, S.K.; SANTOS, A.S. Mudanças Climáticas e Cidades. **Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas**. Rio de Janeiro, Brasil. 116 p, 2016.

ROCHA, L. H. D. S.; SILVA, D. F. D; KAYANO, M. T; BONFIM, O. E. T. Homogeneidade, Eventos Extremos e suas Causas Climáticas: Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, p. 199-212, 2022.

RODRIGUES, B. D.; COUTINHO, M. D. L.; SAKAMOTO, M. S.; JACINTO, L. V. Uma análise sobre as chuvas no Ceará baseada nos eventos de El Niño, La Niña e no Dipolo do Servain durante a estação chuvosa. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, p. 507-519, 2021. (DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v28i0.76238>).

RODRIGUES, L. G. Balanço hídrico e classificação climática segundo o método de Thornthwaite & Mather para Iguatu-CE. **Ciência e Sustentabilidade**, v. 7, n. 01, p. 240-263, 2023.

RODRIGUEZ, R. D.; SINGH, V. P.; PRUSKI, F. F.; & CALEGARIO, A. T. Using entropy theory to improve the definition of homogeneous regions in the semi-arid region of Brazil, **Hydrological Sciences Journal**, v. 7, p. 2096-2109. 2015.

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.

RUIZ, S.; A. G.; BARRIGA, J. E. C.; MARTÍNEZ, J. Alejandro. Wind power assessment in the Caribbean region of Colombia, using ten-minute wind observations and ERA5 data. **Renewable Energy**, v. 172, p. 158-176, 2021.

SALDANHA, C. B.; RADIN, B.; CARDOSO, M. A. G.; RIPPEL, M. L.; FONSECA, L. L. da; RODRIGUEZ, F. Comparação dos dados de precipitação gerados pelo GPCP VS

observados para o estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n.4, p. 415 – 422, 2015.

SALES, E. S. G.; MATSUNAGA, W. K.; NUNES, M. M. A. M.; BARACUY, J. H.; DA CUNHA CAMPOS, J. M. A.; & DE BRITO, J. I. B. Classificação de áreas semiáridas e subúmidas secas utilizando diferentes índices climáticos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 02, p. 479-491, 2021.

SAMBUICHI, R. H. R. & HARIDASAN, M. 2007. Recovery of species richness and conservation of native Atlantic forest trees in the cacao plantations of southern Bahia in Brazil. **Biodiversity and Conservation**, 16. 2007. <https://doi.org/10.1007/s10531-006-9017-x>.

SANTANA, A. S. de; SANTOS, G. R. dos. Impactos da seca de 2012-2017 na região semiárida do Nordeste: notas sobre a abordagem de dados quantitativos e conclusões qualitativas. In: **Boletim Regional, Urbano e Ambiental. Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada – IPEA**. 2020.

SANTOS, F. A. C. Estimativa dos fluxos de CO<sub>2</sub> e evapotranspiração em áreas de Caatinga em recuperação e degradada no estado da Paraíba. 2015. 124 f. 2015. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SCHMIDT, D. M.; Lima, K. C.; Jesus, E. dos S. Variabilidade climática da disponibilidade hídrica na região semiárida do estado do Rio Grande do Norte. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 3, p. 483-491. 2018.

SENA, J. P. O.; MELO, J. S.; LUCENA, D. B.; MELO, E. C. S. Comparação entre dados de chuva derivados do Climate Prediction Center e observados para a região do Cariri Paraibano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, p. 412-420, 2012.

SENTELHAS, P. C.; GILLESPIE, T. J.; SANTOS, E. A. Evaluation of FAO Penman-Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada. **Agricultural Water Management**. v. 97, n. 05, p. 635-644, 2010.

SENTELHAS, P. C.; SANTOS, D. L.; MACHADO, R. E. Water déficit and water surplus maps for Brazil, based on FAO Penman-Monteith potencial evapotranspiration. **Ambi-Água**, v.3, n.3, p.28-42, 2008.

SERVAIN, J. Simple climatic indices for the tropical Atlantic Ocean and some applications. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 96, n. C8, p. 15137-15146, 1991.

SHI, W.; HIGGINS, R. W.; YAROSH, E.; KOUSKY, V. E. The annual cycle and variability of precipitation in Brazil. **NCEP/Climate Prediction Center Atlas**, 9, 25. 2000.

SIEFERT, C. A. C.; DOMBROWSKI NETTO, N.; MARANGON, F. H. S.; SCHULTZ, G. B.; SILVA, L. M. D. R.; FONTENELLE, T. H.; & SANTOS, I. D. Avaliação de Séries de Velocidade do Vento de Produtos de Reanálises Climáticas para o Brasil. **Revista**

**Brasileira de Meteorologia**, 36, 689-701. 2021. <https://doi.org/10.1590/0102-7786360026>.

SILVA, A. P. N.; LIMA, F. J. L.; SILVA, A. O.; MOURA, G. B. A. Valores efetivos de precipitação pluvial para manejo da irrigação na cana-de-açúcar em Goiana, Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.4, p.585-591, 2010.

SILVA, G. R. Características de Vento da Região Nordeste: análise, modelagem e aplicações para projetos de centrais eólicas. 2003. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

SILVA, J. R. I.; SOUZA, R. M. S.; SANTOS, W. A.; DE ALMEIDA, A. Q.; DE SOUZA, E. S.; & ANTONINO, A. C. D. Aplicação do método de Budyko para modelagem do balanço hídrico no semiárido brasileiro. **Scientia Plena**, v. 13, n. 10, 2017.

SILVA, M. E. S.; SANTOS, T. A.; MARENGO, J. A.; & CORREA, D. S. A Comparative Analysis of GCM and RCM Projections of Precipitation Extremes over Northeast Brazil. **Water**, 12(7). 2020. <https://doi.org/10.3390/w12071985>.

SILVA, V. B.; KOUSKY, V. E.; SHI, W.; HIGGINS, R.W. An improved gridded historical daily precipitation analysis for Brazil. **Journal of Hydrometeorology**, 8(4), 847-861, 2007.

SIMÕES, Y. S.; SILVA, E. H. B. C. & ARAÚJO, H. A. Rainfall zoning of Bahia State, Brazil: an update proposal. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, 13. 2017. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2171>.

STÖCKLE, C.O.; KJELGAARD, J.; BELLOCHI, G. Evaluation of estimates weather data for calculating Penman–Monteith reference crop evapotranspiration, Slough, **Irrigation Science**, n. 23, p. 39–46, 2004.

STÜKER, E.; SCHUSTER, C. H.; SCHUSTER, J. J.; CAETANO SANTOS, D.; MEDEIROS, L. E.; DENARDIN COSTA, F.; & SCREMIN PUHALES, F. Comparação Entre Os Dados De Vento Das Reanálises Meteorológicas Era-Interim E Cfsr Com Os Dados Das Estações Automáticas Do Inmet No Rio Grande Do Sul. **Ciência e Natura**, v. 38, p. 284, 2016.

SUDENE. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. 2021. Disponível em:< <https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/02semiaridorelatorionv.pdf>. Acessado em 19/03/2022.

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

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Publication in Climatology, Laboratory of Climatology, **Centerton**, v. 8, n.1. 1955.

TOMASELLA, J.; ROSSATO, L. Balanço Hídrico. Tópicos em Meio Ambiente e Ciências Atmosféricas. **INPE. São José dos Campos**, 2005.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. de O. Introdução à Climatologia. São Paulo: **Cengage Learning**, 2016. p. 97.

UNEP. United Nations Environment Programme. World Atlas of Desertification. Londres: **UNEP/Edward Arnold**, 1992. 69 p.

VANELLA, D.; LONGO-MINNOLO, G.; BELFIORE, O. R.; RAMÍREZ-CUESTA, J. M.; PAPPALARDO, S.; CONSOLI, S.; ... & GANDOLFI, C. Comparing the use of ERA5 reanalysis dataset and ground-based agrometeorological data under different climates and topography in Italy. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 42, 101182. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101182>.

VAREJÃO SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**, 2ª edição, Pax gráfica e editora, p. 532, Brasília – DF, 2001.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa UFV: Imprensa Universitária, 2000. 449p.

WIDMOSER, P. A discussion on and alternative to the Penman–Monteith equation. **Agricultural Water Management**, v. 96, n. 4, p. 711-721, 2009.

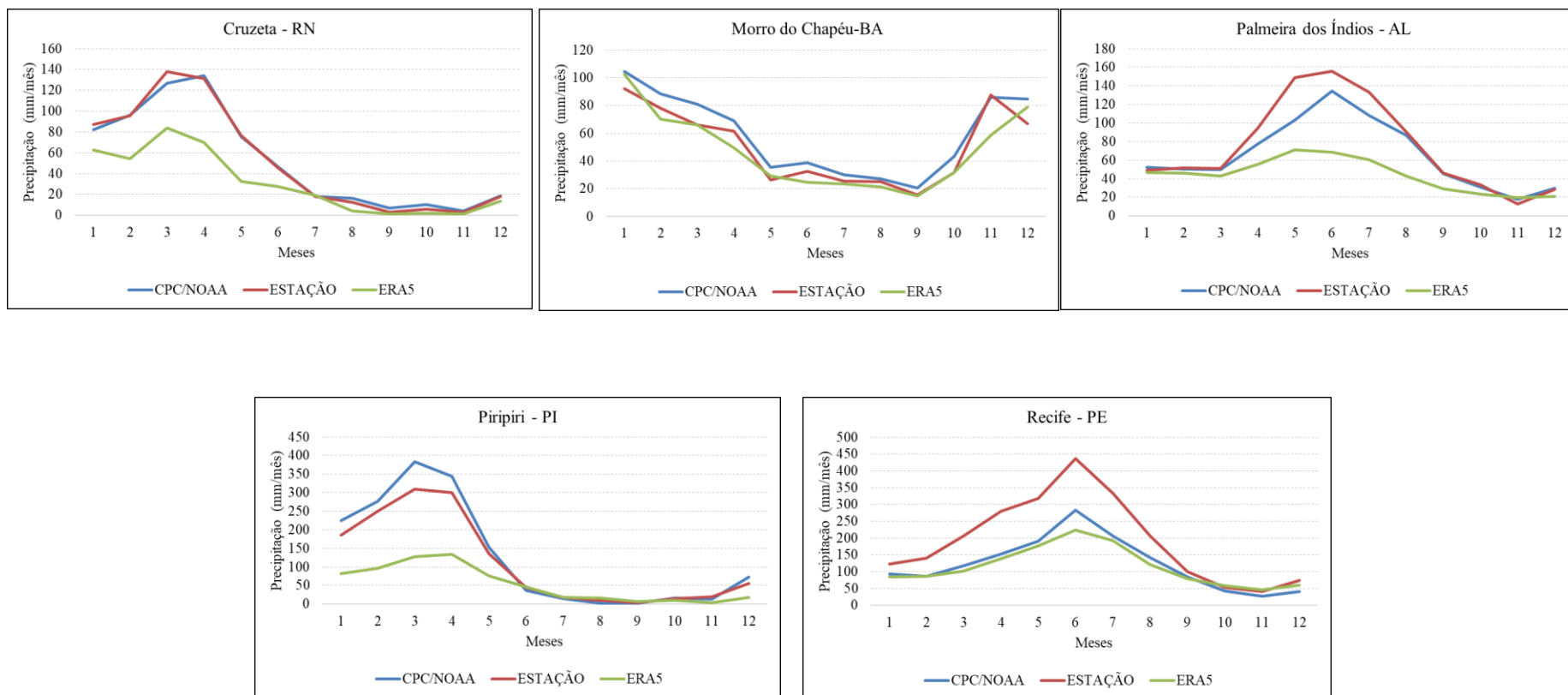
WULDER, M. A.; LOVELAND, T. R.; ROY, D. P.; CRAWFORD, C. J.; MASEK, J. G.; WOODCOCK, C. E.; ... & ZHU, Z. *Current status of Landsat program, science, and applications*. **Remote Sensing of Environment**, 225, 127-147. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.015>.

ZHU, Z.; WULDER, M. A.; ROY, D. P.; WOODCOCK, C. E.; HANSEN, M. C.; RADELOFF, V. C.; ... & SCAMBOS, T. A. *Benefits of the free and open Landsat data policy*. **Remote Sensing of Environment**, 224, 382-385. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.01.016>.

# APÊNDICES

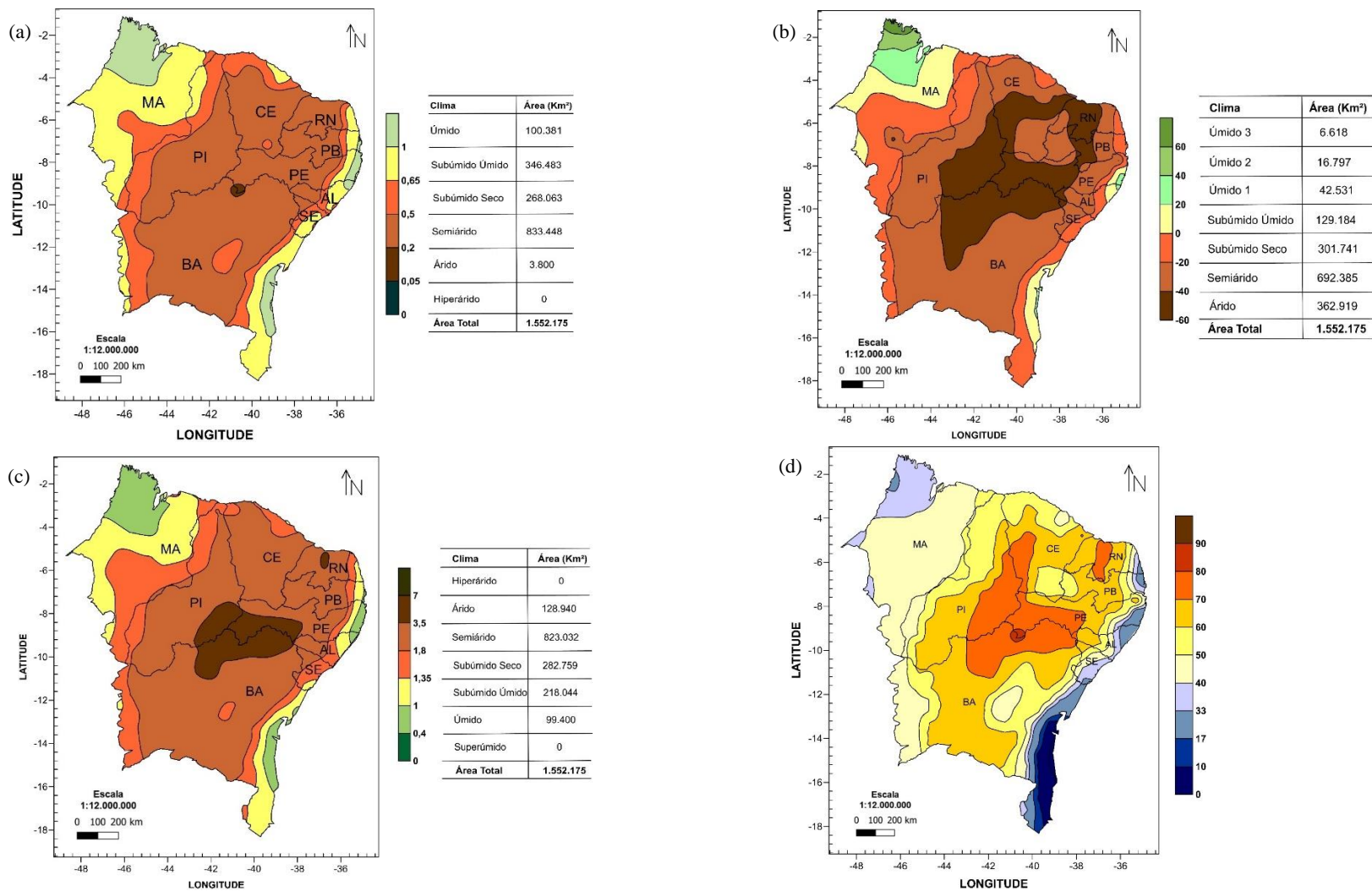
Na Figura 1A, é possível visualizar o comportamento da precipitação quando comparada as três diferentes fontes de dados, ERA5-Land, CPC/NOAA e Estação Meteorológica (INMET) para as cinco localidades citadas na área de estudo.

**Figura A1** - Normal Climatológica da precipitação mensal (mm) (2000-2016), do, para os municípios de Cruzeta/RN, Morro do Chapéu/BA, Palmeira dos Índios/AL, Piripiri/PI e Recife/PE.

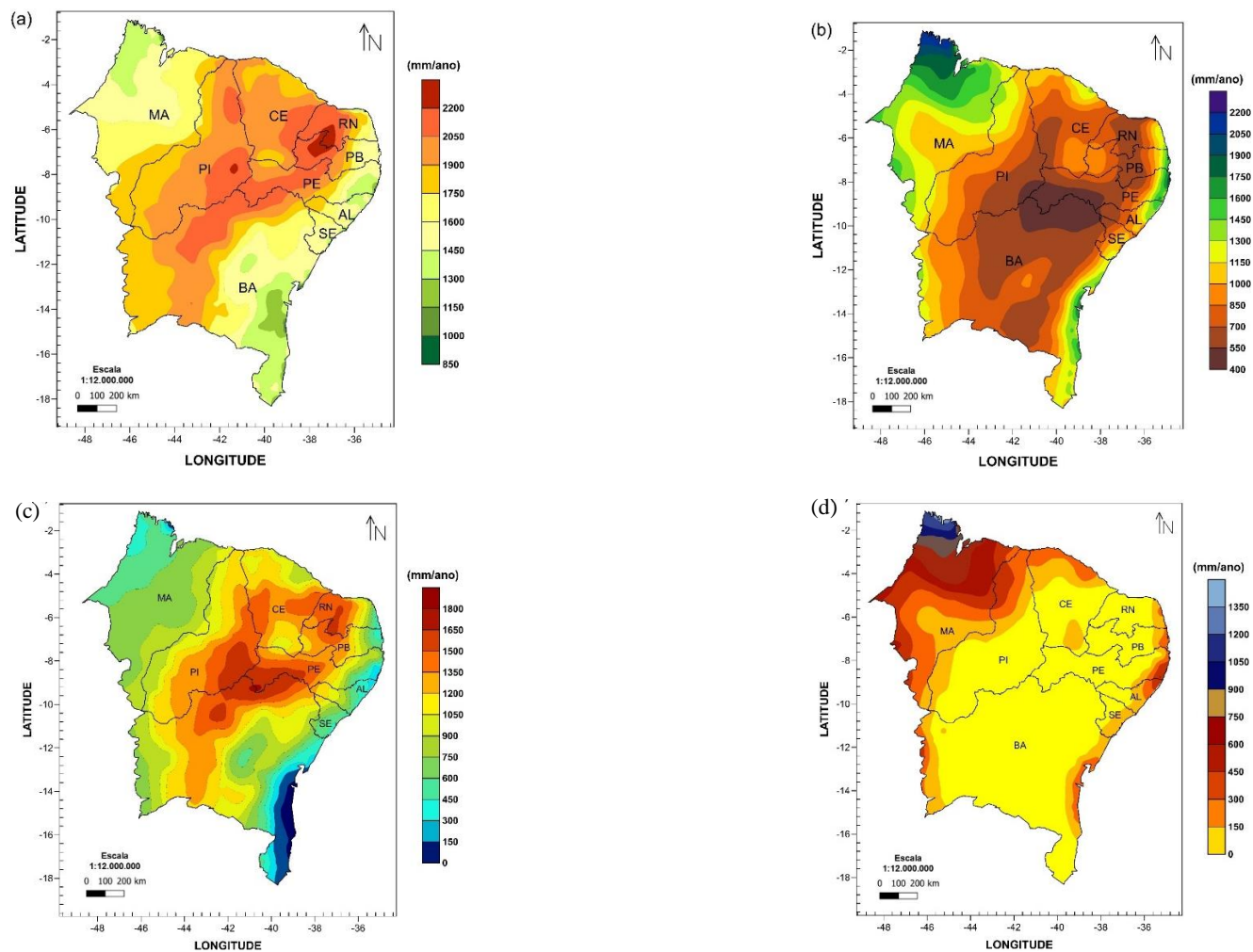




**Figura A2 - Classificação climática para o Nordeste Brasileiro de acordo com o  $I_{aUNEP}$  (a),  $I_m$  (b),  $I_{ab}$  (c),  $I_a$  (d), respectivamente.**



**Figura A3 - Configuração espacial no NEB: (a) de  $ET_0$ , (b) precipitação, excedente (c) e déficit hídrico (d), ambas em (mm/ano), respectivamente.**



Nas tabelas A1 – A2 são apresentados os parâmetros estatísticos mensais e decendiais da validação dos dados de reanálises e estações meteorológicas, para as variáveis de precipitação, temperatura e velocidade do vento dos municípios escolhidos para validação, para o período de 2000-2016.

**Tabela A1 - Parâmetros Estatísticos mensais das variáveis, precipitação, temperatura e velocidade do vento.**

CRUZETA-RN												
MESES	PRECIPITAÇÃO				TEMPERATURA				VELOCIDADE DO VENTO			
	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE
JANEIRO	19,17	107,17	27,62	28,46	0,53	1,86	0,62	0,64	0,42	13,47	0,49	0,51
FEVEREIRO	20,72	24,10	27,34	28,18	0,48	1,70	0,53	0,55	0,30	10,58	0,38	0,40
MARÇO	40,26	25,53	70,22	72,38	0,38	1,36	0,49	0,50	0,36	15,56	0,40	0,41
ABRIL	29,62	39,05	38,85	40,05	0,42	1,55	0,49	0,50	0,27	11,77	0,34	0,35
MAIO	29,77	44,99	38,64	39,83	0,43	1,61	0,51	0,52	0,40	17,65	0,48	0,49
JUNHO	30,45	69,29	50,26	51,80	0,44	1,66	0,53	0,55	0,55	20,78	0,60	0,62
JULHO	10,01	-	19,60	20,20	0,66	2,53	0,77	0,80	0,45	15,00	0,50	0,52
AGOSTO	8,88	-	16,03	16,52	0,64	2,42	0,71	0,73	0,31	9,12	0,37	0,38
SETEMBRO	6,08	-	17,48	18,02	0,46	1,67	0,50	0,51	0,27	7,59	0,32	0,33
OUTUBRO	9,15	-	25,07	25,84	0,45	1,61	0,50	0,51	0,21	5,84	0,25	0,25
NOVEMBRO	2,33	-	4,78	4,93	0,45	1,58	0,48	0,50	0,18	5,18	0,23	0,24
DEZEMBRO	10,98	-	15,05	15,51	0,57	1,98	0,62	0,64	0,13	3,85	0,17	0,17
MORRO DO CHAPÉU-BA												
MESES	PRECIPITAÇÃO				TEMPERATURA				VELOCIDADE DO VENTO			
	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE
JANEIRO	22,70	96,96	31,29	32,26	0,35	1,59	0,38	0,40	0,36	15,45	0,45	0,46
FEVEREIRO	29,22	87,07	42,43	43,74	0,31	1,39	0,38	0,39	0,28	11,89	0,35	0,36
MARÇO	27,44	105,04	32,77	33,77	0,29	1,27	0,35	0,37	0,28	12,25	0,36	0,37
ABRIL	22,61	170,85	28,54	29,42	0,28	1,32	0,36	0,37	0,22	9,00	0,27	0,27

<b>MAIO</b>	9,61	35,63	14,46	14,90	0,30	1,47	0,36	0,37	0,21	8,37	0,25	0,26
<b>JUNHO</b>	9,91	34,51	12,81	13,21	0,42	2,26	0,46	0,48	0,09	3,19	0,13	0,13
<b>JULHO</b>	4,89	21,82	6,67	6,87	0,32	1,76	0,35	0,36	0,08	3,14	0,10	0,11
<b>AGOSTO</b>	7,56	38,48	9,93	10,23	0,27	1,50	0,31	0,32	0,12	4,26	0,14	0,15
<b>SETEMBRO</b>	9,26	75,44	14,49	14,94	0,43	2,16	0,49	0,50	0,14	4,77	0,21	0,21
<b>OUTUBRO</b>	13,13	-	21,71	22,37	0,50	2,34	0,57	0,59	0,14	5,60	0,20	0,21
<b>NOVEMBRO</b>	27,52	208,36	33,86	34,90	0,46	2,10	0,54	0,56	0,20	8,29	0,25	0,25
<b>DEZEMBRO</b>	24,66	183,30	30,94	31,89	0,37	1,63	0,47	0,48	0,27	11,72	0,35	0,36
<b>PALMEIRA DOS ÍNDIOS-AL</b>												
<b>MESES</b>	<b>PRECIPITAÇÃO</b>				<b>TEMPERATURA</b>				<b>VELOCIDADE DO VENTO</b>			
	<b>EMA</b>	<b>EMP</b>	<b>REQM</b>	<b>EPE</b>	<b>EMA</b>	<b>EMP</b>	<b>REQM</b>	<b>EPE</b>	<b>EMA</b>	<b>EMP</b>	<b>REQM</b>	<b>EPE</b>
<b>JANEIRO</b>	7,73	86,41	9,85	10,15	1,03	3,91	1,07	1,10	0,72	26,61	0,74	0,77
<b>FEVEREIRO</b>	22,69	68,12	33,86	34,90	1,09	4,11	1,14	1,18	0,62	24,77	0,68	0,70
<b>MARÇO</b>	25,78	80,79	34,19	35,24	1,27	4,74	1,31	1,35	0,67	29,05	0,72	0,74
<b>ABRIL</b>	26,20	31,11	34,14	35,20	1,10	4,26	1,14	1,18	0,45	25,23	0,48	0,49
<b>MAIO</b>	49,35	32,70	68,38	70,48	1,04	4,22	1,06	1,09	0,24	17,28	0,35	0,36
<b>JUNHO</b>	41,79	26,79	50,02	51,56	0,89	3,85	0,92	0,95	0,28	23,15	0,37	0,39
<b>JULHO</b>	28,66	21,52	35,07	36,15	0,97	4,34	0,99	1,02	0,30	23,54	0,38	0,39
<b>AGOSTO</b>	15,76	19,70	19,90	20,51	1,00	4,49	1,02	1,05	0,20	12,85	0,27	0,28
<b>SETEMBRO</b>	15,68	39,83	21,52	22,18	0,93	4,00	0,95	0,98	0,30	14,88	0,38	0,40
<b>OUTUBRO</b>	7,69	76,56	11,28	11,63	0,96	3,87	0,98	1,01	0,52	18,79	0,56	0,58
<b>NOVEMBRO</b>	6,43	-	12,22	12,59	1,04	4,01	1,06	1,09	0,82	26,06	0,84	0,87
<b>DEZEMBRO</b>	14,15	-	20,15	20,77	1,05	3,98	1,08	1,11	0,77	26,33	0,79	0,81
<b>PIRIPIRI-PI</b>												
<b>MESES</b>	<b>PRECIPITAÇÃO</b>				<b>TEMPERATURA</b>				<b>VELOCIDADE DO VENTO</b>			
	<b>EMA</b>	<b>EMP</b>	<b>REQM</b>	<b>EPE</b>	<b>EMA</b>	<b>EMP</b>	<b>REQM</b>	<b>EPE</b>	<b>EMA</b>	<b>EMP</b>	<b>REQM</b>	<b>EPE</b>
<b>JANEIRO</b>	112,45	67,42	128,92	132,89	0,44	1,59	0,56	0,58	0,63	44,22	0,66	0,68
<b>FEVEREIRO</b>	155,87	61,65	174,05	179,41	0,29	1,08	0,41	0,42	0,56	44,96	0,58	0,59

<b>MARÇO</b>	184,61	55,84	214,04	220,63	0,34	1,26	0,52	0,53	0,55	49,12	0,56	0,58
<b>ABRIL</b>	165,66	55,04	197,75	203,83	0,22	0,85	0,26	0,27	0,46	45,23	0,48	0,49
<b>MAIO</b>	61,83	50,65	78,33	80,74	0,40	1,49	0,62	0,64	0,24	21,65	0,29	0,30
<b>JUNHO</b>	36,92	144,31	49,62	51,15	0,85	3,17	1,03	1,06	0,42	34,31	0,49	0,51
<b>JULHO</b>	13,16	714,88	17,80	18,35	1,35	4,96	1,44	1,49	0,54	37,53	0,59	0,61
<b>AGOSTO</b>	13,81	-	18,82	19,40	1,73	6,21	1,76	1,81	0,45	25,53	0,50	0,52
<b>SETEMBRO</b>	8,24	-	17,15	17,68	1,92	6,70	1,94	2,00	0,25	13,57	0,31	0,32
<b>OUTUBRO</b>	14,48	-	22,33	23,02	1,74	5,95	1,77	1,83	0,31	15,89	0,38	0,39
<b>NOVEMBRO</b>	18,43	148,22	28,46	29,34	1,71	5,82	1,75	1,80	0,35	17,86	0,43	0,44
<b>DEZEMBRO</b>	42,39	184,45	79,50	81,95	1,11	3,83	1,22	1,26	0,54	28,79	0,61	0,63
<b>RECIFE-PE</b>												
MESES	PRECIPITAÇÃO				TEMPERATURA				VELOCIDADE DO VENTO			
	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE
<b>JANEIRO</b>	40,40	35,86	54,43	56,10	0,66	2,44	0,68	0,71	0,96	57,86	1,00	1,03
<b>FEVEREIRO</b>	58,81	41,70	78,85	81,27	0,73	2,67	0,75	0,77	0,92	58,13	1,00	1,03
<b>MARÇO</b>	89,63	42,47	107,54	110,85	0,64	2,37	0,67	0,70	0,87	59,66	0,95	0,97
<b>ABRIL</b>	127,13	45,28	145,78	150,26	0,50	1,87	0,52	0,54	1,05	81,41	1,09	1,13
<b>MAIO</b>	127,61	38,82	156,18	160,99	0,49	1,92	0,54	0,55	1,33	114,17	1,38	1,43
<b>JUNHO</b>	153,88	35,21	168,02	173,19	0,51	2,05	0,54	0,56	1,66	135,15	1,70	1,75
<b>JULHO</b>	126,90	38,11	136,27	140,46	0,58	2,38	0,60	0,62	1,83	136,04	1,87	1,93
<b>AGOSTO</b>	65,34	33,09	70,41	72,58	0,64	2,61	0,71	0,73	1,77	114,84	1,82	1,87
<b>SETEMBRO</b>	41,52	51,19	56,57	58,31	0,87	3,45	0,88	0,91	1,52	85,27	1,58	1,63
<b>OUTUBRO</b>	25,32	118,52	38,36	39,54	0,81	3,10	0,84	0,87	1,28	67,21	1,32	1,36
<b>NOVEMBRO</b>	15,09	38,38	17,68	18,22	0,78	2,90	0,80	0,82	1,16	62,71	1,20	1,23
<b>DEZEMBRO</b>	35,47	46,93	44,80	46,18	0,75	2,78	0,79	0,82	1,08	59,46	1,12	1,15

Erro Percentual Absoluto Médio - MAPE, o Erro Absoluto Médio – MAE, Raiz do Erro Quadrático Médio – REQM, o Erro Padrão de Estimativa – SES.

**Tabela A2 - Parâmetros Estatísticos decendiais das variáveis, precipitação, temperatura e velocidade do vento.**

CRUZETA-RN												
DECÊNDIOS	PRECIPITAÇÃO				TEMPERATURA				VELOCIDADE DO VENTO			
	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE
J1	10,21	-	16,65	17,16	0,43	1,50	0,55	0,57	0,46	13,25	0,57	0,59
J2	8,84	-	16,32	16,83	0,50	1,76	0,60	0,62	0,44	15,01	0,50	0,52
J3	11,71	-	15,31	15,78	0,69	2,48	0,81	0,84	0,43	15,89	0,54	0,56
F1	7,11	-	11,75	12,11	0,60	2,11	0,74	0,76	0,36	11,22	0,43	0,44
F2	16,28	-	26,73	27,56	0,39	1,39	0,45	0,46	0,28	12,22	0,36	0,37
F3	10,66	-	19,39	19,99	2,67	9,54	3,01	3,10	0,48	18,15	0,62	0,64
M1	12,34	-	18,93	19,52	0,43	1,54	0,52	0,53	0,38	15,20	0,45	0,47
M2	31,48	-	51,41	52,99	0,48	1,74	0,57	0,58	0,36	16,47	0,43	0,44
M3	19,44	333,62	25,51	26,29	0,55	2,02	0,69	0,71	0,47	21,85	0,55	0,57
A1	21,60	569,54	27,10	27,94	0,56	2,07	0,70	0,72	0,36	16,59	0,48	0,50
A2	20,83	123,99	28,15	29,02	0,42	1,56	0,51	0,52	0,33	14,97	0,39	0,40
A3	18,30	-	30,33	31,27	0,44	1,62	0,52	0,54	0,33	15,76	0,42	0,43
MA1	19,46	-	29,50	30,40	0,44	1,63	0,56	0,58	0,30	14,06	0,39	0,40
MA2	13,55	-	17,27	17,81	0,50	1,84	0,58	0,59	0,50	23,08	0,62	0,64
MA3	11,30	-	14,65	15,10	0,49	1,84	0,65	0,67	0,45	19,52	0,56	0,58
J1	15,39	-	25,68	26,47	0,33	1,26	0,45	0,47	0,51	19,90	0,59	0,61
J2	15,65	-	23,33	24,05	0,51	1,94	0,66	0,68	0,52	20,18	0,60	0,61
J3	8,39	-	16,07	16,57	0,63	2,45	0,72	0,74	0,58	21,71	0,64	0,66
JL1	4,59	-	6,26	6,45	0,61	2,37	0,76	0,78	0,51	17,81	0,60	0,61
JL2	6,96	-	16,29	16,79	0,65	2,49	0,77	0,79	0,51	17,73	0,54	0,56
JL3	5,40	-	13,10	13,50	0,64	2,47	0,76	0,78	0,37	11,86	0,46	0,47
A1	1,37	-	2,76	2,84	0,64	2,43	0,73	0,75	0,36	11,09	0,42	0,44
A2	4,71	-	8,55	8,81	0,67	2,54	0,73	0,75	0,26	7,34	0,32	0,33

A3	5,43	-	14,47	14,91	0,56	2,07	0,60	0,62	0,35	10,81	0,45	0,46
S1	3,77	-	9,41	9,70	0,44	1,64	0,52	0,54	0,35	9,84	0,40	0,41
S2	2,57	-	8,18	8,43	0,48	1,77	0,53	0,54	0,23	6,23	0,28	0,29
S3	0,32	-	0,99	1,02	0,38	1,35	0,42	0,44	0,27	7,44	0,33	0,34
O1	6,43	-	24,24	24,99	0,39	1,38	0,44	0,45	0,23	6,12	0,27	0,28
O2	0,30	-	0,76	0,78	0,45	1,59	0,52	0,54	0,30	8,22	0,36	0,38
O3	2,52	-	6,32	6,51	0,38	1,35	0,44	0,45	0,21	5,77	0,24	0,25
N1	0,65	-	1,51	1,56	0,44	1,53	0,53	0,54	0,35	10,60	0,41	0,42
N2	0,64	-	2,16	2,23	0,27	0,96	0,37	0,38	0,40	11,13	0,48	0,50
N3	2,20	-	4,78	4,92	0,41	1,42	0,46	0,48	0,21	6,29	0,24	0,25
D1	6,77	-	14,01	14,44	0,36	1,25	0,39	0,40	0,16	4,92	0,23	0,23
D2	2,91	-	4,14	4,26	0,60	2,09	0,69	0,71	0,21	6,55	0,24	0,24
D3	5,97	-	9,65	9,94	0,57	1,98	0,68	0,70	0,20	6,13	0,26	0,26
<b>MORRO DO CHAPÉU - BA</b>												
<b>DECÊNDIOS</b>	<b>PRECIPITAÇÃO</b>				<b>TEMPERATURA</b>				<b>VELOCIDADE DO VENTO</b>			
	<b>EMA</b>	<b>EMP</b>	<b>REQM</b>	<b>EPE</b>	<b>EMA</b>	<b>EMP</b>	<b>REQM</b>	<b>EPE</b>	<b>EMA</b>	<b>EMP</b>	<b>REQM</b>	<b>EPE</b>
J1	9,27	-	12,61	13,00	0,50	2,24	0,58	0,60	0,40	15,97	0,53	0,55
J2	13,59	-	23,48	24,20	0,42	1,92	0,47	0,49	0,44	19,47	0,57	0,59
J3	10,53	-	16,30	16,80	0,51	2,27	0,57	0,59	0,36	16,08	0,44	0,46
F1	14,53	-	21,60	22,27	0,45	2,01	0,54	0,56	0,36	15,90	0,43	0,44
F2	10,55	-	17,92	18,48	0,38	1,70	0,47	0,49	0,35	15,20	0,46	0,48
F3	13,80	-	22,39	23,08	1,68	7,54	1,96	2,02	0,51	21,81	0,60	0,61
M1	6,68	-	10,03	10,34	0,28	1,22	0,42	0,43	0,27	12,28	0,38	0,39
M2	8,46	-	12,28	12,66	0,34	1,51	0,43	0,45	0,36	16,22	0,45	0,46
M3	21,14	183,78	27,85	28,70	0,34	1,53	0,42	0,43	0,31	13,40	0,40	0,41
A1	16,18	-	22,99	23,69	0,29	1,30	0,42	0,43	0,32	14,34	0,37	0,38
A2	8,07	-	13,65	14,07	0,42	1,97	0,46	0,48	0,25	9,89	0,32	0,33
A3	12,06	-	20,33	20,96	0,41	1,98	0,48	0,49	0,20	8,08	0,27	0,27

MA1	5,57	68,88	7,17	7,40	0,40	1,96	0,53	0,54	0,22	8,67	0,25	0,26
MA2	4,48	50,31	7,53	7,77	0,43	2,17	0,47	0,48	0,23	9,18	0,28	0,29
MA3	2,66	-	3,13	3,22	0,35	1,76	0,41	0,42	0,25	10,60	0,31	0,32
J1	7,35	-	9,45	9,74	0,57	3,04	0,65	0,67	0,19	7,07	0,27	0,27
J2	4,16	59,58	5,97	6,15	0,51	2,77	0,56	0,58	0,17	6,44	0,20	0,20
J3	5,28	62,21	5,98	6,17	0,43	2,37	0,47	0,49	0,11	3,97	0,16	0,16
JL1	3,26	40,58	4,15	4,27	0,42	2,35	0,49	0,50	0,14	5,34	0,18	0,18
JL2	3,88	54,50	5,92	6,10	0,38	2,10	0,42	0,44	0,15	5,90	0,18	0,18
JL3	3,01	58,57	3,69	3,80	0,22	1,28	0,27	0,28	0,14	5,41	0,17	0,18
A1	3,20	-	4,85	5,00	0,30	1,67	0,34	0,35	0,15	5,26	0,17	0,18
A2	3,10	-	4,30	4,43	0,35	1,93	0,39	0,40	0,16	5,46	0,19	0,19
A3	4,33	177,45	6,51	6,71	0,22	1,15	0,28	0,29	0,23	8,60	0,27	0,28
S1	3,84	-	6,22	6,41	0,33	1,71	0,40	0,41	0,12	4,29	0,20	0,21
S2	4,99	-	9,06	9,34	0,42	2,16	0,48	0,50	0,19	6,52	0,25	0,25
S3	2,75	-	4,64	4,79	0,53	2,57	0,56	0,58	0,21	8,06	0,28	0,28
O1	7,23	-	16,90	17,42	0,47	2,21	0,56	0,58	0,19	7,30	0,25	0,26
O2	6,49	-	14,27	14,71	0,48	2,28	0,57	0,59	0,17	6,61	0,21	0,21
O3	10,16	-	14,63	15,08	0,52	2,40	0,60	0,62	0,27	11,11	0,36	0,37
N1	13,69	-	22,61	23,31	0,88	4,07	1,14	1,18	0,50	19,01	0,65	0,67
N2	8,07	-	18,69	19,27	0,89	4,02	1,16	1,20	0,41	17,24	0,55	0,57
N3	13,24	-	19,84	20,45	0,52	2,37	0,62	0,64	0,28	12,02	0,33	0,34
D1	14,77	-	21,46	22,12	0,44	1,92	0,58	0,60	0,30	13,96	0,36	0,38
D2	9,07	-	12,69	13,08	0,43	1,95	0,55	0,57	0,40	18,09	0,48	0,49
D3	10,07	-	16,33	16,84	0,44	1,97	0,57	0,58	0,28	12,55	0,39	0,40
<b>PALMEIRA DOS ÍNDIOS - AL</b>												
<b>DECÊNDIOS</b>	<b>PRECIPITAÇÃO</b>				<b>TEMPERATURA</b>				<b>VELOCIDADE DO VENTO</b>			
	<b>EMA</b>	<b>EMP</b>	<b>REQM</b>	<b>EPE</b>	<b>EMA</b>	<b>EMP</b>	<b>REQM</b>	<b>EPE</b>	<b>EMA</b>	<b>EMP</b>	<b>REQM</b>	<b>EPE</b>
<b>J1</b>	5,27	-	12,27	12,65	0,94	3,55	1,02	1,05	0,78	27,36	0,80	0,82



<b>J2</b>	9,44	-	16,53	17,04	1,09	4,12	1,13	1,17	0,70	27,29	0,73	0,75
<b>J3</b>	9,53	-	14,91	15,37	1,07	4,08	1,12	1,16	0,71	25,77	0,77	0,79
<b>F1</b>	7,11	-	14,55	15,00	1,03	3,86	1,09	1,12	0,60	22,27	0,69	0,71
<b>F2</b>	12,63	-	16,42	16,92	1,13	4,27	1,20	1,24	0,67	27,07	0,73	0,76
<b>F3</b>	15,45	-	30,95	31,90	3,11	11,73	3,34	3,45	0,81	33,65	0,88	0,91
<b>M1</b>	8,56	-	10,80	11,13	1,25	4,68	1,33	1,37	0,71	30,66	0,81	0,83
<b>M2</b>	13,75	-	22,97	23,68	1,29	4,81	1,34	1,38	0,70	29,42	0,76	0,78
<b>M3</b>	13,89	-	25,95	26,75	1,25	4,69	1,32	1,36	0,64	32,38	0,68	0,70
<b>A1</b>	9,82	-	13,36	13,77	1,11	4,20	1,17	1,21	0,52	26,63	0,56	0,58
<b>A2</b>	18,99	-	28,06	28,92	1,10	4,23	1,15	1,19	0,48	30,11	0,53	0,55
<b>A3</b>	12,46	-	24,94	25,70	1,00	3,92	1,05	1,08	0,37	20,53	0,45	0,46
<b>MA1</b>	18,12	45,21	22,96	23,67	1,02	4,09	1,06	1,09	0,29	21,47	0,41	0,42
<b>MA2</b>	21,53	-	34,64	35,71	1,00	4,06	1,04	1,07	0,29	20,77	0,36	0,37
<b>MA3</b>	20,91	80,22	29,34	30,24	1,04	4,28	1,06	1,10	0,29	22,63	0,41	0,42
<b>J1</b>	15,99	31,71	23,39	24,11	0,82	3,44	0,88	0,91	0,28	23,69	0,37	0,38
<b>J2</b>	21,04	38,69	29,13	30,02	0,84	3,64	0,87	0,90	0,28	23,85	0,38	0,39
<b>J3</b>	15,87	27,33	19,72	20,33	0,93	4,08	0,96	0,99	0,34	29,38	0,46	0,48
<b>JL1</b>	16,42	40,08	20,28	20,91	0,94	4,17	1,00	1,03	0,35	31,55	0,46	0,48
<b>JL2</b>	16,26	34,54	24,72	25,48	0,96	4,27	0,98	1,01	0,29	27,24	0,39	0,40
<b>JL3</b>	17,13	37,19	22,38	23,07	0,97	4,37	0,99	1,02	0,31	22,75	0,40	0,41
<b>A1</b>	12,68	62,18	15,88	16,37	1,04	4,70	1,05	1,09	0,29	20,97	0,37	0,39
<b>A2</b>	10,03	31,56	14,72	15,17	1,02	4,62	1,04	1,08	0,27	16,55	0,32	0,33
<b>A3</b>	7,70	37,26	10,84	11,18	0,99	4,37	1,05	1,08	0,18	11,06	0,28	0,28
<b>S1</b>	7,71	38,17	11,62	11,98	0,99	4,35	1,03	1,07	0,29	16,21	0,39	0,40
<b>S2</b>	7,90	-	10,94	11,28	0,98	4,23	1,01	1,04	0,30	16,29	0,40	0,41
<b>S3</b>	5,55	-	11,23	11,58	0,92	3,86	0,96	0,99	0,44	19,67	0,51	0,53
<b>O1</b>	3,26	-	5,90	6,08	0,85	3,52	0,88	0,90	0,45	17,05	0,51	0,52
<b>O2</b>	4,71	-	7,11	7,33	1,02	4,16	1,05	1,08	0,48	17,27	0,55	0,56

<b>O3</b>	3,19	-	4,47	4,61	1,09	4,29	1,11	1,15	0,69	22,95	0,73	0,75
<b>N1</b>	2,84	-	4,43	4,57	0,80	3,10	0,99	1,02	0,74	24,21	0,79	0,81
<b>N2</b>	3,84	-	9,77	10,07	0,91	3,51	1,06	1,09	0,79	25,11	0,83	0,86
<b>N3</b>	1,43	-	2,43	2,50	1,08	4,13	1,10	1,13	0,85	26,15	0,90	0,93
<b>D1</b>	5,91	-	13,76	14,18	1,05	3,93	1,08	1,12	0,84	27,97	0,88	0,91
<b>D2</b>	4,72	-	8,70	8,97	1,12	4,23	1,16	1,19	0,79	27,19	0,82	0,84
<b>D3</b>	8,33	-	13,67	14,09	1,00	3,82	1,07	1,10	0,72	25,56	0,76	0,78
<b>PIRIPIRI - PI</b>												
<b>DECÊNDIOS</b>	<b>PRECIPITAÇÃO</b>				<b>TEMPERATURA</b>				<b>VELOCIDADE DO VENTO</b>			
	<b>EMA</b>	<b>EMP</b>	<b>REQM</b>	<b>EPE</b>	<b>EMA</b>	<b>EMP</b>	<b>REQM</b>	<b>EPE</b>	<b>EMA</b>	<b>EMP</b>	<b>REQM</b>	<b>EPE</b>
<b>J1</b>	11,95	28,58	16,44	16,94	0,74	2,67	0,97	1,00	0,67	44,75	0,73	0,75
<b>J2</b>	17,07	42,29	29,08	29,98	0,55	1,99	0,73	0,75	0,59	41,35	0,66	0,68
<b>J3</b>	27,87	46,49	39,81	41,03	0,53	1,93	0,73	0,75	0,64	46,94	0,67	0,69
<b>F1</b>	15,24	836,37	27,93	28,79	0,49	1,77	0,60	0,62	0,57	41,53	0,63	0,65
<b>F2</b>	28,30	30,42	40,81	42,06	0,33	1,24	0,44	0,45	0,61	50,08	0,64	0,66
<b>F3</b>	15,51	24,07	26,70	27,52	2,07	7,84	2,38	2,45	0,54	48,17	0,58	0,59
<b>M1</b>	31,40	285,21	42,91	44,23	0,45	1,62	0,78	0,80	0,59	49,95	0,62	0,64
<b>M2</b>	17,19	23,21	26,11	26,92	0,44	1,66	0,78	0,81	0,48	44,49	0,50	0,52
<b>M3</b>	29,55	22,34	36,78	37,91	0,30	1,17	0,37	0,38	0,58	53,83	0,60	0,62
<b>A1</b>	28,16	28,83	40,74	41,99	0,28	1,08	0,32	0,33	0,50	46,37	0,51	0,53
<b>A2</b>	17,80	26,93	24,94	25,71	0,29	1,14	0,33	0,34	0,46	47,66	0,47	0,48
<b>A3</b>	24,88	-	35,79	36,90	0,27	1,05	0,34	0,35	0,48	45,69	0,52	0,53
<b>MA1</b>	14,11	27,76	23,26	23,97	0,40	1,50	0,54	0,55	0,39	37,15	0,42	0,44
<b>MA2</b>	13,36	97,05	24,78	25,55	0,43	1,62	0,67	0,69	0,28	25,47	0,32	0,33
<b>MA3</b>	18,42	164,55	24,75	25,51	0,62	2,31	0,84	0,87	0,30	25,47	0,39	0,40
<b>J1</b>	13,02	-	18,38	18,95	0,69	2,59	0,91	0,94	0,28	23,31	0,33	0,34
<b>J2</b>	7,66	223,11	10,94	11,28	0,80	2,96	1,02	1,05	0,42	35,69	0,52	0,54
<b>J3</b>	9,28	-	14,64	15,09	1,12	4,21	1,32	1,36	0,67	53,96	0,81	0,83

<b>JL1</b>	5,33	-	7,99	8,24	1,23	4,55	1,38	1,43	0,63	49,90	0,68	0,70
<b>JL2</b>	3,05	-	4,71	4,85	1,40	5,17	1,52	1,56	0,52	36,99	0,63	0,65
<b>JL3</b>	1,58	-	2,29	2,36	1,45	5,27	1,51	1,56	0,59	37,60	0,66	0,68
<b>A1</b>	1,33	-	2,69	2,77	1,59	5,77	1,64	1,69	0,56	33,62	0,66	0,68
<b>A2</b>	1,95	-	4,83	4,98	1,68	6,02	1,72	1,78	0,61	34,32	0,70	0,72
<b>A3</b>	3,03	-	5,84	6,02	1,85	6,58	1,88	1,94	0,35	20,25	0,44	0,45
<b>S1</b>	2,36	-	4,58	4,72	1,79	6,28	1,81	1,86	0,47	27,21	0,54	0,55
<b>S2</b>	2,85	-	7,46	7,69	1,83	6,36	1,87	1,93	0,35	19,69	0,43	0,45
<b>S3</b>	0,67	-	1,19	1,23	2,07	7,18	2,09	2,15	0,24	12,81	0,29	0,30
<b>O1</b>	1,32	-	2,49	2,57	1,91	6,53	1,95	2,01	0,32	16,31	0,43	0,44
<b>O2</b>	2,67	-	6,29	6,49	1,81	6,17	1,84	1,90	0,39	20,28	0,47	0,49
<b>O3</b>	3,89	-	6,11	6,29	1,65	5,63	1,74	1,80	0,33	17,37	0,39	0,41
<b>N1</b>	5,80	-	13,29	13,70	1,88	6,45	2,04	2,10	0,31	16,50	0,38	0,39
<b>N2</b>	2,32	-	6,86	7,07	1,85	6,36	1,97	2,03	0,54	26,41	0,68	0,70
<b>N3</b>	1,54	-	2,59	2,67	1,67	5,69	1,74	1,80	0,41	21,64	0,53	0,54
<b>D1</b>	8,95	-	16,42	16,93	1,65	5,68	1,75	1,80	0,57	29,72	0,66	0,68
<b>D2</b>	18,17	-	44,60	45,97	1,10	3,76	1,30	1,34	0,53	29,59	0,62	0,64
<b>D3</b>	8,45	-	12,39	12,77	0,99	3,45	1,20	1,23	0,60	34,03	0,66	0,68
<b>RECIFE – PE</b>												
<b>DECÊNDIOS</b>	<b>PRECIPITAÇÃO</b>				<b>TEMPERATURA</b>				<b>VELOCIDADE DO VENTO</b>			
	<b>EMA</b>	<b>EMP</b>	<b>REQM</b>	<b>EPE</b>	<b>EMA</b>	<b>EMP</b>	<b>REQM</b>	<b>EPE</b>	<b>EMA</b>	<b>EMP</b>	<b>REQM</b>	<b>EPE</b>
<b>J1</b>	21,78	-	40,47	41,72	1,27	4,71	1,63	1,68	1,03	59,61	1,06	1,09
<b>J2</b>	9,58	69,43	11,88	12,25	1,25	4,66	1,59	1,64	0,97	61,85	1,04	1,07
<b>J3</b>	14,86	-	22,15	22,83	1,42	5,25	1,62	1,67	0,87	55,18	0,93	0,96
<b>F1</b>	9,57	52,77	12,13	12,50	1,20	4,38	1,44	1,48	0,99	59,45	1,05	1,09
<b>F2</b>	32,77	41,26	55,39	57,09	1,21	4,46	1,37	1,41	0,88	56,00	0,97	1,00
<b>F3</b>	18,52	-	29,29	30,20	2,86	10,54	3,20	3,29	0,75	50,95	0,85	0,87
<b>M1</b>	29,07	-	37,43	38,59	1,32	4,81	1,61	1,66	0,94	61,02	1,01	1,04

<b>M2</b>	33,06	48,77	45,66	47,06	1,32	4,83	1,55	1,60	0,81	57,05	0,92	0,95
<b>M3</b>	34,46	-	49,84	51,38	1,28	4,70	1,42	1,47	0,87	65,57	0,95	0,97
<b>A1</b>	31,47	47,40	43,77	45,12	0,99	3,69	1,12	1,16	0,95	71,43	1,00	1,03
<b>A2</b>	46,95	43,92	59,93	61,78	0,79	2,96	0,93	0,95	1,06	88,70	1,14	1,18
<b>A3</b>	44,49	44,21	54,80	56,49	0,72	2,71	0,86	0,89	1,12	90,91	1,17	1,21
<b>MA1</b>	55,55	42,78	84,90	87,51	0,73	2,82	1,09	1,12	1,24	104,91	1,34	1,38
<b>MA2</b>	37,83	38,06	46,83	48,27	1,10	4,23	1,31	1,35	1,36	113,57	1,44	1,48
<b>MA3</b>	41,87	32,11	53,20	54,84	1,57	6,16	1,88	1,94	1,34	123,95	1,40	1,44
<b>J1</b>	53,60	37,77	72,02	74,24	1,90	7,56	2,14	2,21	1,51	134,20	1,55	1,60
<b>J2</b>	67,95	37,75	81,29	83,80	2,85	11,60	3,06	3,16	1,65	134,32	1,70	1,76
<b>J3</b>	39,67	29,54	54,69	56,37	3,26	13,31	3,39	3,49	1,79	145,96	1,83	1,89
<b>JL1</b>	54,63	41,46	62,00	63,91	3,91	16,08	4,02	4,14	1,78	142,22	1,83	1,89
<b>JL2</b>	47,22	39,25	58,71	60,52	4,17	17,22	4,29	4,42	1,80	145,69	1,86	1,92
<b>JL3</b>	29,22	37,36	34,55	35,62	4,67	19,32	4,72	4,87	1,90	127,59	1,97	2,03
<b>A1</b>	23,00	33,94	29,90	30,82	5,06	21,00	5,15	5,30	1,78	122,25	1,83	1,89
<b>A2</b>	29,97	41,48	35,86	36,97	5,55	23,04	5,59	5,76	1,96	131,82	2,02	2,09
<b>A3</b>	18,46	30,38	24,39	25,14	5,51	22,52	5,55	5,72	1,58	97,13	1,62	1,67
<b>S1</b>	23,59	37,62	36,61	37,73	5,45	21,95	5,49	5,66	1,67	97,26	1,76	1,81
<b>S2</b>	12,58	53,35	18,37	18,93	5,55	22,10	5,60	5,77	1,52	83,52	1,58	1,63
<b>S3</b>	11,42	-	36,11	37,22	5,33	20,84	5,36	5,52	1,36	77,45	1,41	1,45
<b>O1</b>	13,59	-	28,89	29,78	5,21	20,11	5,25	5,41	1,29	65,91	1,35	1,39
<b>O2</b>	10,30	84,00	13,00	13,40	5,23	20,08	5,27	5,44	1,35	72,06	1,39	1,44
<b>O3</b>	6,77	-	11,36	11,71	4,43	16,86	4,62	4,76	1,21	65,88	1,23	1,27
<b>N1</b>	6,50	45,99	8,57	8,84	4,59	17,29	4,63	4,77	1,21	67,33	1,25	1,29
<b>N2</b>	7,53	84,12	11,05	11,39	4,32	16,16	4,36	4,50	1,13	61,07	1,16	1,19
<b>N3</b>	6,65	-	9,74	10,04	4,11	15,23	4,14	4,27	1,08	56,86	1,11	1,14
<b>D1</b>	7,83	-	18,80	19,38	3,69	13,66	3,81	3,93	1,08	59,97	1,12	1,15
<b>D2</b>	20,24	49,05	30,44	31,38	3,03	11,21	3,23	3,33	1,13	62,49	1,17	1,21

<b>D3</b>	8,58	44,83	14,43	14,87	2,29	8,45	2,58	2,66	1,02	57,21	1,10	1,14
-----------	------	-------	-------	-------	------	------	------	------	------	-------	------	------

Erro Percentual Absoluto Médio - MAPE, o Erro Absoluto Médio – MAE, Raiz do Erro Quadrático Médio – REQM, o Erro Padrão de Estimativa – SES.

Nas tabelas A3 – A6 são apresentados os parâmetros estatísticos mensais e decendiais para a Evapotranspiração Potencial de Thornthwaite-ET<sub>p</sub> e da Evapotranspiração de Referência-ET<sub>0</sub> pelo método de Penman Monteith quando calculados com os dados de reanálises e estações meteorológicas, para o período de 2000-2016.

**Tabela A3 -** Parâmetros Estatísticos mensais da ET<sub>p</sub> de Thornthwaite calculado com dados de reanálises e observados.

ET <sub>p</sub> THORNTHWAITE																				
MESES	CRUZETA - RN				MORRO DO CHAPÉU - BA				PALMEIRA DOS ÍNDIOS - AL				PIRIPIRI - PI				RECIFE - PE			
	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE
<b>JAN</b>	14,64	7,96	16,86	17,38	3,01	3,16	3,30	3,40	15,03	10,58	15,77	16,25	11,26	7,12	15,13	15,60	11,33	7,60	11,87	12,23
<b>FEV</b>	22,00	13,38	24,83	25,59	4,74	5,37	5,67	5,84	23,54	17,77	24,72	25,48	13,46	11,21	15,63	16,12	23,29	16,28	24,26	25,01
<b>MAR</b>	9,09	5,23	12,73	13,12	2,54	2,54	3,32	3,42	19,32	13,07	20,31	20,93	10,67	7,78	15,45	15,93	11,72	7,52	12,41	12,79
<b>ABR</b>	10,03	6,67	12,36	12,74	2,36	2,80	3,08	3,18	13,67	10,70	14,50	14,95	7,30	6,03	7,84	8,08	7,26	5,31	7,73	7,96
<b>MAI</b>	8,77	5,84	11,17	11,51	2,26	3,11	2,59	2,67	10,22	9,39	10,63	10,96	9,13	6,62	15,21	15,67	5,91	4,77	6,69	6,90
<b>JUN</b>	8,76	7,29	10,81	11,14	2,67	4,61	2,94	3,03	5,50	6,49	6,00	6,19	17,23	12,74	22,84	23,54	4,49	4,33	5,11	5,27
<b>JUL</b>	9,82	7,89	12,35	12,73	1,34	2,48	1,56	1,61	5,49	7,11	5,81	5,99	32,72	21,92	36,13	37,24	4,94	5,02	5,39	5,56
<b>AGO</b>	9,45	7,16	11,18	11,52	1,04	1,75	1,39	1,43	6,20	7,92	6,48	6,68	48,63	29,33	49,38	50,90	6,28	6,24	7,38	7,61
<b>SET</b>	8,02	5,41	8,96	9,24	2,41	3,47	2,76	2,85	7,00	7,88	7,45	7,68	60,75	33,29	61,40	63,29	10,97	9,82	11,14	11,48
<b>OUT</b>	10,76	6,00	12,51	12,90	3,72	4,30	4,38	4,52	10,36	9,08	10,81	11,14	63,98	30,90	65,34	67,36	12,27	9,21	12,74	13,14
<b>NOV</b>	9,71	5,30	10,41	10,73	3,94	4,21	4,85	5,00	14,01	10,60	14,30	14,74	60,01	29,63	61,83	63,73	12,98	8,99	13,44	13,86
<b>DEZ</b>	15,21	7,64	17,12	17,65	3,37	3,31	4,50	4,63	16,03	10,91	16,51	17,02	38,99	19,56	43,06	44,38	13,90	8,85	14,73	15,18

Erro Percentual Absoluto Médio - MAPE, o Erro Absoluto Médio – MAE, Raiz do Erro Quadrático Médio – REQM, o Erro Padrão de Estimativa – SES.

**Tabela A4 - Parâmetros Estatísticos mensais da ET<sub>0</sub> de Penman Monteith calculado com dados de reanálises e observados.**

ET <sub>0</sub> PENMAN MONTEITH																				
MESES	CRUZETA - RN				MORRO DO CHAPÉU - BA				PALMEIRA DOS ÍNDIOS - AL				PIRIPIRI - PI				RECIFE - PE			
	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE
JAN	11,49	6,17	14,56	15,01	4,74	3,59	5,82	6,00	18,60	11,13	19,89	20,50	10,03	7,26	11,48	11,83	4,74	3,51	6,72	6,93
FEV	10,38	6,51	12,17	12,54	5,76	4,60	7,47	7,70	20,75	14,18	22,40	23,09	10,38	8,89	11,54	11,90	6,26	4,88	7,80	8,04
MAR	10,21	6,23	11,89	12,25	4,74	3,66	6,29	6,48	19,69	12,43	21,69	22,35	7,84	6,29	9,30	9,59	5,84	4,31	8,10	8,35
ABR	7,24	4,99	9,84	10,15	5,47	5,27	6,94	7,15	10,41	8,06	12,75	13,14	5,29	4,82	6,75	6,96	3,53	3,07	4,49	4,62
MAI	9,30	6,61	10,77	11,10	5,29	5,98	5,87	6,05	5,84	5,61	7,59	7,83	4,56	3,89	6,25	6,44	3,28	3,22	4,51	4,65
JUN	9,53	7,59	11,08	11,42	5,82	7,98	7,02	7,23	6,00	7,58	7,49	7,72	19,94	16,82	21,50	22,16	3,53	4,20	4,72	4,86
JUL	7,66	5,08	9,27	9,55	4,19	5,22	4,70	4,84	3,46	4,25	4,32	4,45	23,52	17,38	25,51	26,29	7,29	8,07	8,03	8,27
AGO	8,94	4,83	9,83	10,13	2,92	2,76	4,51	4,65	6,02	6,08	7,25	7,47	25,53	15,44	27,36	28,20	8,02	7,68	9,75	10,05
SET	7,24	3,49	8,45	8,71	5,65	4,87	7,42	7,65	8,12	6,56	9,54	9,84	18,18	10,26	21,52	22,19	6,71	5,71	8,49	8,75
OUT	11,12	4,88	13,00	13,40	7,84	5,65	9,54	9,83	15,50	10,06	16,63	17,14	11,31	5,86	13,41	13,82	6,75	4,86	8,13	8,38
NOV	16,76	7,66	17,69	18,23	7,76	5,97	9,60	9,89	23,65	13,53	24,57	25,32	7,24	4,06	9,06	9,34	4,76	3,37	6,71	6,91
DEZ	17,87	8,43	18,78	19,36	5,29	3,95	6,60	6,80	21,70	12,43	22,29	22,98	14,04	8,39	15,90	16,39	4,56	3,13	6,15	6,34

Erro Percentual Absoluto Médio - MAPE, o Erro Absoluto Médio – MAE, Raiz do Erro Quadrático Médio – REQM, o Erro Padrão de Estimativa – SES.

**Tabela A5 - Parâmetros Estatísticos decendiais da ET<sub>p</sub> de Thornthwaite calculado com dados de reanálises e observados**

ET <sub>p</sub> THORNTWAITE																				
DECÊNDIOS	CRUZETA - RN				MORRO DO CHAPÉU - BA				PALMEIRA DOS ÍNDIOS - AL				PIRIPIRI - PI				RECIFE - PE			
	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE
<b>J1</b>	3,85	6,07	4,89	5,04	1,62	5,01	2,08	2,14	4,52	9,67	4,95	5,11	7,08	12,94	9,15	9,43	3,85	7,54	4,46	4,60
<b>J2</b>	4,06	6,89	4,78	4,92	1,31	4,16	1,55	1,60	5,36	11,20	5,80	5,98	4,71	8,70	6,53	6,73	4,53	9,02	4,93	5,08
<b>J3</b>	5,68	9,26	6,55	6,75	1,81	5,02	2,06	2,12	6,05	11,68	6,33	6,52	5,94	10,46	8,27	8,52	5,05	9,11	5,94	6,12
<b>F1</b>	4,91	8,14	5,96	6,14	1,38	4,18	1,79	1,85	4,86	10,23	5,18	5,34	4,72	9,03	6,33	6,53	4,24	8,22	4,65	4,80
<b>F2</b>	3,00	5,54	3,46	3,57	1,12	3,54	1,43	1,47	5,69	12,04	6,15	6,34	2,18	5,31	2,93	3,02	4,88	9,56	5,13	5,29
<b>F3</b>	14,32	31,44	16,18	16,68	4,31	17,07	5,02	5,17	11,58	30,59	12,52	12,90	11,27	31,46	12,89	13,28	12,82	31,29	13,86	14,29
<b>M1</b>	3,29	5,86	3,95	4,08	1,07	3,27	1,55	1,59	6,33	13,16	6,78	6,99	5,14	9,88	8,93	9,21	4,40	8,54	4,86	5,01
<b>M2</b>	3,61	6,66	4,25	4,38	1,32	4,18	1,74	1,80	6,36	13,33	6,74	6,95	4,53	9,95	7,94	8,18	4,60	9,03	4,97	5,13
<b>M3</b>	4,21	7,70	5,00	5,15	1,27	3,76	1,42	1,47	6,87	13,24	7,50	7,73	2,54	6,01	3,19	3,29	5,00	9,08	5,56	5,73
<b>A1</b>	4,02	8,14	4,87	5,02	0,99	3,23	1,30	1,34	5,33	11,53	5,85	6,03	2,19	5,47	2,63	2,71	3,28	6,76	3,56	3,67
<b>A2</b>	2,85	5,95	3,50	3,61	1,05	3,80	1,22	1,26	4,75	11,15	5,22	5,38	3,35	8,10	3,93	4,05	2,82	6,11	3,33	3,43
<b>A3</b>	3,02	6,13	3,65	3,76	1,32	5,01	1,52	1,56	4,06	10,08	4,56	4,70	2,78	6,83	3,23	3,33	2,67	6,07	3,06	3,15
<b>MA1</b>	3,00	6,24	3,99	4,12	1,10	4,60	1,35	1,39	3,34	9,09	3,74	3,86	3,29	7,70	4,29	4,42	2,09	5,07	2,42	2,50
<b>MA2</b>	3,38	7,18	4,04	4,16	0,96	4,23	1,10	1,13	3,43	9,57	3,79	3,91	3,97	8,89	5,94	6,12	2,60	6,39	2,86	2,95
<b>MA3</b>	3,56	7,34	4,71	4,85	0,82	3,36	1,00	1,03	3,67	9,88	4,04	4,16	4,76	9,34	7,05	7,27	2,68	6,21	3,16	3,25
<b>J1</b>	2,22	5,52	2,93	3,02	1,28	6,46	1,47	1,51	2,17	7,00	2,53	2,61	5,04	11,18	7,73	7,97	2,28	6,16	2,54	2,62
<b>J2</b>	3,06	7,47	3,81	3,92	0,98	5,22	1,13	1,17	1,57	5,71	1,67	1,72	5,74	12,47	7,89	8,13	1,87	5,43	2,16	2,23
<b>J3</b>	3,44	9,21	4,07	4,20	0,95	5,25	1,10	1,14	1,92	7,24	2,10	2,17	7,82	17,70	9,75	10,05	1,34	4,03	1,64	1,69
<b>JL1</b>	3,14	8,20	3,92	4,04	0,69	4,05	0,98	1,01	1,95	7,56	2,31	2,38	9,63	20,45	11,30	11,64	1,69	5,19	2,04	2,10
<b>JL2</b>	3,36	8,39	4,01	4,13	0,64	3,63	0,84	0,87	1,81	7,13	2,00	2,06	11,02	23,36	12,09	12,47	1,45	4,59	1,71	1,76
<b>JL3</b>	3,61	8,28	4,29	4,42	0,70	3,69	0,85	0,87	1,99	7,31	2,20	2,27	12,92	23,53	13,83	14,26	2,09	5,91	2,46	2,54
<b>A1</b>	3,44	8,33	3,95	4,07	0,53	2,89	0,72	0,74	1,96	7,99	2,07	2,13	14,21	27,74	14,81	15,26	2,19	6,72	2,81	2,90
<b>A2</b>	3,60	8,68	3,98	4,10	0,67	3,60	0,90	0,92	1,78	7,17	1,97	2,03	15,90	29,66	16,31	16,81	2,08	6,45	2,62	2,70

A3	3,62	7,29	3,97	4,10	0,75	3,37	0,84	0,86	2,10	7,09	2,40	2,48	19,35	31,71	19,64	20,25	2,33	6,11	2,83	2,91
S1	2,72	5,81	3,23	3,33	0,96	4,49	1,15	1,18	1,82	6,67	2,13	2,19	18,26	31,00	18,48	19,04	3,72	10,23	4,01	4,13
S2	3,10	6,29	3,45	3,56	0,83	3,71	0,98	1,01	2,36	8,10	2,50	2,58	20,04	32,54	20,55	21,18	4,10	10,90	4,35	4,48
S3	2,69	5,01	3,11	3,20	1,50	5,90	1,66	1,71	2,69	8,10	2,97	3,07	22,93	36,74	23,11	23,82	4,20	10,41	4,43	4,57
O1	2,98	5,26	3,44	3,54	1,41	5,07	1,80	1,85	2,25	6,56	2,42	2,49	21,64	32,72	22,31	22,99	4,13	9,81	4,31	4,44
O2	3,47	6,04	4,05	4,17	1,52	5,57	1,88	1,94	3,46	9,45	3,76	3,88	21,75	31,78	22,06	22,74	4,44	10,20	4,62	4,76
O3	3,41	5,24	3,87	3,99	1,97	6,18	2,29	2,36	4,40	9,96	4,64	4,79	21,14	28,23	22,63	23,33	4,79	9,52	5,15	5,31
N1	3,60	5,96	4,31	4,44	2,85	9,74	3,77	3,89	3,92	8,95	4,84	4,99	21,36	32,65	23,30	24,01	3,88	8,16	4,57	4,71
N2	2,32	3,76	3,11	3,20	2,77	8,96	3,66	3,77	3,66	8,18	4,62	4,77	20,99	31,46	22,33	23,02	3,95	8,13	4,39	4,53
N3	3,67	5,73	4,17	4,30	1,57	5,10	1,83	1,89	4,78	10,50	4,99	5,14	20,15	29,32	21,09	21,73	5,41	10,76	5,61	5,78
D1	3,27	5,14	3,52	3,63	1,86	5,57	2,52	2,60	4,99	10,35	5,15	5,31	18,68	28,24	20,09	20,71	4,50	8,79	5,03	5,18
D2	5,04	8,11	5,64	5,82	1,48	4,66	1,77	1,83	5,64	11,79	5,93	6,11	11,83	17,51	14,99	15,45	5,64	10,85	6,01	6,19
D3	5,47	7,76	6,38	6,57	1,49	4,19	1,91	1,97	5,57	10,79	5,96	6,14	11,49	16,41	13,82	14,25	5,49	9,68	6,00	6,18

Erro Percentual Absoluto Médio - MAPE, o Erro Absoluto Médio – MAE, Raiz do Erro Quadrático Médio – REQM, o Erro Padrão de Estimativa – SES.

**Tabela A6 -** Parâmetros Estatísticos decendiais da ET<sub>0</sub> de Penman Monteith calculado com dados de reanálises e observados.

ET <sub>0</sub> PENMAN MONTEIH																				
DECÊNDIOS	CRUZETA - RN				MORRO DO CHAPÉU - BA				PALMEIRA DOS ÍNDIOS - AL				PIRIPIRI - PI				RECIFE - PE			
	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE	EMA	EMP	REQM	EPE
J1	3,71	6,40	4,75	4,89	5,29	13,04	7,58	7,81	4,24	8,19	5,29	5,45	2,47	5,51	3,63	3,74	5,00	12,82	6,27	6,47
J2	3,18	6,02	4,79	4,94	3,94	10,40	5,15	5,31	3,53	7,12	4,06	4,18	2,47	5,72	3,40	3,50	5,65	14,78	6,68	6,88
J3	3,11	5,29	4,88	5,03	5,44	13,64	7,54	7,77	4,66	8,84	5,65	5,82	3,36	7,58	4,05	4,17	4,98	11,40	6,53	6,73
F1	3,12	5,22	4,02	4,15	6,53	17,45	7,57	7,80	4,88	10,05	5,85	6,03	3,35	8,38	3,93	4,05	5,59	15,20	7,61	7,85
F2	4,41	9,44	5,53	5,70	5,47	14,79	6,66	6,86	3,94	8,33	4,75	4,89	2,71	7,58	3,50	3,61	5,12	13,28	6,46	6,66
F3	5,69	13,13	6,86	7,07	3,95	13,29	4,65	4,79	5,27	13,70	6,59	6,79	3,76	11,92	4,97	5,12	3,67	11,07	4,77	4,92
M1	2,65	4,99	3,00	3,09	5,24	14,25	6,67	6,88	4,29	8,51	5,53	5,70	3,00	7,62	3,87	3,99	5,12	13,02	6,35	6,54
M2	2,53	5,23	3,33	3,44	4,88	13,36	5,74	5,92	4,41	9,15	5,55	5,72	2,24	5,81	2,74	2,83	5,35	15,28	7,22	7,44
M3	4,79	9,03	5,40	5,57	4,46	11,22	5,78	5,96	4,46	8,39	6,19	6,38	2,85	7,44	3,75	3,87	4,40	10,44	5,73	5,91



<b>A1</b>	2,53	4,91	3,77	3,88	3,53	9,98	4,23	4,36	4,82	10,32	6,05	6,23	3,00	8,05	4,18	4,31	3,59	9,33	4,94	5,09
<b>A2</b>	3,29	6,81	4,27	4,40	3,71	11,48	4,72	4,87	4,94	11,53	6,15	6,33	2,71	7,57	3,36	3,46	2,76	8,01	4,25	4,38
<b>A3</b>	3,47	7,00	4,02	4,15	3,18	8,55	4,28	4,42	4,24	10,47	5,34	5,50	3,59	9,95	4,56	4,70	4,12	10,74	4,80	4,95
<b>MA1</b>	3,82	7,66	4,80	4,94	3,41	10,40	4,07	4,20	4,71	12,93	5,73	5,91	3,53	9,06	4,69	4,83	3,76	10,87	4,50	4,64
<b>MA2</b>	4,35	8,22	5,65	5,82	3,18	10,28	3,74	3,86	4,76	12,14	6,76	6,97	3,94	9,23	4,87	5,02	4,18	10,76	5,27	5,44
<b>MA3</b>	3,53	7,01	4,22	4,35	3,84	11,76	4,53	4,67	4,51	12,34	5,82	6,00	3,88	9,25	4,47	4,61	3,28	9,26	4,18	4,31
<b>J1</b>	3,41	6,83	4,43	4,57	4,41	14,33	5,00	5,15	4,82	14,19	5,83	6,01	3,53	8,18	4,35	4,49	4,18	11,67	5,07	5,23
<b>J2</b>	5,41	10,44	6,80	7,01	3,88	12,13	4,86	5,01	4,65	14,85	5,68	5,86	4,82	12,34	6,69	6,89	3,47	11,30	4,21	4,34
<b>J3</b>	4,47	8,64	6,00	6,18	3,00	10,00	3,99	4,12	5,29	16,91	6,43	6,62	6,06	13,69	7,05	7,27	2,59	7,92	3,36	3,46
<b>JL1</b>	5,18	9,81	6,30	6,49	2,94	9,62	3,61	3,72	5,65	18,19	6,67	6,87	3,29	7,73	4,69	4,83	2,76	8,06	3,69	3,80
<b>JL2</b>	5,76	10,28	7,09	7,31	3,24	9,83	4,18	4,31	4,94	15,35	5,96	6,14	5,00	10,51	6,14	6,33	3,59	10,66	4,37	4,51
<b>JL3</b>	7,25	11,13	8,01	8,26	5,05	12,98	6,27	6,46	4,92	13,86	6,07	6,26	7,12	13,01	8,64	8,90	3,95	10,38	4,75	4,90
<b>A1</b>	5,71	9,04	6,48	6,68	4,00	11,20	5,19	5,35	4,65	13,76	5,83	6,01	6,35	12,35	8,20	8,45	3,71	10,20	4,35	4,48
<b>A2</b>	5,24	8,28	6,00	6,19	2,71	8,11	3,38	3,48	3,76	11,64	4,61	4,76	8,24	15,09	10,04	10,35	2,76	8,10	3,64	3,75
<b>A3</b>	4,72	6,77	5,46	5,63	4,34	10,67	5,15	5,31	4,21	10,78	5,18	5,34	6,60	11,21	7,92	8,17	3,82	10,35	4,87	5,02
<b>S1</b>	3,35	5,05	4,43	4,56	3,71	10,27	4,12	4,25	2,82	7,46	4,10	4,23	8,76	15,67	10,19	10,50	3,59	10,63	4,63	4,78
<b>S2</b>	2,71	3,95	3,09	3,18	3,53	9,66	4,64	4,78	3,35	9,03	4,12	4,25	8,76	15,26	9,67	9,97	3,88	11,74	5,36	5,52
<b>S3</b>	2,00	2,87	2,43	2,50	5,76	15,88	6,98	7,19	3,41	8,41	4,41	4,54	6,06	10,68	7,38	7,61	3,88	10,13	4,99	5,15
<b>O1</b>	1,71	2,43	2,34	2,41	4,41	11,48	5,78	5,95	3,47	8,38	4,57	4,71	7,76	13,31	8,87	9,14	4,18	10,77	5,31	5,47
<b>O2</b>	2,53	3,54	3,65	3,77	6,82	17,42	8,35	8,60	4,35	9,99	4,96	5,11	6,59	11,14	8,75	9,02	5,18	13,48	6,61	6,81
<b>O3</b>	2,85	3,66	3,87	3,99	6,47	15,33	8,13	8,38	4,40	8,04	5,43	5,60	6,60	10,67	7,59	7,83	6,08	14,51	7,87	8,11
<b>N1</b>	3,76	5,34	4,58	4,72	9,35	26,90	11,85	12,22	6,00	11,93	6,72	6,93	5,06	9,18	6,55	6,75	6,06	15,08	7,66	7,89
<b>N2</b>	4,94	6,80	6,29	6,48	9,53	29,63	12,21	12,58	4,71	8,49	5,90	6,08	7,18	12,81	8,87	9,14	4,59	10,88	6,31	6,50
<b>N3</b>	3,18	4,49	4,06	4,18	6,65	18,93	7,71	7,95	4,47	7,80	5,69	5,86	3,35	6,04	3,98	4,10	4,35	10,51	5,77	5,95
<b>D1</b>	2,88	4,20	3,62	3,73	5,94	15,68	7,36	7,59	3,71	6,72	5,20	5,36	4,59	8,75	5,93	6,11	4,41	10,54	5,77	5,94
<b>D2</b>	3,94	5,74	4,94	5,09	6,65	18,73	8,23	8,48	2,94	5,37	3,80	3,92	4,29	8,38	5,09	5,25	4,76	11,70	6,03	6,22
<b>D3</b>	4,08	5,54	5,65	5,83	6,86	16,44	8,87	9,15	3,62	6,25	4,67	4,81	4,66	8,81	6,73	6,94	5,37	11,89	6,39	6,58

Erro Percentual Absoluto Médio - MAPE, o Erro Absoluto Médio – MAE, Raiz do Erro Quadrático Médio – REQ, o Erro Padrão de Estimativa – SES.

Nas tabelas A7 – A10 são apresentados os valores mensais e decendiais para a Evapotranspiração Potencial de Thornthwaite-ET<sub>P</sub> e da Evapotranspiração de Referência-ET<sub>0</sub> pelo método de Penman Monteith quando calculados com os dados de reanálises e estações meteorológicas.

**Tabela A7 - Evapotranspiração mensal ET<sub>P</sub> THORNTHWAITE calculada com dados de renálises ERA5-Land e observados.**

ET <sub>P</sub> THORNTHWAITE ERA5-Land CRUZETA-RN																		
MESES	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	MÉDIA
JAN	164,61	171,15	147,05	164,75	139,09	183,32	190,46	194,21	169,34	170,03	159,75	144,71	162,07	193,34	178,76	182,79	133,65	<b>167,59</b>
FEV	132,17	153,77	129,72	128,83	114,76	149,80	137,52	119,96	166,23	119,93	158,23	118,78	144,36	155,73	128,34	139,78	143,20	<b>137,71</b>
MAR	164,46	161,37	153,82	145,95	148,65	176,96	165,28	160,92	133,07	143,88	202,19	135,86	174,78	211,13	162,30	150,04	194,13	<b>163,81</b>
ABR	129,17	136,82	162,50	137,45	157,67	165,36	136,88	161,47	109,98	115,92	168,71	127,65	178,95	175,80	154,04	148,18	161,01	<b>148,68</b>
MAI	142,62	171,88	160,34	156,78	136,47	153,50	136,13	147,58	112,17	109,27	184,64	114,38	157,92	166,76	135,49	170,91	145,59	<b>147,20</b>
JUN	107,91	119,64	102,02	115,42	107,63	120,33	114,42	117,43	106,19	104,26	130,41	114,49	125,21	134,59	122,15	127,25	133,22	<b>117,80</b>
JUL	93,00	120,71	117,87	121,51	111,36	119,08	119,54	119,62	90,24	114,12	110,95	98,74	107,55	114,58	114,81	114,78	126,89	<b>112,67</b>
AGO	112,59	116,67	120,21	135,56	128,21	115,95	124,15	110,90	106,46	122,77	112,26	115,78	116,51	125,70	120,15	123,14	134,83	<b>120,11</b>
SET	132,51	148,51	140,03	146,72	143,26	139,81	145,17	126,07	138,69	141,89	127,62	128,88	133,30	135,18	135,24	144,81	150,35	<b>138,71</b>
OUT	158,81	173,79	163,75	177,69	170,63	167,78	176,85	160,70	161,04	167,77	173,77	157,06	155,66	164,06	158,31	168,45	176,56	<b>166,63</b>
NOV	167,36	179,91	171,50	190,39	175,61	177,56	173,38	172,03	170,31	167,58	179,18	161,86	171,59	161,68	166,61	180,66	184,71	<b>173,64</b>
DEZ	158,52	185,08	189,79	197,53	194,65	184,15	191,81	179,05	186,60	180,52	166,95	174,72	187,54	175,63	178,60	180,12	195,76	<b>182,77</b>
ET <sub>P</sub> THORNTHWAITE ESTAÇÕES CRUZETA-RN																		
MESES	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	MÉDIA
JAN	161,07	188,06	142,94	191,49	138,48	193,60	198,47	214,80	185,01	192,88	151,12	168,80	175,22	208,51	188,07	200,99	164,71	<b>180,25</b>
FEV	124,72	188,97	131,00	161,76	125,11	183,54	160,80	146,41	188,29	145,39	173,73	134,38	139,13	190,01	164,84	175,82	155,89	<b>158,22</b>
MAR	156,79	163,45	141,60	169,48	148,67	210,80	154,84	153,44	132,20	146,59	208,15	140,87	175,23	210,06	172,11	169,00	206,46	<b>168,22</b>
ABR	136,66	131,22	135,37	142,21	170,99	157,93	123,97	162,68	119,72	125,78	162,03	124,90	189,85	203,29	145,06	160,25	163,29	<b>150,31</b>
MAI	147,30	171,54	145,03	138,65	130,55	148,41	125,12	146,95	115,18	120,62	170,65	113,74	178,42	167,58	139,60	184,76	165,28	<b>147,61</b>
JUN	128,33	121,57	108,77	123,86	105,69	110,50	98,34	117,75	103,06	97,09	113,37	110,68	143,51	132,15	130,39	143,67	139,93	<b>119,33</b>
JUL	116,93	121,81	136,45	122,31	117,55	122,73	115,30	128,15	109,32	113,98	120,02	98,75	123,37	127,81	130,40	123,29	145,43	<b>121,98</b>

<b>AGO</b>	113,99	123,07	137,29	136,50	132,64	128,23	127,13	123,23	119,92	123,42	124,24	119,11	132,32	138,57	137,32	133,05	152,51	<b>129,56</b>
<b>SET</b>	136,63	154,89	150,39	161,89	150,69	141,18	151,88	135,44	142,17	144,78	143,56	135,74	142,74	141,20	142,14	156,63	162,41	<b>146,73</b>
<b>OUT</b>	159,96	179,63	171,63	180,75	172,95	175,71	187,16	164,97	174,55	178,42	188,80	177,71	180,68	181,71	171,80	179,82	189,46	<b>177,39</b>
<b>NOV</b>	174,36	188,31	180,07	193,40	180,81	184,90	186,48	177,97	183,60	180,60	186,92	178,06	188,48	173,22	174,24	190,03	195,57	<b>183,35</b>
<b>DEZ</b>	186,28	199,88	200,44	209,81	198,05	191,36	205,53	196,96	196,00	197,73	182,14	194,39	209,04	182,78	190,05	216,92	208,22	<b>197,98</b>
<b>ET<sub>P</sub> THORNTHWAITE ERA5-Land MORRO DO CHAPÉU - BA</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>JAN</b>	89,14	89,30	82,16	107,38	96,27	103,95	100,95	112,75	103,60	97,36	99,88	91,74	97,51	103,22	93,03	94,06	92,21	<b>97,32</b>
<b>FEV</b>	83,76	90,36	73,77	86,95	81,56	79,68	97,32	75,89	93,47	83,40	92,28	85,05	86,54	87,56	77,82	76,97	87,80	<b>84,72</b>
<b>MAR</b>	89,99	93,41	92,52	103,00	89,83	94,65	96,65	85,26	93,59	111,21	102,29	99,05	106,37	116,41	95,79	100,18	103,73	<b>98,47</b>
<b>ABR</b>	82,97	81,14	83,68	92,95	83,67	80,80	80,61	82,69	84,50	87,48	81,63	86,27	94,51	93,69	85,98	90,46	87,87	<b>85,94</b>
<b>MAI</b>	74,64	86,38	74,15	77,11	74,93	71,25	70,06	72,74	74,11	70,31	79,66	71,74	77,30	80,64	75,41	72,83	77,45	<b>75,34</b>
<b>JUN</b>	61,08	59,04	60,40	60,36	59,70	60,24	54,15	58,45	56,07	62,25	60,35	62,26	65,11	66,41	62,47	58,59	65,13	<b>60,71</b>
<b>JUL</b>	58,86	58,32	60,04	51,56	54,51	52,86	52,38	57,11	50,73	61,14	54,51	56,80	55,36	58,96	57,72	56,84	57,34	<b>56,18</b>
<b>AGO</b>	61,61	52,74	59,32	61,79	60,01	57,90	60,23	53,99	59,19	62,42	53,08	64,69	52,92	58,68	58,13	55,08	62,75	<b>58,50</b>
<b>SET</b>	68,05	70,36	76,14	69,41	68,00	72,34	70,92	62,24	74,03	83,41	64,64	63,16	72,87	70,55	71,26	75,01	70,26	<b>70,74</b>
<b>OUT</b>	91,43	90,51	94,32	88,92	91,94	93,79	89,74	85,42	90,40	90,34	102,55	87,52	85,59	85,45	84,31	92,83	89,17	<b>90,25</b>
<b>NOV</b>	87,32	106,59	101,17	87,49	96,89	95,36	84,68	100,94	108,21	92,46	105,30	82,31	94,27	89,84	86,54	115,63	91,35	<b>95,67</b>
<b>DEZ</b>	93,28	97,78	108,95	114,94	104,70	93,81	101,74	96,71	94,34	103,88	97,75	99,87	110,32	93,16	89,38	123,78	107,46	<b>101,87</b>
<b>ET<sub>P</sub> THORNTHWAITE ESTAÇÕES MORRO DO CHAPÉU - BA</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>JAN</b>	89,86	85,02	87,10	105,00	94,63	101,97	96,72	107,07	100,29	96,40	96,08	89,50	93,80	99,28	95,29	91,63	94,92	<b>95,56</b>
<b>FEV</b>	85,69	94,28	81,90	89,87	84,44	90,58	101,55	85,62	93,10	90,38	95,67	89,81	85,05	90,22	84,00	85,96	88,96	<b>89,24</b>
<b>MAR</b>	90,25	92,74	89,86	99,77	88,84	99,45	99,78	84,92	94,35	112,99	100,82	103,06	101,73	107,92	91,65	100,43	102,21	<b>97,69</b>
<b>ABR</b>	79,84	80,53	79,07	93,27	81,16	79,13	81,72	80,99	88,27	84,37	81,79	84,37	88,61	86,57	87,93	90,57	87,45	<b>84,45</b>
<b>MAI</b>	69,92	83,93	72,74	74,28	70,26	70,62	68,49	70,99	72,34	69,70	80,18	69,19	73,71	77,27	72,40	70,89	76,39	<b>73,14</b>
<b>JUN</b>	56,32	56,03	58,14	55,91	56,61	57,41	51,92	56,78	54,62	58,81	59,31	60,73	63,49	60,85	59,66	56,92	63,26	<b>58,04</b>
<b>JUL</b>	57,54	56,49	59,15	50,89	52,93	52,30	50,55	56,56	48,01	59,56	52,97	55,06	55,38	56,56	57,25	54,12	57,71	<b>54,88</b>

<b>AGO</b>	61,39	51,68	57,77	59,29	59,64	56,34	58,64	54,58	60,27	59,92	52,87	64,17	53,16	58,65	57,90	54,74	65,84	<b>58,05</b>
<b>SET</b>	65,43	67,54	71,06	65,25	66,52	70,02	68,22	60,40	69,66	79,44	63,52	62,49	69,96	71,27	71,98	77,66	69,52	<b>68,82</b>
<b>OUT</b>	88,12	87,46	89,15	84,30	86,16	90,01	82,08	79,48	85,33	88,58	94,55	83,62	85,33	86,62	84,46	91,18	91,21	<b>86,92</b>
<b>NOV</b>	87,55	100,28	95,63	86,73	95,18	90,44	84,14	92,98	100,99	87,31	95,48	78,69	89,29	87,80	84,97	111,33	90,96	<b>91,75</b>
<b>DEZ</b>	91,46	96,25	104,59	104,35	99,92	92,19	101,37	97,28	93,96	98,41	98,05	96,41	101,97	96,08	89,05	116,89	103,87	<b>98,95</b>
<b>ET<sub>p</sub> THORNTHWAITE ERA5-Land PALMEIRA DOS ÍNDIOS-PI</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>JAN</b>	120,48	113,31	111,40	144,95	118,21	147,10	119,14	135,66	122,38	135,24	121,24	119,58	115,44	133,93	122,26	118,20	132,08	<b>125,33</b>
<b>FEV</b>	111,30	106,84	97,74	101,08	106,27	114,77	114,81	105,19	123,67	101,54	108,19	100,10	104,73	109,85	99,47	100,16	115,51	<b>107,13</b>
<b>MAR</b>	115,55	120,95	116,73	123,29	120,86	138,16	140,83	110,74	117,97	130,46	147,42	135,67	118,44	137,07	122,40	123,84	129,63	<b>126,47</b>
<b>ABR</b>	104,06	104,39	105,31	117,92	110,29	109,99	113,59	106,47	105,81	121,99	111,78	106,89	110,51	122,83	115,71	125,39	113,12	<b>112,12</b>
<b>MAI</b>	93,49	108,12	94,42	105,87	98,96	94,01	93,78	94,02	91,86	92,04	103,21	88,93	102,29	97,56	94,60	108,79	97,05	<b>97,59</b>
<b>JUN</b>	77,57	76,47	75,36	78,81	73,81	78,45	72,40	76,68	71,53	81,01	79,62	77,75	82,95	83,52	78,89	82,53	83,78	<b>78,30</b>
<b>JUL</b>	72,53	72,79	76,59	71,67	68,51	68,25	67,78	71,89	65,18	74,14	72,53	69,38	70,43	73,34	74,40	74,42	72,87	<b>71,57</b>
<b>AGO</b>	74,58	67,85	69,99	78,60	72,58	69,61	71,68	69,08	69,66	73,65	66,19	74,11	67,45	72,41	71,70	72,43	78,24	<b>71,75</b>
<b>SET</b>	78,29	83,94	86,34	83,99	75,07	81,75	84,27	71,67	84,10	86,65	73,71	72,51	79,30	81,61	81,49	87,77	87,25	<b>81,16</b>
<b>OUT</b>	98,01	102,69	100,22	102,01	103,39	102,41	110,16	93,53	98,99	119,63	107,88	100,95	92,75	97,70	92,74	106,85	113,42	<b>102,55</b>
<b>NOV</b>	114,32	117,83	115,94	117,19	119,93	122,39	123,80	114,87	121,41	119,98	115,13	103,87	125,21	104,88	108,59	130,96	123,14	<b>117,61</b>
<b>DEZ</b>	119,47	124,70	139,15	136,69	136,29	123,30	137,86	127,68	139,22	135,31	128,03	125,65	131,56	130,32	113,71	135,00	136,12	<b>130,59</b>
<b>ET<sub>p</sub> THORNTHWAITE ESTAÇÕES PALMEIRA DOS ÍNDIOS-PI</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>JAN</b>	134,86	117,26	117,61	158,04	131,79	159,78	129,47	154,32	138,64	152,06	139,01	133,52	133,50	154,41	138,43	140,99	152,33	<b>140,35</b>
<b>FEV</b>	131,70	128,92	109,06	126,51	116,20	144,76	153,40	133,68	140,25	125,25	131,64	129,41	117,20	139,14	124,38	132,94	136,92	<b>130,67</b>
<b>MAR</b>	140,47	142,20	122,83	141,91	135,37	165,44	166,09	120,88	137,32	148,29	158,78	157,99	130,87	159,73	143,28	150,89	156,14	<b>145,79</b>
<b>ABR</b>	113,80	119,03	111,29	127,40	122,00	129,44	133,39	112,84	120,09	134,68	127,36	120,89	118,21	136,85	134,70	149,37	127,16	<b>125,79</b>
<b>MAI</b>	98,97	120,00	101,65	113,13	111,89	105,88	103,01	102,02	96,84	104,61	117,98	98,69	112,32	107,20	104,45	123,66	110,50	<b>107,81</b>
<b>JUN</b>	81,47	78,32	79,37	79,43	78,73	85,42	79,89	83,68	76,55	85,63	89,30	85,13	88,61	87,39	86,82	86,03	92,86	<b>83,80</b>
<b>JUL</b>	74,52	74,90	80,43	75,35	77,23	74,28	75,37	78,31	71,79	82,53	78,94	73,46	77,19	77,92	79,84	79,64	78,33	<b>77,06</b>

<b>AGO</b>	83,52	70,45	76,85	81,64	78,04	74,60	77,91	74,22	76,38	80,64	73,87	78,92	76,67	77,69	78,28	78,06	87,52	<b>77,96</b>
<b>SET</b>	82,81	87,65	91,43	91,67	82,98	88,43	89,68	79,14	87,79	95,39	81,21	79,50	85,67	86,93	89,74	96,27	102,34	<b>88,15</b>
<b>OUT</b>	104,09	111,28	109,35	110,70	111,94	116,39	123,34	100,40	106,52	132,66	116,79	110,13	106,77	109,50	100,53	117,73	131,36	<b>112,91</b>
<b>NOV</b>	127,07	125,12	128,09	129,26	132,65	138,37	139,83	127,17	133,57	135,14	127,86	114,25	143,31	122,55	124,45	148,69	140,14	<b>131,62</b>
<b>DEZ</b>	131,17	136,85	151,47	149,59	148,08	137,54	155,02	138,93	152,31	151,87	146,98	142,40	150,22	153,04	135,67	151,61	159,85	<b>146,62</b>
<b>ET<sub>p</sub> THORNTHWAITE ERAS-Land PIRIPIRI - PI</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>JAN</b>	120,35	128,14	112,87	184,10	133,71	169,82	159,21	214,05	126,59	156,26	162,64	122,00	182,98	174,47	155,58	215,26	144,52	<b>156,62</b>
<b>FEV</b>	99,15	83,52	112,15	93,73	103,40	124,90	103,35	90,61	116,14	94,12	158,12	89,53	122,49	147,43	101,82	117,96	139,67	<b>111,65</b>
<b>MAR</b>	113,66	114,34	118,73	115,42	126,56	136,91	115,76	118,88	97,29	112,24	213,02	116,34	123,64	181,84	128,48	121,75	153,22	<b>129,89</b>
<b>ABR</b>	106,01	103,60	110,45	115,58	125,11	137,51	105,00	111,42	103,11	100,37	142,02	109,42	126,32	127,66	117,33	113,36	144,60	<b>117,58</b>
<b>MAI</b>	133,32	136,18	127,99	138,98	135,17	130,16	118,07	141,55	119,84	101,59	151,78	125,90	198,35	133,60	122,94	152,34	169,96	<b>137,51</b>
<b>JUN</b>	140,08	124,08	144,33	126,41	137,96	137,58	135,11	164,74	154,17	117,75	143,03	142,67	197,01	142,04	167,05	157,42	192,25	<b>148,45</b>
<b>JUL</b>	141,45	169,35	192,84	177,61	149,95	179,73	182,96	201,66	178,21	155,58	207,57	149,67	223,07	167,17	202,26	176,39	206,42	<b>180,11</b>
<b>AGO</b>	175,70	194,56	217,36	209,38	205,43	220,08	208,47	219,62	207,08	191,03	226,64	207,59	247,60	244,03	220,85	224,94	238,27	<b>215,21</b>
<b>SET</b>	210,00	213,29	226,25	241,83	242,90	244,63	240,72	247,23	244,33	230,60	267,72	244,37	270,89	258,52	243,03	250,51	268,85	<b>243,86</b>
<b>OUT</b>	248,55	254,47	264,12	276,83	269,17	280,73	275,09	292,21	279,32	236,71	245,55	212,39	312,06	276,92	281,95	296,63	303,55	<b>270,95</b>
<b>NOV</b>	247,04	250,09	258,27	246,92	261,51	295,42	271,39	276,28	274,97	244,20	251,61	239,89	288,63	223,20	230,11	287,24	315,69	<b>262,50</b>
<b>DEZ</b>	194,41	238,60	222,91	213,80	253,21	216,64	253,43	208,75	232,40	245,67	170,36	272,63	268,20	238,36	257,65	285,62	237,74	<b>235,90</b>
<b>ET<sub>p</sub> THORNTHWAITE ESTAÇÕES PIRIPIRI - PI</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>JAN</b>	125,88	123,49	123,65	163,10	127,70	173,07	162,88	183,47	139,09	155,16	153,10	124,19	159,09	164,34	153,31	179,41	152,94	<b>150,82</b>
<b>FEV</b>	106,71	103,76	133,59	116,12	113,18	142,04	120,45	111,75	117,82	113,78	165,77	111,22	121,44	151,52	124,46	130,15	141,01	<b>124,99</b>
<b>MAR</b>	123,22	120,94	124,39	122,08	131,72	133,97	126,51	126,31	111,57	121,49	160,39	120,69	129,13	162,15	135,94	128,90	146,90	<b>130,96</b>
<b>ABR</b>	115,64	112,58	119,26	123,16	129,37	133,11	118,10	119,20	112,17	111,72	147,99	114,85	129,93	130,75	122,29	124,02	150,07	<b>124,37</b>
<b>MAI</b>	134,38	133,46	132,61	133,55	139,74	131,90	124,71	141,62	125,49	121,96	151,19	138,93	146,12	130,09	130,68	145,48	151,54	<b>136,09</b>
<b>JUN</b>	130,88	124,12	125,90	125,78	119,81	141,10	125,99	129,63	128,14	123,20	140,42	132,58	144,76	131,25	138,81	138,58	147,84	<b>132,28</b>
<b>JUL</b>	136,15	134,93	146,59	137,60	137,71	151,55	148,43	146,46	149,93	134,25	165,66	136,22	166,32	145,61	149,78	157,52	160,95	<b>147,39</b>

<b>AGO</b>	151,28	149,27	163,28	150,85	154,79	176,24	161,10	165,84	156,95	149,87	177,78	155,90	188,82	182,52	167,18	182,37	197,81	<b>166,58</b>
<b>SET</b>	160,10	167,20	172,64	173,48	176,83	186,39	180,16	182,64	176,06	174,03	197,61	171,81	192,16	204,19	190,31	200,98	206,31	<b>183,11</b>
<b>OUT</b>	186,64	192,60	198,26	199,57	200,55	222,71	205,02	208,17	208,23	184,69	198,55	179,60	220,64	219,16	225,83	229,66	238,71	<b>206,98</b>
<b>NOV</b>	188,82	194,23	200,39	195,46	203,45	217,11	199,37	202,24	207,53	190,92	193,93	178,01	203,63	198,66	199,91	221,96	246,66	<b>202,49</b>
<b>DEZ</b>	178,48	199,00	193,71	193,09	199,95	194,44	202,58	186,17	208,26	197,03	154,26	192,18	203,77	208,79	203,19	230,27	202,31	<b>196,91</b>
<b>ET<sub>P</sub> THORNTHTWAITE ERA5-Land RECIFE - PE</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>JAN</b>	137,17	134,86	125,32	145,02	132,03	151,47	137,22	145,99	135,46	141,23	131,93	134,07	128,47	143,93	134,78	138,50	136,82	<b>137,31</b>
<b>FEV</b>	122,17	120,64	110,06	112,20	119,92	125,02	122,25	116,98	140,82	107,37	120,02	111,03	119,04	122,30	109,96	116,24	129,24	<b>119,13</b>
<b>MAR</b>	139,24	137,57	136,80	137,46	139,48	156,33	150,65	135,47	137,47	138,84	162,87	148,23	134,58	155,58	142,15	138,16	142,24	<b>143,13</b>
<b>ABR</b>	119,43	120,00	123,54	128,67	127,18	138,60	127,15	126,11	121,02	126,14	137,95	122,29	127,84	137,80	137,53	143,45	129,91	<b>129,09</b>
<b>MAI</b>	114,74	121,80	117,72	121,58	114,57	116,69	114,22	116,32	113,62	112,71	132,21	109,69	119,96	117,49	116,19	128,59	117,08	<b>117,95</b>
<b>JUN</b>	96,66	94,98	95,95	95,64	93,52	97,54	96,29	94,92	95,13	102,63	104,80	98,09	98,48	99,28	101,37	102,25	102,51	<b>98,24</b>
<b>JUL</b>	89,05	92,37	95,30	92,72	89,83	93,58	93,64	92,18	87,08	92,88	96,12	91,85	90,80	93,09	96,02	93,98	94,56	<b>92,65</b>
<b>AGO</b>	93,87	90,38	92,14	99,29	92,50	88,85	94,56	89,67	89,69	96,35	89,56	94,34	87,21	93,27	92,90	92,53	101,81	<b>92,88</b>
<b>SET</b>	96,61	103,60	102,83	104,35	95,58	101,78	102,72	92,11	103,17	105,04	97,06	95,84	101,62	98,77	95,18	106,64	107,99	<b>100,64</b>
<b>OUT</b>	114,84	122,35	116,17	122,46	119,61	121,58	128,67	114,17	119,02	130,22	130,19	118,32	114,69	116,03	112,94	125,54	130,79	<b>121,04</b>
<b>NOV</b>	128,63	131,74	126,48	136,79	130,74	134,58	131,56	126,11	133,68	132,84	133,83	122,72	132,89	120,05	126,25	137,69	134,75	<b>130,67</b>
<b>DEZ</b>	132,29	139,50	145,10	146,07	145,24	145,75	145,87	136,04	144,59	146,74	142,16	137,76	140,46	137,31	133,65	143,67	149,89	<b>141,89</b>
<b>ET<sub>P</sub> THORNTHTWAITE ESTAÇÕES RECIFE - PE</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>JAN</b>	144,30	141,98	139,92	156,77	148,35	162,45	151,39	152,16	150,01	156,04	142,39	144,93	138,96	154,22	140,39	147,98	154,70	<b>148,64</b>
<b>FEV</b>	138,86	145,18	137,32	136,48	134,18	152,44	151,79	143,97	152,00	128,98	153,79	137,07	130,36	153,70	131,06	147,15	146,86	<b>142,42</b>
<b>MAR</b>	155,15	151,82	143,59	143,80	149,52	176,00	164,06	148,65	151,29	155,00	170,62	156,46	147,04	165,91	148,39	145,53	159,54	<b>154,85</b>
<b>ABR</b>	132,31	125,93	134,16	137,37	131,91	147,67	137,04	131,51	127,29	132,03	143,92	126,32	131,39	147,42	144,48	147,39	139,82	<b>136,35</b>
<b>MAI</b>	122,20	131,10	128,24	127,74	116,09	123,57	122,58	120,65	119,13	123,98	132,09	118,97	121,67	123,73	119,91	133,15	120,62	<b>123,85</b>
<b>JUN</b>	102,72	99,85	103,32	96,37	98,29	102,39	105,59	103,35	95,52	105,97	110,32	103,67	99,77	104,27	104,68	105,28	104,99	<b>102,73</b>
<b>JUL</b>	95,63	100,47	101,66	94,37	93,20	96,87	99,82	95,55	91,62	102,29	99,81	94,71	99,28	97,40	100,71	96,33	99,24	<b>97,59</b>

<b>AGO</b>	101,73	102,60	105,45	97,10	95,20	96,18	101,99	100,45	92,15	103,58	89,78	98,14	92,32	103,59	95,78	101,73	103,61	<b>98,90</b>
<b>SET</b>	110,25	113,63	115,75	110,59	107,19	110,92	114,35	104,11	113,75	118,06	106,78	107,82	110,02	109,28	105,51	120,86	118,49	<b>111,61</b>
<b>OUT</b>	134,04	132,52	131,64	132,19	131,45	129,13	142,72	124,76	134,29	135,71	136,94	132,62	127,56	131,30	125,84	138,59	144,92	<b>133,31</b>
<b>NOV</b>	137,22	143,41	133,09	146,64	142,63	145,30	148,45	139,13	146,13	147,27	148,74	138,80	147,43	138,15	134,82	149,83	154,90	<b>143,64</b>
<b>DEZ</b>	136,56	160,00	158,90	161,56	156,40	148,89	153,98	155,50	158,33	162,13	156,89	154,86	161,66	154,27	148,29	156,97	163,11	<b>155,78</b>

Erro Percentual Absoluto Médio - MAPE, o Erro Absoluto Médio – MAE, Raiz do Erro Quadrático Médio – REQM, o Erro Padrão de Estimativa – SES.

**Tabela A8** - Evapotranspiração mensal ET<sub>0</sub> FAO-PENEMAN-MONTEITH calculada com dados de renálises ERA5-Land e observados.

<b>ET<sub>0</sub> FAO-PENEMAN-MONTEITH ERA5-Land CRUZETA-RN</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>JAN</b>	170,50	198,40	142,60	158,10	117,80	186,00	213,90	201,50	173,60	176,70	164,30	145,70	182,90	198,40	195,30	201,50	127,10	<b>173,78</b>
<b>FEV</b>	131,60	165,20	151,20	145,60	126,00	159,60	134,40	123,20	162,40	128,80	159,60	131,60	162,40	182,00	145,60	151,20	159,60	<b>148,24</b>
<b>MAR</b>	173,60	161,20	155,00	142,60	167,40	161,20	151,90	173,60	117,80	145,70	173,60	142,60	192,20	195,30	161,20	155,00	182,90	<b>161,93</b>
<b>ABR</b>	132,00	144,00	153,00	141,00	165,00	168,00	123,00	156,00	114,00	108,00	153,00	123,00	186,00	156,00	144,00	144,00	156,00	<b>145,06</b>
<b>MAI</b>	158,10	173,60	158,10	158,10	145,70	148,80	139,50	158,10	117,80	99,20	170,50	117,80	176,70	167,40	139,50	173,60	148,80	<b>150,08</b>
<b>JUN</b>	123,00	138,00	129,00	144,00	129,00	126,00	138,00	138,00	132,00	120,00	135,00	129,00	144,00	144,00	141,00	141,00	156,00	<b>135,71</b>
<b>JUL</b>	114,70	161,20	151,90	173,60	145,70	167,40	155,00	158,10	127,10	136,40	148,80	127,10	151,90	148,80	151,90	142,60	176,70	<b>149,35</b>
<b>AGO</b>	161,20	189,10	182,90	192,20	179,80	167,40	176,70	170,50	158,10	167,40	176,70	167,40	198,40	182,90	179,80	186,00	198,40	<b>178,52</b>
<b>SET</b>	177,00	204,00	198,00	207,00	213,00	201,00	201,00	198,00	195,00	192,00	201,00	201,00	207,00	192,00	186,00	198,00	210,00	<b>198,88</b>
<b>OUT</b>	213,90	210,80	220,10	229,40	223,20	226,30	220,10	226,30	213,90	201,50	198,40	195,30	213,90	210,80	207,70	217,00	223,20	<b>214,81</b>
<b>NOV</b>	198,00	201,00	204,00	213,00	210,00	213,00	195,00	207,00	204,00	198,00	204,00	189,00	195,00	192,00	186,00	204,00	213,00	<b>201,53</b>
<b>DEZ</b>	173,60	195,30	192,20	201,50	207,70	198,40	195,30	195,30	198,40	182,90	170,50	201,50	201,50	182,90	195,30	192,20	198,40	<b>193,11</b>
<b>ET<sub>0</sub> FAO-PENEMAN-MONTEITH ESTAÇÕES CRUZETA-RN</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>JAN</b>	170,50	207,70	142,60	195,30	133,30	201,50	223,20	210,80	192,20	198,40	161,20	148,80	186,00	210,80	204,60	213,90	142,60	<b>184,91</b>
<b>FEV</b>	140,00	187,60	156,80	156,80	128,80	173,60	154,00	142,80	176,40	134,40	162,40	142,80	159,60	187,60	156,80	168,00	156,80	<b>157,95</b>
<b>MAR</b>	158,10	170,50	145,70	161,20	164,30	176,70	161,20	167,40	139,50	145,70	186,00	151,90	189,10	201,50	173,60	173,60	186,00	<b>167,76</b>
<b>ABR</b>	135,00	135,00	132,00	144,00	153,00	156,00	120,00	147,00	117,00	114,00	153,00	126,00	186,00	171,00	147,00	165,00	156,00	<b>144,53</b>

<b>MAI</b>	151,90	176,70	136,40	145,70	136,40	136,40	127,10	145,70	120,90	105,40	161,20	105,40	179,80	170,50	136,40	182,90	167,40	<b>146,25</b>
<b>JUN</b>	135,00	135,00	126,00	141,00	114,00	111,00	120,00	135,00	117,00	105,00	126,00	117,00	150,00	141,00	138,00	159,00	165,00	<b>131,47</b>
<b>JUL</b>	130,20	161,20	155,00	164,30	142,60	167,40	158,10	161,20	142,60	127,10	158,10	120,90	164,30	158,10	155,00	155,00	192,20	<b>153,72</b>
<b>AGO</b>	158,10	195,30	195,30	198,40	186,00	179,80	182,90	186,00	167,40	164,30	192,20	155,00	210,80	189,10	192,20	195,30	195,30	<b>184,91</b>
<b>SET</b>	171,00	210,00	207,00	216,00	213,00	207,00	210,00	204,00	201,00	192,00	216,00	204,00	219,00	207,00	192,00	210,00	213,00	<b>205,41</b>
<b>OUT</b>	217,00	210,80	226,30	244,90	229,40	238,70	226,30	232,50	229,40	217,00	210,80	210,80	238,70	235,60	217,00	226,30	229,40	<b>225,94</b>
<b>NOV</b>	207,00	216,00	216,00	228,00	222,00	228,00	216,00	225,00	225,00	219,00	213,00	210,00	225,00	207,00	204,00	228,00	222,00	<b>218,29</b>
<b>DEZ</b>	192,20	213,90	207,70	223,20	220,10	201,50	223,20	217,00	217,00	204,60	186,00	223,20	217,00	198,40	210,80	220,10	210,80	<b>210,98</b>
<b>ET<sub>0</sub> FAO-PENEMAN-MONTEITH ERA5-Land MORRO DO CHAPÉU - BA</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>JAN</b>	133,30	145,70	111,60	145,70	117,80	136,40	161,20	161,20	158,10	148,80	155,00	136,40	145,70	136,40	148,80	151,90	96,10	<b>140,59</b>
<b>FEV</b>	123,20	134,40	114,80	134,40	114,80	109,20	123,20	92,40	126,00	120,40	128,80	117,60	134,40	140,00	109,20	112,00	137,20	<b>121,88</b>
<b>MAR</b>	127,10	130,20	130,20	139,50	124,00	124,00	117,80	127,10	127,10	136,40	124,00	127,10	164,30	161,20	130,20	139,50	139,50	<b>133,48</b>
<b>ABR</b>	111,00	114,00	114,00	123,00	108,00	105,00	93,00	114,00	108,00	105,00	99,00	114,00	135,00	120,00	105,00	111,00	117,00	<b>111,53</b>
<b>MAI</b>	93,00	108,50	105,40	89,90	99,20	89,90	86,80	89,90	96,10	83,70	99,20	86,80	102,30	102,30	93,00	86,80	96,10	<b>94,64</b>
<b>JUN</b>	81,00	72,00	78,00	81,00	81,00	72,00	78,00	72,00	78,00	78,00	72,00	84,00	75,00	78,00	75,00	66,00	84,00	<b>76,76</b>
<b>JUL</b>	93,00	86,80	83,70	77,50	83,70	77,50	83,70	86,80	86,80	93,00	77,50	89,90	93,00	86,80	74,40	80,60	89,90	<b>84,98</b>
<b>AGO</b>	96,10	86,80	99,20	96,10	102,30	99,20	102,30	93,00	105,40	102,30	96,10	108,50	102,30	99,20	99,20	96,10	102,30	<b>99,20</b>
<b>SET</b>	114,00	120,00	123,00	123,00	132,00	123,00	117,00	114,00	129,00	141,00	117,00	126,00	141,00	126,00	120,00	135,00	117,00	<b>124,59</b>
<b>OUT</b>	158,10	142,60	170,50	155,00	151,90	161,20	127,10	145,70	158,10	124,00	155,00	130,20	151,90	142,60	145,70	155,00	139,50	<b>147,89</b>
<b>NOV</b>	120,00	159,00	153,00	135,00	144,00	144,00	123,00	150,00	159,00	150,00	153,00	120,00	123,00	135,00	114,00	165,00	135,00	<b>140,12</b>
<b>DEZ</b>	127,10	139,50	142,60	167,40	155,00	139,50	145,70	142,60	130,20	139,50	133,30	139,50	164,30	117,80	120,90	179,80	151,90	<b>143,33</b>
<b>ET<sub>0</sub> FAO-PENEMAN-MONTEITH ESTAÇÕES MORRO DO CHAPÉU - BA</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>JAN</b>	127,10	139,50	117,80	148,80	114,70	139,50	161,20	155,00	158,10	142,60	148,80	133,30	148,80	133,30	151,90	145,70	111,60	<b>139,86</b>
<b>FEV</b>	114,80	145,60	128,80	134,40	114,80	114,80	137,20	103,60	128,80	128,80	128,80	120,40	126,00	134,40	109,20	114,80	134,40	<b>124,68</b>
<b>MAR</b>	120,90	130,20	130,20	136,40	114,70	127,10	120,90	114,70	124,00	151,90	127,10	130,20	164,30	158,10	124,00	142,60	145,70	<b>133,12</b>
<b>ABR</b>	102,00	114,00	108,00	123,00	105,00	96,00	87,00	99,00	114,00	96,00	99,00	108,00	135,00	111,00	111,00	111,00	126,00	<b>108,53</b>



<b>MAI</b>	83,70	102,30	102,30	83,70	89,90	86,80	80,60	86,80	93,00	80,60	99,20	80,60	93,00	99,20	86,80	80,60	102,30	<b>90,08</b>
<b>JUN</b>	69,00	72,00	69,00	72,00	72,00	69,00	66,00	75,00	75,00	72,00	78,00	78,00	87,00	75,00	78,00	69,00	84,00	<b>74,12</b>
<b>JUL</b>	86,80	86,80	80,60	74,40	80,60	74,40	77,50	83,70	77,50	86,80	71,30	86,80	89,90	80,60	77,50	77,50	93,00	<b>81,51</b>
<b>AGO</b>	105,40	86,80	99,20	93,00	102,30	96,10	102,30	96,10	108,50	99,20	96,10	114,70	102,30	102,30	99,20	99,20	114,70	<b>101,02</b>
<b>SET</b>	102,00	114,00	108,00	111,00	123,00	120,00	117,00	111,00	117,00	141,00	120,00	126,00	135,00	126,00	123,00	144,00	114,00	<b>120,71</b>
<b>OUT</b>	151,90	136,40	155,00	148,80	136,40	155,00	111,60	136,40	142,60	124,00	145,70	120,90	155,00	145,70	145,70	155,00	151,90	<b>142,24</b>
<b>NOV</b>	120,00	150,00	147,00	126,00	138,00	129,00	120,00	138,00	147,00	141,00	138,00	108,00	105,00	135,00	114,00	171,00	135,00	<b>133,06</b>
<b>DEZ</b>	117,80	136,40	136,40	155,00	145,70	127,10	142,60	139,50	120,90	133,30	133,30	136,40	161,20	117,80	114,70	179,80	155,00	<b>138,41</b>
<b>ET<sub>0</sub> FAO-PENEMAN-MONTEITH ERA5-Land PALMEIRA DOS ÍNDIOS-PI</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>JAN</b>	139,50	145,70	120,90	161,20	111,60	173,60	151,90	161,20	148,80	155,00	139,50	139,50	139,50	158,10	148,80	148,80	130,20	<b>145,52</b>
<b>FEV</b>	117,60	128,80	117,60	117,60	120,40	126,00	126,00	112,00	137,20	114,80	120,40	117,60	126,00	134,40	117,60	120,40	128,80	<b>122,54</b>
<b>MAR</b>	127,10	133,30	130,20	130,20	136,40	139,50	142,60	117,80	117,80	139,50	151,90	142,60	142,60	145,70	133,30	133,30	130,20	<b>134,94</b>
<b>ABR</b>	108,00	111,00	108,00	120,00	114,00	114,00	108,00	114,00	108,00	120,00	105,00	102,00	123,00	126,00	114,00	129,00	114,00	<b>114,00</b>
<b>MAI</b>	96,10	111,60	89,90	105,40	96,10	86,80	86,80	93,00	86,80	77,50	96,10	74,40	108,50	96,10	89,90	108,50	89,90	<b>93,73</b>
<b>JUN</b>	72,00	69,00	66,00	78,00	63,00	69,00	66,00	72,00	72,00	78,00	60,00	69,00	72,00	78,00	72,00	75,00	84,00	<b>71,47</b>
<b>JUL</b>	77,50	80,60	83,70	83,70	68,20	74,40	71,30	80,60	71,30	80,60	80,60	68,20	77,50	77,50	80,60	80,60	86,80	<b>77,86</b>
<b>AGO</b>	89,90	86,80	86,80	96,10	89,90	89,90	93,00	89,90	83,70	86,80	83,70	96,10	93,00	93,00	86,80	99,20	102,30	<b>90,99</b>
<b>SET</b>	99,00	114,00	123,00	117,00	105,00	114,00	120,00	96,00	114,00	120,00	105,00	99,00	117,00	108,00	108,00	120,00	120,00	<b>111,71</b>
<b>OUT</b>	136,40	139,50	136,40	136,40	136,40	142,60	142,60	133,30	136,40	148,80	136,40	127,10	124,00	130,20	120,90	142,60	148,80	<b>136,40</b>
<b>NOV</b>	144,00	153,00	147,00	147,00	156,00	156,00	153,00	153,00	159,00	153,00	153,00	129,00	159,00	132,00	126,00	168,00	156,00	<b>149,65</b>
<b>DEZ</b>	139,50	139,50	155,00	161,20	164,30	145,70	161,20	155,00	167,40	155,00	142,60	155,00	164,30	148,80	133,30	151,90	158,10	<b>152,81</b>
<b>ET<sub>0</sub> FAO-PENEMAN-MONTEITH ESTAÇÕES PALMEIRA DOS ÍNDIOS-PI</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>JAN</b>	155,00	161,20	117,80	189,10	130,20	186,00	161,20	186,00	170,50	176,70	155,00	155,00	155,00	186,00	179,80	173,60	145,70	<b>163,75</b>
<b>FEV</b>	140,00	154,00	126,00	137,20	131,60	151,20	168,00	131,60	154,00	128,80	137,20	148,40	137,20	168,00	134,40	142,80	145,60	<b>143,29</b>
<b>MAR</b>	148,80	161,20	136,40	151,90	158,10	167,40	170,50	124,00	136,40	164,30	151,90	167,40	155,00	182,90	155,00	151,90	145,70	<b>154,64</b>
<b>ABR</b>	117,00	135,00	114,00	141,00	129,00	129,00	123,00	114,00	117,00	126,00	114,00	111,00	126,00	135,00	114,00	153,00	111,00	<b>124,06</b>

<b>MAI</b>	99,20	133,30	96,10	114,70	105,40	89,90	89,90	89,90	80,60	80,60	105,40	77,50	108,50	102,30	89,90	114,70	96,10	<b>98,47</b>
<b>JUN</b>	72,00	81,00	69,00	81,00	66,00	78,00	69,00	78,00	75,00	78,00	72,00	78,00	84,00	81,00	87,00	78,00	90,00	<b>77,47</b>
<b>JUL</b>	80,60	77,50	86,80	89,90	77,50	80,60	77,50	80,60	71,30	86,80	83,70	71,30	77,50	80,60	83,70	80,60	89,90	<b>80,96</b>
<b>AGO</b>	102,30	96,10	96,10	108,50	86,80	89,90	99,20	86,80	89,90	89,90	89,90	99,20	96,10	93,00	96,10	102,30	114,70	<b>96,28</b>
<b>SET</b>	102,00	132,00	129,00	129,00	105,00	123,00	129,00	108,00	117,00	135,00	114,00	102,00	117,00	114,00	117,00	132,00	132,00	<b>119,82</b>
<b>OUT</b>	145,70	145,70	148,80	148,80	158,10	164,30	158,10	145,70	145,70	176,70	148,80	142,60	148,80	148,80	130,20	155,00	170,50	<b>151,90</b>
<b>NOV</b>	168,00	174,00	165,00	174,00	174,00	183,00	165,00	177,00	186,00	186,00	180,00	144,00	189,00	159,00	150,00	204,00	168,00	<b>173,29</b>
<b>DEZ</b>	164,30	158,10	173,60	189,10	192,20	167,40	189,10	170,50	179,80	173,60	170,50	170,50	186,00	176,70	158,10	173,60	173,60	<b>174,51</b>
<b>ET<sub>0</sub> FAO-PENEMAN-MONTEITH ERA5-Land PIRIPIRI - PI</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>JAN</b>	124,00	124,00	105,40	139,50	99,20	139,50	136,40	155,00	114,70	130,20	136,40	111,60	142,60	127,10	127,10	155,00	111,60	<b>128,19</b>
<b>FEV</b>	100,80	95,20	120,40	89,60	98,00	109,20	103,60	92,40	114,80	98,00	134,40	95,20	120,40	128,80	106,40	106,40	126,00	<b>108,21</b>
<b>MAR</b>	117,80	114,70	114,70	114,70	120,90	120,90	111,60	117,80	89,90	108,50	142,60	117,80	130,20	139,50	120,90	111,60	133,30	<b>119,26</b>
<b>ABR</b>	99,00	96,00	102,00	108,00	117,00	123,00	99,00	108,00	96,00	84,00	117,00	99,00	126,00	117,00	114,00	114,00	129,00	<b>108,71</b>
<b>MAI</b>	120,90	124,00	114,70	120,90	124,00	120,90	111,60	127,10	111,60	80,60	120,90	117,80	148,80	114,70	111,60	124,00	130,20	<b>119,08</b>
<b>JUN</b>	129,00	117,00	138,00	126,00	144,00	144,00	147,00	159,00	135,00	120,00	147,00	138,00	141,00	132,00	144,00	138,00	147,00	<b>138,00</b>
<b>JUL</b>	130,20	151,90	155,00	161,20	142,60	173,60	164,30	158,10	173,60	142,60	173,60	148,80	179,80	136,40	170,50	164,30	164,30	<b>158,28</b>
<b>AGO</b>	170,50	204,60	189,10	158,10	179,80	198,40	179,80	223,20	179,80	186,00	192,20	186,00	217,00	186,00	189,10	201,50	186,00	<b>189,83</b>
<b>SET</b>	180,00	171,00	177,00	186,00	189,00	201,00	186,00	207,00	204,00	201,00	219,00	213,00	213,00	207,00	195,00	192,00	186,00	<b>195,71</b>
<b>OUT</b>	192,20	179,80	201,50	192,20	195,30	210,80	189,10	207,70	223,20	173,60	173,60	173,60	220,10	204,60	220,10	210,80	213,90	<b>198,95</b>
<b>NOV</b>	180,00	162,00	168,00	162,00	177,00	183,00	171,00	186,00	183,00	189,00	174,00	174,00	162,00	168,00	168,00	189,00	198,00	<b>176,12</b>
<b>DEZ</b>	142,60	167,40	155,00	145,70	155,00	142,60	167,40	148,80	148,80	161,20	136,40	186,00	158,10	158,10	170,50	198,40	148,80	<b>158,28</b>
<b>ET<sub>0</sub> FAO-PENEMAN-MONTEITH ESTAÇÕES PIRIPIRI - PI</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>JAN</b>	130,20	124,00	114,70	155,00	114,70	155,00	151,90	158,10	133,30	139,50	139,50	117,80	148,80	139,50	145,70	164,30	117,80	<b>138,22</b>
<b>FEV</b>	109,20	109,20	134,40	100,80	109,20	131,60	117,60	106,40	123,20	112,00	140,00	106,40	120,40	137,20	117,60	112,00	123,20	<b>118,26</b>
<b>MAR</b>	120,90	117,80	124,00	117,80	133,30	130,20	127,10	124,00	108,50	117,80	148,80	120,90	133,30	142,60	130,20	127,10	130,20	<b>126,74</b>
<b>ABR</b>	108,00	99,00	111,00	114,00	117,00	123,00	108,00	108,00	105,00	99,00	123,00	102,00	126,00	123,00	111,00	123,00	126,00	<b>113,29</b>

<b>MAI</b>	117,80	127,10	120,90	117,80	127,10	120,90	114,70	133,30	108,50	96,10	124,00	117,80	133,30	117,80	114,70	120,90	127,10	<b>119,99</b>
<b>JUN</b>	117,00	114,00	117,00	117,00	114,00	117,00	120,00	123,00	117,00	111,00	123,00	117,00	123,00	111,00	120,00	120,00	126,00	<b>118,06</b>
<b>JUL</b>	124,00	136,40	142,60	139,50	127,10	148,80	133,30	139,50	136,40	120,90	139,50	124,00	142,60	130,20	133,30	136,40	136,40	<b>134,76</b>
<b>AGO</b>	155,00	170,50	167,40	155,00	161,20	173,60	164,30	179,80	155,00	155,00	164,30	155,00	179,80	164,30	164,30	161,20	167,40	<b>164,30</b>
<b>SET</b>	165,00	174,00	174,00	174,00	174,00	186,00	180,00	189,00	177,00	171,00	189,00	171,00	177,00	186,00	171,00	186,00	180,00	<b>177,88</b>
<b>OUT</b>	189,10	192,20	195,30	189,10	195,30	204,60	192,20	195,30	201,50	186,00	186,00	164,30	201,50	192,20	192,20	198,40	195,30	<b>192,38</b>
<b>NOV</b>	183,00	177,00	180,00	183,00	186,00	180,00	174,00	180,00	180,00	180,00	165,00	168,00	174,00	165,00	168,00	189,00	189,00	<b>177,71</b>
<b>DEZ</b>	158,10	170,50	167,40	173,60	179,80	161,20	173,60	164,30	170,50	148,80	136,40	167,40	170,50	167,40	158,10	176,70	155,00	<b>164,66</b>
<b>ET<sub>0</sub> FAO-PENEMAN-MONTEITH ERA5-Land RECIFE - PE</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>JAN</b>	148,80	158,10	120,90	148,80	117,80	161,20	155,00	155,00	148,80	151,90	130,20	139,50	139,50	151,90	151,90	158,10	124,00	<b>144,79</b>
<b>FEV</b>	120,40	134,40	123,20	123,20	117,60	131,60	128,80	120,40	148,40	114,80	120,40	123,20	131,60	137,20	120,40	128,80	128,80	<b>126,66</b>
<b>MAR</b>	142,60	139,50	139,50	130,20	142,60	145,70	145,70	139,50	127,10	136,40	151,90	145,70	145,70	151,90	142,60	139,50	133,30	<b>141,14</b>
<b>ABR</b>	111,00	117,00	120,00	123,00	123,00	132,00	111,00	117,00	117,00	111,00	117,00	102,00	132,00	129,00	126,00	138,00	117,00	<b>120,18</b>
<b>MAI</b>	108,50	114,70	105,40	111,60	99,20	102,30	99,20	108,50	102,30	89,90	114,70	86,80	117,80	105,40	102,30	114,70	105,40	<b>105,22</b>
<b>JUN</b>	84,00	84,00	81,00	87,00	78,00	75,00	87,00	81,00	90,00	90,00	81,00	81,00	84,00	87,00	87,00	87,00	99,00	<b>84,88</b>
<b>JUL</b>	83,70	99,20	99,20	108,50	86,80	108,50	102,30	99,20	93,00	89,90	102,30	89,90	102,30	93,00	105,40	93,00	105,40	<b>97,74</b>
<b>AGO</b>	108,50	120,90	111,60	124,00	111,60	108,50	114,70	111,60	105,40	114,70	117,80	111,60	114,70	108,50	117,80	114,70	127,10	<b>114,34</b>
<b>SET</b>	111,00	132,00	132,00	132,00	123,00	132,00	132,00	123,00	129,00	126,00	132,00	129,00	135,00	123,00	114,00	132,00	138,00	<b>127,94</b>
<b>OUT</b>	139,50	142,60	142,60	148,80	142,60	151,90	151,90	145,70	145,70	155,00	148,80	136,40	145,70	142,60	139,50	155,00	158,10	<b>146,61</b>
<b>NOV</b>	144,00	147,00	144,00	153,00	150,00	156,00	147,00	144,00	153,00	150,00	153,00	138,00	153,00	135,00	141,00	159,00	150,00	<b>148,06</b>
<b>DEZ</b>	133,30	139,50	151,90	148,80	161,20	155,00	148,80	148,80	151,90	145,70	145,70	151,90	148,80	142,60	139,50	148,80	155,00	<b>148,07</b>
<b>ET<sub>0</sub> FAO-PENEMAN-MONTEITH ESTAÇÕES RECIFE - PE</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>JAN</b>	142,60	155,00	120,90	148,80	117,80	161,20	158,10	151,90	145,70	155,00	117,80	133,30	130,20	148,80	133,30	155,00	130,20	<b>141,51</b>
<b>FEV</b>	128,80	148,40	128,80	123,20	120,40	137,20	140,00	126,00	148,40	117,60	128,80	128,80	128,80	140,00	103,60	140,00	126,00	<b>130,28</b>
<b>MAR</b>	145,70	139,50	130,20	127,10	139,50	151,90	151,90	139,50	133,30	148,80	148,80	145,70	142,60	139,50	120,90	130,20	133,30	<b>139,32</b>
<b>ABR</b>	114,00	111,00	120,00	126,00	111,00	129,00	114,00	117,00	114,00	111,00	120,00	96,00	129,00	126,00	120,00	135,00	114,00	<b>118,06</b>

<b>MAI</b>	108,50	120,90	105,40	111,60	93,00	93,00	102,30	102,30	99,20	89,90	108,50	86,80	111,60	105,40	99,20	114,70	99,20	<b>103,03</b>
<b>JUN</b>	81,00	84,00	87,00	81,00	72,00	75,00	87,00	78,00	81,00	84,00	90,00	81,00	87,00	87,00	93,00	87,00	96,00	<b>84,18</b>
<b>JUL</b>	80,60	96,10	93,00	96,10	83,70	99,20	96,10	93,00	83,70	89,90	93,00	80,60	96,10	83,70	93,00	83,70	96,10	<b>90,45</b>
<b>AGO</b>	108,50	117,80	117,80	111,60	108,50	99,20	108,50	105,40	96,10	111,60	96,10	102,30	105,40	105,40	102,30	111,60	111,60	<b>107,04</b>
<b>SET</b>	111,00	129,00	138,00	129,00	126,00	129,00	135,00	120,00	120,00	123,00	123,00	114,00	120,00	105,00	102,00	135,00	132,00	<b>123,00</b>
<b>OUT</b>	145,70	130,20	136,40	145,70	151,90	151,90	161,20	142,60	142,60	151,90	139,50	136,40	136,40	124,00	130,20	148,80	151,90	<b>142,78</b>
<b>NOV</b>	147,00	147,00	135,00	153,00	156,00	156,00	159,00	153,00	156,00	153,00	159,00	141,00	153,00	117,00	138,00	156,00	147,00	<b>148,59</b>
<b>DEZ</b>	136,40	145,70	151,90	158,10	164,30	148,80	151,90	158,10	155,00	151,90	145,70	151,90	148,80	127,10	139,50	142,60	148,80	<b>148,62</b>

Erro Percentual Absoluto Médio - MAPE, o Erro Absoluto Médio – MAE, Raiz do Erro Quadrático Médio – REQM, o Erro Padrão de Estimativa – SES.

**Tabela A9** - Evapotranspiração mensal decendial  $ET_P$  THORNTHWAITE calculada com dados de renálises ERA5-Land e observados.

<b><math>ET_P</math> THORNTHWAITE ERA5-Land CRUZETA-RN</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>J1</b>	50,79	58,40	46,61	66,59	67,36	65,88	60,41	60,10	61,74	62,34	52,67	55,37	59,22	61,82	57,05	58,42	51,38	<b>58,60</b>
<b>J2</b>	55,04	52,92	48,59	61,08	41,92	65,91	62,30	66,52	56,00	58,21	54,97	52,16	54,53	64,62	60,24	61,63	42,86	<b>56,44</b>
<b>J3</b>	64,53	65,64	56,83	43,71	37,35	57,22	74,30	74,19	56,77	54,68	57,02	42,05	53,25	73,28	67,30	68,71	43,65	<b>58,26</b>
<b>F1</b>	60,29	62,15	49,38	47,33	38,24	65,19	65,96	63,29	59,12	50,04	65,61	49,86	58,14	69,15	57,97	63,01	44,46	<b>57,01</b>
<b>F2</b>	44,21	65,12	48,06	62,26	41,33	57,12	58,92	45,69	62,60	56,23	61,75	51,87	48,47	59,69	49,20	62,27	56,49	<b>54,78</b>
<b>F3</b>	30,76	31,78	33,05	25,39	34,33	32,00	22,93	20,36	44,65	21,16	34,80	22,62	38,30	32,35	26,10	23,97	41,90	<b>30,38</b>
<b>M1</b>	49,96	60,30	46,12	54,26	43,62	69,87	47,55	47,71	52,57	44,15	75,29	41,73	59,34	66,74	54,68	45,51	59,47	<b>54,05</b>
<b>M2</b>	55,46	43,10	49,61	48,36	44,43	61,81	59,04	49,11	42,36	46,63	68,21	42,26	50,37	66,73	46,29	60,06	62,24	<b>52,71</b>
<b>M3</b>	58,25	58,32	57,69	42,72	61,19	45,80	58,23	64,33	37,99	52,52	58,01	51,55	64,73	76,78	61,16	44,35	71,77	<b>56,79</b>
<b>A1</b>	49,33	45,79	52,40	41,61	56,21	49,39	53,77	61,12	35,62	41,17	58,12	48,31	57,17	66,47	47,97	43,52	55,51	<b>50,79</b>
<b>A2</b>	39,20	41,53	53,49	50,64	58,40	56,47	43,22	55,81	36,14	37,65	51,24	39,33	60,70	62,78	51,94	53,11	49,80	<b>49,50</b>
<b>A3</b>	40,45	49,01	55,76	44,79	43,21	58,94	39,98	44,69	37,61	36,60	58,68	39,73	60,18	47,08	53,40	51,10	54,95	<b>48,01</b>
<b>MA1</b>	44,49	55,70	51,69	48,24	40,33	53,90	43,30	42,62	37,93	35,65	57,30	37,90	53,61	56,60	42,61	55,20	48,16	<b>47,37</b>
<b>MA2</b>	46,89	56,49	54,33	49,48	45,38	48,97	41,45	50,87	34,27	35,64	60,69	35,38	52,60	53,90	45,05	56,32	43,20	<b>47,70</b>
<b>MA3</b>	50,66	58,80	53,46	58,79	50,48	49,82	51,17	53,85	39,53	37,43	65,96	40,63	50,80	55,34	47,19	58,50	53,93	<b>51,55</b>

<b>J1</b>	41,38	45,73	35,64	45,53	39,83	40,54	42,07	41,48	33,57	34,12	48,67	38,39	48,12	46,91	45,17	45,93	48,95	<b>42,47</b>
<b>J2</b>	34,86	39,33	32,26	33,54	35,16	39,70	34,46	39,83	35,66	33,72	41,73	38,40	42,75	45,54	38,72	43,54	44,53	<b>38,46</b>
<b>J3</b>	31,96	34,96	34,05	36,89	32,67	39,85	38,00	36,02	36,84	36,32	40,15	37,51	34,91	42,00	38,32	37,81	39,84	<b>36,95</b>
<b>JL1</b>	26,80	39,24	34,56	38,74	38,27	39,96	39,50	38,19	26,94	35,15	39,04	34,39	36,22	34,32	40,51	38,82	40,82	<b>36,56</b>
<b>JL2</b>	32,42	39,41	40,45	39,02	34,44	37,40	36,27	39,43	29,36	37,30	37,35	29,72	33,64	36,83	35,23	36,98	43,17	<b>36,38</b>
<b>JL3</b>	34,28	42,27	43,46	44,06	38,79	41,88	44,25	42,15	34,43	42,11	34,65	34,89	37,83	44,05	39,29	38,98	42,96	<b>40,02</b>
<b>A1</b>	33,28	34,35	39,73	41,75	40,66	34,97	38,38	35,41	30,85	37,44	34,49	38,13	38,58	38,45	39,97	36,45	40,35	<b>37,25</b>
<b>A2</b>	34,35	37,66	37,37	44,75	38,10	38,80	37,89	32,85	33,13	38,34	35,46	36,04	35,60	41,27	36,76	38,09	44,59	<b>37,71</b>
<b>A3</b>	46,53	45,89	43,81	49,89	50,75	42,90	49,15	43,70	43,96	48,19	43,24	42,23	42,99	46,75	44,14	50,07	50,86	<b>46,18</b>
<b>S1</b>	45,78	46,74	45,91	43,43	46,46	44,18	45,83	38,22	41,87	45,67	39,05	40,03	40,80	40,72	43,07	47,55	45,39	<b>43,57</b>
<b>S2</b>	41,90	52,67	44,48	49,69	48,30	46,86	48,12	42,17	46,76	46,58	42,63	41,58	45,03	44,35	42,97	47,60	49,17	<b>45,93</b>
<b>S3</b>	45,63	50,06	50,59	54,92	49,28	49,62	52,18	46,62	51,18	50,53	46,91	48,28	48,40	51,27	50,21	50,44	57,11	<b>50,19</b>
<b>O1</b>	50,65	56,60	51,30	57,47	54,53	52,75	55,24	48,22	50,10	54,00	58,64	49,67	46,93	53,86	50,12	54,09	57,16	<b>53,02</b>
<b>O2</b>	50,87	55,54	52,09	58,13	55,83	53,00	58,68	51,01	52,41	54,09	58,34	50,99	50,08	51,77	51,01	53,52	55,36	<b>53,69</b>
<b>O3</b>	58,33	62,67	61,65	63,04	61,25	63,35	64,04	63,19	59,69	60,68	57,50	57,41	60,11	59,40	58,24	61,95	65,26	<b>61,04</b>
<b>N1</b>	55,05	61,08	57,44	62,81	58,51	58,57	54,41	54,52	56,74	54,80	60,92	53,28	57,55	52,14	59,49	59,48	61,87	<b>57,57</b>
<b>N2</b>	56,36	58,42	56,67	63,72	61,04	61,60	59,35	61,05	57,50	55,45	59,69	54,98	59,82	57,09	54,51	64,22	64,94	<b>59,20</b>
<b>N3</b>	56,54	58,60	56,85	63,92	61,23	61,79	59,54	61,24	57,68	55,63	59,88	55,15	60,00	57,27	54,68	64,42	65,15	<b>59,39</b>
<b>D1</b>	58,55	57,96	58,28	65,77	63,54	59,81	60,83	60,53	60,26	56,46	55,83	56,33	58,46	63,32	56,88	65,18	68,04	<b>60,35</b>
<b>D2</b>	41,47	57,04	63,96	61,03	63,11	59,72	64,08	53,46	59,37	60,50	47,00	56,13	60,27	54,22	57,87	63,09	60,46	<b>57,81</b>
<b>D3</b>	60,28	71,01	67,96	71,17	68,23	64,82	67,12	65,68	67,34	63,82	65,50	62,55	69,40	58,35	64,17	52,29	67,55	<b>65,13</b>
<b>ET<sub>P</sub> THORNTHWAITE ESTAÇÕES CRUZETA-RN</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>J1</b>	49,14	62,69	47,59	69,97	70,91	64,51	64,78	64,65	65,77	65,93	49,55	56,27	65,44	66,15	59,15	60,92	65,88	<b>61,72</b>
<b>J2</b>	53,60	55,62	47,56	63,72	46,09	65,70	66,12	71,54	60,00	64,13	50,31	57,42	58,32	69,37	62,58	66,89	54,81	<b>59,63</b>
<b>J3</b>	64,53	69,01	52,84	56,71	42,15	63,82	77,26	78,75	67,57	65,72	65,09	46,39	59,44	78,10	69,95	74,04	47,77	<b>63,48</b>
<b>F1</b>	60,79	65,48	46,76	57,75	43,39	65,50	70,34	74,35	67,27	55,73	62,02	56,70	62,95	75,12	58,85	62,77	54,00	<b>61,16</b>
<b>F2</b>	44,33	67,23	44,15	62,42	44,49	53,92	57,18	52,04	67,90	51,74	56,93	47,74	49,51	63,04	52,03	65,52	55,44	<b>55,04</b>

<b>F3</b>	35,19	55,67	48,69	41,14	37,57	54,90	41,92	38,77	47,09	35,11	54,18	37,80	38,67	53,86	46,85	43,57	48,98	<b>44,70</b>
<b>M1</b>	53,74	62,49	44,94	60,98	46,24	71,63	49,87	49,29	53,45	47,32	74,05	44,39	55,75	69,54	58,00	54,49	66,57	<b>56,63</b>
<b>M2</b>	49,49	50,59	45,42	54,39	47,70	67,59	56,24	49,20	42,36	45,16	66,77	45,14	56,24	67,38	50,35	64,16	67,54	<b>54,45</b>
<b>M3</b>	55,02	57,34	51,01	51,70	57,44	52,68	53,47	62,04	44,40	52,24	56,26	55,88	66,20	72,89	60,42	53,39	65,73	<b>56,95</b>
<b>A1</b>	50,96	43,67	45,09	46,44	59,25	52,65	44,38	62,96	41,89	43,87	53,99	49,76	63,24	67,71	45,86	53,39	54,40	<b>51,74</b>
<b>A2</b>	40,55	42,66	43,99	54,44	56,69	54,03	40,99	53,92	39,38	41,22	55,10	41,34	60,73	67,59	49,68	54,41	46,41	<b>49,60</b>
<b>A3</b>	45,07	50,73	51,62	46,94	43,42	52,01	39,66	45,01	39,44	41,58	53,16	41,05	63,10	49,61	47,89	49,63	59,89	<b>48,22</b>
<b>MA1</b>	44,55	55,30	47,57	43,77	42,63	50,57	42,79	41,47	41,50	39,94	48,69	38,84	59,53	56,60	44,99	55,80	56,45	<b>47,71</b>
<b>MA2</b>	47,29	56,68	46,57	44,55	40,85	44,81	40,08	47,53	35,86	38,83	54,81	36,44	57,31	52,38	47,64	59,34	50,48	<b>47,14</b>
<b>MA3</b>	52,95	59,61	44,36	59,19	45,95	52,29	38,96	51,68	40,47	39,67	68,14	39,80	54,26	59,00	49,18	65,47	58,17	<b>51,71</b>
<b>J1</b>	42,75	42,47	35,98	45,12	37,58	36,91	33,91	40,84	31,87	34,90	47,45	36,26	52,53	49,31	44,98	49,12	47,32	<b>41,72</b>
<b>J2</b>	43,03	40,40	36,17	41,24	35,17	41,77	32,50	37,96	34,22	32,42	37,75	36,74	47,78	44,01	43,42	47,81	45,86	<b>39,90</b>
<b>J3</b>	37,05	39,29	38,07	37,41	33,87	35,83	32,56	39,10	36,65	31,73	32,98	38,49	36,39	40,02	39,91	43,91	46,53	<b>37,63</b>
<b>JL1</b>	34,89	39,08	37,49	39,49	37,93	40,43	35,95	41,29	30,05	30,70	38,74	36,00	39,86	39,28	43,38	45,78	46,91	<b>38,66</b>
<b>JL2</b>	37,88	39,30	44,07	36,66	35,68	39,17	37,13	42,80	35,25	37,53	41,09	31,78	41,25	41,34	42,18	39,60	47,83	<b>39,44</b>
<b>JL3</b>	41,64	44,67	48,62	43,88	42,35	43,83	45,61	43,73	40,49	40,73	42,06	35,08	42,85	46,20	44,39	43,94	48,57	<b>43,45</b>
<b>A1</b>	33,24	36,18	44,29	43,36	42,80	38,71	40,92	39,71	37,97	37,52	39,20	36,69	42,75	43,36	45,26	40,93	45,89	<b>40,52</b>
<b>A2</b>	36,90	39,82	43,80	44,25	40,20	43,20	38,76	36,50	38,79	40,07	40,28	38,51	40,11	45,52	41,97	43,11	49,41	<b>41,25</b>
<b>A3</b>	49,09	47,43	49,30	51,08	52,05	46,00	52,16	48,43	48,92	45,07	49,06	43,31	48,72	49,67	49,22	54,90	55,90	<b>49,43</b>
<b>S1</b>	45,55	46,12	50,15	45,24	45,96	45,15	50,38	40,83	43,21	45,60	42,84	43,45	44,81	44,33	47,43	52,24	50,75	<b>46,12</b>
<b>S2</b>	43,00	53,87	49,39	54,27	51,23	47,37	50,86	45,35	47,62	48,57	48,13	45,44	47,88	47,36	47,15	51,67	54,43	<b>49,03</b>
<b>S3</b>	46,48	52,15	52,10	56,32	50,76	51,57	54,23	48,51	53,44	51,51	52,46	51,45	53,44	52,98	53,83	55,16	62,60	<b>52,88</b>
<b>O1</b>	51,50	57,97	55,39	56,94	54,62	56,40	57,77	51,08	53,19	55,05	65,05	53,24	50,16	59,71	53,69	58,03	61,14	<b>55,94</b>
<b>O2</b>	51,87	57,29	54,83	58,62	56,09	57,00	60,86	53,48	56,61	57,85	61,23	57,65	58,60	55,39	55,73	58,27	60,35	<b>57,16</b>
<b>O3</b>	61,44	64,73	63,17	65,47	62,29	66,07	67,14	64,66	64,10	64,39	56,86	65,22	65,02	65,17	61,85	66,60	70,29	<b>64,38</b>
<b>N1</b>	58,15	62,51	60,12	62,75	58,91	61,65	63,05	59,35	61,25	61,89	56,28	59,95	58,89	57,78	58,11	62,93	64,16	<b>60,45</b>
<b>N2</b>	56,23	64,11	60,19	64,99	60,52	61,45	61,30	58,92	60,54	57,24	62,56	58,77	63,08	57,32	62,42	63,61	65,46	<b>61,10</b>
<b>N3</b>	60,09	63,24	60,47	64,93	61,47	65,65	62,65	62,27	62,91	60,61	63,45	59,81	65,91	61,19	54,77	71,50	71,06	<b>63,06</b>

<b>D1</b>	60,11	63,31	59,99	68,10	63,97	61,73	64,71	64,40	63,20	60,08	59,85	60,73	61,32	67,04	61,97	69,99	71,10	<b>63,62</b>
<b>D2</b>	51,35	64,60	65,75	66,18	63,99	62,33	67,76	60,95	63,36	66,88	52,54	62,86	67,52	55,71	60,28	70,96	65,40	<b>62,85</b>
<b>D3</b>	69,55	77,10	71,29	74,59	67,36	66,81	73,16	70,06	71,68	70,25	64,77	70,84	76,14	65,01	67,57	66,85	74,04	<b>70,42</b>
<b>ET<sub>p</sub> THORNTHWAITE ERA5-Land MORRO DO CHAPÉU-BA</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>J1</b>	27,94	28,59	27,06	36,81	40,23	37,18	33,17	35,03	34,04	32,50	30,39	29,94	33,03	37,48	29,22	29,45	34,52	<b>32,74</b>
<b>J2</b>	30,27	27,79	26,67	37,38	28,84	32,89	30,53	37,64	33,51	31,72	33,48	31,41	31,64	33,83	32,15	31,41	30,24	<b>31,85</b>
<b>J3</b>	33,71	36,06	30,92	36,12	30,53	37,03	40,77	43,82	39,43	35,95	39,27	32,84	35,68	34,85	34,58	36,01	30,04	<b>35,74</b>
<b>F1</b>	31,53	36,35	27,41	31,34	28,48	31,66	37,16	33,08	32,39	35,08	35,96	33,66	31,80	33,14	29,17	30,36	28,87	<b>32,20</b>
<b>F2</b>	28,81	35,41	28,23	35,92	28,80	29,87	36,83	28,21	32,08	31,98	35,08	32,25	28,65	34,24	31,96	31,41	32,00	<b>31,87</b>
<b>F3</b>	23,05	20,13	18,38	20,52	23,66	18,95	23,87	16,35	28,11	17,96	21,97	19,84	25,29	20,90	17,80	16,57	26,02	<b>21,14</b>
<b>M1</b>	28,96	34,35	28,13	36,22	28,38	32,38	35,74	25,88	31,53	34,75	33,82	32,67	32,62	37,83	29,45	30,32	33,48	<b>32,15</b>
<b>M2</b>	29,24	26,75	30,13	33,99	29,69	29,92	28,35	27,97	30,84	35,35	34,03	31,74	35,16	38,10	29,50	32,37	32,39	<b>31,50</b>
<b>M3</b>	30,84	31,65	33,43	31,57	30,93	31,41	31,73	30,79	30,34	40,03	33,21	33,39	37,54	39,21	36,25	36,51	36,83	<b>33,86</b>
<b>A1</b>	26,84	27,22	29,00	33,19	28,97	26,81	27,74	28,98	27,27	32,40	29,28	32,50	32,34	36,41	31,07	31,55	31,02	<b>30,15</b>
<b>A2</b>	28,47	27,07	28,04	30,87	28,22	26,35	27,10	26,77	27,54	27,37	25,37	27,24	30,03	33,34	28,44	29,05	28,08	<b>28,20</b>
<b>A3</b>	26,87	26,12	25,87	28,05	25,83	26,94	25,04	26,28	29,05	26,94	26,19	25,75	31,20	23,90	25,86	28,88	27,92	<b>26,87</b>
<b>MA1</b>	25,77	28,21	25,20	27,75	24,62	22,58	24,84	24,97	26,92	22,86	25,34	26,50	25,83	27,98	24,82	24,73	25,64	<b>25,56</b>
<b>MA2</b>	23,97	30,07	24,74	21,78	24,80	22,37	21,54	22,08	21,95	23,56	25,63	23,24	26,12	23,71	23,19	23,35	25,10	<b>23,95</b>
<b>MA3</b>	24,22	27,34	23,48	27,06	24,93	25,90	23,10	25,25	24,92	23,08	27,96	21,16	24,55	28,39	26,93	23,89	25,94	<b>25,18</b>
<b>J1</b>	20,86	21,31	21,55	21,17	21,82	19,97	18,03	20,83	20,02	22,01	22,05	21,65	23,82	22,86	22,33	20,92	26,81	<b>21,65</b>
<b>J2</b>	20,35	18,86	20,07	19,68	19,53	20,14	17,81	20,13	19,03	20,22	19,39	19,90	21,65	21,72	20,71	20,48	20,97	<b>20,04</b>
<b>J3</b>	19,70	18,83	18,65	19,23	18,38	20,05	18,16	17,55	17,14	19,73	18,72	20,30	19,51	21,63	19,37	16,96	17,66	<b>18,91</b>
<b>JL1</b>	17,68	18,24	18,23	16,87	19,61	17,92	16,54	17,88	16,80	19,28	17,49	19,81	16,56	19,04	18,84	19,45	18,56	<b>18,17</b>
<b>JL2</b>	20,64	19,38	19,88	16,17	18,85	16,08	15,97	18,75	16,44	19,39	19,04	17,91	19,81	18,74	18,95	17,80	19,44	<b>18,43</b>
<b>JL3</b>	20,79	21,00	22,22	18,59	16,28	19,19	20,25	20,86	17,87	22,61	17,98	18,93	19,15	21,38	20,17	19,52	19,39	<b>19,78</b>
<b>A1</b>	19,88	15,81	20,06	18,22	17,88	16,83	18,41	16,62	20,14	19,90	16,96	22,67	16,81	17,77	18,32	16,19	17,91	<b>18,26</b>
<b>A2</b>	18,31	15,35	18,95	20,65	16,91	19,85	18,98	16,69	17,51	19,24	16,18	19,42	16,09	19,33	18,11	16,30	22,50	<b>18,26</b>

<b>A3</b>	24,22	22,72	20,73	23,50	26,78	22,01	23,60	21,56	22,43	23,81	20,43	22,90	20,58	22,18	22,46	23,43	22,98	<b>22,72</b>
<b>S1</b>	22,66	21,12	25,78	19,35	20,28	22,82	21,53	18,67	22,33	24,87	19,53	20,04	20,16	21,16	22,46	24,34	20,55	<b>21,63</b>
<b>S2</b>	23,16	25,87	23,02	23,07	22,82	21,95	23,68	20,93	25,08	26,29	19,64	19,97	27,65	22,09	22,26	24,62	24,02	<b>23,30</b>
<b>S3</b>	22,87	24,26	28,20	28,02	25,87	28,67	26,56	23,53	27,71	33,36	26,39	23,61	26,10	28,32	27,51	26,62	26,52	<b>26,71</b>
<b>O1</b>	29,42	32,27	28,61	28,49	28,53	27,23	28,41	23,11	28,28	29,41	36,42	27,87	23,47	28,47	22,54	28,62	29,67	<b>28,28</b>
<b>O2</b>	27,80	25,85	29,70	26,73	30,90	30,38	31,94	28,10	28,50	29,27	33,25	29,48	27,59	24,73	29,20	28,78	26,60	<b>28,75</b>
<b>O3</b>	35,41	33,63	37,37	34,84	33,56	37,78	30,15	36,15	34,96	32,38	33,62	30,73	36,29	33,47	34,27	36,59	33,96	<b>34,42</b>
<b>N1</b>	29,46	37,04	32,86	30,05	39,19	30,99	26,66	33,44	37,81	30,77	35,07	28,58	30,54	30,06	28,21	40,45	30,01	<b>32,42</b>
<b>N2</b>	29,28	33,84	34,99	30,96	27,30	31,00	29,22	31,83	32,14	33,65	37,18	31,01	33,25	30,54	28,18	41,65	32,13	<b>32,24</b>
<b>N3</b>	29,44	34,02	35,18	31,12	27,45	31,17	29,38	32,00	32,31	33,83	37,38	31,18	33,43	30,70	28,33	41,87	32,30	<b>32,42</b>
<b>D1</b>	34,18	28,34	36,72	38,48	32,45	29,58	32,74	33,57	29,60	32,35	34,84	34,66	32,30	33,68	28,42	44,33	39,30	<b>33,85</b>
<b>D2</b>	26,57	32,95	34,74	35,19	32,86	30,53	31,75	31,38	31,82	35,19	27,77	29,85	36,88	29,51	28,65	40,57	32,70	<b>32,29</b>
<b>D3</b>	32,97	37,12	37,63	41,56	40,04	34,05	37,63	31,94	33,31	36,44	35,58	35,46	41,71	30,05	32,66	38,90	35,65	<b>36,04</b>
<b>ETp THORNTHWAITE ESTAÇÕES MORRO DO CHAPÉU-BA</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>J1</b>	26,96	28,91	27,52	36,51	36,56	32,89	32,19	33,42	32,83	30,80	30,65	29,23	30,58	33,58	30,76	29,19	31,67	<b>31,43</b>
<b>J2</b>	30,59	26,81	28,01	33,94	29,50	30,39	29,70	35,78	31,94	31,62	31,54	30,33	30,56	31,80	32,85	31,09	31,69	<b>31,07</b>
<b>J3</b>	34,86	33,95	33,36	34,81	30,90	40,13	37,51	41,23	36,06	36,55	37,18	31,81	34,52	37,42	34,24	35,12	32,38	<b>35,41</b>
<b>F1</b>	32,21	35,12	27,42	30,88	28,86	34,64	33,44	32,12	34,28	36,67	32,47	31,17	31,40	32,40	28,80	32,22	29,08	<b>31,95</b>
<b>F2</b>	29,29	32,34	29,83	32,86	30,15	29,78	35,85	29,11	31,66	31,67	35,23	31,98	27,52	32,11	32,68	32,62	33,20	<b>31,64</b>
<b>F3</b>	23,72	26,35	22,92	26,05	24,37	24,82	30,91	22,87	28,66	23,76	28,49	26,36	25,21	25,59	23,32	22,88	26,29	<b>25,44</b>
<b>M1</b>	29,53	33,06	28,77	32,63	28,44	32,01	36,29	25,87	31,95	35,70	34,87	33,79	32,36	33,57	28,80	31,53	32,30	<b>31,85</b>
<b>M2</b>	29,07	25,45	28,59	34,51	30,82	31,77	30,17	27,68	30,44	36,43	33,60	34,62	32,08	33,86	28,17	32,60	32,52	<b>31,32</b>
<b>M3</b>	31,90	32,66	33,91	32,67	29,61	34,20	33,20	31,23	31,34	41,10	31,19	34,20	36,02	37,55	33,82	36,15	35,80	<b>33,91</b>
<b>A1</b>	26,63	27,49	27,05	33,38	27,85	26,77	27,44	29,13	28,15	30,97	30,76	33,27	30,61	33,16	31,45	33,46	30,30	<b>29,88</b>
<b>A2</b>	27,21	27,34	27,50	30,19	27,07	24,82	29,23	25,96	28,47	27,09	24,31	26,97	27,66	31,83	29,13	27,28	27,53	<b>27,62</b>
<b>A3</b>	24,29	25,10	23,71	28,78	25,29	26,23	24,89	25,25	30,38	26,39	27,16	23,72	30,18	22,24	28,53	31,19	28,82	<b>26,60</b>
<b>MA1</b>	23,29	28,02	24,83	26,88	22,65	21,36	23,90	24,44	25,42	22,80	25,32	24,90	23,33	26,61	23,05	24,39	24,66	<b>24,46</b>



<b>MA2</b>	22,44	31,27	23,85	21,28	23,05	21,76	20,60	21,55	21,22	23,94	25,05	22,13	25,88	22,04	22,43	21,17	24,32	<b>23,17</b>
<b>MA3</b>	23,23	25,41	22,78	24,74	23,83	26,43	22,75	25,83	24,13	21,82	27,62	21,95	24,43	28,25	25,91	23,48	26,42	<b>24,65</b>
<b>J1</b>	18,87	19,90	21,82	19,20	20,98	17,95	16,93	19,79	19,50	19,53	20,93	21,89	23,09	20,16	21,70	19,60	25,41	<b>20,43</b>
<b>J2</b>	19,00	18,00	19,42	18,70	18,23	19,78	16,61	19,59	17,84	18,85	19,48	19,11	20,79	19,16	19,55	20,62	19,65	<b>19,08</b>
<b>J3</b>	17,33	17,60	17,66	18,19	17,22	19,13	17,74	17,24	16,84	19,26	17,42	19,88	18,28	20,15	17,65	17,18	18,20	<b>18,06</b>
<b>JL1</b>	17,09	18,27	18,13	16,73	18,21	17,34	15,74	17,52	15,41	19,11	17,02	19,17	16,73	16,48	18,70	17,59	18,27	<b>17,50</b>
<b>JL2</b>	18,44	17,78	19,66	15,66	18,53	15,93	16,16	18,93	15,32	19,04	18,45	16,93	19,18	18,19	19,07	17,09	19,90	<b>17,90</b>
<b>JL3</b>	22,13	19,98	21,84	17,62	14,95	19,37	18,53	20,98	17,36	22,32	18,30	17,93	20,25	21,87	20,20	19,17	20,04	<b>19,58</b>
<b>A1</b>	19,49	15,59	19,59	17,95	17,59	16,57	18,03	18,43	20,00	18,61	17,07	22,18	17,27	17,79	17,57	15,84	19,26	<b>18,17</b>
<b>A2</b>	18,73	15,18	18,28	19,18	16,57	19,65	17,98	15,47	17,85	18,15	15,37	18,73	16,14	19,58	17,92	16,46	24,87	<b>18,01</b>
<b>A3</b>	25,24	21,73	20,59	23,02	25,66	21,02	22,40	20,78	22,17	22,48	21,11	22,98	19,33	21,54	21,78	24,12	22,60	<b>22,27</b>
<b>S1</b>	21,90	19,68	23,29	19,66	20,76	21,70	20,22	18,48	21,51	23,19	18,85	21,80	20,12	20,05	21,37	25,13	20,26	<b>21,06</b>
<b>S2</b>	22,50	25,38	20,99	21,29	22,61	20,86	23,06	19,86	23,55	26,71	20,37	20,17	26,92	23,31	22,79	24,91	23,61	<b>22,88</b>
<b>S3</b>	21,26	23,67	25,48	26,01	24,32	27,72	26,04	22,04	29,23	31,89	24,00	23,37	23,87	28,86	26,22	28,90	24,44	<b>25,73</b>
<b>O1</b>	28,53	30,78	28,10	26,85	26,97	26,49	26,07	22,21	27,31	28,10	31,03	26,57	24,95	29,40	22,36	27,04	30,40	<b>27,24</b>
<b>O2</b>	27,67	23,62	27,51	25,42	29,81	28,84	27,97	25,50	25,47	29,86	30,15	28,57	27,93	25,39	29,42	30,12	27,14	<b>27,67</b>
<b>O3</b>	33,03	33,13	35,18	31,56	33,12	34,63	25,85	32,94	34,70	30,16	31,49	31,97	33,69	34,26	32,68	33,90	34,47	<b>32,75</b>
<b>N1</b>	30,19	32,14	32,15	25,72	30,67	32,04	29,34	31,09	38,32	27,23	31,09	22,90	29,41	29,63	28,96	33,48	29,86	<b>30,25</b>
<b>N2</b>	29,23	34,49	30,67	30,48	36,69	28,61	26,24	30,18	33,79	27,87	31,49	28,10	29,04	28,71	28,06	40,34	30,51	<b>30,85</b>
<b>N3</b>	28,34	32,36	33,63	30,74	26,28	28,92	27,75	31,34	30,59	30,58	33,60	29,63	30,62	30,08	27,68	40,64	31,61	<b>30,85</b>
<b>D1</b>	32,46	29,85	34,26	32,21	33,19	31,55	32,50	33,58	30,72	30,80	33,43	32,06	31,32	34,06	28,30	38,93	36,07	<b>32,66</b>
<b>D2</b>	27,11	33,98	33,21	34,14	30,68	29,30	31,23	30,82	30,28	33,70	29,35	29,20	32,48	28,05	29,10	37,70	30,65	<b>31,23</b>
<b>D3</b>	32,30	36,55	34,49	38,54	36,49	32,56	37,91	32,87	32,50	35,51	36,90	34,71	38,14	33,08	32,95	38,53	35,10	<b>35,24</b>
<b>ET<sub>p</sub> THORNTHWAITE ERA5-Land PALMEIRA DOS ÍNDIOS-AL</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>J1</b>	37,01	37,79	37,41	50,60	45,16	44,53	39,36	41,28	40,95	48,66	40,49	41,34	43,32	39,40	39,65	37,51	48,37	<b>41,93</b>
<b>J2</b>	38,72	35,30	36,62	51,99	39,44	49,85	37,48	47,05	39,77	42,04	40,28	41,79	37,94	44,00	41,36	39,74	44,32	<b>41,63</b>
<b>J3</b>	49,16	43,94	40,83	46,57	37,09	57,78	46,26	51,79	45,43	48,73	44,06	39,85	37,63	55,62	45,00	44,51	43,21	<b>45,73</b>

<b>F1</b>	47,59	43,96	39,46	38,86	36,31	44,05	43,55	47,66	43,95	45,01	42,17	40,26	38,64	43,89	37,45	40,83	39,50	<b>41,95</b>
<b>F2</b>	35,72	41,45	36,15	42,03	37,78	45,51	44,65	42,83	41,92	40,22	42,48	38,77	35,67	42,45	39,82	40,09	41,81	<b>40,55</b>
<b>F3</b>	28,78	23,57	23,30	22,29	31,19	26,70	27,69	19,49	36,70	20,05	25,01	22,68	29,82	25,14	23,41	21,45	33,32	<b>25,92</b>
<b>M1</b>	36,83	41,99	35,53	41,52	38,23	47,61	49,21	33,59	42,80	37,09	52,56	40,81	36,28	42,90	39,36	38,65	42,02	<b>41,00</b>
<b>M2</b>	39,73	37,43	38,34	39,13	39,17	46,25	42,85	36,78	37,61	41,01	46,70	46,66	39,05	44,10	37,00	39,55	40,56	<b>40,70</b>
<b>M3</b>	37,96	40,47	42,10	41,53	42,35	42,98	47,65	39,44	36,55	52,26	46,87	47,14	42,22	49,00	45,31	44,58	45,96	<b>43,79</b>
<b>A1</b>	35,39	35,74	35,53	42,11	38,51	36,46	39,08	37,59	35,30	47,62	40,38	41,56	36,33	44,80	41,25	42,95	40,74	<b>39,49</b>
<b>A2</b>	33,26	34,74	36,86	39,89	36,37	35,74	39,06	34,84	34,45	38,55	35,28	33,90	36,60	46,37	37,81	39,58	36,01	<b>37,02</b>
<b>A3</b>	34,63	33,08	32,26	35,21	34,49	36,83	34,69	33,20	35,20	35,48	35,32	31,07	36,70	31,78	35,86	41,81	35,52	<b>34,89</b>
<b>MA1</b>	32,34	36,15	30,91	38,21	32,88	29,60	33,55	31,18	32,68	30,87	33,12	30,42	33,15	32,79	31,21	37,40	31,68	<b>32,83</b>
<b>MA2</b>	30,19	36,39	31,12	30,67	32,66	29,95	28,84	28,67	27,95	30,28	33,14	28,71	34,87	29,44	30,11	35,53	31,87	<b>31,20</b>
<b>MA3</b>	30,29	34,69	31,77	36,53	32,49	33,79	30,81	33,50	30,62	30,11	36,17	29,03	33,48	34,68	32,62	34,82	32,62	<b>32,82</b>
<b>J1</b>	25,82	27,75	26,85	28,40	26,98	26,47	23,73	27,23	25,08	28,41	29,09	26,92	29,88	29,01	28,81	29,95	32,98	<b>27,84</b>
<b>J2</b>	26,13	24,56	24,60	26,08	23,99	26,07	24,27	26,19	23,69	26,33	25,48	25,92	27,42	28,22	25,77	27,97	27,67	<b>25,90</b>
<b>J3</b>	25,50	24,04	23,92	24,27	22,61	25,59	24,29	23,06	22,59	26,07	24,88	24,68	25,58	26,04	24,27	24,36	23,34	<b>24,42</b>
<b>JL1</b>	22,55	24,06	23,30	23,36	23,68	22,32	21,88	22,72	21,43	23,41	24,13	24,28	23,52	23,35	23,86	25,71	24,12	<b>23,39</b>
<b>JL2</b>	24,90	23,73	25,88	23,32	22,56	21,73	21,27	24,02	20,73	24,36	24,18	21,57	23,34	23,68	24,01	23,98	24,73	<b>23,41</b>
<b>JL3</b>	25,36	25,10	27,87	25,17	22,15	24,23	24,99	25,18	23,18	26,54	24,20	23,61	23,70	26,41	26,80	24,54	23,93	<b>24,88</b>
<b>A1</b>	23,96	20,59	23,07	23,09	22,98	21,10	21,77	21,26	23,31	22,93	20,98	25,68	21,95	21,98	23,74	21,17	23,48	<b>22,53</b>
<b>A2</b>	22,38	20,60	23,02	25,76	21,15	22,98	23,28	21,40	21,06	23,28	20,60	22,33	21,32	23,13	22,24	22,31	26,37	<b>22,54</b>
<b>A3</b>	29,16	27,58	24,46	30,69	29,27	25,99	27,43	27,05	25,87	28,09	25,10	26,60	24,72	27,92	26,31	29,76	28,91	<b>27,35</b>
<b>S1</b>	26,41	25,99	28,41	25,34	22,93	26,22	26,46	22,25	26,09	27,52	22,97	22,73	23,31	24,85	25,92	29,07	25,07	<b>25,38</b>
<b>S2</b>	26,54	30,81	26,40	27,68	25,88	25,41	27,55	24,13	27,96	27,60	24,09	23,59	27,90	26,87	25,75	28,32	28,38	<b>26,76</b>
<b>S3</b>	26,03	27,91	32,56	31,92	26,79	30,85	31,15	25,80	30,83	32,34	27,24	26,81	28,98	30,62	30,67	30,86	34,92	<b>29,78</b>
<b>O1</b>	31,78	33,97	31,85	32,89	32,43	30,77	31,72	27,15	30,32	35,58	33,79	29,66	27,03	32,82	27,09	33,29	40,28	<b>31,91</b>
<b>O2</b>	29,90	32,33	30,08	32,11	32,64	31,91	36,95	29,78	32,13	39,37	35,18	34,47	30,12	29,01	30,89	32,97	33,53	<b>32,55</b>
<b>O3</b>	37,47	37,24	39,74	38,00	39,28	41,09	43,03	37,93	37,59	46,10	39,83	37,89	36,95	36,82	35,95	41,70	40,61	<b>39,25</b>
<b>N1</b>	38,42	40,10	37,31	38,52	41,74	41,72	39,76	36,07	41,57	40,01	38,14	35,70	40,52	34,07	40,20	43,32	44,84	<b>39,53</b>

<b>N2</b>	36,86	40,04	37,08	39,33	43,67	44,02	41,05	42,62	41,01	41,33	41,48	35,93	42,35	38,43	34,26	51,19	43,42	<b>40,83</b>
<b>N3</b>	37,03	40,22	37,25	39,51	43,87	44,22	41,24	42,81	41,20	41,52	41,67	36,10	42,54	38,61	34,41	51,42	43,62	<b>41,01</b>
<b>D1</b>	42,53	39,02	43,18	46,60	42,93	41,77	45,22	42,78	48,10	43,77	41,25	39,93	40,72	43,24	35,22	49,56	49,85	<b>43,27</b>
<b>D2</b>	34,84	40,46	43,47	41,86	44,87	38,91	44,70	42,92	43,00	44,36	39,68	41,50	43,75	43,48	37,03	42,41	42,34	<b>41,74</b>
<b>D3</b>	42,62	45,57	53,26	48,57	48,74	42,71	48,15	41,96	48,38	47,36	47,52	44,40	47,45	43,62	41,85	43,17	44,12	<b>45,85</b>
<b>ET<sub>P</sub> THORNTHWAITE ESTAÇÕES PALMEIRA DOS ÍNDIOS-AL</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>J1</b>	41,09	37,33	40,21	52,27	49,25	47,88	42,30	46,80	44,34	53,14	48,27	46,59	47,41	46,94	45,66	45,37	53,97	<b>46,40</b>
<b>J2</b>	43,08	37,43	39,30	54,86	42,02	54,08	40,38	55,09	45,92	47,02	48,87	46,93	43,45	51,79	47,80	47,58	53,19	<b>46,99</b>
<b>J3</b>	54,46	46,44	42,95	55,12	42,68	61,84	52,60	58,56	50,85	56,89	50,35	46,40	46,44	62,71	49,73	52,39	49,83	<b>51,78</b>
<b>F1</b>	50,93	48,71	38,53	43,79	37,51	49,74	49,68	54,12	49,92	51,29	46,06	46,46	45,00	47,00	41,89	48,31	44,97	<b>46,70</b>
<b>F2</b>	44,11	44,44	36,05	47,59	40,76	49,22	54,08	49,22	47,58	46,87	46,54	46,20	40,35	49,34	45,39	48,76	49,30	<b>46,22</b>
<b>F3</b>	35,44	35,96	31,43	35,36	35,75	43,35	46,74	32,66	42,58	30,41	40,43	36,95	32,36	41,72	37,55	37,99	40,85	<b>37,50</b>
<b>M1</b>	45,58	47,97	38,09	46,74	42,24	54,91	57,49	36,77	49,56	41,56	56,20	49,62	39,33	50,75	49,63	47,65	50,59	<b>47,33</b>
<b>M2</b>	47,68	46,64	39,93	46,63	45,02	54,58	51,81	41,44	44,14	45,70	52,88	51,05	41,81	50,21	42,15	48,08	50,23	<b>47,06</b>
<b>M3</b>	45,12	48,20	43,83	47,79	47,96	54,65	57,34	41,51	42,50	58,35	47,89	55,32	48,25	57,88	53,08	53,99	57,45	<b>50,65</b>
<b>A1</b>	38,74	39,19	38,05	47,10	43,02	42,89	46,44	38,53	40,15	52,09	47,26	50,72	38,20	52,48	50,94	50,12	46,01	<b>44,82</b>
<b>A2</b>	37,43	42,25	37,87	42,33	38,84	41,61	48,71	38,63	40,20	41,54	40,69	38,76	39,17	53,15	43,73	46,06	39,09	<b>41,77</b>
<b>A3</b>	36,80	38,25	34,20	35,93	39,09	42,65	39,55	33,85	38,36	41,68	39,14	35,42	40,52	33,96	43,06	50,07	39,65	<b>38,95</b>
<b>MA1</b>	33,87	40,10	33,21	38,61	37,98	32,74	37,69	34,67	34,44	36,62	37,36	33,51	34,69	35,35	33,20	44,52	36,43	<b>36,18</b>
<b>MA2</b>	32,69	40,88	33,81	32,16	38,23	33,08	30,06	31,96	27,94	35,78	36,51	31,17	39,13	32,42	33,92	40,77	38,12	<b>34,62</b>
<b>MA3</b>	33,04	39,61	30,97	40,04	35,02	42,24	34,66	35,87	33,38	33,12	41,90	33,60	37,09	36,93	35,92	37,67	37,82	<b>36,40</b>
<b>J1</b>	27,14	27,18	27,57	27,69	28,91	28,34	25,56	28,54	27,76	30,12	33,65	28,69	31,63	31,08	32,48	32,87	38,48	<b>29,87</b>
<b>J2</b>	26,53	26,13	25,67	27,35	26,32	27,72	26,14	28,89	25,44	28,03	27,37	27,66	28,81	29,29	27,68	28,45	29,51	<b>27,47</b>
<b>J3</b>	26,33	25,64	24,35	25,89	24,87	27,38	26,39	26,66	23,61	27,85	28,01	27,19	28,51	27,07	26,60	25,54	25,92	<b>26,34</b>
<b>JL1</b>	23,11	23,61	24,30	24,67	28,95	25,57	24,62	25,81	23,76	26,19	25,73	24,71	25,46	24,32	25,13	27,08	27,00	<b>25,29</b>
<b>JL2</b>	25,62	26,15	26,15	24,72	24,95	23,73	23,28	25,27	22,47	27,34	26,89	22,89	26,50	25,93	26,28	25,78	24,70	<b>25,21</b>
<b>JL3</b>	26,96	24,99	29,76	26,56	24,82	24,83	26,97	28,07	25,78	30,77	27,03	25,10	26,73	27,65	28,34	26,29	25,82	<b>26,85</b>

<b>A1</b>	26,11	22,08	24,99	23,84	25,46	23,14	23,46	23,74	25,63	25,42	24,38	26,41	23,22	23,81	25,20	23,99	25,42	<b>24,49</b>
<b>A2</b>	24,71	21,73	26,34	26,44	21,90	24,49	24,50	21,83	23,35	25,23	23,18	23,92	22,51	25,38	24,31	23,62	29,94	<b>24,32</b>
<b>A3</b>	30,91	28,37	26,05	30,62	30,72	28,24	30,51	28,59	26,95	30,44	27,29	28,66	30,40	31,08	28,69	31,43	31,49	<b>29,44</b>
<b>S1</b>	26,98	26,82	28,58	28,51	25,88	28,69	27,66	24,89	26,90	31,24	24,88	25,33	24,22	26,05	27,95	29,45	28,41	<b>27,20</b>
<b>S2</b>	28,16	32,20	27,88	30,71	28,68	27,14	30,73	26,44	29,00	30,29	27,19	27,07	29,19	29,03	27,80	31,14	32,36	<b>29,12</b>
<b>S3</b>	28,33	29,79	36,34	35,41	28,31	34,02	32,32	28,41	32,79	32,74	28,87	29,54	32,80	32,93	33,60	34,84	40,93	<b>32,47</b>
<b>O1</b>	32,56	36,19	34,18	35,72	34,01	35,41	34,67	28,86	32,17	37,53	36,10	30,70	30,40	35,46	28,46	35,53	42,67	<b>34,15</b>
<b>O2</b>	31,86	36,59	34,12	35,17	35,79	37,17	43,19	31,12	34,87	42,58	34,61	38,32	35,31	31,97	33,33	35,69	39,26	<b>35,94</b>
<b>O3</b>	40,51	39,07	44,40	41,10	42,57	44,27	46,01	41,41	43,03	52,81	45,52	41,88	42,86	40,81	40,49	47,05	48,19	<b>43,65</b>
<b>N1</b>	43,55	38,28	45,96	43,39	38,89	43,13	47,44	38,93	42,35	44,57	40,96	38,07	51,30	39,15	39,43	42,81	41,05	<b>42,31</b>
<b>N2</b>	43,01	44,48	42,08	41,32	43,21	46,42	42,92	40,22	46,12	43,80	42,41	39,56	46,66	37,69	45,16	50,60	52,20	<b>43,99</b>
<b>N3</b>	41,82	41,19	42,88	44,88	48,37	50,10	46,11	47,82	45,34	45,95	47,20	40,59	48,01	45,89	40,84	53,40	48,06	<b>45,79</b>
<b>D1</b>	47,15	43,77	48,60	49,79	45,15	45,41	49,90	46,71	53,50	51,07	47,59	44,00	46,59	48,99	41,45	55,44	55,42	<b>48,27</b>
<b>D2</b>	39,07	44,39	49,71	47,06	48,01	43,75	50,74	48,64	47,21	49,44	44,71	45,94	51,99	52,49	44,52	45,85	51,88	<b>47,38</b>
<b>D3</b>	45,62	50,65	53,85	53,93	53,47	47,19	52,98	45,05	54,22	52,42	54,32	51,97	53,33	52,46	51,44	49,51	51,65	<b>51,42</b>
<b>ETp THORNTHWAIT ERA5-Land PIRIPIRI-PI</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>J1</b>	37,76	44,56	39,56	82,68	73,45	67,74	43,82	56,62	46,76	69,10	47,93	44,05	81,73	58,85	59,20	55,24	57,50	<b>56,86</b>
<b>J2</b>	38,63	44,15	34,56	68,01	37,63	56,20	50,23	71,00	43,30	52,94	59,87	43,76	64,77	55,28	48,47	85,21	49,36	<b>53,14</b>
<b>J3</b>	48,32	43,36	42,47	43,57	33,50	51,83	73,62	97,84	40,44	41,38	60,55	37,71	45,83	66,20	53,13	85,07	42,90	<b>53,39</b>
<b>F1</b>	38,83	35,54	41,98	43,18	34,72	63,04	50,92	43,26	44,79	45,74	71,71	41,05	64,65	86,24	41,99	55,97	45,71	<b>49,96</b>
<b>F2</b>	32,28	35,20	41,85	38,45	40,51	47,10	38,99	33,76	42,47	38,57	58,52	35,66	33,55	45,47	38,65	59,12	51,77	<b>41,88</b>
<b>F3</b>	27,98	16,46	28,88	17,17	28,45	22,92	19,48	18,07	29,64	16,32	33,48	17,00	29,79	28,21	23,36	16,68	41,63	<b>24,44</b>
<b>M1</b>	37,90	40,84	35,96	41,51	37,69	58,50	37,62	37,58	33,49	35,17	88,01	36,23	42,26	85,90	40,60	35,18	57,22	<b>45,98</b>
<b>M2</b>	38,04	33,47	39,01	34,15	41,98	42,33	38,52	36,65	31,14	35,61	84,90	36,49	38,80	55,39	38,48	48,93	44,77	<b>42,27</b>
<b>M3</b>	37,06	39,85	43,40	39,11	46,85	37,22	39,07	44,68	32,10	41,10	45,53	43,03	41,93	44,77	49,55	37,91	51,18	<b>42,02</b>
<b>A1</b>	36,53	34,32	36,39	37,02	41,97	45,29	36,45	40,42	30,88	34,58	46,39	41,34	42,53	44,82	37,66	33,90	40,11	<b>38,86</b>
<b>A2</b>	32,03	32,06	36,30	39,64	44,59	47,97	34,42	37,17	34,94	34,40	43,77	34,35	37,88	43,77	38,17	37,10	49,14	<b>38,69</b>

<b>A3</b>	37,16	36,99	37,24	38,17	38,37	43,83	33,79	33,81	37,03	31,02	51,47	33,33	45,62	38,77	41,19	42,26	55,96	<b>39,77</b>
<b>MA1</b>	40,88	41,17	37,19	39,59	42,61	40,49	37,52	41,16	34,08	30,32	43,23	38,95	57,82	41,23	38,63	44,79	49,22	<b>41,11</b>
<b>MA2</b>	43,20	44,65	43,14	44,28	45,11	44,32	37,03	47,91	39,73	32,43	48,40	39,13	65,40	43,45	38,45	49,26	54,86	<b>44,75</b>
<b>MA3</b>	49,02	50,26	47,62	55,51	47,12	44,96	43,35	52,68	46,29	38,85	60,83	47,50	75,38	48,67	45,83	58,52	66,48	<b>51,70</b>
<b>J1</b>	44,16	38,99	42,43	39,67	42,38	42,34	42,96	50,78	45,54	37,05	44,72	45,30	72,00	48,77	50,54	47,49	62,53	<b>46,92</b>
<b>J2</b>	47,02	42,69	45,73	42,52	47,08	47,06	41,15	54,94	52,14	38,53	48,81	50,03	72,12	47,11	53,59	55,10	63,47	<b>49,95</b>
<b>J3</b>	48,81	42,37	56,82	43,87	48,62	48,20	51,36	59,17	56,78	42,09	49,34	47,08	54,06	46,02	63,40	54,93	66,13	<b>51,71</b>
<b>JL1</b>	53,01	51,73	58,85	54,97	47,00	53,00	55,00	66,27	54,50	45,94	64,02	47,19	70,82	45,47	66,48	49,47	66,66	<b>55,91</b>
<b>JL2</b>	38,90	56,13	62,44	54,32	45,36	59,97	59,75	65,70	58,41	52,12	65,75	39,92	71,07	56,48	63,42	56,38	67,24	<b>57,26</b>
<b>JL3</b>	50,52	61,97	72,31	69,37	58,61	67,62	69,02	69,81	65,86	58,17	78,72	65,10	81,76	67,08	72,74	72,58	72,76	<b>67,88</b>
<b>A1</b>	45,08	56,63	66,79	66,71	59,88	66,07	62,48	66,96	61,13	60,43	70,74	63,81	78,43	76,65	70,37	68,59	69,56	<b>65,31</b>
<b>A2</b>	57,99	63,45	70,57	67,94	69,46	71,53	68,46	69,86	65,90	62,12	69,54	69,70	80,94	81,47	70,06	71,68	78,14	<b>69,93</b>
<b>A3</b>	76,46	76,20	81,23	75,62	77,50	83,97	78,85	84,25	82,01	69,21	88,15	75,13	89,16	86,74	81,38	86,22	92,53	<b>81,45</b>
<b>S1</b>	65,00	71,90	72,48	78,40	76,11	81,18	74,68	78,25	78,23	73,32	80,40	77,86	84,33	82,02	73,95	77,65	91,30	<b>77,47</b>
<b>S2</b>	67,84	64,71	76,35	80,52	82,60	79,93	83,77	84,78	83,18	77,41	91,40	79,72	93,62	89,95	83,52	84,52	92,32	<b>82,13</b>
<b>S3</b>	78,54	77,93	78,45	84,32	85,17	84,49	83,42	85,11	84,03	80,98	97,80	88,56	94,34	87,70	86,85	89,65	86,20	<b>85,50</b>
<b>O1</b>	75,61	78,21	81,04	91,28	86,14	92,86	93,63	92,76	88,40	78,97	94,92	91,31	102,24	85,05	81,26	93,54	93,68	<b>88,29</b>
<b>O2</b>	82,54	83,15	86,10	88,48	90,90	90,85	91,91	92,32	89,85	83,05	93,90	67,57	100,19	95,88	101,75	99,12	100,87	<b>90,50</b>
<b>O3</b>	91,93	94,53	98,74	98,75	92,77	97,90	90,19	108,46	102,60	75,42	60,84	57,02	110,95	97,19	100,82	105,16	110,30	<b>93,74</b>
<b>N1</b>	82,75	85,83	88,63	90,25	93,11	103,99	88,17	93,56	92,71	77,91	81,26	88,62	99,16	82,68	72,58	93,02	99,33	<b>89,03</b>
<b>N2</b>	84,94	81,70	90,11	92,15	79,45	95,35	91,14	85,47	94,96	86,24	89,70	90,45	98,64	70,83	77,02	98,03	103,63	<b>88,81</b>
<b>N3</b>	85,11	81,87	90,30	92,34	79,62	95,55	91,33	85,65	95,16	86,42	89,89	90,64	98,85	70,97	77,18	98,23	103,84	<b>89,00</b>
<b>D1</b>	88,08	68,15	74,63	89,08	89,54	72,02	93,95	68,12	83,34	89,53	86,68	90,54	68,13	93,36	90,40	98,56	97,52	<b>84,80</b>
<b>D2</b>	48,07	84,67	80,40	60,31	85,81	86,22	85,48	57,07	89,19	81,30	40,10	88,71	101,61	71,37	77,18	94,28	59,68	<b>75,97</b>
<b>D3</b>	62,74	86,89	68,13	66,69	77,83	59,92	74,57	86,15	61,69	75,20	50,69	94,14	102,37	74,79	90,59	92,77	84,39	<b>77,03</b>
<b>ETP THORNTHWAITTE ESTAÇÕES PIRIPIRI-PI</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>J1</b>	37,89	37,20	44,14	65,45	55,53	70,99	51,21	54,14	54,57	61,28	41,01	46,24	61,27	54,51	56,72	57,24	63,53	<b>53,70</b>

<b>J2</b>	39,99	42,13	40,69	59,25	40,85	50,64	53,97	64,44	43,04	53,49	56,03	41,99	58,32	52,44	52,37	64,83	46,62	<b>50,65</b>
<b>J3</b>	48,61	49,10	47,83	49,02	37,65	56,12	68,91	72,59	44,13	46,11	59,27	40,66	55,37	62,63	51,60	70,75	47,06	<b>53,38</b>
<b>F1</b>	42,55	39,73	46,81	44,88	38,21	54,50	49,44	43,62	51,20	48,42	74,71	46,27	58,26	66,90	45,08	56,59	50,91	<b>50,48</b>
<b>F2</b>	33,71	34,57	45,99	38,20	41,22	43,59	37,60	35,65	40,06	41,59	58,28	35,21	34,21	37,46	36,30	54,54	50,45	<b>41,10</b>
<b>F3</b>	30,01	27,94	44,10	30,78	31,69	39,28	36,81	33,97	31,67	28,88	44,56	31,23	31,05	48,67	43,20	27,79	37,83	<b>35,26</b>
<b>M1</b>	39,87	43,41	37,03	42,52	39,49	54,56	40,89	37,73	38,00	38,43	61,95	39,28	46,17	62,52	41,56	36,09	51,67	<b>44,19</b>
<b>M2</b>	41,70	36,71	41,21	37,51	43,33	40,63	41,92	39,85	35,31	38,42	54,84	40,36	42,31	56,88	44,86	51,25	45,00	<b>43,06</b>
<b>M3</b>	41,11	41,76	42,83	41,25	47,63	39,63	45,09	46,69	39,20	44,24	41,09	42,00	41,71	45,61	46,73	41,37	50,82	<b>43,46</b>
<b>A1</b>	38,17	36,69	38,44	41,19	44,22	44,47	41,89	41,11	34,17	36,99	48,82	41,31	42,70	44,56	40,08	37,35	43,51	<b>40,92</b>
<b>A2</b>	37,93	36,79	41,04	42,47	44,21	45,62	37,73	45,44	37,85	38,50	48,50	35,10	38,31	46,17	42,47	41,19	49,83	<b>41,72</b>
<b>A3</b>	41,51	39,48	40,54	37,61	39,58	44,04	39,71	36,63	37,97	37,10	50,06	37,69	48,08	41,88	38,68	45,62	53,85	<b>41,77</b>
<b>MA1</b>	43,78	42,44	41,18	42,21	46,53	41,03	39,09	45,16	38,46	38,15	47,30	41,55	46,15	40,14	40,36	45,78	50,02	<b>42,90</b>
<b>MA2</b>	43,80	44,77	47,51	42,10	46,55	42,96	40,37	43,94	41,33	39,73	50,57	45,03	46,03	42,76	42,78	50,76	47,65	<b>44,63</b>
<b>MA3</b>	47,22	46,59	45,91	48,81	47,66	46,84	42,92	52,88	46,20	46,74	56,19	52,38	54,15	44,96	47,69	50,60	54,74	<b>48,97</b>
<b>J1</b>	42,35	38,63	41,67	44,97	37,87	49,19	40,71	41,10	40,41	40,17	46,10	43,80	48,69	45,73	50,10	46,22	47,62	<b>43,84</b>
<b>J2</b>	47,27	44,29	42,14	40,24	40,64	48,38	39,29	46,36	46,72	41,12	48,45	43,37	50,50	44,52	43,79	46,02	49,95	<b>44,88</b>
<b>J3</b>	43,94	41,35	43,03	40,73	41,38	45,41	43,81	41,44	42,91	42,62	46,33	45,31	47,56	40,88	45,03	45,42	50,10	<b>43,95</b>
<b>JL1</b>	45,39	43,76	45,60	42,40	42,82	47,33	44,23	48,52	50,16	43,53	51,10	43,37	50,97	46,13	47,06	44,12	51,60	<b>46,36</b>
<b>JL2</b>	42,60	43,55	45,65	41,29	42,34	48,73	50,12	46,83	46,21	42,04	51,79	42,77	54,94	44,28	49,18	54,01	52,82	<b>47,01</b>
<b>JL3</b>	47,78	47,43	54,68	53,09	55,34	56,62	56,56	50,05	55,98	49,03	65,11	53,30	60,91	55,10	53,37	59,33	60,68	<b>54,96</b>
<b>A1</b>	42,77	45,03	48,80	50,26	47,39	55,35	46,39	54,00	48,08	45,61	55,48	47,59	58,61	55,29	54,75	54,39	58,88	<b>51,10</b>
<b>A2</b>	50,14	51,85	51,13	47,92	52,05	56,34	55,61	53,18	52,35	47,65	52,79	50,97	62,21	58,93	51,05	58,92	65,39	<b>54,03</b>
<b>A3</b>	60,52	55,61	61,56	53,20	53,53	64,86	57,36	60,10	57,43	57,18	71,36	58,52	68,04	68,46	62,23	71,00	74,63	<b>62,09</b>
<b>S1</b>	52,94	54,89	53,61	59,77	56,14	65,42	57,28	58,63	57,60	55,20	59,32	55,97	61,31	64,72	59,33	63,02	71,43	<b>59,21</b>
<b>S2</b>	51,35	54,15	61,50	55,52	59,96	62,43	64,97	59,68	59,79	57,76	70,47	56,79	63,37	72,82	65,15	68,75	71,02	<b>62,09</b>
<b>S3</b>	58,07	59,06	58,15	60,25	63,26	61,71	59,86	62,34	58,98	59,26	70,09	59,71	66,07	65,93	65,94	69,80	65,24	<b>62,57</b>
<b>O1</b>	57,31	58,28	62,44	62,78	62,95	71,87	67,45	69,85	66,73	62,65	65,15	64,13	71,72	68,94	71,86	72,77	76,13	<b>66,65</b>
<b>O2</b>	63,06	63,46	64,59	67,69	67,48	71,28	68,23	66,62	66,40	59,15	67,52	56,56	72,37	75,92	78,39	80,10	79,84	<b>68,75</b>

<b>O3</b>	68,86	72,35	72,69	73,09	71,47	77,99	71,61	75,00	78,47	64,56	66,14	60,70	76,70	79,07	80,47	78,70	84,30	<b>73,66</b>
<b>N1</b>	61,10	63,51	61,28	60,08	65,70	71,31	68,09	66,47	66,63	64,64	72,66	56,75	66,73	71,25	72,54	72,82	88,95	<b>67,68</b>
<b>N2</b>	61,59	66,30	68,29	69,23	69,77	71,08	66,94	68,93	69,22	63,06	58,28	58,82	70,31	71,22	63,18	75,83	81,73	<b>67,87</b>
<b>N3</b>	64,96	65,37	71,49	66,94	69,54	72,47	69,17	66,02	69,94	67,63	65,68	63,30	70,05	60,56	71,65	74,01	81,66	<b>68,85</b>
<b>D1</b>	65,58	60,02	59,94	67,23	69,08	62,33	67,75	60,14	67,22	69,21	58,67	58,71	63,65	72,11	72,99	74,78	74,61	<b>66,12</b>
<b>D2</b>	52,70	74,61	73,05	60,85	66,72	74,76	68,38	57,45	68,41	70,97	40,21	61,75	68,60	66,45	67,65	75,73	53,38	<b>64,80</b>
<b>D3</b>	62,02	74,67	61,10	72,83	67,71	61,40	61,95	72,83	75,89	57,25	51,59	70,39	73,51	82,24	70,45	80,46	78,31	<b>69,09</b>
<b>ETp THORNTHWAITE ERA5-Land RECIFE-PE</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>J1</b>	42,41	42,93	42,57	51,68	48,62	47,81	45,66	43,35	46,24	49,87	43,77	47,67	47,12	44,55	43,71	44,62	47,14	<b>45,87</b>
<b>J2</b>	44,55	43,26	40,76	51,09	45,19	50,99	43,29	49,83	43,05	45,39	43,67	45,97	42,61	48,01	44,05	45,85	45,65	<b>45,48</b>
<b>J3</b>	55,12	53,32	45,89	46,54	42,14	57,61	52,84	58,07	50,47	50,30	48,54	44,38	42,57	56,28	51,37	52,43	48,09	<b>50,35</b>
<b>F1</b>	49,15	48,38	43,68	43,67	41,53	49,91	51,27	52,81	49,12	45,88	49,48	46,02	43,51	49,81	42,39	49,26	45,40	<b>47,13</b>
<b>F2</b>	40,82	49,10	41,90	48,31	42,90	49,59	49,45	47,72	49,60	44,20	46,68	43,64	41,18	47,99	45,29	47,96	46,71	<b>46,06</b>
<b>F3</b>	32,51	26,12	25,96	23,56	34,69	27,99	25,35	21,97	41,12	21,34	26,49	24,07	33,76	27,11	24,51	23,22	36,51	<b>28,02</b>
<b>M1</b>	44,37	46,71	42,25	47,53	42,87	53,06	50,84	40,98	50,77	42,54	55,88	45,62	42,75	48,43	47,48	43,07	47,19	<b>46,61</b>
<b>M2</b>	47,14	43,30	45,38	43,47	45,19	52,22	48,43	44,21	43,14	43,41	52,68	47,97	41,83	50,27	42,33	46,96	44,13	<b>46,00</b>
<b>M3</b>	46,64	46,52	48,27	45,40	50,60	49,76	50,17	49,55	42,66	52,33	53,00	53,79	49,23	55,92	51,59	47,05	49,93	<b>49,55</b>
<b>A1</b>	40,26	42,00	43,00	44,25	44,99	46,18	44,35	46,12	39,96	45,69	48,12	46,11	41,07	49,95	46,69	46,33	45,65	<b>44,75</b>
<b>A2</b>	38,21	38,93	40,04	43,69	42,25	45,45	41,99	40,59	39,89	39,69	44,35	38,01	42,67	48,10	45,92	47,39	41,05	<b>42,25</b>
<b>A3</b>	40,18	38,33	39,73	39,95	39,19	46,02	40,05	38,77	40,34	40,10	44,60	37,73	43,23	39,34	44,01	48,76	42,39	<b>41,34</b>
<b>MA1</b>	38,68	40,00	37,98	41,17	38,93	40,67	39,24	38,64	38,64	37,83	43,76	35,45	39,82	39,63	37,97	44,35	37,98	<b>39,45</b>
<b>MA2</b>	36,88	40,41	38,93	37,76	37,34	36,53	35,72	37,41	35,36	37,39	41,36	35,42	40,87	37,12	37,85	41,07	37,92	<b>37,96</b>
<b>MA3</b>	38,45	40,57	40,09	41,98	37,47	38,74	38,59	39,50	38,97	36,73	46,33	38,17	38,42	40,01	39,60	42,27	40,41	<b>39,78</b>
<b>J1</b>	32,56	33,23	33,57	34,33	33,57	33,03	32,54	32,65	33,38	36,13	38,35	33,80	35,23	33,56	35,83	35,96	37,00	<b>34,40</b>
<b>J2</b>	31,83	31,06	31,44	30,71	29,42	32,81	32,39	32,56	31,29	33,03	33,35	32,63	32,52	33,48	33,77	35,27	33,81	<b>32,43</b>
<b>J3</b>	32,11	30,55	30,85	30,54	30,38	31,47	31,21	29,55	30,33	33,35	33,04	31,51	30,63	32,06	31,63	30,86	31,60	<b>31,27</b>
<b>JL1</b>	28,74	30,46	29,60	28,77	30,27	30,07	31,15	30,53	28,64	29,93	32,80	31,50	29,29	30,29	31,29	32,07	31,87	<b>30,43</b>

<b>JL2</b>	29,49	29,91	31,53	30,31	29,46	30,33	29,13	29,98	27,84	30,27	30,89	28,38	30,07	28,99	31,13	30,86	30,16	<b>29,93</b>
<b>JL3</b>	31,01	32,18	34,53	34,00	30,13	33,36	33,68	31,77	30,80	32,91	32,51	32,22	31,57	34,16	33,76	31,02	32,63	<b>32,48</b>
<b>A1</b>	29,68	27,78	30,01	30,71	29,41	27,95	29,72	28,19	29,06	30,30	28,03	31,25	27,72	29,34	30,67	28,85	30,59	<b>29,37</b>
<b>A2</b>	29,26	28,61	29,58	33,10	28,54	28,63	30,53	28,10	28,27	30,80	28,75	29,65	27,76	29,21	29,12	29,13	33,97	<b>29,59</b>
<b>A3</b>	35,78	34,86	33,15	36,17	35,31	32,85	35,03	34,12	32,99	36,00	33,40	34,04	32,32	35,52	33,66	35,22	38,04	<b>34,62</b>
<b>S1</b>	32,76	31,88	33,21	32,23	31,21	32,53	32,15	28,93	32,16	33,69	29,80	31,12	32,35	31,43	30,71	34,30	33,10	<b>31,97</b>
<b>S2</b>	31,64	36,90	32,73	34,11	32,54	33,48	34,29	30,71	34,43	33,96	33,37	30,93	34,48	32,91	29,92	34,54	34,60	<b>33,27</b>
<b>S3</b>	32,90	35,68	37,79	38,99	32,42	36,51	37,15	33,16	37,44	38,26	34,64	34,54	35,50	35,18	35,34	38,52	41,36	<b>36,20</b>
<b>O1</b>	36,76	39,84	36,67	39,62	38,08	37,02	40,21	34,21	36,59	40,99	40,75	36,72	35,50	37,61	34,65	39,44	43,40	<b>38,12</b>
<b>O2</b>	36,19	38,51	36,58	39,17	38,98	38,93	41,40	36,67	38,44	41,10	41,68	39,01	37,56	37,78	36,64	39,39	41,23	<b>38,78</b>
<b>O3</b>	42,91	44,98	44,05	44,61	43,38	46,88	48,22	44,57	45,13	49,38	48,91	43,57	42,58	41,42	42,67	47,84	47,06	<b>45,19</b>
<b>N1</b>	43,68	45,06	42,08	44,85	44,05	46,00	42,90	40,94	45,18	43,79	43,97	40,84	43,14	40,20	45,55	44,96	44,84	<b>43,65</b>
<b>N2</b>	42,07	43,56	41,40	45,69	45,74	46,28	43,79	43,76	44,67	44,41	47,00	41,15	46,35	40,38	41,99	50,59	47,17	<b>44,47</b>
<b>N3</b>	42,24	43,73	41,56	45,87	45,92	46,46	43,96	43,93	44,84	44,58	47,18	41,31	46,53	40,54	42,15	50,78	47,35	<b>44,64</b>
<b>D1</b>	46,41	43,87	44,46	49,32	45,90	47,65	47,65	45,80	46,01	46,46	47,02	43,26	42,61	43,90	41,21	50,35	51,52	<b>46,08</b>
<b>D2</b>	38,88	44,44	46,96	44,81	47,14	46,42	47,54	42,66	46,91	48,70	43,89	45,22	45,25	45,41	44,01	47,28	47,41	<b>45,47</b>
<b>D3</b>	47,51	51,65	54,26	52,29	52,52	51,90	50,84	47,77	51,97	51,80	51,61	49,57	53,24	48,17	48,78	46,05	51,09	<b>50,65</b>
<b>ETp THORNTHWAITÉ ESTAÇÕES RECIFE-PE</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>J1</b>	44,82	46,06	43,73	53,27	53,80	49,93	48,49	46,62	51,03	55,84	49,13	49,20	52,85	50,96	45,15	47,34	56,91	<b>49,71</b>
<b>J2</b>	49,17	48,52	46,83	51,86	53,97	55,66	50,21	53,02	48,07	51,00	44,28	51,20	46,73	52,17	47,19	49,49	50,88	<b>50,02</b>
<b>J3</b>	56,13	52,34	54,51	56,25	46,55	62,80	59,75	57,16	57,90	56,81	54,27	51,60	46,00	57,11	53,45	56,50	58,95	<b>55,18</b>
<b>F1</b>	53,24	50,19	50,80	49,54	44,89	53,74	54,67	55,93	51,08	51,50	52,61	51,88	49,27	53,10	41,70	54,45	53,45	<b>51,30</b>
<b>F2</b>	48,43	50,61	46,13	51,55	46,98	56,73	53,90	54,06	52,84	47,14	51,25	48,63	47,20	55,12	50,59	52,77	52,06	<b>50,94</b>
<b>F3</b>	39,14	41,60	42,26	38,50	41,02	45,54	45,09	34,05	46,01	34,13	46,49	38,73	36,09	43,96	37,52	40,55	43,46	<b>40,83</b>
<b>M1</b>	51,24	53,35	42,79	49,00	46,57	58,61	55,23	46,35	56,18	47,76	57,33	50,78	45,81	54,14	48,74	48,59	54,73	<b>51,01</b>
<b>M2</b>	53,75	47,98	50,46	46,30	48,19	58,71	55,11	51,00	51,19	48,44	56,47	50,15	47,86	51,72	45,08	49,61	48,24	<b>50,60</b>
<b>M3</b>	53,65	53,89	52,23	49,50	55,21	59,71	56,34	54,64	48,24	59,55	57,71	55,35	52,84	57,25	53,40	49,33	58,48	<b>54,55</b>



<b>A1</b>	44,48	41,79	47,25	47,42	48,99	50,43	48,55	47,35	42,19	48,32	53,45	48,85	45,41	53,17	51,43	50,22	46,83	<b>48,01</b>
<b>A2</b>	44,79	41,30	45,29	46,51	43,80	49,05	46,63	42,77	42,04	40,31	46,60	38,57	42,96	53,95	48,06	50,11	43,47	<b>45,07</b>
<b>A3</b>	45,66	42,43	41,79	43,10	39,20	48,69	43,86	42,00	42,58	44,90	46,32	41,63	43,05	41,37	44,70	46,75	45,69	<b>43,75</b>
<b>MA1</b>	39,41	43,18	40,27	38,54	38,13	41,99	41,88	36,86	41,66	42,96	45,81	36,71	38,24	43,85	39,04	45,24	38,96	<b>40,75</b>
<b>MA2</b>	39,81	42,91	43,66	41,16	39,53	39,27	39,10	40,17	36,40	41,81	40,75	38,35	41,57	39,63	40,51	41,83	41,86	<b>40,49</b>
<b>MA3</b>	42,52	46,03	43,63	47,07	37,63	42,75	42,69	40,27	40,65	39,96	44,87	42,52	41,89	40,86	39,03	43,97	39,40	<b>42,10</b>
<b>J1</b>	33,18	35,30	36,41	32,70	36,37	34,21	36,51	34,30	35,66	38,67	40,04	39,39	36,57	35,31	38,54	37,37	39,63	<b>36,48</b>
<b>J2</b>	33,55	32,01	35,07	30,45	31,37	36,09	35,86	35,12	30,45	34,54	34,98	34,18	30,62	36,22	36,86	34,99	33,28	<b>33,86</b>
<b>J3</b>	35,54	31,94	33,32	31,72	30,53	31,77	33,24	32,35	30,34	34,02	34,70	32,34	31,23	33,35	32,03	32,97	33,06	<b>32,61</b>
<b>JL1</b>	30,83	32,72	31,78	29,77	31,50	31,70	33,86	32,37	28,99	34,04	31,72	31,84	32,68	31,63	31,32	32,26	34,85	<b>31,99</b>
<b>JL2</b>	32,51	32,35	31,70	31,29	30,61	29,80	31,01	29,71	29,57	33,66	31,78	27,46	31,86	30,98	32,82	32,23	30,64	<b>31,17</b>
<b>JL3</b>	33,55	34,32	40,35	35,20	31,16	32,90	34,75	33,63	33,42	34,49	35,19	34,96	35,47	36,58	35,86	31,50	31,79	<b>34,42</b>
<b>A1</b>	31,55	32,80	35,40	30,11	30,67	29,90	32,21	33,30	28,44	33,92	28,31	31,13	29,10	33,80	31,49	29,93	29,48	<b>31,27</b>
<b>A2</b>	31,29	32,15	33,94	32,30	27,91	31,83	31,26	30,81	29,68	32,17	27,88	31,43	29,46	32,68	28,85	35,41	33,78	<b>31,34</b>
<b>A3</b>	40,73	39,74	34,97	36,71	35,90	36,46	40,22	36,41	33,35	37,62	33,64	36,45	33,00	39,17	36,11	37,00	40,61	<b>36,95</b>
<b>S1</b>	35,76	36,35	37,96	34,21	34,76	37,13	37,27	31,56	36,25	40,84	32,20	35,91	33,86	34,54	31,81	38,87	37,58	<b>35,70</b>
<b>S2</b>	37,18	38,88	37,40	37,42	37,15	34,98	38,77	35,39	39,73	38,50	36,58	36,14	36,12	39,71	32,76	40,02	38,54	<b>37,37</b>
<b>S3</b>	39,51	40,30	40,20	40,11	37,49	39,77	40,27	38,47	39,59	42,35	39,67	38,53	40,90	39,06	41,61	43,45	45,48	<b>40,40</b>
<b>O1</b>	43,16	44,54	41,65	43,43	42,27	39,56	45,36	38,93	41,13	39,27	42,48	41,49	39,22	42,60	39,99	43,42	46,27	<b>42,05</b>
<b>O2</b>	40,50	46,17	41,73	43,16	43,45	42,19	45,64	39,22	43,53	43,30	47,54	43,90	42,55	40,69	41,79	42,84	46,49	<b>43,22</b>
<b>O3</b>	51,20	46,70	48,99	48,84	46,45	49,74	52,51	48,57	51,46	55,33	50,03	48,79	49,50	48,26	46,20	54,28	52,77	<b>49,98</b>
<b>N1</b>	45,75	45,46	43,22	49,17	45,45	45,71	51,09	45,29	47,22	52,01	46,93	46,92	48,39	45,35	40,32	48,02	50,73	<b>46,88</b>
<b>N2</b>	45,65	48,08	45,17	47,78	48,32	48,25	50,16	45,26	48,97	48,66	50,19	45,78	50,23	46,32	49,85	50,39	53,65	<b>48,40</b>
<b>N3</b>	47,89	51,31	44,61	51,05	50,50	53,08	49,48	49,90	48,71	48,72	53,79	47,83	51,68	48,05	45,00	54,51	54,73	<b>50,05</b>
<b>D1</b>	47,71	52,97	48,25	55,78	49,16	50,53	49,35	50,96	48,60	51,71	52,12	46,40	52,50	48,99	45,01	53,73	56,07	<b>50,58</b>
<b>D2</b>	38,67	49,94	52,86	51,36	51,33	48,93	53,83	50,92	52,05	52,42	51,66	52,59	53,82	51,93	50,09	51,65	54,26	<b>51,08</b>
<b>D3</b>	51,78	57,65	60,41	58,26	56,50	51,83	53,09	54,46	58,26	60,91	54,90	58,56	56,63	56,85	55,77	53,27	55,14	<b>56,13</b>

Erro Percentual Absoluto Médio - MAPE, o Erro Absoluto Médio – MAE, Raiz do Erro Quadrático Médio – REQ, o Erro Padrão de Estimativa – SES.

**Tabela A10** - Evapotranspiração mensal decencial  $ET_0$  FAO-PENEMAN-MONTEITH calculada com dados de renálises ERA5-Land e observados.

<b><math>ET_0</math> FAO-PENEMAN-MONTEITH ERA5-Land CRUZETA-RN</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>J1</b>	54,00	63,00	39,00	64,00	67,00	72,00	66,00	60,00	68,00	63,00	50,00	57,00	65,00	62,00	62,00	61,00	45,00	<b>59,88</b>
<b>J2</b>	54,00	61,00	47,00	52,00	27,00	59,00	70,00	67,00	57,00	60,00	54,00	49,00	57,00	63,00	62,00	69,00	36,00	<b>55,53</b>
<b>J3</b>	62,70	58,30	56,10	42,90	29,70	55,00	77,00	73,70	50,60	52,80	59,40	41,80	59,40	72,60	72,60	72,60	46,20	<b>57,85</b>
<b>F1</b>	56,00	57,00	51,00	54,00	39,00	66,00	62,00	56,00	62,00	51,00	64,00	57,00	68,00	74,00	62,00	63,00	52,00	<b>58,47</b>
<b>F2</b>	44,00	62,00	52,00	58,00	48,00	53,00	49,00	40,00	64,00	54,00	57,00	52,00	50,00	62,00	48,00	62,00	59,00	<b>53,76</b>
<b>F3</b>	33,60	37,60	46,40	33,60	36,80	41,60	28,80	30,40	40,80	27,20	40,00	28,80	44,80	48,00	38,40	31,20	47,20	<b>37,36</b>
<b>M1</b>	57,00	57,00	45,00	56,00	49,00	70,00	45,00	57,00	49,00	46,00	63,00	44,00	65,00	68,00	51,00	48,00	62,00	<b>54,82</b>
<b>M2</b>	57,00	45,00	52,00	45,00	50,00	54,00	54,00	50,00	38,00	48,00	60,00	46,00	58,00	61,00	50,00	65,00	58,00	<b>52,41</b>
<b>M3</b>	58,30	52,80	60,50	44,00	69,30	41,80	53,90	67,10	30,80	51,70	50,60	53,90	69,30	66,00	61,60	42,90	62,70	<b>55,13</b>
<b>A1</b>	54,00	47,00	49,00	44,00	58,00	54,00	47,00	61,00	36,00	40,00	46,00	49,00	62,00	58,00	44,00	43,00	50,00	<b>49,53</b>
<b>A2</b>	36,00	41,00	49,00	53,00	60,00	59,00	38,00	54,00	39,00	35,00	49,00	38,00	61,00	52,00	51,00	53,00	48,00	<b>48,00</b>
<b>A3</b>	44,00	51,00	57,00	46,00	48,00	54,00	37,00	41,00	40,00	32,00	57,00	36,00	64,00	46,00	48,00	50,00	58,00	<b>47,59</b>
<b>MA1</b>	48,00	54,00	51,00	46,00	40,00	50,00	43,00	47,00	35,00	31,00	53,00	35,00	65,00	55,00	45,00	55,00	48,00	<b>47,12</b>
<b>MA2</b>	51,00	55,00	57,00	53,00	50,00	49,00	42,00	57,00	38,00	33,00	58,00	35,00	56,00	58,00	44,00	59,00	48,00	<b>49,59</b>
<b>MA3</b>	58,30	58,30	50,60	59,40	57,20	49,50	55,00	53,90	46,20	34,10	59,40	47,30	55,00	55,00	49,50	60,50	52,80	<b>53,06</b>
<b>J1</b>	48,00	52,00	42,00	52,00	46,00	44,00	49,00	47,00	39,00	35,00	47,00	42,00	55,00	53,00	52,00	49,00	48,00	<b>47,06</b>
<b>J2</b>	37,00	42,00	39,00	36,00	38,00	40,00	40,00	50,00	46,00	40,00	47,00	45,00	50,00	50,00	45,00	51,00	55,00	<b>44,18</b>
<b>J3</b>	38,00	47,00	42,00	52,00	37,00	46,00	47,00	47,00	49,00	42,00	49,00	42,00	45,00	47,00	46,00	43,00	54,00	<b>45,47</b>
<b>JL1</b>	31,00	53,00	43,00	54,00	46,00	48,00	50,00	51,00	35,00	40,00	50,00	38,00	49,00	44,00	55,00	44,00	52,00	<b>46,06</b>
<b>JL2</b>	38,00	53,00	54,00	58,00	45,00	53,00	47,00	52,00	43,00	41,00	47,00	37,00	45,00	45,00	44,00	50,00	57,00	<b>47,59</b>
<b>JL3</b>	47,30	61,60	55,00	62,70	55,00	66,00	60,50	56,10	49,50	56,10	50,60	52,80	58,30	58,30	52,80	49,50	69,30	<b>56,55</b>
<b>A1</b>	42,00	57,00	60,00	64,00	56,00	52,00	57,00	52,00	41,00	49,00	54,00	51,00	63,00	61,00	55,00	57,00	62,00	<b>54,88</b>
<b>A2</b>	54,00	61,00	51,00	61,00	55,00	54,00	54,00	51,00	54,00	54,00	62,00	53,00	62,00	57,00	59,00	59,00	64,00	<b>56,76</b>

<b>A3</b>	67,10	66,00	71,50	66,00	68,20	61,60	64,90	67,10	63,80	63,80	62,70	61,60	72,60	63,80	67,10	70,40	72,60	<b>66,52</b>
<b>S1</b>	57,00	66,00	61,00	63,00	72,00	66,00	61,00	62,00	58,00	66,00	64,00	65,00	69,00	57,00	55,00	63,00	71,00	<b>63,29</b>
<b>S2</b>	55,00	66,00	70,00	70,00	70,00	69,00	68,00	62,00	67,00	59,00	69,00	66,00	65,00	67,00	59,00	63,00	69,00	<b>65,53</b>
<b>S3</b>	66,00	71,00	67,00	72,00	70,00	66,00	71,00	74,00	71,00	66,00	68,00	69,00	73,00	66,00	72,00	72,00	70,00	<b>69,65</b>
<b>O1</b>	69,00	72,00	67,00	79,00	71,00	74,00	76,00	73,00	66,00	67,00	70,00	70,00	73,00	69,00	64,00	70,00	71,00	<b>70,65</b>
<b>O2</b>	71,00	68,00	73,00	73,00	76,00	74,00	71,00	72,00	67,00	63,00	72,00	53,00	67,00	70,00	68,00	71,00	71,00	<b>69,41</b>
<b>O3</b>	75,90	72,60	80,30	75,90	74,80	77,00	71,50	80,30	80,30	70,40	56,10	72,60	74,80	72,60	74,80	77,00	81,40	<b>74,61</b>
<b>N1</b>	66,00	69,00	73,00	71,00	69,00	69,00	63,00	71,00	68,00	62,00	68,00	62,00	69,00	67,00	59,00	69,00	69,00	<b>67,29</b>
<b>N2</b>	69,00	68,00	64,00	74,00	66,00	68,00	67,00	64,00	69,00	65,00	66,00	66,00	64,00	61,00	65,00	66,00	72,00	<b>66,71</b>
<b>N3</b>	69,00	68,00	64,00	74,00	66,00	68,00	67,00	64,00	69,00	65,00	66,00	66,00	64,00	61,00	65,00	66,00	72,00	<b>66,71</b>
<b>D1</b>	66,00	66,00	60,00	67,00	70,00	58,00	66,00	63,00	62,00	60,00	54,00	69,00	65,00	67,00	65,00	68,00	66,00	<b>64,24</b>
<b>D2</b>	40,00	64,00	67,00	59,00	67,00	68,00	66,00	59,00	65,00	63,00	48,00	64,00	64,00	51,00	62,00	67,00	60,00	<b>60,82</b>
<b>D3</b>	70,40	71,50	63,80	74,80	70,40	71,50	62,70	72,60	72,60	58,30	68,20	67,10	73,70	64,90	68,20	57,20	72,60	<b>68,26</b>
<b>ET<sub>0</sub> FAO-PENEMAN-MONTEITH ESTAÇÕES CRUZETA-RN</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>J1</b>	54,00	64,00	42,00	73,00	69,00	72,00	69,00	59,00	74,00	66,00	41,00	52,00	70,00	66,00	64,00	62,00	54,00	<b>61,82</b>
<b>J2</b>	54,00	63,00	45,00	66,00	31,00	59,00	72,00	72,00	57,00	61,00	44,00	50,00	53,00	66,00	60,00	68,00	39,00	<b>56,47</b>
<b>J3</b>	62,70	72,60	55,00	52,80	31,90	59,40	77,00	78,10	55,00	55,00	60,50	38,50	59,40	77,00	73,70	72,60	46,20	<b>60,44</b>
<b>F1</b>	56,00	63,00	52,00	58,00	40,00	65,00	66,00	62,00	67,00	49,00	54,00	56,00	71,00	76,00	59,00	59,00	52,00	<b>59,12</b>
<b>F2</b>	44,00	64,00	46,00	56,00	45,00	48,00	50,00	41,00	62,00	43,00	49,00	40,00	44,00	57,00	44,00	60,00	54,00	<b>49,82</b>
<b>F3</b>	33,60	50,40	54,40	39,20	35,20	51,20	37,60	39,20	40,80	29,60	42,40	35,20	43,20	52,80	46,40	42,40	42,40	<b>42,12</b>
<b>M1</b>	57,00	58,00	43,00	61,00	45,00	68,00	50,00	54,00	52,00	43,00	65,00	42,00	63,00	63,00	54,00	50,00	61,00	<b>54,65</b>
<b>M2</b>	57,00	48,00	49,00	50,00	51,00	58,00	56,00	48,00	42,00	39,00	57,00	46,00	58,00	64,00	48,00	64,00	59,00	<b>52,59</b>
<b>M3</b>	58,30	57,20	51,70	48,40	61,60	45,10	49,50	63,80	38,50	48,40	45,10	55,00	64,90	73,70	64,90	51,70	59,40	<b>55,13</b>
<b>A1</b>	54,00	47,00	43,00	46,00	57,00	55,00	44,00	63,00	38,00	40,00	44,00	48,00	64,00	66,00	44,00	53,00	53,00	<b>50,53</b>
<b>A2</b>	36,00	36,00	45,00	58,00	56,00	52,00	41,00	51,00	37,00	32,00	50,00	38,00	61,00	63,00	52,00	56,00	44,00	<b>47,53</b>
<b>A3</b>	44,00	55,00	52,00	47,00	41,00	49,00	40,00	41,00	42,00	33,00	52,00	40,00	69,00	49,00	51,00	55,00	64,00	<b>48,47</b>
<b>MA1</b>	48,00	60,00	54,00	49,00	45,00	52,00	45,00	46,00	43,00	35,00	50,00	32,00	71,00	59,00	48,00	55,00	60,00	<b>50,12</b>

<b>MA2</b>	51,00	66,00	48,00	51,00	47,00	41,00	47,00	58,00	40,00	36,00	56,00	35,00	65,00	61,00	44,00	66,00	57,00	<b>51,12</b>
<b>MA3</b>	53,00	60,00	47,00	60,00	52,00	49,00	45,00	51,00	43,00	32,00	54,00	44,00	57,00	60,00	50,00	64,00	58,00	<b>51,71</b>
<b>J1</b>	48,00	49,00	45,00	56,00	46,00	36,00	46,00	48,00	38,00	34,00	48,00	44,00	64,00	59,00	54,00	56,00	55,00	<b>48,59</b>
<b>J2</b>	37,00	52,00	48,00	47,00	40,00	43,00	46,00	51,00	44,00	41,00	42,00	46,00	61,00	54,00	49,00	64,00	64,00	<b>48,76</b>
<b>J3</b>	38,00	49,00	53,00	59,00	40,00	44,00	46,00	55,00	49,00	37,00	44,00	43,00	48,00	48,00	49,00	54,00	67,00	<b>48,41</b>
<b>JL1</b>	31,00	55,00	51,00	56,00	47,00	52,00	54,00	59,00	41,00	37,00	52,00	43,00	58,00	53,00	57,00	56,00	63,00	<b>50,88</b>
<b>JL2</b>	38,00	53,00	63,00	58,00	48,00	58,00	55,00	58,00	52,00	44,00	52,00	38,00	59,00	56,00	53,00	55,00	67,00	<b>53,35</b>
<b>JL3</b>	47,30	71,50	63,80	69,30	60,50	70,40	67,10	60,50	60,50	51,70	61,60	55,00	70,40	68,20	60,50	56,10	81,40	<b>63,28</b>
<b>A1</b>	42,00	66,00	67,00	70,00	62,00	60,00	64,00	62,00	48,00	49,00	56,00	52,00	72,00	69,00	62,00	62,00	67,00	<b>60,59</b>
<b>A2</b>	54,00	67,00	63,00	65,00	60,00	62,00	57,00	58,00	60,00	56,00	67,00	55,00	72,00	62,00	65,00	65,00	66,00	<b>62,00</b>
<b>A3</b>	67,10	70,40	79,20	70,40	67,10	63,80	72,60	77,00	62,70	56,10	68,20	56,10	80,30	68,20	70,40	75,90	74,80	<b>69,43</b>
<b>S1</b>	57,00	66,00	68,00	68,00	70,00	67,00	69,00	65,00	60,00	59,00	65,00	65,00	75,00	65,00	56,00	68,00	72,00	<b>65,59</b>
<b>S2</b>	55,00	67,00	73,00	74,00	71,00	68,00	72,00	67,00	64,00	57,00	71,00	68,00	70,00	72,00	62,00	66,00	71,00	<b>67,53</b>
<b>S3</b>	66,00	75,00	69,00	73,00	67,00	68,00	72,00	73,00	69,00	61,00	69,00	69,00	77,00	69,00	70,00	74,00	71,00	<b>70,12</b>
<b>O1</b>	69,00	72,00	69,00	79,00	68,00	74,00	77,00	72,00	65,00	64,00	73,00	72,00	76,00	75,00	61,00	70,00	72,00	<b>71,06</b>
<b>O2</b>	71,00	63,00	76,00	76,00	73,00	77,00	71,00	72,00	67,00	63,00	71,00	57,00	78,00	73,00	71,00	72,00	74,00	<b>70,88</b>
<b>O3</b>	75,90	70,40	80,30	82,50	77,00	81,40	75,90	81,40	81,40	69,30	53,90	78,10	82,50	80,30	74,80	77,00	79,20	<b>76,55</b>
<b>N1</b>	66,00	70,00	72,00	69,00	73,00	74,00	71,00	74,00	70,00	71,00	65,00	68,00	72,00	68,00	67,00	73,00	73,00	<b>70,35</b>
<b>N2</b>	69,00	73,00	73,00	77,00	73,00	74,00	71,00	75,00	69,00	61,00	68,00	68,00	78,00	69,00	64,00	73,00	71,00	<b>70,94</b>
<b>N3</b>	69,00	67,00	68,00	76,00	67,00	73,00	71,00	69,00	70,00	67,00	66,00	70,00	74,00	66,00	64,00	72,00	75,00	<b>69,65</b>
<b>D1</b>	66,00	66,00	63,00	72,00	70,00	59,00	71,00	69,00	63,00	62,00	57,00	70,00	68,00	72,00	67,00	73,00	73,00	<b>67,12</b>
<b>D2</b>	40,00	67,00	71,00	67,00	69,00	68,00	72,00	68,00	64,00	67,00	48,00	73,00	71,00	53,00	65,00	73,00	63,00	<b>64,65</b>
<b>D3</b>	70,40	77,00	72,60	79,20	70,40	70,40	77,00	73,70	73,70	59,40	70,40	77,00	78,10	69,30	70,40	64,90	73,70	<b>72,21</b>
<b>ET<sub>0</sub> FAO-PENEMAN-MONTEITH ERA5-Land MORRO DO CHAPÉU-BA</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>J1</b>	41,00	45,00	31,00	51,00	56,00	55,00	53,00	51,00	51,00	43,00	44,00	41,00	44,00	53,00	48,00	48,00	34,00	<b>46,41</b>
<b>J2</b>	46,00	44,00	32,00	44,00	20,00	36,00	49,00	51,00	52,00	52,00	52,00	46,00	51,00	39,00	48,00	51,00	28,00	<b>43,59</b>
<b>J3</b>	46,20	50,60	51,70	50,60	41,80	46,20	60,50	57,20	53,90	53,90	58,30	48,40	51,70	45,10	55,00	53,90	30,80	<b>50,34</b>

<b>F1</b>	46,00	50,00	33,00	49,00	40,00	49,00	48,00	42,00	46,00	47,00	50,00	51,00	50,00	56,00	41,00	40,00	48,00	<b>46,24</b>
<b>F2</b>	43,00	50,00	46,00	51,00	41,00	35,00	46,00	28,00	48,00	46,00	51,00	45,00	44,00	55,00	45,00	49,00	49,00	<b>45,41</b>
<b>F3</b>	32,80	33,60	33,60	34,40	32,80	26,40	31,20	23,20	32,80	29,60	30,40	25,60	39,20	32,00	25,60	25,60	40,80	<b>31,15</b>
<b>M1</b>	39,00	49,00	41,00	52,00	43,00	46,00	41,00	40,00	46,00	46,00	34,00	44,00	56,00	60,00	39,00	44,00	47,00	<b>45,12</b>
<b>M2</b>	39,00	36,00	42,00	45,00	37,00	38,00	36,00	40,00	44,00	46,00	48,00	38,00	51,00	50,00	42,00	49,00	44,00	<b>42,65</b>
<b>M3</b>	48,40	44,00	47,30	41,80	45,10	39,60	37,40	47,30	35,20	44,00	44,00	44,00	57,20	50,60	49,50	46,20	48,40	<b>45,29</b>
<b>A1</b>	37,00	39,00	41,00	43,00	39,00	37,00	34,00	45,00	34,00	36,00	31,00	43,00	50,00	48,00	36,00	41,00	38,00	<b>39,53</b>
<b>A2</b>	38,00	36,00	36,00	42,00	38,00	33,00	31,00	35,00	37,00	35,00	31,00	36,00	42,00	40,00	37,00	36,00	37,00	<b>36,47</b>
<b>A3</b>	35,00	36,00	37,00	38,00	32,00	34,00	29,00	32,00	38,00	32,00	37,00	34,00	45,00	30,00	33,00	33,00	42,00	<b>35,12</b>
<b>MA1</b>	33,00	35,00	36,00	32,00	33,00	27,00	28,00	32,00	33,00	24,00	34,00	33,00	38,00	36,00	32,00	29,00	33,00	<b>32,24</b>
<b>MA2</b>	31,00	36,00	35,00	26,00	31,00	30,00	27,00	28,00	30,00	28,00	28,00	27,00	33,00	30,00	28,00	28,00	32,00	<b>29,88</b>
<b>MA3</b>	29,70	34,10	34,10	30,80	34,10	33,00	29,70	30,80	34,10	31,90	37,40	27,50	29,70	35,20	34,10	30,80	31,90	<b>32,29</b>
<b>J1</b>	28,00	26,00	30,00	28,00	28,00	26,00	26,00	27,00	27,00	27,00	27,00	29,00	32,00	28,00	29,00	25,00	33,00	<b>28,00</b>
<b>J2</b>	27,00	26,00	27,00	27,00	27,00	26,00	24,00	28,00	30,00	27,00	30,00	25,00	30,00	26,00	27,00	27,00	27,00	<b>27,12</b>
<b>J3</b>	27,00	26,00	24,00	27,00	27,00	23,00	25,00	24,00	22,00	25,00	25,00	30,00	27,00	31,00	24,00	21,00	27,00	<b>25,59</b>
<b>JL1</b>	29,00	29,00	28,00	28,00	26,00	24,00	25,00	24,00	26,00	28,00	24,00	31,00	26,00	29,00	27,00	23,00	29,00	<b>26,82</b>
<b>JL2</b>	29,00	27,00	27,00	20,00	28,00	23,00	25,00	28,00	28,00	30,00	25,00	30,00	30,00	26,00	25,00	27,00	30,00	<b>26,94</b>
<b>JL3</b>	34,10	34,10	29,70	29,70	29,70	28,60	33,00	35,20	33,00	34,10	28,60	29,70	36,30	30,80	23,10	29,70	31,90	<b>31,25</b>
<b>A1</b>	31,00	26,00	34,00	31,00	28,00	27,00	29,00	26,00	32,00	32,00	29,00	36,00	32,00	31,00	30,00	29,00	30,00	<b>30,18</b>
<b>A2</b>	29,00	22,00	30,00	31,00	32,00	32,00	32,00	29,00	30,00	34,00	31,00	34,00	29,00	33,00	31,00	28,00	39,00	<b>30,94</b>
<b>A3</b>	37,40	36,30	35,20	34,10	44,00	39,60	42,90	38,50	42,90	35,20	37,40	38,50	40,70	36,30	39,60	39,60	35,20	<b>38,44</b>
<b>S1</b>	32,00	36,00	39,00	32,00	42,00	40,00	36,00	32,00	40,00	41,00	36,00	41,00	41,00	39,00	39,00	43,00	37,00	<b>38,00</b>
<b>S2</b>	38,00	41,00	41,00	43,00	43,00	36,00	39,00	38,00	45,00	46,00	35,00	40,00	52,00	37,00	38,00	41,00	43,00	<b>40,94</b>
<b>S3</b>	43,00	44,00	42,00	48,00	47,00	46,00	42,00	45,00	43,00	54,00	46,00	44,00	47,00	48,00	44,00	48,00	36,00	<b>45,12</b>
<b>O1</b>	51,00	53,00	52,00	51,00	44,00	46,00	44,00	37,00	48,00	41,00	57,00	46,00	45,00	47,00	39,00	47,00	41,00	<b>46,41</b>
<b>O2</b>	50,00	41,00	55,00	47,00	56,00	55,00	47,00	49,00	50,00	45,00	53,00	36,00	44,00	38,00	49,00	54,00	44,00	<b>47,82</b>
<b>O3</b>	56,10	51,70	61,60	57,20	49,50	59,40	36,30	61,60	59,40	37,40	46,20	47,30	62,70	56,10	57,20	53,90	56,10	<b>53,51</b>
<b>N1</b>	42,00	51,00	56,00	51,00	57,00	46,00	41,00	58,00	54,00	49,00	49,00	44,00	44,00	50,00	29,00	57,00	33,00	<b>47,71</b>

<b>N2</b>	48,00	48,00	57,00	51,00	32,00	39,00	43,00	35,00	45,00	56,00	48,00	47,00	46,00	41,00	45,00	49,00	54,00	<b>46,12</b>
<b>N3</b>	48,00	48,00	57,00	51,00	32,00	39,00	43,00	35,00	45,00	56,00	48,00	47,00	46,00	41,00	45,00	49,00	54,00	<b>46,12</b>
<b>D1</b>	46,00	45,00	48,00	52,00	53,00	38,00	47,00	48,00	36,00	43,00	45,00	48,00	47,00	46,00	40,00	57,00	51,00	<b>46,47</b>
<b>D2</b>	28,00	50,00	51,00	54,00	46,00	47,00	45,00	41,00	47,00	52,00	38,00	41,00	55,00	31,00	32,00	61,00	46,00	<b>45,00</b>
<b>D3</b>	52,80	52,80	44,00	59,40	57,20	52,80	53,90	53,90	45,10	41,80	49,50	51,70	64,90	40,70	50,60	58,30	52,80	<b>51,89</b>
<b>ET<sub>0</sub> FAO-PENEMAN-MONTEITH ESTAÇÕES MORRO DO CHAPÉU-BA</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>J1</b>	41,00	42,00	31,00	46,00	40,00	39,00	42,00	44,00	50,00	40,00	44,00	44,00	44,00	47,00	42,00	35,00	34,00	<b>41,47</b>
<b>J2</b>	46,00	41,00	32,00	38,00	22,00	30,00	43,00	46,00	52,00	48,00	49,00	43,00	50,00	35,00	39,00	38,00	26,00	<b>39,88</b>
<b>J3</b>	46,20	56,10	50,60	42,90	28,60	38,50	49,50	52,80	53,90	53,90	56,10	46,20	51,70	38,50	41,80	37,40	29,70	<b>45,55</b>
<b>F1</b>	46,00	54,00	37,00	40,00	29,00	38,00	42,00	39,00	46,00	50,00	40,00	46,00	45,00	46,00	29,00	33,00	37,00	<b>41,00</b>
<b>F2</b>	43,00	50,00	44,00	42,00	33,00	26,00	40,00	33,00	46,00	45,00	52,00	42,00	36,00	45,00	36,00	38,00	40,00	<b>40,65</b>
<b>F3</b>	32,80	40,80	40,00	33,60	25,60	22,40	32,00	26,40	34,40	33,60	36,80	32,00	38,40	29,60	21,60	20,00	34,40	<b>31,44</b>
<b>M1</b>	39,00	49,00	42,00	45,00	31,00	32,00	36,00	34,00	45,00	50,00	37,00	46,00	55,00	51,00	32,00	35,00	39,00	<b>41,06</b>
<b>M2</b>	39,00	34,00	38,00	39,00	28,00	32,00	33,00	34,00	41,00	53,00	50,00	43,00	50,00	45,00	31,00	39,00	41,00	<b>39,41</b>
<b>M3</b>	48,40	51,70	48,40	36,30	31,90	36,30	34,10	42,90	38,50	51,70	42,90	45,10	57,20	46,20	38,50	39,60	46,20	<b>43,29</b>
<b>A1</b>	37,00	40,00	37,00	41,00	33,00	29,00	28,00	43,00	36,00	39,00	36,00	49,00	50,00	42,00	32,00	37,00	37,00	<b>38,00</b>
<b>A2</b>	38,00	40,00	39,00	38,00	30,00	26,00	29,00	28,00	45,00	37,00	32,00	37,00	43,00	36,00	35,00	27,00	37,00	<b>35,12</b>
<b>A3</b>	35,00	45,00	38,00	37,00	27,00	28,00	27,00	33,00	45,00	31,00	45,00	34,00	51,00	28,00	31,00	32,00	44,00	<b>35,94</b>
<b>MA1</b>	33,00	41,00	40,00	34,00	27,00	23,00	27,00	33,00	38,00	30,00	42,00	35,00	39,00	35,00	28,00	26,00	37,00	<b>33,41</b>
<b>MA2</b>	31,00	43,00	39,00	25,00	26,00	30,00	26,00	31,00	34,00	33,00	33,00	30,00	37,00	28,00	24,00	23,00	33,00	<b>30,94</b>
<b>MA3</b>	27,00	41,00	36,00	25,00	29,00	29,00	29,00	36,00	40,00	32,00	45,00	34,00	31,00	36,00	29,00	26,00	31,00	<b>32,71</b>
<b>J1</b>	28,00	32,00	34,00	24,00	26,00	22,00	27,00	34,00	36,00	31,00	34,00	34,00	40,00	23,00	32,00	22,00	36,00	<b>30,29</b>
<b>J2</b>	27,00	35,00	28,00	30,00	24,00	25,00	24,00	35,00	37,00	32,00	40,00	22,00	36,00	24,00	24,00	29,00	31,00	<b>29,59</b>
<b>J3</b>	27,00	28,00	23,00	28,00	24,00	24,00	25,00	27,00	27,00	35,00	30,00	37,00	31,00	36,00	22,00	20,00	28,00	<b>27,76</b>
<b>JL1</b>	29,00	32,00	31,00	31,00	25,00	25,00	26,00	30,00	30,00	35,00	30,00	37,00	29,00	28,00	28,00	21,00	31,00	<b>29,29</b>
<b>JL2</b>	29,00	34,00	32,00	21,00	28,00	23,00	27,00	35,00	33,00	34,00	31,00	35,00	34,00	27,00	25,00	26,00	37,00	<b>30,06</b>
<b>JL3</b>	34,10	47,30	35,20	27,50	27,50	27,50	36,30	41,80	38,50	46,20	34,10	38,50	45,10	34,10	24,20	31,90	36,30	<b>35,65</b>

<b>A1</b>	31,00	30,00	38,00	30,00	26,00	25,00	29,00	35,00	43,00	36,00	34,00	46,00	37,00	31,00	27,00	27,00	36,00	<b>33,00</b>
<b>A2</b>	29,00	27,00	31,00	30,00	29,00	30,00	34,00	31,00	34,00	40,00	36,00	40,00	29,00	33,00	27,00	27,00	43,00	<b>32,35</b>
<b>A3</b>	37,40	44,00	38,50	29,70	36,30	35,20	41,80	42,90	47,30	40,70	46,20	48,40	44,00	36,30	36,30	36,30	37,40	<b>39,92</b>
<b>S1</b>	32,00	38,00	34,00	26,00	35,00	36,00	38,00	36,00	42,00	44,00	40,00	47,00	44,00	35,00	33,00	40,00	35,00	<b>37,35</b>
<b>S2</b>	38,00	40,00	39,00	33,00	33,00	31,00	38,00	38,00	41,00	50,00	42,00	43,00	50,00	33,00	34,00	38,00	43,00	<b>39,06</b>
<b>S3</b>	43,00	42,00	32,00	38,00	33,00	35,00	36,00	40,00	40,00	56,00	46,00	41,00	40,00	43,00	34,00	43,00	31,00	<b>39,59</b>
<b>O1</b>	51,00	54,00	47,00	41,00	31,00	38,00	39,00	36,00	45,00	42,00	52,00	46,00	46,00	42,00	33,00	38,00	39,00	<b>42,35</b>
<b>O2</b>	50,00	31,00	45,00	37,00	39,00	42,00	38,00	43,00	40,00	43,00	50,00	33,00	44,00	33,00	40,00	45,00	44,00	<b>41,00</b>
<b>O3</b>	56,10	51,70	50,60	45,10	37,40	47,30	25,30	55,00	59,40	39,60	45,10	42,90	57,20	48,40	42,90	45,10	55,00	<b>47,30</b>
<b>N1</b>	42,00	52,00	34,00	25,00	43,00	44,00	38,00	53,00	59,00	43,00	53,00	28,00	30,00	37,00	35,00	49,00	47,00	<b>41,88</b>
<b>N2</b>	48,00	50,00	49,00	38,00	42,00	32,00	32,00	50,00	48,00	45,00	41,00	37,00	33,00	41,00	20,00	49,00	27,00	<b>40,12</b>
<b>N3</b>	48,00	46,00	49,00	37,00	22,00	30,00	37,00	33,00	40,00	52,00	45,00	42,00	33,00	33,00	33,00	42,00	49,00	<b>39,47</b>
<b>D1</b>	46,00	41,00	39,00	36,00	40,00	30,00	42,00	43,00	37,00	39,00	44,00	46,00	44,00	37,00	30,00	49,00	48,00	<b>40,65</b>
<b>D2</b>	28,00	47,00	41,00	45,00	30,00	33,00	38,00	42,00	43,00	53,00	40,00	39,00	44,00	23,00	24,00	48,00	42,00	<b>38,82</b>
<b>D3</b>	52,80	45,10	38,50	42,90	39,60	39,60	49,50	52,80	41,80	42,90	49,50	48,40	57,20	34,10	35,20	48,40	49,50	<b>45,16</b>
<b>ET<sub>0</sub> FAO-PENEMAN-MONTEITH ERA5-Land PALMEIRA DOS ÍNDIOS-AL</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>J1</b>	43,00	47,00	34,00	58,00	52,00	56,00	49,00	45,00	52,00	53,00	45,00	49,00	52,00	43,00	49,00	44,00	44,00	<b>47,94</b>
<b>J2</b>	42,00	46,00	39,00	55,00	26,00	56,00	47,00	55,00	48,00	50,00	44,00	48,00	44,00	50,00	46,00	52,00	42,00	<b>46,47</b>
<b>J3</b>	52,80	51,70	47,30	48,40	36,30	60,50	55,00	62,70	47,30	51,70	49,50	41,80	41,80	67,10	55,00	53,90	44,00	<b>50,99</b>
<b>F1</b>	49,00	51,00	44,00	44,00	41,00	48,00	48,00	53,00	52,00	49,00	45,00	47,00	50,00	52,00	41,00	49,00	47,00	<b>47,65</b>
<b>F2</b>	37,00	46,00	40,00	45,00	44,00	45,00	47,00	40,00	49,00	43,00	47,00	43,00	41,00	47,00	46,00	47,00	47,00	<b>44,35</b>
<b>F3</b>	31,20	28,80	33,60	28,80	35,20	33,60	32,80	23,20	36,80	24,80	29,60	28,00	36,80	36,00	30,40	28,80	35,20	<b>31,39</b>
<b>M1</b>	41,00	49,00	40,00	47,00	43,00	54,00	51,00	37,00	49,00	39,00	55,00	43,00	45,00	47,00	42,00	42,00	44,00	<b>45,18</b>
<b>M2</b>	45,00	40,00	43,00	40,00	45,00	46,00	44,00	38,00	37,00	45,00	49,00	50,00	49,00	45,00	40,00	45,00	40,00	<b>43,59</b>
<b>M3</b>	41,80	41,80	47,30	41,80	49,50	39,60	48,40	44,00	33,00	57,20	47,30	48,40	49,50	53,90	50,60	47,30	46,20	<b>46,33</b>
<b>A1</b>	40,00	38,00	37,00	43,00	41,00	39,00	39,00	44,00	37,00	46,00	35,00	42,00	38,00	47,00	42,00	43,00	40,00	<b>40,65</b>
<b>A2</b>	32,00	35,00	40,00	43,00	39,00	38,00	38,00	36,00	36,00	39,00	34,00	32,00	40,00	48,00	37,00	42,00	35,00	<b>37,88</b>

<b>A3</b>	37,00	34,00	32,00	35,00	35,00	38,00	33,00	32,00	36,00	33,00	36,00	28,00	44,00	31,00	35,00	44,00	37,00	<b>35,29</b>
<b>MA1</b>	33,00	38,00	31,00	37,00	32,00	24,00	32,00	32,00	30,00	25,00	31,00	23,00	38,00	31,00	31,00	38,00	30,00	<b>31,53</b>
<b>MA2</b>	30,00	37,00	30,00	31,00	31,00	29,00	25,00	27,00	25,00	27,00	30,00	24,00	37,00	31,00	27,00	36,00	32,00	<b>29,94</b>
<b>MA3</b>	31,90	33,00	27,50	38,50	31,90	34,10	29,70	34,10	30,80	24,20	34,10	26,40	33,00	35,20	31,90	33,00	28,60	<b>31,64</b>
<b>J1</b>	24,00	29,00	25,00	30,00	25,00	28,00	22,00	27,00	25,00	28,00	24,00	26,00	30,00	30,00	30,00	31,00	32,00	<b>27,41</b>
<b>J2</b>	23,00	26,00	22,00	25,00	21,00	22,00	22,00	29,00	24,00	26,00	21,00	26,00	28,00	28,00	26,00	28,00	29,00	<b>25,06</b>
<b>J3</b>	25,00	23,00	24,00	26,00	20,00	25,00	25,00	23,00	24,00	27,00	25,00	21,00	26,00	26,00	21,00	23,00	26,00	<b>24,12</b>
<b>JL1</b>	25,00	27,00	23,00	25,00	20,00	21,00	21,00	23,00	21,00	24,00	26,00	23,00	25,00	23,00	27,00	26,00	27,00	<b>23,94</b>
<b>JL2</b>	26,00	27,00	30,00	28,00	25,00	25,00	24,00	29,00	22,00	26,00	24,00	20,00	23,00	25,00	23,00	30,00	30,00	<b>25,71</b>
<b>JL3</b>	28,60	29,70	30,80	31,90	23,10	29,70	25,30	28,60	28,60	29,70	29,70	24,20	28,60	28,60	30,80	24,20	29,70	<b>28,34</b>
<b>A1</b>	25,00	26,00	29,00	28,00	27,00	27,00	27,00	26,00	25,00	25,00	25,00	34,00	30,00	29,00	26,00	27,00	31,00	<b>27,47</b>
<b>A2</b>	27,00	25,00	28,00	31,00	25,00	29,00	31,00	27,00	27,00	28,00	27,00	28,00	29,00	28,00	28,00	31,00	35,00	<b>28,47</b>
<b>A3</b>	39,60	34,10	30,80	38,50	39,60	33,00	36,30	36,30	30,80	33,00	33,00	33,00	34,10	35,20	34,10	39,60	36,30	<b>35,14</b>
<b>S1</b>	32,00	34,00	37,00	34,00	31,00	36,00	37,00	29,00	35,00	39,00	34,00	31,00	33,00	31,00	32,00	37,00	34,00	<b>33,88</b>
<b>S2</b>	33,00	41,00	41,00	37,00	36,00	33,00	40,00	30,00	39,00	34,00	33,00	32,00	43,00	37,00	35,00	37,00	39,00	<b>36,47</b>
<b>S3</b>	35,00	39,00	45,00	46,00	37,00	43,00	44,00	38,00	40,00	47,00	39,00	36,00	40,00	41,00	42,00	45,00	46,00	<b>41,35</b>
<b>O1</b>	45,00	47,00	42,00	45,00	42,00	41,00	40,00	39,00	40,00	46,00	48,00	39,00	36,00	46,00	34,00	43,00	54,00	<b>42,76</b>
<b>O2</b>	41,00	45,00	40,00	41,00	44,00	46,00	51,00	42,00	44,00	49,00	45,00	40,00	37,00	37,00	43,00	43,00	44,00	<b>43,06</b>
<b>O3</b>	49,50	49,50	56,10	50,60	51,70	55,00	51,70	51,70	51,70	55,00	42,90	47,30	50,60	47,30	46,20	59,40	51,70	<b>51,05</b>
<b>N1</b>	49,00	53,00	48,00	49,00	56,00	55,00	48,00	50,00	53,00	49,00	51,00	46,00	54,00	47,00	44,00	57,00	55,00	<b>50,82</b>
<b>N2</b>	48,00	50,00	43,00	50,00	52,00	53,00	51,00	52,00	53,00	53,00	54,00	46,00	54,00	45,00	42,00	61,00	55,00	<b>50,71</b>
<b>N3</b>	48,00	50,00	43,00	50,00	52,00	53,00	51,00	52,00	53,00	53,00	54,00	46,00	54,00	45,00	42,00	61,00	55,00	<b>50,71</b>
<b>D1</b>	54,00	47,00	49,00	57,00	53,00	44,00	55,00	53,00	53,00	52,00	41,00	52,00	51,00	54,00	43,00	58,00	59,00	<b>51,47</b>
<b>D2</b>	32,00	49,00	50,00	49,00	55,00	48,00	52,00	52,00	53,00	51,00	46,00	52,00	53,00	44,00	39,00	47,00	47,00	<b>48,18</b>
<b>D3</b>	55,00	52,80	55,00	56,10	58,30	53,90	55,00	50,60	59,40	50,60	57,20	51,70	58,30	49,50	50,60	46,20	51,70	<b>53,64</b>
<b>ET<sub>0</sub> FAO-PENEMAN-MONTEITH ESTAÇÕES PALMEIRA DOS ÍNDIOS-AL</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>J1</b>	43,00	50,00	32,00	61,00	52,00	47,00	46,00	50,00	61,00	59,00	54,00	57,00	58,00	48,00	49,00	44,00	40,00	<b>50,06</b>



<b>J2</b>	42,00	46,00	38,00	58,00	25,00	49,00	43,00	60,00	53,00	55,00	47,00	54,00	47,00	55,00	51,00	48,00	39,00	<b>47,65</b>
<b>J3</b>	52,80	64,90	45,10	50,60	31,90	56,10	48,40	68,20	53,90	61,60	53,90	45,10	47,30	68,20	51,70	48,40	42,90	<b>52,41</b>
<b>F1</b>	49,00	63,00	45,00	44,00	32,00	44,00	51,00	59,00	60,00	55,00	47,00	56,00	55,00	55,00	36,00	44,00	42,00	<b>49,24</b>
<b>F2</b>	37,00	54,00	37,00	46,00	41,00	41,00	54,00	40,00	51,00	50,00	54,00	50,00	40,00	51,00	43,00	40,00	44,00	<b>45,47</b>
<b>F3</b>	31,20	39,20	39,20	32,80	32,00	39,20	42,40	28,80	41,60	26,40	36,80	41,60	39,20	48,00	32,00	30,40	36,00	<b>36,28</b>
<b>M1</b>	41,00	59,00	41,00	50,00	38,00	54,00	55,00	37,00	58,00	43,00	59,00	54,00	48,00	55,00	48,00	37,00	44,00	<b>48,29</b>
<b>M2</b>	45,00	50,00	45,00	43,00	45,00	47,00	50,00	43,00	43,00	57,00	53,00	59,00	51,00	50,00	35,00	41,00	39,00	<b>46,82</b>
<b>M3</b>	41,80	56,10	47,30	44,00	50,60	40,70	47,30	41,80	37,40	68,20	42,90	59,40	55,00	63,80	51,70	45,10	41,80	<b>49,11</b>
<b>A1</b>	40,00	51,00	39,00	51,00	38,00	37,00	41,00	49,00	45,00	56,00	42,00	50,00	40,00	53,00	37,00	43,00	39,00	<b>44,18</b>
<b>A2</b>	32,00	51,00	46,00	47,00	37,00	36,00	44,00	41,00	45,00	42,00	40,00	41,00	43,00	52,00	33,00	41,00	31,00	<b>41,29</b>
<b>A3</b>	37,00	45,00	36,00	37,00	37,00	40,00	32,00	30,00	39,00	42,00	46,00	35,00	51,00	29,00	32,00	49,00	35,00	<b>38,35</b>
<b>MA1</b>	33,00	50,00	37,00	40,00	36,00	23,00	33,00	37,00	36,00	33,00	41,00	31,00	42,00	35,00	26,00	39,00	32,00	<b>35,53</b>
<b>MA2</b>	30,00	56,00	37,00	34,00	32,00	28,00	27,00	30,00	26,00	34,00	40,00	32,00	47,00	33,00	27,00	39,00	36,00	<b>34,59</b>
<b>MA3</b>	29,00	48,00	33,00	41,00	28,00	33,00	32,00	37,00	35,00	29,00	47,00	31,00	38,00	37,00	29,00	30,00	30,00	<b>34,53</b>
<b>J1</b>	24,00	36,00	30,00	27,00	24,00	28,00	23,00	32,00	34,00	34,00	33,00	37,00	37,00	35,00	35,00	30,00	39,00	<b>31,65</b>
<b>J2</b>	23,00	36,00	30,00	30,00	20,00	23,00	29,00	37,00	31,00	32,00	29,00	23,00	35,00	29,00	27,00	28,00	35,00	<b>29,24</b>
<b>J3</b>	25,00	32,00	25,00	31,00	22,00	28,00	28,00	30,00	33,00	37,00	34,00	33,00	35,00	27,00	25,00	21,00	30,00	<b>29,18</b>
<b>JL1</b>	25,00	30,00	30,00	29,00	26,00	23,00	27,00	31,00	30,00	36,00	38,00	31,00	33,00	27,00	29,00	26,00	32,00	<b>29,59</b>
<b>JL2</b>	26,00	35,00	39,00	30,00	25,00	29,00	29,00	37,00	27,00	36,00	32,00	28,00	31,00	30,00	23,00	28,00	32,00	<b>30,41</b>
<b>JL3</b>	28,60	35,20	35,20	36,30	24,20	28,60	33,00	34,10	37,40	41,80	38,50	34,10	31,90	31,90	30,80	25,30	36,30	<b>33,13</b>
<b>A1</b>	25,00	38,00	38,00	31,00	23,00	26,00	30,00	26,00	33,00	32,00	33,00	43,00	35,00	27,00	25,00	29,00	36,00	<b>31,18</b>
<b>A2</b>	27,00	33,00	32,00	34,00	22,00	27,00	31,00	32,00	31,00	32,00	36,00	36,00	31,00	29,00	27,00	27,00	41,00	<b>31,06</b>
<b>A3</b>	39,60	41,80	35,20	40,70	33,00	30,80	42,90	40,70	39,60	40,70	36,30	38,50	42,90	35,20	34,10	38,50	38,50	<b>38,18</b>
<b>S1</b>	32,00	43,00	38,00	34,00	28,00	35,00	37,00	34,00	35,00	48,00	40,00	37,00	34,00	30,00	29,00	36,00	36,00	<b>35,65</b>
<b>S2</b>	33,00	49,00	44,00	37,00	31,00	31,00	39,00	35,00	43,00	41,00	39,00	34,00	42,00	34,00	29,00	34,00	40,00	<b>37,35</b>
<b>S3</b>	35,00	47,00	45,00	44,00	28,00	41,00	46,00	45,00	47,00	52,00	42,00	36,00	42,00	37,00	38,00	43,00	47,00	<b>42,06</b>
<b>O1</b>	45,00	56,00	41,00	43,00	39,00	42,00	45,00	39,00	40,00	54,00	52,00	45,00	40,00	45,00	25,00	39,00	52,00	<b>43,65</b>
<b>O2</b>	41,00	40,00	43,00	37,00	41,00	44,00	50,00	50,00	48,00	58,00	50,00	44,00	44,00	34,00	37,00	36,00	47,00	<b>43,76</b>

<b>O3</b>	49,50	51,70	55,00	47,30	47,30	56,10	51,70	57,20	60,50	66,00	49,50	56,10	57,20	48,40	41,80	53,90	56,10	<b>53,25</b>
<b>N1</b>	49,00	55,00	54,00	44,00	44,00	53,00	54,00	58,00	60,00	61,00	58,00	40,00	59,00	43,00	38,00	51,00	47,00	<b>51,06</b>
<b>N2</b>	48,00	62,00	53,00	50,00	51,00	54,00	46,00	55,00	62,00	61,00	62,00	49,00	61,00	49,00	38,00	59,00	52,00	<b>53,65</b>
<b>N3</b>	48,00	57,00	45,00	53,00	47,00	52,00	54,00	62,00	62,00	63,00	62,00	54,00	60,00	43,00	42,00	63,00	55,00	<b>54,24</b>
<b>D1</b>	54,00	54,00	51,00	58,00	50,00	45,00	57,00	57,00	56,00	66,00	52,00	57,00	54,00	52,00	40,00	57,00	58,00	<b>54,00</b>
<b>D2</b>	32,00	51,00	53,00	50,00	53,00	46,00	56,00	57,00	59,00	54,00	54,00	58,00	59,00	44,00	40,00	47,00	46,00	<b>50,53</b>
<b>D3</b>	55,00	50,60	53,90	53,90	55,00	51,70	63,80	55,00	64,90	50,60	68,20	53,90	60,50	57,20	47,30	44,00	55,00	<b>55,32</b>
<b>ET<sub>0</sub> FAO-PENEMAN-MONTEITH ERA5-Land PIRIPRI-PI</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>J1</b>	35,00	39,00	30,00	55,00	44,00	54,00	39,00	47,00	39,00	50,00	40,00	39,00	54,00	39,00	44,00	46,00	41,00	<b>43,24</b>
<b>J2</b>	38,00	44,00	32,00	52,00	29,00	37,00	42,00	51,00	38,00	43,00	47,00	41,00	44,00	38,00	41,00	57,00	35,00	<b>41,71</b>
<b>J3</b>	51,70	44,00	45,10	36,30	26,40	48,40	56,10	60,50	37,40	37,40	49,50	33,00	46,20	51,70	42,90	53,90	35,20	<b>44,45</b>
<b>F1</b>	38,00	37,00	42,00	39,00	33,00	49,00	38,00	34,00	44,00	46,00	52,00	42,00	57,00	54,00	41,00	41,00	43,00	<b>42,94</b>
<b>F2</b>	34,00	37,00	43,00	30,00	40,00	34,00	39,00	28,00	40,00	38,00	50,00	34,00	33,00	38,00	33,00	42,00	47,00	<b>37,65</b>
<b>F3</b>	28,80	22,40	36,00	23,20	27,20	27,20	27,20	28,80	30,40	16,80	33,60	20,80	34,40	37,60	32,00	24,80	36,80	<b>28,71</b>
<b>M1</b>	39,00	42,00	30,00	43,00	34,00	50,00	36,00	37,00	35,00	33,00	55,00	38,00	45,00	56,00	36,00	34,00	45,00	<b>40,47</b>
<b>M2</b>	41,00	33,00	41,00	31,00	43,00	36,00	41,00	35,00	31,00	35,00	53,00	37,00	42,00	41,00	38,00	46,00	41,00	<b>39,12</b>
<b>M3</b>	35,20	39,60	44,00	39,60	44,00	34,10	35,20	45,10	24,20	40,70	36,30	44,00	44,00	42,90	48,40	34,10	45,10	<b>39,79</b>
<b>A1</b>	36,00	32,00	33,00	35,00	40,00	43,00	36,00	41,00	28,00	33,00	38,00	41,00	43,00	43,00	36,00	35,00	35,00	<b>36,94</b>
<b>A2</b>	26,00	27,00	36,00	40,00	41,00	42,00	33,00	36,00	35,00	30,00	36,00	30,00	39,00	40,00	38,00	37,00	44,00	<b>35,88</b>
<b>A3</b>	36,00	35,00	34,00	35,00	35,00	38,00	30,00	30,00	34,00	21,00	44,00	29,00	44,00	34,00	40,00	42,00	51,00	<b>36,00</b>
<b>MA1</b>	37,00	40,00	34,00	38,00	38,00	38,00	34,00	39,00	31,00	22,00	38,00	35,00	47,00	36,00	36,00	40,00	40,00	<b>36,65</b>
<b>MA2</b>	38,00	42,00	39,00	41,00	40,00	39,00	36,00	46,00	41,00	28,00	40,00	34,00	47,00	36,00	34,00	41,00	45,00	<b>39,24</b>
<b>MA3</b>	45,10	40,70	41,80	42,90	44,00	44,00	42,90	41,80	40,70	29,70	44,00	50,60	53,90	45,10	40,70	44,00	46,20	<b>43,42</b>
<b>J1</b>	42,00	35,00	38,00	36,00	42,00	41,00	46,00	42,00	41,00	34,00	39,00	43,00	47,00	42,00	46,00	36,00	42,00	<b>40,71</b>
<b>J2</b>	42,00	37,00	42,00	38,00	45,00	45,00	40,00	51,00	41,00	37,00	45,00	45,00	46,00	40,00	43,00	48,00	44,00	<b>42,88</b>
<b>J3</b>	46,00	36,00	53,00	42,00	47,00	44,00	50,00	59,00	47,00	39,00	54,00	41,00	43,00	39,00	49,00	47,00	60,00	<b>46,82</b>
<b>JL1</b>	44,00	50,00	52,00	45,00	41,00	47,00	50,00	55,00	54,00	44,00	51,00	43,00	52,00	41,00	50,00	44,00	55,00	<b>48,12</b>

<b>JL2</b>	36,00	54,00	47,00	55,00	41,00	60,00	57,00	48,00	59,00	45,00	51,00	40,00	52,00	47,00	52,00	61,00	47,00	<b>50,12</b>
<b>JL3</b>	51,70	52,80	57,20	62,70	61,60	67,10	57,20	55,00	59,40	53,90	72,60	67,10	75,90	48,40	68,20	61,60	62,70	<b>60,89</b>
<b>A1</b>	43,00	61,00	49,00	52,00	57,00	64,00	56,00	71,00	51,00	62,00	60,00	54,00	61,00	63,00	59,00	66,00	63,00	<b>58,35</b>
<b>A2</b>	56,00	65,00	67,00	51,00	65,00	60,00	61,00	77,00	62,00	63,00	65,00	63,00	78,00	58,00	66,00	72,00	55,00	<b>63,76</b>
<b>A3</b>	71,50	66,00	71,50	55,00	58,30	74,80	60,50	75,90	68,20	60,50	67,10	70,40	78,10	63,80	64,90	63,80	67,10	<b>66,91</b>
<b>S1</b>	49,00	57,00	56,00	66,00	64,00	74,00	57,00	76,00	70,00	70,00	67,00	71,00	73,00	66,00	62,00	58,00	64,00	<b>64,71</b>
<b>S2</b>	62,00	52,00	62,00	60,00	62,00	64,00	68,00	69,00	73,00	65,00	76,00	72,00	70,00	80,00	66,00	68,00	66,00	<b>66,76</b>
<b>S3</b>	69,00	64,00	59,00	61,00	62,00	63,00	61,00	63,00	61,00	66,00	76,00	70,00	68,00	61,00	66,00	66,00	56,00	<b>64,24</b>
<b>O1</b>	60,00	60,00	67,00	70,00	62,00	70,00	69,00	66,00	69,00	56,00	58,00	69,00	76,00	63,00	70,00	70,00	67,00	<b>66,00</b>
<b>O2</b>	66,00	56,00	63,00	57,00	69,00	70,00	58,00	65,00	70,00	59,00	62,00	47,00	72,00	73,00	75,00	73,00	75,00	<b>65,29</b>
<b>O3</b>	66,00	63,80	71,50	66,00	66,00	70,40	61,60	77,00	82,50	58,30	52,80	58,30	71,50	69,30	75,90	67,10	70,40	<b>67,55</b>
<b>N1</b>	60,00	56,00	61,00	58,00	66,00	65,00	57,00	67,00	60,00	58,00	52,00	61,00	55,00	65,00	48,00	60,00	57,00	<b>59,18</b>
<b>N2</b>	66,00	51,00	56,00	57,00	49,00	56,00	57,00	51,00	64,00	68,00	55,00	60,00	48,00	47,00	60,00	63,00	66,00	<b>57,29</b>
<b>N3</b>	66,00	51,00	56,00	57,00	49,00	56,00	57,00	51,00	64,00	68,00	55,00	60,00	48,00	47,00	60,00	63,00	66,00	<b>57,29</b>
<b>D1</b>	55,00	50,00	50,00	55,00	52,00	48,00	61,00	45,00	49,00	59,00	56,00	64,00	47,00	56,00	58,00	65,00	57,00	<b>54,53</b>
<b>D2</b>	34,00	61,00	54,00	41,00	51,00	54,00	53,00	48,00	49,00	56,00	31,00	61,00	56,00	44,00	49,00	65,00	35,00	<b>49,53</b>
<b>D3</b>	55,00	53,90	50,60	51,70	50,60	39,60	55,00	55,00	50,60	47,30	51,70	59,40	56,10	58,30	64,90	66,00	58,30	<b>54,35</b>
<b>ET<sub>6</sub> FAO-PENEMAN-MONTEITH ESTAÇÕES PIRIPIRI-PI</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>J1</b>	35,00	37,00	33,00	56,00	43,00	57,00	41,00	47,00	51,00	51,00	37,00	43,00	57,00	42,00	44,00	44,00	39,00	<b>44,53</b>
<b>J2</b>	38,00	41,00	37,00	50,00	29,00	35,00	43,00	50,00	41,00	45,00	51,00	39,00	44,00	44,00	42,00	48,00	34,00	<b>41,82</b>
<b>J3</b>	51,70	48,40	48,40	41,80	26,40	41,80	53,90	58,30	41,80	44,00	50,60	38,50	49,50	48,40	42,90	47,30	33,00	<b>45,10</b>
<b>F1</b>	38,00	43,00	46,00	34,00	29,00	47,00	38,00	37,00	50,00	43,00	50,00	46,00	54,00	54,00	34,00	38,00	38,00	<b>42,29</b>
<b>F2</b>	34,00	40,00	43,00	32,00	38,00	34,00	35,00	34,00	42,00	37,00	48,00	32,00	34,00	34,00	30,00	34,00	41,00	<b>36,59</b>
<b>F3</b>	28,80	25,60	43,20	26,40	25,60	29,60	31,20	32,00	31,20	29,60	38,40	29,60	34,40	40,80	34,40	24,00	31,20	<b>31,53</b>
<b>M1</b>	39,00	43,00	37,00	40,00	32,00	44,00	37,00	36,00	38,00	36,00	55,00	41,00	49,00	51,00	34,00	33,00	36,00	<b>40,06</b>
<b>M2</b>	41,00	35,00	42,00	33,00	39,00	35,00	39,00	38,00	35,00	36,00	50,00	38,00	43,00	43,00	36,00	39,00	39,00	<b>38,88</b>
<b>M3</b>	35,20	39,60	44,00	35,20	40,70	31,90	39,60	47,30	33,00	42,90	40,70	42,90	41,80	41,80	40,70	33,00	41,80	<b>39,54</b>

<b>A1</b>	36,00	34,00	38,00	35,00	33,00	39,00	37,00	40,00	39,00	39,00	43,00	42,00	44,00	43,00	33,00	33,00	33,00	<b>37,71</b>
<b>A2</b>	26,00	33,00	40,00	40,00	36,00	36,00	34,00	37,00	38,00	32,00	40,00	33,00	39,00	42,00	33,00	34,00	43,00	<b>36,24</b>
<b>A3</b>	36,00	40,00	37,00	34,00	33,00	34,00	33,00	33,00	35,00	31,00	44,00	34,00	50,00	36,00	33,00	41,00	43,00	<b>36,88</b>
<b>MA1</b>	37,00	45,00	42,00	40,00	39,00	37,00	36,00	44,00	36,00	34,00	43,00	41,00	48,00	37,00	35,00	36,00	41,00	<b>39,47</b>
<b>MA2</b>	38,00	51,00	47,00	36,00	40,00	37,00	38,00	50,00	43,00	36,00	47,00	41,00	50,00	41,00	36,00	40,00	43,00	<b>42,00</b>
<b>MA3</b>	41,00	47,00	43,00	44,00	40,00	38,00	42,00	50,00	42,00	36,00	46,00	48,00	49,00	41,00	37,00	37,00	44,00	<b>42,65</b>
<b>J1</b>	42,00	42,00	46,00	41,00	39,00	40,00	45,00	47,00	44,00	41,00	46,00	46,00	48,00	43,00	41,00	38,00	43,00	<b>43,06</b>
<b>J2</b>	42,00	51,00	47,00	39,00	38,00	41,00	43,00	49,00	44,00	45,00	48,00	27,00	49,00	40,00	39,00	43,00	46,00	<b>43,00</b>
<b>J3</b>	46,00	46,00	44,00	44,00	37,00	40,00	42,00	50,00	50,00	44,00	52,00	49,00	49,00	39,00	40,00	41,00	48,00	<b>44,76</b>
<b>JL1</b>	44,00	50,00	51,00	45,00	38,00	45,00	41,00	53,00	51,00	45,00	49,00	45,00	50,00	43,00	40,00	37,00	45,00	<b>45,41</b>
<b>JL2</b>	36,00	51,00	53,00	47,00	38,00	49,00	51,00	52,00	49,00	42,00	49,00	45,00	52,00	44,00	43,00	50,00	46,00	<b>46,88</b>
<b>JL3</b>	51,70	58,30	60,50	56,10	48,40	56,10	53,90	57,20	56,10	51,70	62,70	59,40	62,70	51,70	49,50	50,60	56,10	<b>55,45</b>
<b>A1</b>	43,00	59,00	55,00	51,00	45,00	54,00	54,00	62,00	53,00	53,00	55,00	55,00	61,00	53,00	49,00	47,00	53,00	<b>53,06</b>
<b>A2</b>	56,00	63,00	58,00	49,00	51,00	51,00	55,00	65,00	56,00	55,00	59,00	54,00	64,00	53,00	49,00	51,00	55,00	<b>55,53</b>
<b>A3</b>	71,50	64,90	64,90	52,80	53,90	59,40	60,50	68,20	59,40	55,00	63,80	59,40	67,10	53,90	52,80	55,00	62,70	<b>60,31</b>
<b>S1</b>	49,00	61,00	56,00	54,00	51,00	59,00	57,00	66,00	59,00	56,00	62,00	58,00	60,00	55,00	47,00	52,00	57,00	<b>56,41</b>
<b>S2</b>	62,00	57,00	60,00	52,00	49,00	55,00	62,00	63,00	62,00	54,00	67,00	61,00	61,00	64,00	51,00	57,00	59,00	<b>58,59</b>
<b>S3</b>	69,00	61,00	57,00	53,00	53,00	56,00	57,00	63,00	57,00	62,00	64,00	59,00	57,00	56,00	52,00	58,00	57,00	<b>58,29</b>
<b>O1</b>	60,00	63,00	61,00	57,00	54,00	59,00	63,00	61,00	63,00	61,00	63,00	61,00	65,00	56,00	52,00	56,00	61,00	<b>59,76</b>
<b>O2</b>	66,00	62,00	61,00	56,00	55,00	61,00	61,00	64,00	63,00	60,00	62,00	50,00	63,00	60,00	55,00	62,00	63,00	<b>60,24</b>
<b>O3</b>	66,00	68,20	64,90	56,10	58,30	62,70	61,60	71,50	73,70	62,70	59,40	56,10	66,00	58,30	60,50	58,30	62,70	<b>62,76</b>
<b>N1</b>	60,00	60,00	54,00	53,00	54,00	56,00	57,00	61,00	60,00	60,00	59,00	55,00	57,00	50,00	48,00	54,00	62,00	<b>56,47</b>
<b>N2</b>	66,00	64,00	61,00	59,00	58,00	57,00	56,00	66,00	59,00	55,00	52,00	57,00	60,00	54,00	43,00	57,00	56,00	<b>57,65</b>
<b>N3</b>	66,00	57,00	59,00	53,00	51,00	51,00	58,00	56,00	61,00	63,00	57,00	58,00	53,00	46,00	53,00	57,00	66,00	<b>56,76</b>
<b>D1</b>	55,00	48,00	50,00	56,00	55,00	45,00	59,00	55,00	57,00	53,00	51,00	55,00	51,00	54,00	46,00	55,00	58,00	<b>53,12</b>
<b>D2</b>	34,00	67,00	60,00	49,00	51,00	59,00	56,00	53,00	55,00	54,00	37,00	56,00	55,00	42,00	43,00	55,00	37,00	<b>50,76</b>
<b>D3</b>	55,00	61,60	52,80	52,80	51,70	45,10	57,20	60,50	60,50	44,00	52,80	60,50	59,40	56,10	48,40	50,60	57,20	<b>54,48</b>
<b>ET<sub>0</sub> FAO-PENEMAN-MONTEITH ERA5-Land RECIFE-PE</b>																		

MESES	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	MÉDIA
<b>J1</b>	43,00	48,00	35,00	54,00	49,00	52,00	51,00	43,00	52,00	53,00	43,00	51,00	51,00	46,00	47,00	49,00	39,00	<b>47,41</b>
<b>J2</b>	48,00	47,00	41,00	52,00	33,00	50,00	50,00	53,00	46,00	48,00	40,00	45,00	45,00	48,00	47,00	51,00	41,00	<b>46,18</b>
<b>J3</b>	57,20	53,90	47,30	41,80	35,20	59,40	55,00	60,50	49,50	51,70	48,40	44,00	42,90	59,40	58,30	58,30	45,10	<b>51,05</b>
<b>F1</b>	51,00	51,00	46,00	45,00	40,00	51,00	54,00	53,00	54,00	47,00	49,00	50,00	50,00	53,00	46,00	53,00	48,00	<b>49,47</b>
<b>F2</b>	39,00	51,00	41,00	50,00	42,00	48,00	50,00	46,00	53,00	44,00	43,00	45,00	42,00	51,00	47,00	47,00	47,00	<b>46,24</b>
<b>F3</b>	32,00	30,40	34,40	28,80	34,40	34,40	28,80	24,80	41,60	24,80	30,40	29,60	39,20	35,20	29,60	30,40	35,20	<b>32,00</b>
<b>M1</b>	45,00	48,00	44,00	47,00	45,00	54,00	50,00	43,00	53,00	42,00	55,00	47,00	48,00	49,00	49,00	42,00	47,00	<b>47,53</b>
<b>M2</b>	50,00	44,00	47,00	40,00	46,00	49,00	47,00	44,00	39,00	43,00	49,00	49,00	44,00	48,00	41,00	51,00	40,00	<b>45,35</b>
<b>M3</b>	46,20	44,00	48,40	41,80	51,70	42,90	48,40	51,70	37,40	51,70	47,30	50,60	52,80	55,00	53,90	45,10	47,30	<b>48,01</b>
<b>A1</b>	39,00	40,00	41,00	42,00	44,00	47,00	40,00	47,00	39,00	42,00	41,00	42,00	43,00	48,00	43,00	46,00	42,00	<b>42,71</b>
<b>A2</b>	33,00	36,00	38,00	44,00	42,00	43,00	38,00	37,00	39,00	34,00	38,00	31,00	45,00	44,00	44,00	47,00	34,00	<b>39,24</b>
<b>A3</b>	38,00	37,00	39,00	36,00	37,00	42,00	35,00	34,00	38,00	34,00	39,00	29,00	44,00	36,00	40,00	46,00	41,00	<b>37,94</b>
<b>MA1</b>	35,00	36,00	36,00	39,00	33,00	37,00	33,00	36,00	34,00	31,00	39,00	22,00	44,00	36,00	35,00	40,00	34,00	<b>35,29</b>
<b>MA2</b>	35,00	37,00	34,00	35,00	34,00	31,00	31,00	36,00	32,00	31,00	35,00	28,00	40,00	35,00	34,00	38,00	36,00	<b>34,24</b>
<b>MA3</b>	36,30	37,40	35,20	38,50	31,90	34,10	35,20	35,20	36,30	26,40	40,70	36,30	34,10	34,10	35,20	37,40	35,20	<b>35,26</b>
<b>J1</b>	30,00	31,00	29,00	32,00	30,00	27,00	31,00	29,00	32,00	33,00	33,00	28,00	34,00	32,00	35,00	34,00	31,00	<b>31,24</b>
<b>J2</b>	26,00	28,00	27,00	21,00	22,00	26,00	29,00	30,00	33,00	30,00	28,00	31,00	30,00	30,00	33,00	35,00	36,00	<b>29,12</b>
<b>J3</b>	29,00	30,00	30,00	33,00	29,00	29,00	30,00	29,00	32,00	32,00	34,00	28,00	31,00	30,00	28,00	27,00	35,00	<b>30,35</b>
<b>JL1</b>	26,00	33,00	27,00	30,00	27,00	30,00	34,00	31,00	29,00	28,00	34,00	29,00	30,00	28,00	35,00	30,00	32,00	<b>30,18</b>
<b>JL2</b>	27,00	33,00	36,00	35,00	30,00	36,00	32,00	32,00	30,00	29,00	29,00	26,00	32,00	28,00	32,00	33,00	32,00	<b>31,29</b>
<b>JL3</b>	30,80	39,60	35,20	41,80	30,80	44,00	36,30	35,20	35,20	34,10	38,50	36,30	39,60	38,50	38,50	30,80	41,80	<b>36,88</b>
<b>A1</b>	29,00	36,00	35,00	38,00	34,00	34,00	38,00	33,00	31,00	34,00	34,00	35,00	35,00	37,00	37,00	36,00	38,00	<b>34,94</b>
<b>A2</b>	37,00	38,00	34,00	41,00	33,00	34,00	38,00	36,00	35,00	38,00	42,00	36,00	36,00	32,00	38,00	36,00	41,00	<b>36,76</b>
<b>A3</b>	42,90	42,90	44,00	42,90	44,00	40,70	40,70	42,90	40,70	44,00	41,80	39,60	44,00	40,70	42,90	41,80	47,30	<b>42,58</b>
<b>S1</b>	36,00	40,00	39,00	41,00	40,00	40,00	39,00	36,00	39,00	41,00	42,00	43,00	44,00	37,00	35,00	41,00	44,00	<b>39,82</b>
<b>S2</b>	33,00	44,00	46,00	43,00	42,00	45,00	44,00	40,00	45,00	40,00	46,00	41,00	45,00	43,00	36,00	42,00	43,00	<b>42,24</b>
<b>S3</b>	41,00	47,00	48,00	48,00	40,00	45,00	48,00	46,00	46,00	46,00	44,00	45,00	47,00	43,00	44,00	48,00	49,00	<b>45,59</b>

<b>O1</b>	46,00	47,00	43,00	48,00	46,00	44,00	48,00	45,00	44,00	51,00	49,00	46,00	47,00	46,00	42,00	48,00	51,00	<b>46,53</b>
<b>O2</b>	44,00	45,00	46,00	46,00	47,00	50,00	47,00	48,00	45,00	45,00	50,00	42,00	47,00	47,00	46,00	48,00	51,00	<b>46,71</b>
<b>O3</b>	49,50	52,80	52,80	53,90	50,60	58,30	57,20	52,80	55,00	58,30	48,40	49,50	50,60	49,50	50,60	58,30	55,00	<b>53,12</b>
<b>N1</b>	47,00	51,00	49,00	50,00	49,00	53,00	46,00	49,00	53,00	50,00	50,00	46,00	50,00	49,00	49,00	53,00	48,00	<b>49,53</b>
<b>N2</b>	47,00	49,00	44,00	52,00	50,00	50,00	47,00	46,00	50,00	48,00	52,00	46,00	50,00	42,00	47,00	57,00	50,00	<b>48,65</b>
<b>N3</b>	47,00	49,00	44,00	52,00	50,00	50,00	47,00	46,00	50,00	48,00	52,00	46,00	50,00	42,00	47,00	57,00	50,00	<b>48,65</b>
<b>D1</b>	52,00	46,00	47,00	51,00	51,00	47,00	50,00	51,00	49,00	48,00	46,00	50,00	46,00	48,00	46,00	55,00	54,00	<b>49,24</b>
<b>D2</b>	31,00	47,00	49,00	45,00	53,00	49,00	48,00	45,00	50,00	51,00	45,00	50,00	46,00	46,00	44,00	49,00	48,00	<b>46,82</b>
<b>D3</b>	50,60	51,70	56,10	53,90	57,20	58,30	51,70	52,80	53,90	47,30	55,00	51,70	58,30	50,60	50,60	44,00	53,90	<b>52,80</b>
<b>ET<sub>0</sub> FAO-PENEMAN-MONTEITH ESTAÇÕES RECIFE-PE</b>																		
<b>MESES</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MÉDIA</b>
<b>J1</b>	43,00	46,00	29,00	49,00	42,00	43,00	42,00	40,00	54,00	56,00	39,00	48,00	51,00	44,00	33,00	38,00	34,00	<b>43,00</b>
<b>J2</b>	48,00	50,00	40,00	48,00	28,00	39,00	42,00	49,00	42,00	49,00	32,00	48,00	38,00	39,00	34,00	42,00	35,00	<b>41,35</b>
<b>J3</b>	57,20	59,40	49,50	38,50	27,50	48,40	52,80	53,90	48,40	50,60	48,40	39,60	39,60	55,00	44,00	45,10	40,70	<b>46,98</b>
<b>F1</b>	51,00	54,00	44,00	38,00	30,00	37,00	46,00	50,00	55,00	48,00	45,00	52,00	50,00	48,00	27,00	42,00	43,00	<b>44,71</b>
<b>F2</b>	39,00	53,00	39,00	45,00	35,00	38,00	44,00	44,00	51,00	39,00	44,00	45,00	38,00	43,00	33,00	37,00	38,00	<b>41,47</b>
<b>F3</b>	32,00	40,80	41,60	28,00	31,20	34,40	32,00	28,00	41,60	28,80	38,40	34,40	37,60	37,60	24,00	31,20	28,00	<b>33,51</b>
<b>M1</b>	45,00	51,00	35,00	39,00	37,00	46,00	43,00	44,00	54,00	46,00	54,00	46,00	49,00	41,00	37,00	32,00	42,00	<b>43,59</b>
<b>M2</b>	50,00	46,00	49,00	34,00	35,00	43,00	45,00	42,00	43,00	48,00	51,00	49,00	43,00	38,00	25,00	36,00	33,00	<b>41,76</b>
<b>M3</b>	46,20	45,10	46,20	40,70	44,00	36,30	45,10	48,40	37,40	55,00	42,90	53,90	49,50	50,60	38,50	37,40	39,60	<b>44,52</b>
<b>A1</b>	39,00	43,00	44,00	42,00	35,00	37,00	38,00	49,00	45,00	43,00	42,00	42,00	43,00	45,00	34,00	38,00	38,00	<b>41,00</b>
<b>A2</b>	33,00	36,00	39,00	44,00	30,00	38,00	37,00	38,00	39,00	35,00	41,00	28,00	46,00	43,00	37,00	40,00	30,00	<b>37,29</b>
<b>A3</b>	38,00	42,00	42,00	35,00	31,00	39,00	34,00	37,00	42,00	42,00	46,00	35,00	48,00	34,00	33,00	38,00	39,00	<b>38,53</b>
<b>MA1</b>	35,00	44,00	41,00	38,00	25,00	33,00	35,00	36,00	37,00	38,00	45,00	26,00	43,00	40,00	30,00	37,00	31,00	<b>36,12</b>
<b>MA2</b>	35,00	49,00	39,00	34,00	33,00	26,00	33,00	45,00	37,00	38,00	41,00	31,00	47,00	35,00	32,00	34,00	38,00	<b>36,88</b>
<b>MA3</b>	33,00	47,00	35,00	39,00	28,00	28,00	35,00	36,00	41,00	31,00	42,00	43,00	37,00	34,00	31,00	33,00	33,00	<b>35,65</b>
<b>J1</b>	30,00	40,00	36,00	30,00	28,00	24,00	33,00	34,00	35,00	37,00	43,00	36,00	40,00	33,00	34,00	31,00	36,00	<b>34,12</b>
<b>J2</b>	26,00	36,00	33,00	24,00	19,00	25,00	35,00	33,00	33,00	36,00	33,00	24,00	32,00	33,00	32,00	33,00	39,00	<b>30,94</b>

<b>J3</b>	29,00	31,00	36,00	34,00	24,00	28,00	29,00	31,00	36,00	36,00	41,00	33,00	34,00	32,00	28,00	25,00	35,00	<b>31,88</b>
<b>JL1</b>	26,00	39,00	29,00	30,00	26,00	31,00	35,00	37,00	32,00	37,00	35,00	32,00	35,00	29,00	31,00	29,00	35,00	<b>32,24</b>
<b>JL2</b>	27,00	37,00	38,00	34,00	27,00	33,00	36,00	35,00	35,00	35,00	40,00	29,00	37,00	26,00	30,00	27,00	33,00	<b>32,88</b>
<b>JL3</b>	30,80	45,10	41,80	37,40	28,60	37,40	36,30	41,80	39,60	42,90	39,60	38,50	44,00	37,40	30,80	27,50	39,60	<b>37,59</b>
<b>A1</b>	29,00	44,00	43,00	35,00	31,00	28,00	36,00	38,00	33,00	38,00	33,00	41,00	38,00	36,00	32,00	33,00	35,00	<b>35,47</b>
<b>A2</b>	37,00	44,00	34,00	38,00	28,00	31,00	34,00	37,00	38,00	40,00	39,00	37,00	36,00	32,00	29,00	33,00	37,00	<b>35,53</b>
<b>A3</b>	42,90	45,10	47,30	35,20	38,50	34,10	42,90	44,00	39,60	47,30	37,40	39,60	42,90	36,30	30,80	36,30	42,90	<b>40,18</b>
<b>S1</b>	36,00	43,00	43,00	35,00	34,00	38,00	40,00	37,00	38,00	46,00	42,00	43,00	39,00	30,00	24,00	37,00	39,00	<b>37,88</b>
<b>S2</b>	33,00	44,00	47,00	39,00	36,00	37,00	43,00	40,00	43,00	37,00	45,00	38,00	38,00	33,00	23,00	37,00	41,00	<b>38,47</b>
<b>S3</b>	41,00	47,00	47,00	41,00	33,00	39,00	45,00	46,00	43,00	46,00	43,00	39,00	43,00	32,00	38,00	42,00	44,00	<b>41,71</b>
<b>O1</b>	46,00	48,00	39,00	43,00	39,00	38,00	48,00	42,00	42,00	49,00	50,00	47,00	41,00	36,00	32,00	39,00	47,00	<b>42,71</b>
<b>O2</b>	44,00	41,00	41,00	38,00	40,00	43,00	48,00	47,00	45,00	44,00	50,00	38,00	38,00	34,00	36,00	37,00	44,00	<b>41,65</b>
<b>O3</b>	49,50	39,60	47,30	42,90	42,90	49,50	55,00	52,80	56,10	58,30	40,70	51,70	49,50	36,30	35,20	49,50	49,50	<b>47,43</b>
<b>N1</b>	47,00	47,00	45,00	42,00	41,00	45,00	52,00	50,00	50,00	55,00	49,00	48,00	46,00	32,00	33,00	43,00	42,00	<b>45,12</b>
<b>N2</b>	47,00	51,00	45,00	38,00	42,00	44,00	47,00	51,00	54,00	50,00	54,00	46,00	49,00	34,00	40,00	43,00	46,00	<b>45,94</b>
<b>N3</b>	47,00	49,00	36,00	47,00	42,00	44,00	50,00	50,00	51,00	48,00	57,00	48,00	50,00	32,00	37,00	46,00	49,00	<b>46,06</b>
<b>D1</b>	52,00	51,00	45,00	48,00	42,00	40,00	48,00	53,00	49,00	53,00	47,00	49,00	43,00	36,00	34,00	48,00	50,00	<b>46,35</b>
<b>D2</b>	31,00	45,00	44,00	40,00	44,00	41,00	46,00	51,00	50,00	48,00	47,00	52,00	46,00	34,00	37,00	38,00	41,00	<b>43,24</b>
<b>D3</b>	50,60	48,40	51,70	45,10	49,50	48,40	49,50	53,90	58,30	50,60	53,90	49,50	52,80	39,60	40,70	35,20	46,20	<b>48,46</b>

Erro Percentual Absoluto Médio - MAPE, o Erro Absoluto Médio – MAE, Raiz do Erro Quadrático Médio – REQM, o Erro Padrão de Estimativa – SES.

# **ANEXOS**



## **Climate classification for Northeast Brazil using reanalysis data and the Absolute Aridity Index**

### **Abstract**

The climate of the Northeast Region of Brazil (NEB) has been intensively studied and analyzed for climate classification. The aridity index of the United Nations Environment Programme (UNEP) ( $AI_{UNEP}$ ) has been used for this purpose, but without fully satisfactory results. The input variables needed for its calculation are precipitation and reference potential evapotranspiration ( $ET_0$ ). However, although rainfall stations recording routine measurements of precipitation are well distributed in the NEB, they do not provide the necessary variables for estimating  $ET_0$ . Thus, interpolation is used to calculate  $ET_0$ , but this can generate errors. Another objective climate classification approach is the Thornthwaite method, based on the determination of the moisture index ( $I_m$ ), whose calculation also requires weather station data. Thus, seeking to circumvent the problem of paucity of stations and improve the spatial distribution of information on meteorological variables in the NEB, the present work had as one of its objectives to validate reanalysis data from ERA5 of the European Center for Medium-range Weather Forecast (ECMWF) and the unified gauge-based analysis of global daily precipitation project of the Climate Prediction Center/National Oceanic and Atmospheric Administration (CPC/NOAA). After validation, climate classifications were developed for the NEB using the  $AI_{UNEP}$  and  $I_m$ . It was observed that the Thornthwaite climate classification overestimated the aridity in the NEB, while the  $AI_{UNEP}$  tended to underestimate it. For this reason, a new climate classification index, called the absolute aridity index ( $I_{ab}$ ), was suggested, yielding satisfactory results.

**Keywords:** dry lands; semiarid; humid climates; ERA5-Land.

## **Classificação do Clima para o Nordeste do Brasil utilizando dados de Reanálises e Índice de Aridez Absoluto**

### **Resumo**

O Clima da Região Nordeste do Brasil (NEB) tem sido intensamente estudado e analisado para a classificação climática, onde tem sido utilizado o índice de aridez do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) ( $IA_{UNEP}$ ), porém, sem resultados totalmente satisfatórios. As variáveis de entrada necessárias para seu cálculo são a precipitação e evapotranspiração potencial de referência ( $ET_0$ ). Todavia, embora as estações pluviométricas estejam bem distribuídas no NEB nos registros das medições rotineiras de precipitação, estas estações não fornecem as variáveis necessárias para a estimativa de  $ET_0$ , então para o seu cálculo é utilizado a interpolação, mas isso pode gerar erros. Outra abordagem objetiva para a classificação do clima é o método de Thornthwaite, baseado na determinação do índice de umidade ( $I_m$ ), cujo cálculo também requer dados de estações meteorológicas. Assim, buscando solucionar a escassez de estações e melhorar a distribuição espacial das informações sobre as variáveis meteorológicas no NEB, o trabalho teve como um dos objetivos validar os dados da reanálise ERA5-Land do European Centre for Medium-range Weather Forecast (ECMWF) e a análise baseada em medidores unificados do projeto de precipitação diária global do Center for Climate Prediction/National Oceanic and Atmospheric Administration (CPC/NOAA). Após a validação, foram desenvolvidas classificações climáticas para o NEB usando os índices  $AI_{UNEP}$  e  $I_m$ . Observou-se que a classificação climática de Thornthwaite superestimou a aridez do NEB, enquanto o  $IA_{UNEP}$  tendeu a subestimá-la. Por esta razão, um novo índice de classificação climática foi sugerido, denominado índice de aridez absoluto ( $I_{ab}$ ), apresentando resultados satisfatórios.

**Palavras-Chave:** Terras Secas, Semiárido, Climas Úmidos, ERA5-Land.

## 1. Introduction

The Northeast region of Brazil (NEB) is located between latitudes 1° S and 18° S, which could be a factor of great influence favoring an adequate distribution and volume of rainfall. Yet, the climatic conditions throughout its territory are characterized by low rainfall rates, high spatio-temporal variability in rainfall distribution, high potential evapotranspiration rates arising from the high number of sunshine hours (approximately 2700 hours/year), high mean annual air temperatures (22-30° C), and prevalence of the semiarid climate over a large area, corresponding to 65% of the NEB, which contributes to climatic vulnerability (Martins et al., 2019; Comin et al., 2020; Da Silva et al., 2020; Marques et al., 2020; Jardim et al., 2021; Costa et al., 2021). It is worth noting that in addition to these climatic characteristics, interannual climatic variability is further enhanced in the semiarid area of the NEB by the strong variability in precipitation, with years of severe droughts and others of abundant rains (Silva, 2004; Hastenrath, 2012; Campos, 2015; Silva et al., 2020).

Many studies have sought to understand the causes of the high interannual climatic variability in the NEB. It was observed that this variability was related to that of the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) and to sea surface temperature (SST) anomalies in the Tropical Atlantic Ocean (Hastenrath and Heller, 1977; Moura and Shukla, 1981; Andreolli and Kayano, 2006; Alves et al., 2009; Marengo et al., 2017; Lyra et al., 2017; Erfanian et al., 2017; Correia Filho et al., 2019; Costa et al., 2021), as well as to Pacific Decadal Oscillation (PDO) and Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) (Kayano & Capistrano, 2014; Kayano et al., 2019; Figliuolo et al., 2020).

The climatic characteristics of the NEB, namely, the long dry periods, the arid and semiarid climate, and the difficult management of water resources, are not decisive but contribute to the social vulnerability and the worst Human Development indices in the country (Sadeghi et al., 2016; Lyra et al., 2017; Marengo et al., 2018; Feindouno et al., 2020).

In this context, the Report of the Brazilian Panel on Climate Change states that the high evaporation rates and large year-to-year variability in runoff cause a significant oscillation in surface

water availability in the NEB, creating a trend towards greater degree of aridity and intense interannual variability in the future climate of this region (Ribeiro & Santos, 2016). This raises concerns about the social situation of the population. Similar results were described in the fifth report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC); the volume of rainfall in Northeast Brazil is expected to decrease by about 20% in 2100, but the IPCC is not categorical due to the low confidence levels generated by the current discrepancies between climate models for much of Brazil (IPCC, 2014).

Large-scale disasters have been recorded as a result of climate change and instability all over the planet, including changes in water resources and temperature, heavy rains, and intense droughts that affect agriculture over the years (Marengo & Bernasconi, 2014; Campos, 2015; Soares et al., 2021). Recently, Marengo et al. (2020) analyzed the projections of vegetative stress conditions based on the Vegetation Health Index (VHI) and indicated that semi-desert and arid conditions will replace the Caatinga in 2100 and the NEB may be one of the Brazilian regions most impacted by climatic variations. Considering the current socioeconomic scenario, it is anticipated that vulnerable rural populations living in the semiarid region will be more intensely affected, as it was the case in the last extensive drought in the region (2012-2018), the most extreme in the last 50 years. This event caused several problems to local populations, such as loss of crops and animals, reduced income, among others (Marengo et al., 2017; Marengo et al., 2020; Pontes Filho et al., 2020; Brito et al., 2021).

Despite the real need for knowledge on the climatology of the NEB, the absence of long-term, high quality and flawless meteorological observations and the low density of weather stations pose an obstacle to this type of studies (De Pauw et al., 2000). To compensate for the lack of spatio-temporal data, other meteorological data sources have been developed and constantly used, such as satellite-based data, global and regional numerical forecast models, and atmospheric reanalysis, whose potential has already been explored in several studies (Pelosi et al., 2016; Negm et al., 2017; Chirico et al., 2018; Medina et al., 2018; Jiang et al., 2019; Gleixner et al., 2020; Longo-Minnolo et al., 2020; Vanella et al., 2020; McNicholl et al., 2021; Minnolo et al., 2022; Wu et al., 2022).

Atmospheric reanalysis has attracted growing interest in the last decade due to its potential to provide comprehensive information and consistent time series (Tarek et al., 2020). The ERA5— the fifth-generation reanalysis product of the European Center for Medium-range Weather Forecast (ECMWF) – is one of the most used reanalysis dataset. ERA5 assimilates a broad range of measured and remote sensing atmospheric and oceanic information within a physical-dynamic environment of a coupled numerical model (Poli et al., 2016). One of the main advantages of using reanalysis is that the data do not depend directly on the density of terrestrial observational networks, offering the possibility to obtain variables in areas with little and/or no surface coverage, in addition to being an efficient data source for studies aimed at the planning and design of management of water resources and energy (Tarek et al., 2020; Pelosi et al., 2020; Ruiz et al., 2021; Wu et al., 2022).

The global atmospheric model is used in a data assimilation system in which information from various meteorological sources in the world, such as weather radars and satellites, is gathered. ECMWF data, for example, including information on several meteorological variables, are provided by the meteorological bank of the Joint Research Center of the European Commission for download (Moraes et al., 2014; Couto et al., 2015; ECMWF, 2021).

Another widely used dataset is the one from the CPC unified gauge-based analysis of global daily precipitation project, which is ongoing at CPC/NOAA. It should be noted that this dataset has a consistent quantity and improved quality, combining all information sources available at CPC/NOAA, covering the entire globe with horizontal resolution of  $0.5^\circ$  generated through objective interpolation analysis techniques (Chen et al., 2008)

One of the greater challenges in studies of the climate of the NEB is the delimitation of arid and semiarid areas. They are areas with a high degree of aridity located between two humid regions: the Amazon Forest to the west and the Atlantic Forest to the east (Sobral-Souza et al., 2015; Castro et al., 2019). Brazilian government agencies have used a set of criteria to demarcate the boundaries of arid and semiarid lands (Jesus et al., 2019; Jesus, 2021; Oliveira and Castro, 2021). The aridity index of the United Nations Environment Programme (UNEP) ( $AI_{UNEP}$ ) is one of these criteria. The input variables needed for calculation of the  $AI_{UNEP}$  are precipitation and reference potential evapotranspiration ( $ET_0$ ). However, although rainfall stations that record routine measurements of precipitation data are well

distributed in the NEB, weather stations that provide the set of variables necessary for the estimation of  $ET_0$  are scarce. When weather stations are absent at a given location, the  $ET_0$  value is interpolated, which can lead to errors. Another objective approach of climate classification is the Thornthwaite method, which is based on the determination of the moisture index ( $I_m$ ), whose calculation also requires weather stations data. Therefore, reanalysis information represents a plausible alternative to overcome the scarcity of weather station data. However, the reliability of reanalysis information depends on its validation.

Thus, this work aims to validate ERA5-Land and the CPC/NOAA reanalysis data with weather stations data and then provide a climate classification for the NEB using the effective moisture index proposed by Thornthwaite (1948) and the UNEP aridity index (Middleton & Thomas, 1992; 1997), as well as propose the use of a new index called “absolute aridity index”. The  $ET_0$  values used for the calculation of these indices were estimated by the full-form Penman-Monteith-FAO mathematical model developed by Allen et al. (1998) and recommended by the Food and Agriculture Organization (FAO).

It is important to highlight that Xavier et al. (2022) conducted a fruitful work of reanalysis data of maximum and minimum air temperature, precipitation, solar radiation, relative humidity and wind speed at 2 m height over the entire territory of Brazil for the period from 1961 to 2020 using a grid of  $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ , constituting an excellent dataset for climate and agroclimatic studies. However, ERA5-Land and CPC reanalyses are updated in near real time, while those provided by Xavier et al. (2022) are not routinely updated. Therefore, the use of ERA5-Land and CPC reanalyses is very useful in environmental studies on the territory of Brazil.

## 2. Materials and Methods

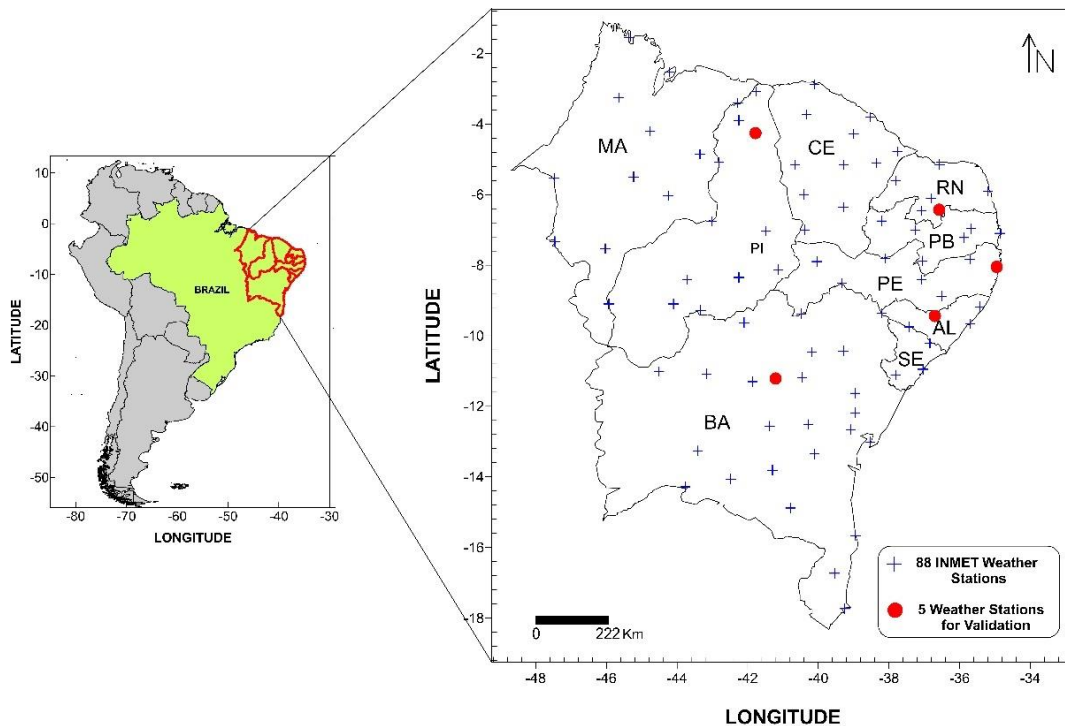
The work is divided into the following stages: definition of the study area, data collection, validation with statistical analysis, and climate classification of the entire study area using ERA5-Land and CPC/NOAA atmospheric reanalysis data.

### 2.1 Study Area

The study area is the NEB, which includes the states of Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, and Bahia. In order to validate the reanalysis data, 88 weather stations of the National Institute of Meteorology (INMET) distributed in the NEB and recording hourly data (1981-2019) were surveyed.

After a one-by-one examination, data from only five of the 88 stations were suitable for use. They were the stations from the municipalities of Cruzeta – RN (6.43°S, 36.79°W, 226m), Palmeira dos Índios – AL (9.42°S, 36.62°W, 278m), Piripiri – PI (4.28°S, 41.79°W, 158m), Morro do Chapéu –

BA (11.55°S, 41.15°W, 1002m), and Recife – PE (8.06°S, 34.96°W, 7m). The spatial distribution of these stations is shown in red dots in Figure 1. The other stations had a large number of missing data, making them inconvenient for validating reanalysis data.



**Figure 1.** Map of INMET weather stations used for validation (MA – Maranhão, PI – Piauí, CE – Ceará, RN – Rio Grande do Norte, PB – Paraíba, BA – Bahia, AL – Alagoas, SE – Sergipe, PE – Pernambuco).

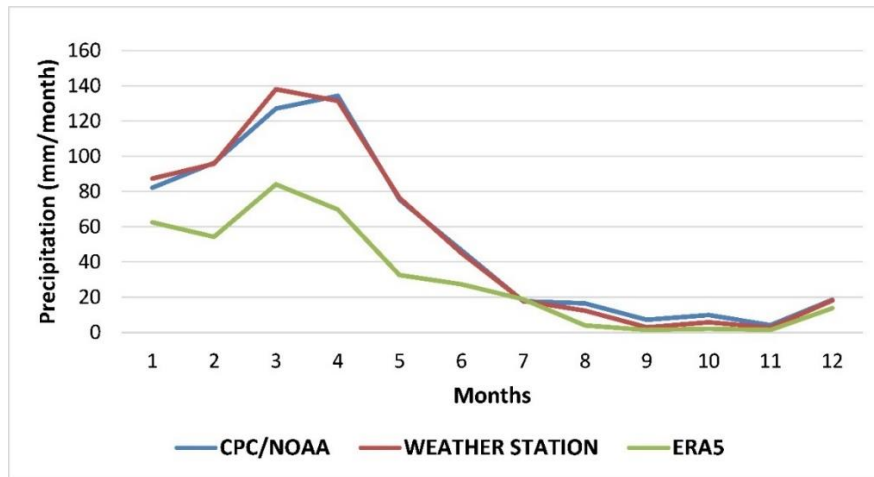
The five selected weather stations were the ones that presented the longest period of collected data (2000-2016) with the fewest possible flaws, and thus can be used without compromising the validation of reanalysis data. Thus, the study period was 2000-2016.

## 2.2 Data

Daily precipitation (mm), total insolation (hours), and minimum (°C) and maximum (°C) temperature data from the INMET weather stations, as well as data at synoptic hours, were used. From these data, we calculated the mean daily temperature (°C), relative humidity (%), and wind speed (m/s). ERA5-Land air temperature (°C), dew point temperature (°C), surface solar radiation balance (J/m<sup>2</sup>), surface longwave radiation balance (J/m<sup>2</sup>), wind speed (m/s), and rainfall reanalysis data with a spatial resolution of 0.1 x 0.1 degrees, for the same period mentioned above, were retrieved. CPC/NOAA rainfall data

with a spatial resolution of 0.5 x 0.5 degrees were used (Chen et al., 2008).

In a first analysis, it was observed that ERA5-Land reanalysis data were not able to capture the rainfall values of the wettest period in the semiarid region of the NEB. In turn, CPC/NOAA rainfall data successfully captured the observed data. The monthly rainfall for the Cruzeta – RN station (6.43° S, 36.58° W) in the period 2000-2016 according to the three data sources (weather station, ERA5-Land, CPC/NOAA) is shown in Figure 2. It can be observed that the monthly climatology from CPC/NOAA data in the wettest period follows that of the weather station, while ERA5-Land data show lower values. Lavers et al. (2022) analyzed the ability of ERA5-Land data to capture observed precipitation across the globe and found relatively good efficiency in extratropical zones, but low efficiency in the tropics. Therefore, our results in the present study for the NEB agree with those of Lavers et al. (2022).

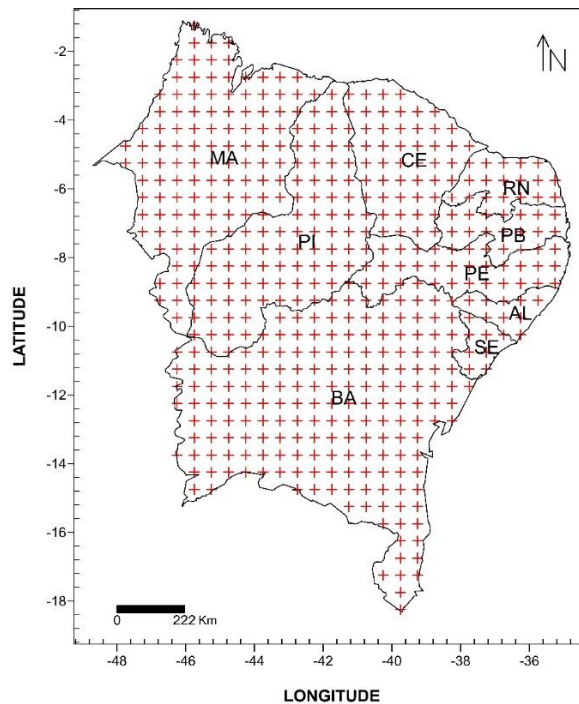


**Figure 2.** Climatological normal precipitation (mm) (2000-2016) from ERA5-Land, CPC/NOAA, and Cruzeta - RN (INMET) weather station data.

For the ERA5-Land data, it was necessary to calculate the wind speed ( $ws$ , in m/s) from the components  $u$  (longitudinal component parallel to the x-axis) and  $v$  (latitudinal component parallel to the y-axis) using the equation  $ws = \sqrt{u^2 + v^2}$ . Wind speed data of the reanalysis products at 10 m were converted to 2 m according to the equation proposed by Allen et al. (1998).

Climatological means were calculated for all variables from the three different sources for the period 2000-2016. Microsoft Excel 2019 and the Python programming language were used for the calculations. As the ERA5-Land and CPC/NOAA

dataset had, respectively, a 0.1 and 0.5-degree spatial resolution, mean values at the scale of 0.5° in latitude and longitude were obtained through the Python 3.8 programming language during the manipulation of reanalysis data, covering the whole territory of the study area. Thus, a total of 505 grid points were generated, as illustrated in Figure 3, representing 5.74 times the number of INMET stations distributed in the study area. The climatology was estimated for the period 2000-2016 at each point and then the climatic classification was calculated. Figures were prepared by the interpolation of data using the Surfer 8.1 software.



**Figure 3.** Map of the 505 ERA5-Land and CPC/NOAA reanalysis data points used for climate classification.

### 2.3 Calculation of reference evapotranspiration - $ET_0$

After manipulation of the data for climatology, reference evapotranspiration ( $ET_0$ ) values were estimated using the full-form Penman-Monteith-FAO mathematical model proposed by Allen et al. (1998) and recommended by FAO.

### 2.4 Climate classification

After estimating  $ET_0$ , the following climatic indices were calculated: Humidity Index ( $I_h$ ), Aridity Index ( $I_a$ ),  $I_m$  proposed by Thornthwaite (1948), and  $AI_{UNEP}$  (Middleton & Thomas, 1992; 1997). These indices were calculated using serial water balance values according to the model proposed by Thornthwaite & Mather (1955) and developed in a Microsoft Excel spreadsheet by Rolim et al. (1998).

Table 1 shows the climate classes according to the  $AI_{UNEP}$  limit values. It is noteworthy that this index has been used to detect areas subject to desertification processes, according to the definition of the United Nations.

**Table 1.** Climate classification according to  $AI_{UNEP}$ .

Aridity index	Climate classes
$AI_{UNEP} \geq 1.00$	Humid
$0.65 < AI_{UNEP} < 1.00$	Moist subhumid
$0.50 < AI_{UNEP} \leq 0.65$	Dry subhumid
$0.20 < AI_{UNEP} \leq 0.50$	Semiarid
$0.05 < AI_{UNEP} \leq 0.20$	Arid
$AI_{UNEP} \leq 0.05$	Hyperarid

**Source:** Adapted from Middleton & Thomas (1992).

Table 2 shows the classification of the climate type according to the  $I_m$ .

**Table 2.** Climate classification according to  $I_m$ .

Moisture index	Climate type
$I_m \geq 100$	Perhumid
$80 \leq I_m < 100$	Humid 4
$60 \leq I_m < 80$	Humid 3
$40 \leq I_m < 60$	Humid 2
$20 \leq I_m < 40$	Humid 1
$0 \leq I_m < 20$	Moist subhumid
$-20 \leq I_m < 0$	Dry subhumid
$-40 \leq I_m < -20$	Semiarid

$-60 \leq I_m < -40$	Arid
----------------------	------

**Source:** Adapted from Thornthwaite (1948).

In addition to the climatic classifications based on the  $AI_{UNEP}$  and  $I_m$ , a classification was made using a new index called 'absolute aridity index' ( $I_{ab}$ ), which is the ratio between  $ET_0$  and total annual precipitation. We propose a climatic classification based on this index as presented in Table 3.

**Table 3.** Proposed climate classification using  $I_{ab}$ .

Absolute aridity index	Climate type
$I_{ab} > 12.00$	Hyperarid
$3.50 < I_{ab} \leq 12.00$	Arid
$1.80 < I_{ab} \leq 3.50$	Semiarid
$1.35 < I_{ab} \leq 1.80$	Dry subhumid
$1.00 < I_{ab} \leq 1.35$	Moist subhumid
$0.40 < I_{ab} \leq 1.00$	Humid
$I_{ab} \leq 0.40$	Hyperhumid

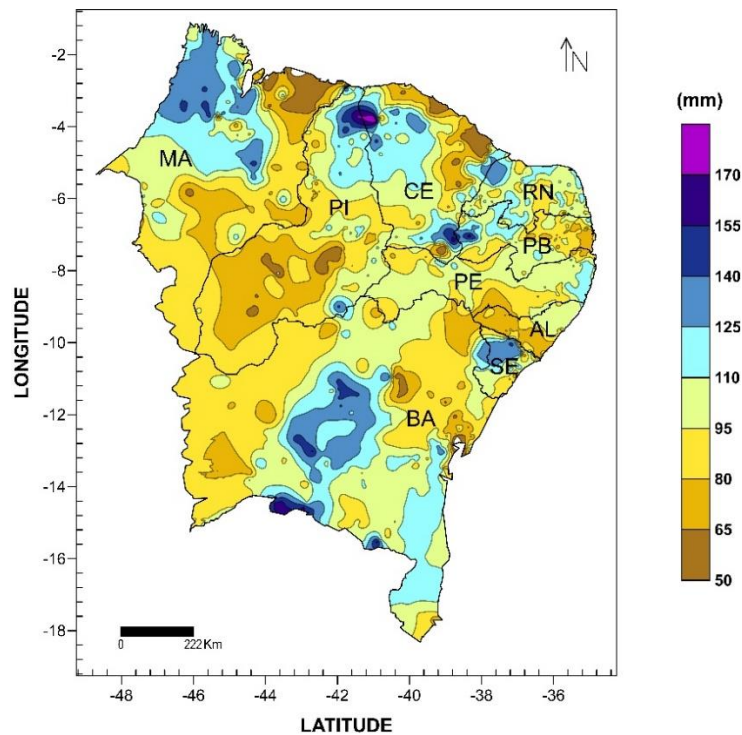
The threshold  $I_{ab}$  values discriminating climate types in the newly proposed classification were chosen based on a solid justification. Values equal to 1.00 indicate that the precipitation is equal to  $ET_0$  and, thus, areas with  $I_{ab}$  equal to or lesser than 1.00 present a climate classified as humid, since the precipitation is greater than the evaporative demand of the atmosphere. However, when precipitation is equal to or 2.5 times higher than  $ET_0$ , there is a moisture surplus of at least 1.5 times the evaporative demand of the atmosphere over a year and, thus, areas with  $I_{ab}$  values lower or equal to 0.40 present a climate classified as hyperhumid. On the other hand,  $I_{ab}$  values greater than 1.00 indicate that annual precipitation is lower than  $ET_0$ , that is, the area presents a non-humid climate. However, when  $ET_0$  is greater than the precipitation but the  $I_{ab}$  does not exceed 1.35, the climate is classified as moist subhumid, since the annual precipitation is at least 74% of  $ET_0$  and there are rainy and dry seasons throughout the year. Therefore, it is likely that there is a water surplus during the rainy season, which results in a dry season without major water deficit, making the climate not dry, but rather moist subhumid. In this context, it is better to classify dry climates as those in which  $I_{ab}$  is greater than 1.35. However, as recommended by UNEP (Middleton & Thomas, 1992; 1997), it is convenient to present four types of dry climates: dry subhumid, semiarid, arid, and hyperarid.

In cases in which the total annual precipitation is 55% lower than  $ET_0$ , with  $I_{ab}$  greater than 1.80, the climate has a high degree of

aridity, with little or no water surplus throughout the year, which does not characterize a subhumid climate, not even a dry subhumid climate. Therefore, the dry subhumid climate is one in which  $I_{ab}$  values are between 1.35 and 1.80 (Table 3). Following this conjuncture, a semiarid climate is one in which  $I_{ab}$  values are greater than 1.80 but lower than or equal to 3.5, because when  $ET_0$  is 3.5 times higher than precipitation, the degree of aridity is quite high and water deficit is likely to

occur throughout the twelve months of the year, which leads to the classification of arid climate. Finally, in areas where  $I_{ab}$  is greater than 12, there is an extremely high degree of aridity, which produces a hyperarid climate (Table 3).

We used available water capacity (AWC) values specific for each type of soil in the municipalities of the NEB provided by ANA (2021), whose spatial configuration is shown in Figure 4.



**Figure 4.** Soil available water capacity (mm) in Northeast Brazil.

### 2.5 Validation

Statistical parameters, mean absolute percentage error (MAPE), mean absolute error (MAE), root mean square error (RMSE), and standard error of estimate (SES), and Pearson correlation coefficient ( $r$ ) were used to validate the data and analyze the results. Temperature, precipitation and wind speed data were validated from the five INMET weather stations that presented the lowest number of flaws in the period 2000-2016 were analyzed in order to validate the ERA5-Land and CPC/NOAA data.

Precipitation from CPC/NOAA was the variable that presented the highest MAE, RMSE and SES values, precisely because it was the one with the highest seasonal, interseasonal and interannual variability. However, it was observed that precipitation presented good correlation indices in all municipalities, with  $r \geq 0.95$ ,

indicating that CPC/NOAA reanalysis can be used in the absence of data.

One of the studies developed by Sena et al. (2012) compared rainfall data from the CPC/NOAA project with observed rainfall data for the Cariri region of Paraíba during the period 1979-2010 and the results showed a good correlation between the series, with coefficients varying from 0.58 to 0.89, all significant at 95% confidence. The CPC/NOAA data were also able to reproduce well the rainiest trimester, between the months of February and April in the study area, with a margin of error of less than 20%, which can be considered relatively small considering the great variability found in precipitation.

Cardoso & Quadro (2017) analyzed the performance of new-generation CPC precipitation data for the Southern region of Brazil, comparing

them with observational data from National Water Agency (ANA) and INMET weather stations. The CPC data showed good accuracy when compared to INMET and ANA observational data, and regarding seasonality, the CPC data showed better performance in all statistical parameters evaluated.

Wind speed and temperature presented relatively low MAE, MAPE, RMSE, SES values and high correlation coefficients, indicating that ERA5-Land reanalysis can be used to estimate these variables in the NEB. Araújo et al. (2022) statistically analyzed ERA5-Land reanalysis air temperature estimates with surface data for the state of Pernambuco and concluded that ERA5-Land reanalysis estimates agree well with weather station-based data in almost the entire state, showing accuracy with  $r^2 = 0.98$  and  $RMSE = 0.60$  °C.

Lompar et al. (2019) tested the use of temperature data from ERA5 reanalysis to fill gaps in serially meteorological data for different landscapes, latitudes and altitudes, including tropical and mid-latitudes. An evaluation of the results was performed in terms of RMSE obtained using hourly and daily data. The study showed very low mean RMSE values, ranging from 1.1 °C (Montecristo, Italy) to 1.9 °C (Gumpenstein, Austria), what indicates that ERA5 data can be used to fill in temperature gaps in case of lack of temperature data.

Siefert et al. (2021) also evaluated the performance of 3 reanalysis products (ERA5,

GLDAS 2.1, and MERRA-2) for surface wind speed data on a daily scale based on observational data from 521 weather stations for the period 2000-2018 in Brazil. Among the three products, ERA5 was more accurate for the country's climate zones in terms of mean trends and seasonality. Fernandes et al. (2021) compared ERA5 atmospheric reanalysis wind speed data with wind observations from three coastal regions of Brazil: Maranhão, Santa Catarina, and Santos Basin. The results demonstrated that ERA5-Land is well suited for daily to monthly scale analysis of wind speeds, with  $r \geq 0.74$ , but the resolution of the current model precludes a close representation of the diurnal variability in places where the sea breeze is an important component of the circulation.

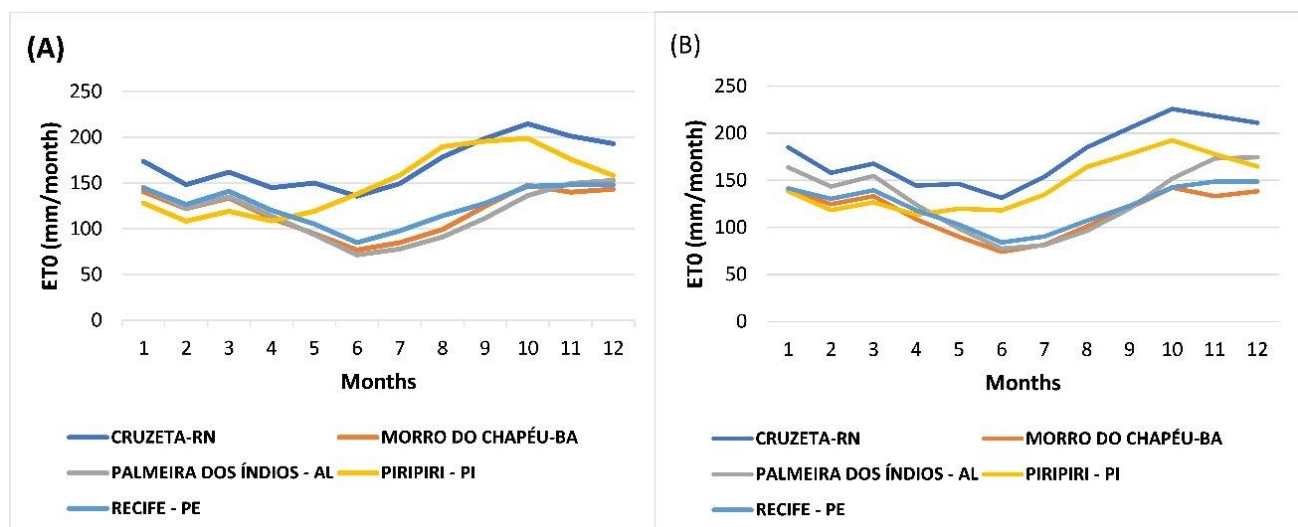
Jiang et al. (2019) analyzed the deviations of ERA5-Land hourly radiation data when compared to in situ measurements from 98 sites in China and showed that the reanalysis estimates correlated well with the ground observations and fully reflected regional and daily variations at individual sites.

Therefore, in view of the statistics found in our study and the data presented in similar previous studies, reanalysis data can be used to supply missing data from weather stations, emerging as an alternative to carry out and improve studies on climate change that depend on long-term data series, as for example in the NE.

### 3. Results and Discussion

#### *Evapotranspiration and Precipitation*

The mean monthly Penman-Monteith-FAO  $ET_0$  estimates (mm/month) for the period 2000-2016 obtained using ERA5-Land - and station-based data are presented in Figure 5a and 5b, respectively.





**Figure 5.** Monthly Penman-Monteith-FAO  $ET_0$  estimates (mm) calculated with ERA5-Land (A) and weather station (B) data.

In general, the values obtained were very close, presenting the same behavior throughout the months of the year. The highest and lowest values in the different months could be identified and represented. A strong correlation was found, with  $r \geq 0.95$ , for the five locations, confirming the efficiency of ERA5-Land reanalysis data when observational data for  $ET_0$  calculation are absent.

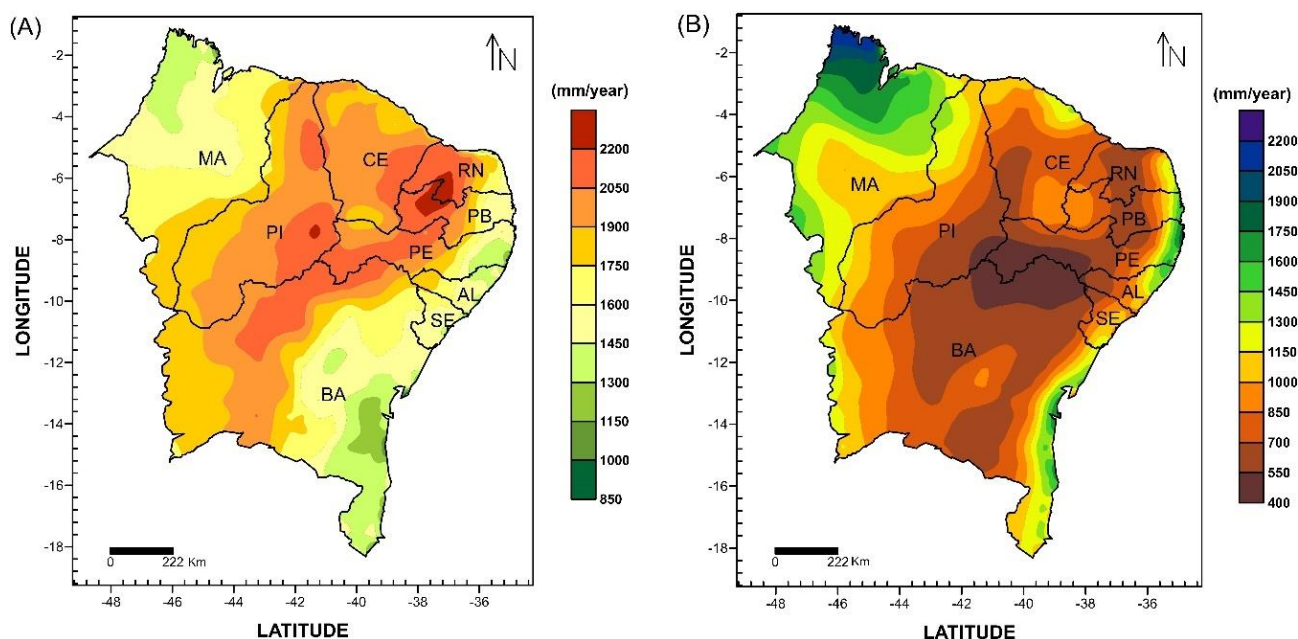
Ismael Filho et al. (2015) proved that temperature and radiation are the two variables with the greatest direct effect on evapotranspiration estimates, in line with the works of Lompar et al. (2019) and Jiang et al. (2019) who demonstrated the reliability of temperature and radiation data from ERA5-Land. Furthermore, the behavior of  $ET_0$  in Figure 5a and 5b allows us to conclude that ERA5-Land data can be reliably used in the absence of observational data.

Similar research carried out by Paredes et al. (2021) evaluated the accuracy of daily Penman-Monteith-FAO  $ET_0$  estimates using shortwave radiation data ( $R_s$ ) and ERA5-Land temperature provided by ECMWF when station data were not available. Paredes et al. (2021) used data from 37 weather stations distributed on the mainland of Portugal, where climatic conditions vary from semiarid to humid, and 12 weather stations located on the Azores islands, characterized by humid, windy and often cloudy conditions, were used for validation. In general the results showed a good

accuracy when  $ET_0$  was calculated using ERA5-Land variables, with acceptable RMSE values and  $r \geq 0.8$  in most locations, allowing the authors to conclude that the use of this product was a good alternative when observed meteorological data were not available; however, despite the good usability of the ERA5-Land product, further research on its application is still needed.

Vanella et al. (2022) statistically assessed the reliability and consistency of the global ERA5 single levels and ERA5-Land reanalysis datasets to calculate  $ET_0$  estimates by comparing them with agrometeorological data from 66 weather stations for the period 2008-2020 under different climates and topographies in Italy. A good general agreement was obtained between  $ET_0$  estimates and station data on a daily and seasonal time scale, especially under temperate climate conditions, with slightly higher accuracy values for  $ET_0$  estimates using the ERA5-Land product. This confirms the potential usefulness of reanalysis datasets as an alternative data source to estimate  $ET_0$ , overcoming the unavailability of observational data.

Figure 6a and 6b show the mean annual spatial configurations of  $ET_0$  (mm/year) and precipitation (mm/year) in the NEB, respectively, using ERA5-Land data ( $ET_0$ ) to estimate  $ET_0$  and CPC/NOAA data to estimate precipitation.



**Figure 6.** Spatial configuration of  $ET_0$  (A) and precipitation (B) (mm/year) in the NEB.

As shown in Figure 6a, maximum  $ET_0$  values were found in part of the hinterland of the states of Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Ceará, Piauí, and Bahia, consequently associated with high levels of solar radiation, low relative humidity and low level of precipitation (Figure 6b), creating specific conditions of semiarid and even arid climates. The  $ET_0$  values found here are similar to those found in other works. For example, Júnior & Bezerra (2018) found a total mean annual  $ET_0$  estimate in Northeast Brazil of up to 2098.0 mm for the western region of the state of Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, southern Ceará, eastern Piauí, and part of northern Bahia.

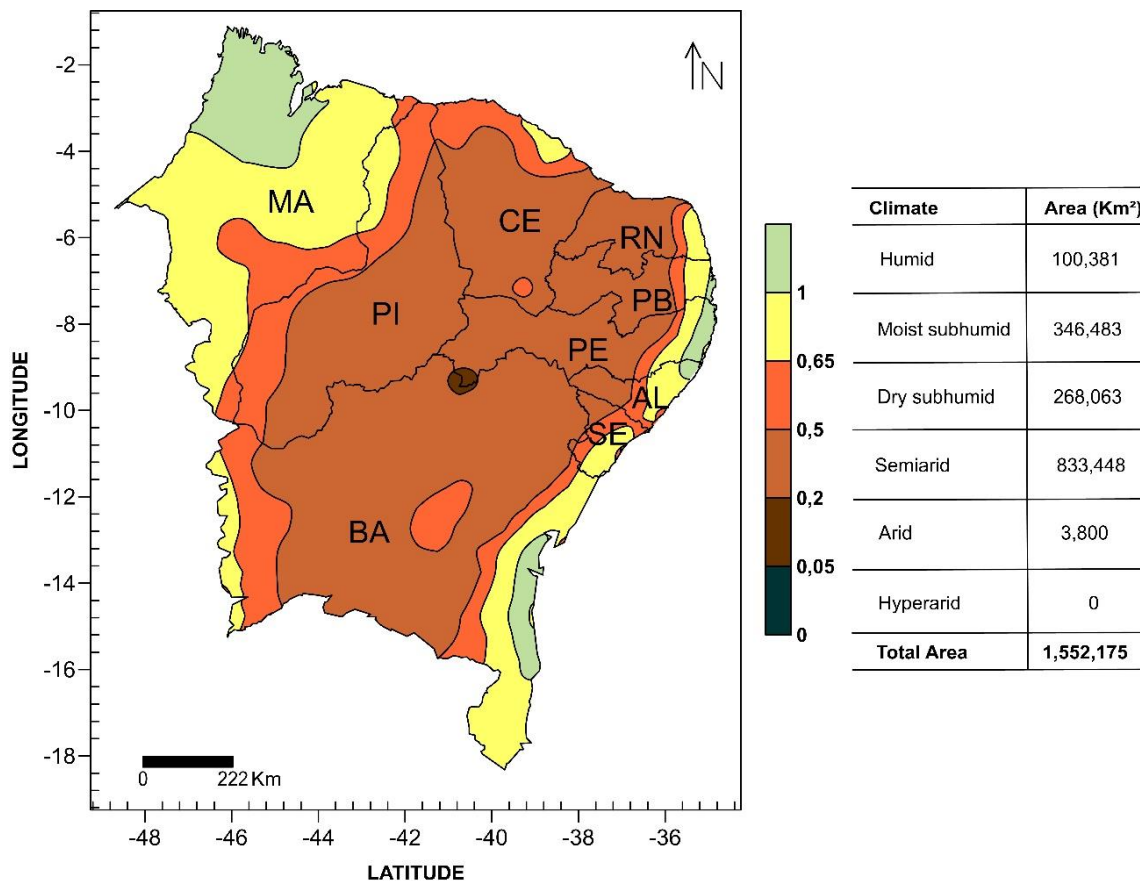
CPC/NOAA data were able to represent well the spatial configuration of the precipitation data (Figure 6b), following the pattern presented by INMET and researchers such as Nobre and Molion (1988) and Marengo et al. (2011). With this dataset, it was possible to identify specific points of higher precipitation in some locations whose surrounding areas present lower precipitation, such as central Bahia and southern Ceará State, corresponding to the location of the Chapada Diamantina in the former and Chapada do Araripe

in the latter, which are two high-altitude mountain regions.

### Climate Classification

After the validation of the reanalysis data, the climatic indices  $I_h$ ,  $I_a$  and  $I_m$  and the  $AI_{UNEP}$  were calculated for the study area, the latter being the one currently used for the climatic classification of the Brazilian semiarid region.

The climate classification using  $AI_{UNEP}$  is shown in Figure 7. This index was apparently able to represent well the transition between climate types of the coastal region and the hinterland, that is, from humid to semiarid. The largest highlighted area corresponds to the semiarid region, with 834,448 km<sup>2</sup>, representing 53.8% of the total area of the NEB (1,552,175 km<sup>2</sup>). Similar results were found by Sales et al. (2021), who carried out a climate classification for Northeast Brazil using INMET 1981-2010 climatological data and the  $AI_{UNEP}$  calculated using  $ET_0$  estimates by the Penman-Monteith-FAO equation. They found a total area of 812,026.9 km<sup>2</sup> of semiarid climate, a value very close to that obtained in the present study.



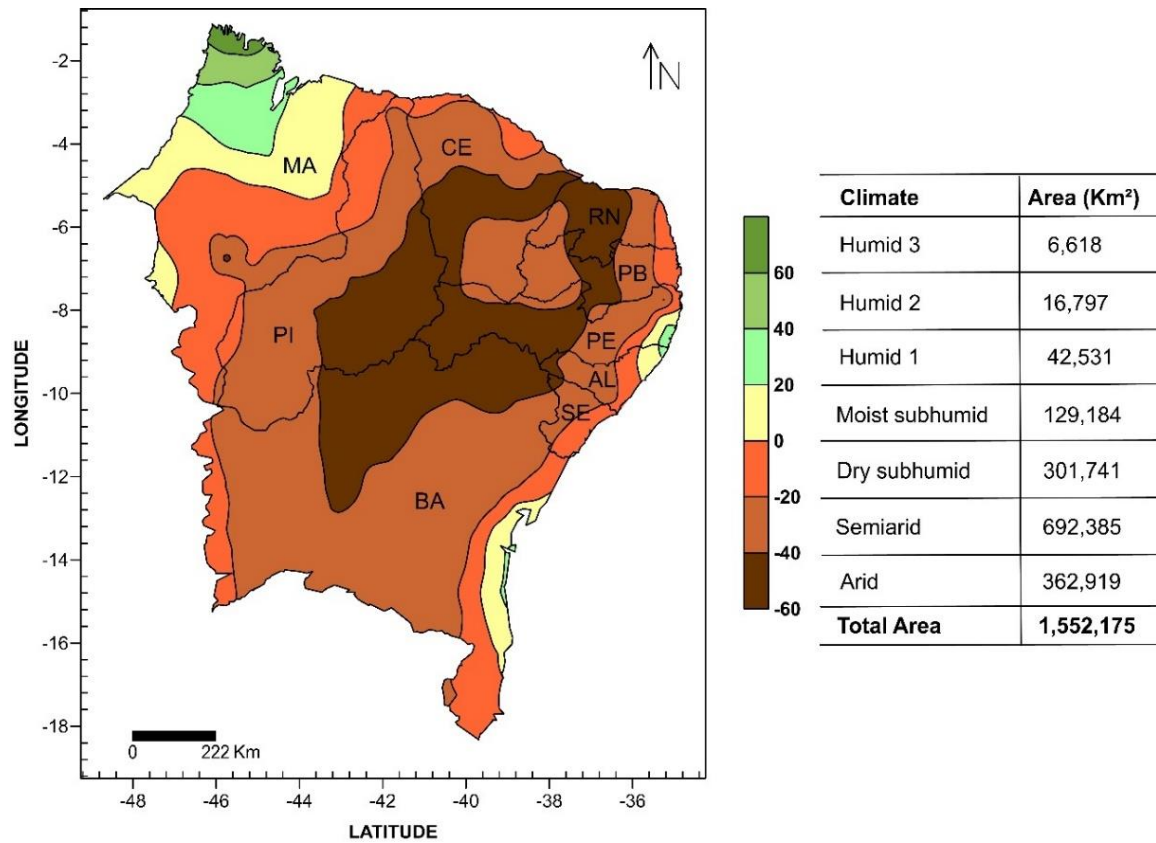
**Figure 7.** Climate classification for the NEB according to  $AI_{UNEP}$ .

A small arid area of 3,800 km<sup>2</sup> can be observed in the map, inserted in the Submedium mesoregion of the São Francisco River (Figure 7). This region has specific characteristics of high temperature and evapotranspiration and irregular precipitation, with an annual mean of less than 500 mm (Figure 6b). When comparing Figs. 6a and 6b with Figure 7, it appears that the area classified as presenting arid climate is very small and possibly does not represent the regional reality, as in Figure 6b a large area on the border between Pernambuco and Bahia is observed, extending from Piauí to the border of Bahia with Alagoas and Sergipe, where a high reference potential evapotranspiration is observed (Figure 6a). Therefore, the arid area along the Pernambuco-Bahia border likely extends from Piauí to the Bahia-Sergipe border, and not in an isolated core as shown in Figure 7. Thus, the arid area in the NEB is greater than that depicted in Figure 7. The climate classification based on  $AI_{UNEP}$  values in Figure 7 for the central area of the NEB led to an underestimate of the arid climate in relation to reality. However, in the vicinity of Salvador, in the central part of the coast of Bahia, there is a moist subhumid climate (Figure 7), but the mean annual rainfall in this area is greater than 2000 mm/year (Simões, 2017) and the climate is, thus, humid. On the other hand, it is still possible to observe that the calculation of  $AI_{UNEP}$  with ERA5-Land and CPC/NOAA data allowed to detect areas with a dry subhumid climate in central

Bahia and southern Ceará, precisely where the Chapada Diamantina and Chapada do Araripe are located, two mountainous regions with high altitudes and mean annual precipitation higher than the surrounding areas.

Lopes et al. (2017) found similar results shown in Figure 1.5. They performed the calculation of the  $AI_{UNEP}$  and analyzed climate trends towards desertification in the semiarid region of the NEB from 1961 to 2015 and detected statistically significant trends of increasing aridity, leading to the conclusion that this region of Brazil may become highly prone to desertification.

The climate classification based on  $I_m$  is presented in Figure 8. In this classification, the area with arid climate (363,919 km<sup>2</sup>) was 95.8 times larger than that found with  $AI_{UNEP}$  (3,800 km<sup>2</sup>). The largest highlighted area (692,385 km<sup>2</sup>) still corresponds to the semiarid region, representing 44.6% of the total area of the NEB, but 17% smaller than the area found with  $AI_{UNEP}$  (834,448 km<sup>2</sup>). Further, in relation to the classification based on  $AI_{UNEP}$ , there is an increase in the semiarid region in the state of Maranhão and the coast of the state of Ceará, and a decrease in the area with dry subhumid climate (Figure 7 and 8). Similar results of those shown in Figure 8 were obtained by other researchers such as Marcos Junior (2018), Jesus et al. (2019), Sales et al. (2021), and Oliveira et al. (2021).

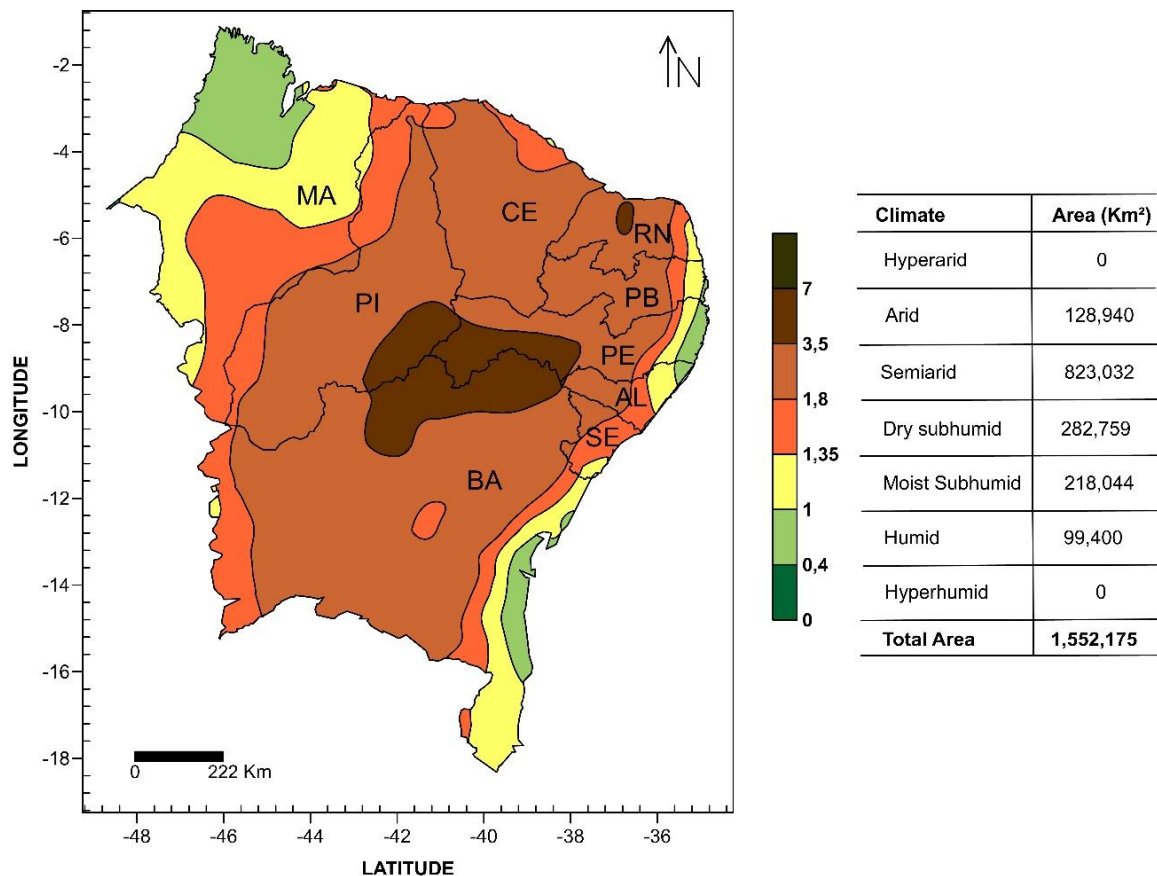


**Figure 8.** Climate classification for the NEB according to  $I_m$ .

This increase in the arid region according to  $I_m$  (Figure 8) in relation to  $AI_{UNEP}$  (Figure 7) is due precisely to the high levels of  $ET_0$  and low precipitation in this region (see Figure 6a and 6b) and consequent higher water deficit. However, in the central part of Ceará, in part of the border between Ceará and Piauí, and on the western border of Paraíba with Pernambuco, rainfall is higher than that of the Pernambuco-Bahia border, and in these same areas the reference potential evapotranspiration is lower than that of the Pernambuco-Bahia border. Evidently, these areas do not have the same climate. Thus, Thornthwaite climate classification produced an overestimation of the arid climate in relation to reality. Similarly, according to this classification, the climate in the southeastern coast of Bahia fell into the moist subhumid category, but this area is actually known to have a humid climate (Sambuichi & Haridasan, 2007; Simões et al., 2017; Mencia et al., 2017;

Mencia et al. al., 2021). Overall, the classifications based on  $AI_{UNEP}$  and  $I_m$  generated different climates in many areas of the NEB. However, comparing the configurations of these two climate classifications (Figure 7 and Figure 8) with that shown in Figure 6a and 6b, it is not possible to determine which of the two best represents the climate of the NEB, especially concerning the extent of the arid area, which is large according to  $I_m$  but very small according to  $AI_{UNEP}$ . Therefore, in the present work, a new index, the  $I_{ab}$ , is proposed.

The climate classification based on  $I_{ab}$  is presented in Figure 9. It is observed that the classification with this index was able to represent very well the climate types of the NEB, respecting the climatic transition from the coast (humid) to the central part (arid), as well as, from the central part to the northwest, in the border with the Amazon Forest, describing with good reliability the transition from arid to humid climates.



**Figure 9.** Climate classification for the NEB according to  $I_{ab}$ .

Two areas classified with arid climate are observed in Figure 9: a small area in the center-north region of Rio Grande do Norte and other in the Submedium mesoregion of the São Francisco River and its surroundings, covering totaling a total of 128,940 km<sup>2</sup> in areas of the states of Bahia, Piauí, and Pernambuco, which represents 8.3% of the territory of the NEB. In Piauí the arid area is found in the high and medium Canindé microregion; in Pernambuco, in the Submedium mesoregion of the São Francisco River; and in Bahia, in the region known as Raso da Catarina. Comparing Figs. 6a and 6b with Figure 9, it is observed that the degree of aridity – which leads to the classification of the climate as arid – presented in Figure 9 is consistent with the reference evapotranspiration (Figure 6a) and precipitation (Figure 6b) fields. It is noteworthy that these areas are known to be very dry and present high degree of aridity, especially the Raso da Catarina (Conti, 2005; Lucena et al., 2016; Lopes et al., 2017). The center-north region of Rio Grande do Norte, which corresponds to the Angicos microregion, is also known for its high degree of aridity, with rainfall below 500 mm/year and reference evapotranspiration above 2000. These characteristics were also observed by Diniz & Pereira (2015). Thus, important differences are

seen in the extent of the arid climate obtained by the three methods. When using  $AI_{UNEP}$  and  $I_m$ , arid areas cover 0.25% and 23.4% of the total area of the NEB, respectively, while this percentage is found to be 8.3% when using the  $I_{ab}$ . In their analysis of areas of the NEB that have the highest degree of susceptibility to desertification, Lopes et al. (2017) found an area that is greater in relation to the aridity indicated by  $I_{ab}$  and lower than that indicated by  $I_{aUNEP}$ . Therefore, it is observed that  $AI_{UNEP}$  underestimated and  $I_m$  overestimated the size of arid areas in the NEB.

The climate classifications with  $AI_{UNEP}$  (Figure 7) and  $I_{ab}$  (Figure 9) detected very similar areas with semi-arid climate, namely, 833,448 km<sup>2</sup> and 823,032 km<sup>2</sup>, representing 53.7% and 53% of the total area of the NEB, respectively, corresponding to a difference of only 0.7% between the two indices. In turn, the semi-arid area obtained with  $I_m$  represented 44.6% of the area of the NEB, since part of the areas with semi-arid climate was estimated to have arid climate. Regarding the dry subhumid climate type, the areas obtained with the three methods,  $I_{ab}$ ,  $AI_{UNEP}$  and  $I_m$ , were very close, representing 18.2% (282,759 km<sup>2</sup>), 17.3% (268,063 km<sup>2</sup>) and 19.4% (301,741 km<sup>2</sup>) of the total area of the NEB, respectively. On the other hand, the estimated areas with moist

subhumid climate varied: 218,044 km<sup>2</sup> (14.0% of the NEB) with  $I_{ab}$ , 346,483 km<sup>2</sup> (22.3% of the NEB) with  $AI_{UNEP}$ , and 129,184 km<sup>2</sup> (8.3% of the NEB) with  $I_m$ . The areas classified as presenting humid climate presented very similar values according to  $I_{ab}$  (99,400 km<sup>2</sup>) and  $AI_{UNEP}$  (100,381 km<sup>2</sup>), representing 6.4% and 6.5% of the total area of the NEB, respectively. In turn, according to  $I_m$ , the humid climate covered 65,946 km<sup>2</sup>, which corresponds to 4.2% of the area of the NEB.

An interesting result is the classification of the climate on the coast of the border between the states of Alagoas and Sergipe as dry subhumid observed with the use of the three indices (Figure 7, 8 and 9). Marengo et al. (2019) described remnants of savanna vegetation near the coast of the border between the states of Alagoas and Sergipe, and Cantidio and Souza (2019), in their study on Atlantic Forest, described areas of Caatinga in that region too. Another commonality among the three indices is that the semiarid climate type occupied the largest area compared to the other climate types, covering 53.8%, 44.6% and 53.0% of the total area of the NEB according to the  $AI_{UNEP}$ ,  $I_m$  and  $I_{ab}$ , respectively.

Thus, our results showed that climate systems based on  $I_m$  and  $AI_{UNEP}$  presented a tendency towards more arid and more humid climates, respectively, in relation to reality, while the  $I_{ab}$  proved to be more robust for a more accurate classification of the climate.

#### 4. Conclusion

The statistically satisfactory results of the validation of ERA5-Land and the CPC/NOAA reanalysis temperature, wind speed and precipitation data carried out in the present study demonstrate that these reanalysis data can be used safely in the absence of observed data. Precipitation showed the highest MAE, RMSE and SES values, obviously because among the analyzed variables, this is the one with the highest interseasonal and interannual variability. However, precipitation showed good correlation indices in all municipalities, with  $r \geq 0.95$ . Regarding the variables air temperature and wind speed, with the exception of wind speed data from the Recife – PE station, the MAE, RMSE, SES values and the correlation coefficients indicated that the ERA5-Land and CPC/NOAA reanalysis data can be used to estimate these variables in the NEB.

As for  $ET_0$  estimates using ERA5-Land reanalysis and weather station data, the values showed a strong correlation, with  $r \geq 0.95$  for the five locations, with very close results, making it possible to identify the highest and lowest  $ET_0$

values in the different months of the year and, thus, confirming the efficiency of using the ERA5-Land reanalysis data when observed data are not available for the calculation of  $ET_0$ .

The results obtained in the statistical analysis indicate that ERA5-Land and CPC/NOAA data can be used in the absence of reliable observational data, emerging as an alternative to solve problems related to the terms of temporal and spatial coverage of data in the NEB. Comparisons with observed data are fundamental for the identification of uncertainties in their use in studies addressing agricultural, climatological and hydrological simulations on the Brazilian territory.

Regarding the climate classification, both  $AI_{UNEP}$  and  $I_m$  represented well the transition of climate types from the coastal region to the hinterland, from humid to arid. However, in general, in transitional areas between climate types, the classification based on  $AI_{UNEP}$  showed a trend towards more humid climates, while the one with  $I_m$  showed a trend towards more arid climates.

In turn, the use of the  $I_{ab}$  is safe and indicated for climatic classifications mainly of dry lands, as it was able to clearly represent the different types of climates of the NEB, especially the arid, semiarid and dry subhumid climates.

#### 5. Acknowledgments

The authors would like to thank the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) for funding this research.

#### Bibliographic references

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, 281 pp.
- Alves, J. M. B., Servain, J. & Campos, J. N. B. 2009. Relationship between ocean climatic variability and rain-fed agriculture in Northeast Brazil. *Climate Research*, 38. <https://doi.org/10.3354/cr00786>
- ANA - Agência Nacional de Águas. Capacidade de água disponível dos solos no Brasil. <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/28fe4baa-66f3-4f6b-b0d2-890abf5910c4>, 2021. Acesso: 15 jan. 2021.
- Andreoli, R. V. & Kayano, M. T. 2006. Tropical Pacific and South Atlantic effects on rainfall variability over Northeast Brazil. *International*

- Journal of Climatology, 26. <https://doi.org/10.1002/joc.1341>
- Araújo, C. S. P. D., Ippolito, M., & Almeida, C. D. G. C. D. 2022. Evaluation of air temperature estimated by ERA5-Land reanalysis using surface data in Pernambuco, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10047-2>.
- Brito, Y. M. A., Rufino, I. A. A., Braga, C. F. C., & Mulligan, K. 2021. The Brazilian drought monitoring in a multi-annual perspective. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08839-5>.
- Campos, J. N. B. 2015. Paradigms and Public Policies on Drought in Northeast Brazil: A Historical Perspective. *Environmental Management*, 55. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0444-x>
- Cantidio, L. S. & Souza, A. F. 2019. Aridity, soil and biome stability influence plant ecoregions in the Atlantic Forest, a biodiversity hotspot in South America. *Ecography*, 42. <https://doi.org/10.1111/ecog.04564>
- Cardoso, S., & Quadro, M. F. L. 2017. Análise comparativa de dados de precipitação gerados pelo “Climate Prediction Center–CPC” versus dados observados para o Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 10, 1180-1198.
- Castro, D. P., Rodrigues, J. F. M., Borges-Leite, M. J., Lima, D. C. & Borges-Nojosa, D. M. 2019. Anuran diversity indicates that Caatinga relictual Neotropical forests are more related to the Atlantic Forest than to the Amazon. *PeerJ*. <https://doi.org/10.7717/peerj.6208>
- Chen, M., Shi, W., Xie, P., Silva, V. B., Kousky, V. E., Wayne Higgins, R., & Janowiak, J. E. 2008. Assessing objective techniques for gauge-based analyses of global daily precipitation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 113, 1-13.
- Chirico, G. B., Pelosi, A., De Michele, C., Bolognesi, S. F., D’Urso, G. 2018. Forecasting potential evapotranspiration by combining numerical weather predictions and visible and near-infrared satellite images: an application in southern Italy. *The Journal of Agricultural Science* 156, 702-717.
- Comin, A. N., Justino, F., Pezzi, L., Gurjão, C. D. S., Shumacher, V., Fernandez, A., Sutil, U. A. 2020. Extreme rainfall event in the Northeast coast of Brazil: a numerical sensitivity study. *Meteorol. Atmos. Phys.* 133. <https://doi.org/10.1007/s00703-020-00747-0>.
- Conti, J. B. 2005. A questão climática do Nordeste brasileiro e os processos de desertificação. *Revista Brasileira de Climatologia*. 1, 7-14.
- Correia Filho, W. L. F., Oliveira-Júnior, J. F., Santiago, D. B., Terassi, P. M. B., Teodoro, P. E., Gois, G., Blanco, C. J. C., Souza, P. H. A., Costa, M. S., Gomes, H. B., Santos, P. J. 2019. Rainfall variability in the Brazilian northeast biomes and their interactions with meteorological systems and ENSO via CHELSA product. *Big Earth Data*. 3, 315-337.
- Costa, M. S., Oliveira-Júnior, J. F., Santos, P. J., Correia Filho, W. L. F., Gois, G., Blanco, C. J. C., Teodoro, P. E., Silva Junior, C. A., da Santiago, D. B., Souza, E. O., Jardim, A. M. R. F. 2021. Rainfall extremes and drought in northeast Brazil and its relationship with El nino –southern oscillation International. *Journal of Climatology*. 41, 2111-2135.
- Couto, F. T., Salgado, R., Costa, M. J., & Prior, V. 2015. Precipitation in the Madeira Island over a 10-year period and the meridional water vapour transport during the winter seasons. *International Journal of Climatology*. 35, 3784-3759.
- CPC/NOAA - Global Unified Gauge-Based Gauge-Based Analysis of Daily Precipitation data fornecido pela National Oceanic and Atmospheric Administration, <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.cpc.globalpr.ecip.html>. 2021. Acesso: 20 jan. 2021.
- Da Silva, H. S., Silva, J. R. S., & Stosic, T. 2020. Multifractal analysis of air temperature in Brazil. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 549. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2020.124333>.
- De Pauw, E., Gobel, W., Adam, H. 2000. Agrometeorological aspects of agriculture and forestry in the arid zones. *Agricultural and Forest Meteorology*. 103. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(00\)00118-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(00)00118-0).
- Diniz, M. T., & Pereira, V.H. C. 2015. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. *Boletim Goiano de Geografia*. 35, 488-506.
- ECMWF. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, <https://www.ecmwf.int>. 2021. Acesso: 25 jan. 2021.
- Erfanian, A., Wang, G., Fomenko, L. 2017. Unprecedented drought over tropical South America in 2016: significantly under-predicted by

- tropical SST. *Scientific Reports*. 5811. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-05373-2>.
- Feindouno, S., Guillaumont, P., Simonet, C. 2020. The physical vulnerability to climate change index: an index to Be used for international policy. *Ecological Economics*. 176. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106752>.
- Fernandes, I. G., Pimenta, F. M., Saavedra, O. R., & Silva, A. R. 2021. Offshore validation of ERA5 reanalysis with hub height wind observations of Brazil. *IEEE PES innovative smart grid technologies conference-Latin America*. <https://doi.org/10.1109/ISGTLatinAmerica52371.2021.9542993>.
- Figliuolo, G. C., Rita V. Andreoli, R. V., Kayano, M. T., Costa, J. A. C., Rego, W. H. T. & Moraes, D. S. 2020. The role of the Atlantic Multidecadal Oscillation precondition in the teleconnection of different El Niño-Southern Oscillation types and impacts on the 15°N–15°S South American sector precipitation. *International Journal of Climatology*, 40, 4, 1943-1964. <https://doi.org/10.1002/joc.6309>
- Gleixner, S., Demissie, T., & Diro, G. T. 2020. Did ERA5 improve temperature and precipitation reanalysis over East Africa? *Atmosphere*. 11, 1-19.
- Hastenrath, S. 2012. Exploring the climate problems of Brazil's Nordeste: a review. *Climatic Change*. 112. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0227-1>
- Hastenrath, S. & Heller, L. A. 1977. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 103, 17-92. <https://doi.org/10.1002/qj.49710343505>
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. <https://bdmep.inmet.gov.br/>. 2021, Acesso: 20 mar. 2021.
- IPCC Climate Change. Impact, Adaptation and Vulnerability, IPCC WGII AR5 Summary for Policymakers. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>, 2014 Acesso: 15 abr. 2021.
- Ismael Filho, A., Borges, P. D. F., Araújo, L. D. S., Pereira, A. R., Lima, E. D., Silva, L. D. S., & Santos Junior, C. D. 2015. Influência das variáveis climáticas sobre a evapotranspiração. *Gaia Scientia*, 9, 62-66.
- Jardim, A. M. D. R. F., da Silva, M. V., Silva, A. R., dos Santos, A., Pandorfi, H., Oliveira-Junior, J. F., De Lima, J. L.M.P., De Souza, L. S. B., Júnior, G. N. A., Lopes, P. M. O., Da Silva, T. G. F. 2021. Spatiotemporal climatic analysis in Pernambuco state, Northeast Brazil. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. 223. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2021.105733>.
- Jesus, A. D. 2021. From fighting against droughts to coexisting with the Semiarid. *International Journal Semiarid*, 4. <https://doi.org/10.56346/ijsa.v4i4.99>
- Jesus, J. B., Souza, B. B., Oliveira, A. M. S., & Gama, D. C. 2019. Aridity index and climatic risk of desertification in the semiarid state of Sergipe. *Revista Brasileira de Climatologia*. 24, 214-227.
- Jiang, H., Yang, Y., Bai, Y., & Wang, H. 2019. Evaluation of the total, direct, and diffuse solar radiations from the ERA5 reanalysis data in China. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 17. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2019.2916410>.
- Júnior, J. B. C., & Bezerra, B. G. 2018. Análises da evapotranspiração de referência e do índice de aridez para o Nordeste do Brasil. *Revista de Geociências do Nordeste*. 4, 72-89.
- Kayano, M. T., Andreoli, R. V. & Souza, R. A. F. 2019. Pacific and Atlantic multidecadal variability relations to the El Niño events and their effects on the South American rainfall. *International Journal of Climatology*. <https://doi.org/10.1002/joc.6326>
- Kayano, M.T. & Capistrano, V.B. 2014. How the Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) modifies the ENSO influence on the South American rainfall. *International Journal of Climatology*, 34. <https://doi.org/10.1002/joc.3674>.
- Lavers, D. A., Simmons, A., Vamborg, F. & Rodwell, M. J. 2022. An evaluation of ERA5 precipitation for climate monitoring. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. <https://doi.org/10.1002/qj.4351>
- Lompar, M., Lalić, B., Dekić, L., & Petrić, M. 2019. Filling gaps in hourly air temperature data using debiased ERA5 data. *Atmosphere*. 10, 2-24.
- Longo-Minnolo, G., Vanella, D., Consoli, S., Intrigliolo, D.S., Ramírez-Cuesta, J.M. 2020. Integrating forecast meteorological data into the ArcDualKc model for estimating spatially distributed evapotranspiration rates of a citrus orchard. *Agricultural Water Management*. 231. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105967>.
- Longo-Minnolo, G., Vanella, D., Consoli, S., Ramírez-Cuesta, J.M. 2022. Assessing the use of ERA5-Land reanalysis and spatial interpolation methods for retrieving precipitation estimates at basin scale. *Atmospheric Research*. 271. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2022.106131>.



- Lopes, I., Santos, S., Leal, B. G., & Melo, J. 2017. Variação do índice de aridez e tendência climática à desertificação para a região semiárida do nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia Física* 10, 1014-1026.
- Lucena, J. A. de, Wanderley, L. S. de A., & Nóbrega, R. S. 2016. Risk desertification in Cabrobó / PE: climatic conditions and human. *Revista Geama The Journal of environment*, 2, 149-159.
- Lyra, G. B., Oliveira-Júnior, J. F., Gois, G., Cunha-Zeri, G., Zeri, M. 2017. Rainfall variability over Alagoas under the influences of SST anomalies. *Meteorol. Meteorology and Atmospheric Physics*. 129. <https://doi.org/10.1007/s00703-016-0461-1>.
- Marcos Junior, A. D., Silveira, C. D., Vasconcelos Júnior, F.C, Guimarães, S. O., & Costa, J. M. F. 2018. Classificação Climática de Thornthwaite para o Brasil com Base em Cenários de Mudanças Climáticas do IPCC-AR5. *Revista Brasileira de Meteorologia*. 33, 647-664.
- Marengo, J. A. & Bernasconi, M. 2015. Regional differences in aridity/drought conditions over Northeast Brazil: present state and future projections, *Climatic Change*, 129. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1310-1>.
- Marengo, J. A., Alves, L. M., Alvala, R. C. S., Cunha, A. P., Brito, S., Moraes, O. L. L. 2018. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid northeast Brazil region. *An. Acad. Bras. Cienc.* 90, 1973–1985.
- Marengo, J. A., Alves, L. M., Beserra, E. A., & Lacerda, F. F. 2011. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. *Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas*. In: *Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas*., Campina Grande – Paraíba, pp. 385-422.
- Marengo, J. A., Cunha, A. P., Nobre, C. A., Ribeiro Neto, G. G., Magalhaes, A. R., Torres, R. R., Alvala, R. 2020. Assessing drought in the drylands of northeast Brazil under regional warming exceeding 4 C. *Natural Hazards*. 103, 2589–2611.
- Marengo, J. A., Torres, R. R., & Alves, L. M. 2017. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. *Theoretical and Applied Climatology*, 129, 1189-1200.
- Marques, T. V., Mendes, K., Mutti, P., Medeiros, S., Silva, L., Perez-Marin, A. M., ... & Bezerra, B. 2020. Environmental and biophysical controls of evapotranspiration from Seasonally Dry Tropical Forests (Caatinga) in the Brazilian Semiarid. *Agricultural and Forest Meteorology*. 287. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.107957>.
- Martins, M.A., Tomasella, J., Dias, C.G. 2019. Maize yield under a changing climate in the Brazilian Northeast: impacts and adaptation. *Agricultural Water Management*. 216, 339-350.
- McNicholl, B., Lee, Y. H., Campbell, A. G., & Dev, S. 2021. Evaluating the Reliability of Air Temperature from ERA5 Reanalysis Data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. 19. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2021.3137643>.
- Medina, H., Tian, D., Srivastava, P., Pelosi, A., Chirico, G.B. 2018. Medium-range reference evapotranspiration forecasts for the contiguous United States based on multi-model numerical weather predictions. *Journal of Hydrology*. 562, 502-517.
- Mencia, F. P. H., Zanchi, F. B. & Lopes, E. R. N. 2021. Climatic characteristics and their implications among the pedological and topographical aspects of southern Bahia, Brazil. *Revista Brasileira de Climatologia*, 29. <http://dx.doi.org/10.5380/rbclima.v29i0.71108>
- Middleton, N., Thomas, D. 1992. *World Atlas of Desertification*, UNEP, 2 ed, London, 69 pp.
- Middleton, N., Thomas, D. 1997. *World Atlas of Desertification*, UNEP, 2 ed, London, 182 pp.
- Moraes, R. A., Rocha, J. V., & Lamparelli, R. A. 2014. Determination of total accumulated rainfall, global radiation, evapotranspiration and degree-days originated from the ECMWF model to sugar cane crop. *Engenharia Agrícola*. 34, 322-331.
- Moura, A. D. & Shukla, J. 1981. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 38, 12. [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1981\)038<2653:OTDODI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1981)038<2653:OTDODI>2.0.CO;2)
- Negm, A., Jabro, J., Provenzano, G. 2017. Assessing the suitability of POWER-NASA agroclimatology archive for estimating daily meteorological variables and reference evapotranspiration in Sicily, Italy. *Agricultural and Forest Meteorology*. 244, 111-121.
- Nobre, C. A., & Molion, L. C. B. 1988. The climatology of droughts and drought prediction. *The Impact of Climatic Variations on Agriculture, Assessments in Semiarid Regions*, In: Parry, M., Carter, TR, and Konijn, NT, Kluwer Academic, pp. 305–323.

- Oliveira, A. P. B. & Castro, G. G. P. 2021. The precariousness of women's work in the Petrolina/Juazeiro Pole, located in the northeastern semiarid and the need for public policies as a way to mitigate inequalities. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 8. <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.83.9>
- Oliveira-Júnior, J. F., Gois, G., Silva, I. J.L., Souza, E.O., Jardim, A. M. D. R. F., Silva, M. V., Shah, M., Jamjareegulgarn, P. 2021. Wet and dry periods in the state of Alagoas (Northeast Brazil) via Standardized Precipitation Index. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. 224. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2021.105746>
- Paredes, P., Trigo, I., de Bruin, H., Simões, N., & Pereira, L. S. 2021. Daily grass reference evapotranspiration with Meteosat Second Generation shortwave radiation and reference ET products. *Agricultural Water Management*. 248. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106543>
- Pelosi, A., Medina, H., Villani, P., D'Urso, G., Chirico, G.B. 2016. Probabilistic forecasting of reference evapotranspiration with a limited area ensemble prediction system. *Agricultural Water Management*. 178, 106-118.
- Pelosi, A., Terribile, F., D'Urso, G., Chirico, G.B. 2020. Comparison of ERA5-Land and UERRA MESCAN-SURFEX reanalysis data with spatially interpolated weather observations for the regional assessment of reference evapotranspiration. *Water*. 12. <https://doi.org/10.3390/w12061669>
- Poli, P., Hersbach, H., Dee, D. P., Berrisford, P., Simmons, A. J., Vitart, F., Fisher, M. 2016. ERA-20C: An atmospheric reanalysis of the twentieth century. *Journal of Climate*. 29, 4083–4097.
- Pontes Filho, J. D., Souza Filho, F. D. A., Martins, E. S. P. R., & Studart, T. M. D. C. 2020. Copula-based multivariate frequency analysis of the 2012–2018 drought in Northeast Brazil. *Water*. 12. <https://doi.org/10.3390/w12030834>.
- Ribeiro, S. K., & Santos, A. S. 2016. Mudanças climáticas e cidades: relatório especial do painel brasileiro de mudanças climáticas. Rio de Janeiro, 120 pp.
- Rolim, G. S., Sentelhas, P. C., & Barbieri, V. 1998. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 6, 133-137.
- Ruiz, S. A. G., Barriga, J. E. C., & Martínez, J. A. 2021. Wind power assessment in the Caribbean region of Colombia, using ten-minute wind observations and ERA5 data. *Renewable Energy*. 172, 158-176.
- Sadeghi, S. M. M., Attarod, P., Van Stan, J. T., Pypker, T. G. 2016. The importance of considering rainfall partitioning in afforestation initiatives in semiarid climates: a comparison of common planted tree species in Tehran, Iran. *Science of The Total Environment* 568, 845-855.
- Sales, E. S. G., Matsunaga, W. K., Nunes, M. M. A. M., Baracuy, J. H., da Cunha Campos, J. M. A., & de Brito, J. I. B. 2021. Classificação de áreas semiáridas e subúmidas secas utilizando diferentes índices climáticos. *Revista Brasileira de Geografia Física* 14, 479-491.
- Sambuichi, R. H. R. & Haridasan, M. 2007. Recovery of species richness and conservation of native Atlantic forest trees in the cacao plantations of southern Bahia in Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 16. <https://doi.org/10.1007/s10531-006-9017-x>.
- Sena, J. P. O., Melo, J. S.; Lucena, D. B; Melo, E. C. S. 2012. Comparação entre dados de chuva derivados do Climate Prediction Center e observados para a região do Cariri Paraibano. *Revista Brasileira de Geografia Física* 2, 412-420.
- Siefert, C. A. C., Dombrowski Netto, N., Marangon, F. H. S., Schultz, G. B., Silva, L. M. D. R., Fontenelle, T. H., & Santos, I. D. 2021. Avaliação de Séries de Velocidade do Vento de Produtos de Reanálises Climáticas para o Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia* 36, 689-701.
- Silva, A. S. A., Cunha Filho, M., Menezes, R. S. C., Stosic, T. & Stosic, B. 2020. Trends and persistence of dry-wet conditions in Northeast Brazil. *Atmosphere*, 11. <https://doi.org/10.3390/atmos11101134>
- Silva, V. P. R. 2004. On climate variability in Northeast of Brazil. *Journal of Arid Environments*. 58. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2003.12.002>
- Simões, Y. S., Silva, E. H. B. C. & Araújo, H. A. 2017. Rainfall zoning of Bahia State, Brazil: an update proposal. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 13. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2171>
- Soares; M.O., Campos; C. C., Carneiro, P. B. M., Barroso, H. S., Marins, Teixeira, C. E. P., Menezes, M. O. B., Pinheiro, L.S., Viana, M.B., Feitosa, C. V., Sánchez-Botero, J. I., Bezerra, L. E. A., Rocha-Barreira, C. A., Matthews-Cascon, H., Matos, F. O., Gorayeb, A., Cavalcante, M. S., Moro, M. F., Rossi, S., Belmonte, G., Melo, V. M. M., Rosado, A. S., Ramires, G., Tavares, T. C. L. & Garcia T.

M. 2021. Challenges and perspectives for the Brazilian semiarid coast under global environmental changes. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 19. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.06.001>

Sobral-Souza, T., Lima-Ribeiro, M. S. & Solferini, V. N. 2015. Biogeography of Neotropical Rainforests: past connections between Amazon and Atlantic Forest detected by ecological niche modeling. *Evolutionary Ecology*, 29. <https://doi.org/10.1007/s10682-015-9780-9>.

Tarek, M., Brissette, F. P., Arsenault, R. 2020. Evaluation of the ERA5 reanalysis as a potential reference dataset for hydrological modelling over North America. *Hydrology and Earth System Sciences* 24, 2527-2544.

Thorhwaite, C., & Matter, J. 1955. *The water balance, publication in climatology*. Centerton: Drexel Institute of Technology. Centerton, 104 pp.

Thornthwaite, C. W., 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical review* 38, 55-94.

UNEP. United Nations Environment Programme, 1992. *World Atlas of Desertification*. Londres, 69 pp.

Vanella, D., Intrigliolo, D. S., Consoli, S., Longo-Minnolo, G., Lizzio, G., Dumitrache, R. C., Ramírez-Cuesta, J. M. 2020. Comparing the use of past and forecast weather data for estimating reference evapotranspiration. *Agricultural and Forest Meteorology*. 295. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108196>.

Vanella, D., Longo-Minnolo, G., Belfiore, O. R., Ramírez-Cuesta, J. M., Pappalardo, S., Consoli, S., D'Urso, G., Chirico, G. B., Coppola, A., Comegna, A., Toscano, A., Quarta, R., Provenzano, G., Ippolito, M., Castagna, A., Gandolfi, C. 2022. Comparing the use of ERA5 reanalysis dataset and ground-based agrometeorological data under different climates and topography in Italy. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 42. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101182>.

Wu, G., Qin, S., Mao, Y., Ma, Z., & Shi, C. 2022. Validation of precipitation events in ERA5 to gauge observations during warm seasons over eastern China. *Journal of Hydrometeorology* 23, 807-822.

### ARTIGO PUBLICADO

## RELAÇÃO DO NDVI E EVI COM OS ÍNDICES CLIMÁTICOS DO NORDESTE DO BRASIL

Eliton Sancler Gomes **Sales**<sup>1</sup>, Fabiano da Silva **Araújo**<sup>2</sup>, Wendy Kaori **Matsunaga**<sup>3</sup>, José Ivaldo  
Barbosa de **Brito**<sup>4</sup>

(1 – Universidade Federal de Campina Grande, [elitonsancler@hotmail.com](mailto:elitonsancler@hotmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-2022-6528>; 2 – Universidade Federal de Campina Grande, [fabiano\\_engenharia@hotmail.com](mailto:fabiano_engenharia@hotmail.com), <https://orcid.org/0009-0002-1397-6312>; 3 – Universidade Federal de Campina Grande, [wendy.kaori@estudante.ufcg.edu.br](mailto:wendy.kaori@estudante.ufcg.edu.br), <https://orcid.org/0000-0002-6778-5450>; 4 – Universidade Federal de Campina Grande, [jivaldobrito@gmail.com](mailto:jivaldobrito@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-1845-935X>)

**Resumo:** O Nordeste do Brasil é caracterizado por um clima semiárido com altas temperaturas e baixos índices pluviométricos. Essas condições climáticas associadas às ações antrópicas como o desmatamento, uso e ocupação do solo na região têm impactos significativos levando à degradação ambiental, perda de biodiversidade e aumentando a vulnerabilidade de índices climáticos extremos, que devem ser analisados. Porém para estudar o clima e realizar análises com o comportamento do uso e cobertura do solo, é necessário dados como distribuição espacial que contemple as características físicas e climáticas da região e com observações contínuas, que do ponto de vista de estações meteorológicas ainda não é plenamente observado no Nordeste do Brasil, mas isto pode ser suprido usando dados de reanálise desde que sejam validados. Neste contexto, este trabalho tem como objetivos: validar os dados de reanálises do ERA5-Land e CPC/NOAA com dados de estações meteorológicas; obter os índices de aridez e o do déficit de umidade da atmosfera proposto por Thornthwaite (1948) e de aridez do UNEP (IaUNEP), usando dados de reanálise; investigar se os índices de vegetação podem ser usados como variáveis adicionais a classificação climática da Região. Para a validação dos dados de reanálise a metodologia empregada foi à análise dos índices estatísticos: erros médio percentual, médio absoluto e padrão de estimativa, raiz do erro quadrático médio e coeficiente de correlação, sendo os dados de referência os observados em estações e os de reanálise a ser testados. Para a

determinação dos índices climáticos de Thornthwaite usou-se a metodologia do balanço hídrico de Thornthwaite e Matter (1955), enquanto, para o IAUNEP utilizou-se a razão entre precipitação observada ou da reanálise e a evapotranspiração de referência obtida pelo método Penman-Montheith-FAO, para os índices de vegetação empregou-se as equações de NDVI e EVI. Como resultado, observou-se que os dados da reanálise ERA5-Land representam muito bem os observados, exceto a precipitação, por este motivo, recorreu-se aos dados de precipitação do CPC/NOAA, que foram validos com sucesso. As configurações espaciais dos índices climáticos obtidas com a reanálise apresentaram-se de acordo com as características físicas e climáticas da Região, e os padrões espaciais dos índices de vegetação, de um modo geral, acompanharam a classificação do clima regional. Conclui-se que os dados de reanálise do ERA5-Land, exceto a precipitação e da precipitação do CPC/NOAA são confiáveis e podem ser usados em estudos climáticos, enquanto os índices de vegetação podem ser utilizados como variáveis adicionais na classificação climática no Nordeste.

Palavras-chave: Reanálise; Clima; Semiárido

## RELATIONSHIP BETWEEN CLIMATE INDICES AND NDVI AND EVI IN THE NORTHEAST OF BRAZIL

**Abstract:** The Northeast of Brazil is characterized by a semi-arid climate with high temperatures and low rainfall rates. These climatic conditions associated with anthropic actions such as deforestation and land use and occupation have caused significant impacts, leading to environmental degradation, loss of biodiversity and higher vulnerability to extreme climate indices, which need to be analyzed. The study of the climate and behavior of land use and cover requires data such as spatial distribution covering the physical and climatic characteristics of the region and with continuous observations. From the point of view of weather stations, such data are not observed in the Northeast of Brazil, but they can be obtained from reanalysis data, provided they are validated. In this context, this work aims to: validate ERA5-Land and CPC/NOAA reanalysis data with weather station data; obtain the aridity and atmospheric moisture deficit indices proposed by Thornthwaite (1948) and the aridity index of UNEP (AIUNEP) using reanalysis data; investigate whether vegetation indices can be used as additional variables for the classification of the climate of the region. The methodology used to validate reanalysis data was the analysis of statistical indices: mean percentage error, mean

absolute error, and standard error of the estimate, root mean square error and correlation coefficient, with observed weather station data being the reference data, and the reanalysis data being the data to be tested. Thornthwaite and Matter's (1955) water balance methodology was used to determine Thornthwaite's climatic indices; the ratio of observed or reanalysis precipitation to reference evapotranspiration obtained by the Penman-Montheith-FAO method was used for the AIUNEP; and NDVI and EVI equations were used for vegetation indices. In the results, ERA5-Land reanalysis data represented very well the observed data, except for precipitation; thus, CPC/NOAA precipitation data were used, which were successfully validated. The spatial configurations of the climatic indices obtained with reanalysis data were in accordance with the physical and climatic characteristics of the region, and the spatial patterns of the vegetation indices, in general, followed the classification of the regional climate. It is concluded that ERA5-Land reanalysis data, except for precipitation, and CPC/NOAA precipitation data are reliable and can be used in climate studies, and vegetation indices can be used as additional variables in climate classification in the Northeast of Brazil.

Keywords: Reanalysis; Climate; semi-arid

## **RELACIÓN ENTRE EL NDVI Y EL EVI CON LOS ÍNDICES CLIMÁTICOS EN EL NORESTE DE BRASIL**

**Resumen:** El Noreste de Brasil se caracteriza por un clima semiárido con altas temperaturas y escasas precipitaciones. Estas condiciones climáticas asociadas a acciones antrópicas como la deforestación, el uso y ocupación del suelo en la región tienen impactos significativos que conducen a la degradación ambiental, pérdida de biodiversidad y aumento de la vulnerabilidad a índices climáticos extremos, los cuales deben ser analizados. Sin embargo, para estudiar el clima y realizar análisis con el comportamiento de uso y cobertura del suelo, son necesarios datos como la distribución espacial que incluya las características físicas y climáticas de la región y con observaciones continuas, que desde el punto de vista de las estaciones meteorológicas no se observa en el Noreste de Brasil; pero esto se puede proporcionar utilizando datos de reanálisis siempre que estén validados. En este contexto, este trabajo tuvo como objetivos: validar los datos de reanálisis de ERA5-Land y CPC/NOAA con datos de estaciones meteorológicas; obtener los índices de aridez y déficit de humedad atmosférica propuestos por Thornthwaite (1948) y el índice de aridez del UNEP (IaUNEP), utilizando datos

de reanálisis; investigar si los índices de vegetación pueden usarse como variables adicionales para la clasificación climática de la región. Para validar los datos del reanálisis, la metodología utilizada fue el análisis de índices estadísticos: error porcentual medio, error absoluto medio y error estándar de estimación, raíz del error cuadrático medio y coeficiente de correlación, siendo los datos de referencia los observados en las estaciones y los datos a ser sometidos a prueba los datos de reanálisis. Para determinar los índices climáticos de Thornthwaite se utilizó la metodología de balance hídrico de Thornthwaite y Matter (1955), mientras que para el IaUNEP se utilizó la relación entre la precipitación observada o reanálisis y la evapotranspiración de referencia obtenida por el método de Penman-Montheith-FAO, y para los índices de vegetación se utilizaron las ecuaciones NDVI y EVI. Como resultado, se observó que los datos del reanálisis ERA5-Land representan muy bien los observados, excepto la precipitación, por lo que se utilizaron los datos de precipitación de CPC/NOAA, los cuales fueron validados exitosamente. Las configuraciones espaciales de los índices climáticos obtenidos con el reanálisis estuvieron de acuerdo con las características físicas y climáticas de la Región, y los patrones espaciales de los índices de vegetación, en general, siguieron la clasificación del clima regional. Se concluye que los datos de reanálisis de ERA5-Land, excepto la precipitación, y la precipitación de CPC/NOAA son confiables y pueden usarse en estudios climáticos, mientras que los índices de vegetación pueden usarse como variables adicionales para el uso en la clasificación climática del Noreste de Brasil.

Palabras clave: Reanálisis; Clima; Semi árido

## 1. Introdução

O clima é um dos elementos importantes na formação da vegetação de uma região, pois de certa forma o clima controla a distribuição da vegetação, porém, a vegetação também exerce influência sobre os tipos de clima de um dado local. Neste sentido, Fang et al. (2002) descrevem que a relação entre clima e vegetação é evidenciada pela coincidência entre zonas climáticas e biomas. Entretanto, ressalta-se que se observa algum grau de sobreposição entre os tipos de clima e as áreas de vegetação. Esta sobreposição clima/vegetação, descrita por Fang et al., 2002, também é observada em grande parte do Nordeste do Brasil (NEB) cujo tipo climático dominante, principalmente na parte central, é o semiárido e a vegetação é a caatinga; na costa leste observa-se clima úmido e a vegetação nativa é Mata Atlântica, enquanto, no noroeste do

NEB também é observado clima úmido e a vegetação presente é típica da Floresta Amazônica. Também é possível verificar sobreposições de Caatinga, Mata Atlântica, Cerrado e Floresta Amazônica.

Por outro lado, nas delimitações dos tipos de clima de uma determinada região, em geral, tem-se uma incerteza na posição geográfica na linha de separação de dois tipos de clima. Isto tem sido verificado na delimitação do Semiárido realizado pela SUDENE – Superintendência do desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 2021). Ressalta-se que uma das dificuldades na determinação do clima de um local decore da ausência de variáveis meteorológicas necessárias para a obtenção de índices climáticos. Isto, de certa forma, é observado no NEB, pois a região apresenta uma densidade espacial de postos pluviométricos, que corresponde à recomendada pela Organização Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization - WMO, 1981 e WMO, 2008), porém com relação à distribuição espacial de estações meteorológicas, em muitos estados, ainda não se tem uma boa densidade de estações, ou seja, no Nordeste observa-se uma excelente distribuição de observações rotineiras e confiáveis de precipitação, mas para as demais variáveis meteorológicas ainda se faz necessário aumento da densidade espacial e observações contínuas, além disso, nas estações existem ainda períodos observados com ausência de dados, o que dificulta a obtenção de dados precisos e em tempo real para o monitoramento das mudanças climáticas mais efetivas (Ribeiro Neto et al., 2020; Souza et al., 2020; Silva et al., 2021; Santos et al., 2022).

Diante desta problemática, fontes alternativas de dados meteorológicos têm se tornado cada vez mais comum, e uma das principais ferramentas para esse tipo de estudo em longo prazo e de monitoramento contínuo são os dados de reanálises de modelos atmosféricos globais, como, por exemplo, o ERA5-Land, a quinta geração de reanálise do European Center for Medium Range Weather Forecast (ECMWF) e do projeto CPC Global Unified Gauge-Based Analysis of Daily Precipitation do Climate Prediction Center/National Oceanic and Atmospheric Administration CPC/NOAA. Esses dados são gerados por modelos numéricos que utilizam informações de diversas fontes, como satélites e estações meteorológicas, para reconstruir as condições climáticas passadas e presentes. Vários estudos já exploraram o seu potencial. (Gleixner et al., 2020; Longo-Minnolo et al., 2020; Vanella et al., 2020; Paredes et al., 2020; Schumacher et al., 2020; Muñoz-Sabater et al., 2021; Wang et al., 2021; McNicholl et al., 2021; Wu et al., 2022). Ressalta-se que na presente pesquisa antes do uso dos dados de



reanálise será realizada uma validação, com o objetivo de verificar se os mesmos seguem a climatologia e as variabilidades intrasazonal, sazonal e interanual do NEB.

Além da relativamente baixa densidade de estações meteorológica, no NEB, as ações antrópicas como desmatamento, expansão agrícola e urbana e modificações no uso do solo, associadas aos extensos períodos secos, clima árido, semiárido e as dificuldades de gestão dos recursos hídricos têm contribuído para alterações no clima e intensificado as mudanças climáticas na região, tornando-a ainda mais árida e sujeita a eventos extremos, como secas e enchentes (Dantas et al., 2020; Silva et al., 2020; Rocha et al., 2021) e contribuído com sua alta vulnerabilidade social e baixos índices de desenvolvimento humano (Aragão et al., 2018; Feindouno et al., 2020). Ressalta-se que uma das ferramentas para estudo dos efeitos das ações são as análises das variações do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index) e do índice de vegetação melhorado (EVI – enhanced vegetation index) que são indicadores de produtividade e saúde da vegetação, e conseqüentemente tendo como um de seus efeitos correspondentes à influência na alteração de cada tipo de clima da região do Nordeste (Domingues et al., 2019).

Tendo em vista as condições climáticas do NEB e as alterações do uso e cobertura do solo, faz-se necessário o monitoramento por meio de índices climáticos e sua relação com o comportamento do NDVI e EVI para cada tipo de clima obtido. Essa análise é importante, pois os índices NDVI e EVI são capazes de expressar as condições atuais da vegetação de acordo com o clima. Desta maneira é possível desenvolver um sistema de monitoramento das características da vegetação e conhecer sua semelhança com as condições climáticas de uma determinada área (Wang et al., 2020; Jiang et al., 2020; Zhang et al., 2021; Zhu et al., 2021; Xu et al., 2022). Portanto, é oportuno pesquisar se realmente é fundamental o uso de dados da reanálise ERA5-Land do ECMWF e do projeto CPC/NOAA, bem como de NDVI e EVI para a análise das condições, monitoramento e classificação do clima do NEB.

Deste modo, este trabalho tem como objetivos validar os dados de reanálises do ERA5-Land e CPC/NOAA com dados de estações meteorológicas para realização de estudos climáticos da região do Nordeste do Brasil, bem como obter o índice de aridez e o déficit de umidade da atmosfera, aqui denominado de déficit hídrico, proposto por Thornthwaite (1948) e o aridez do UNEP ( $I_{aUNEP}$ ), utilizar os dados de reanálise validados e verificar se as configurações espaciais obtidas realmente são condizentes com as características ambientais do NEB, e investigar o comportamento da vegetação para cada tipo de clima da região.

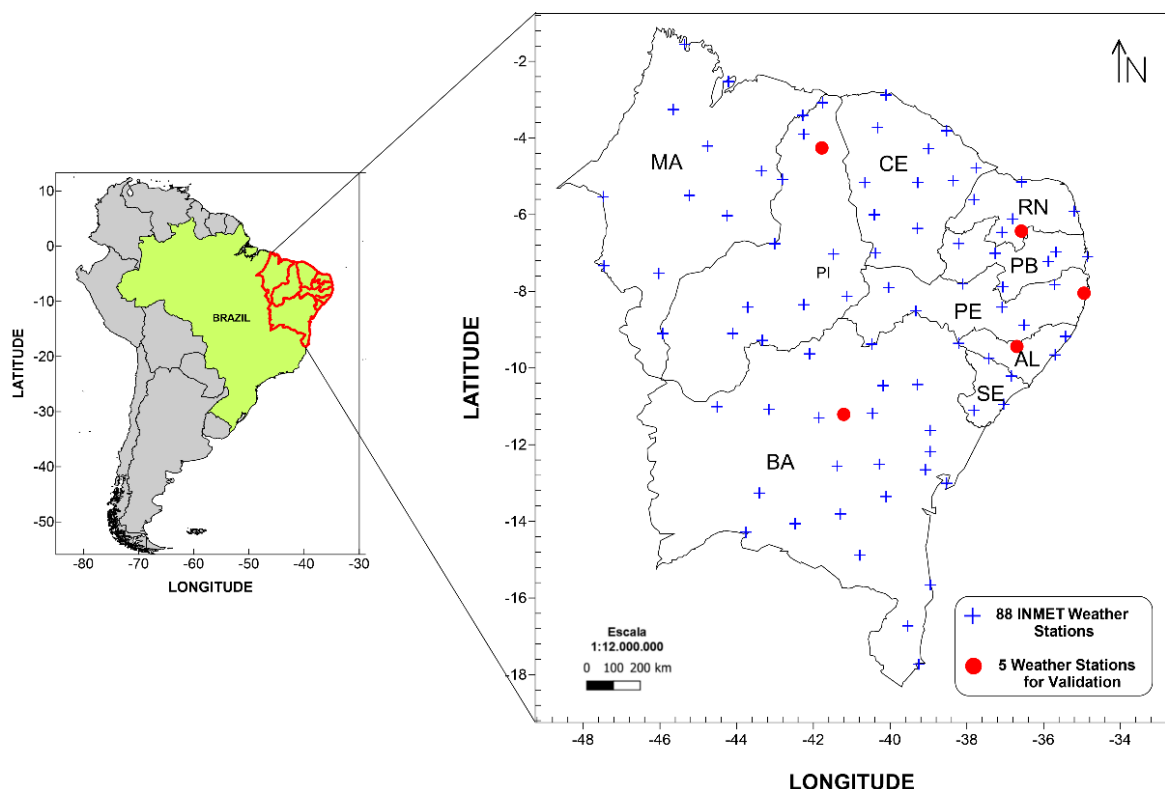
## 2. Materiais e Métodos

O trabalho é dividido nas seguintes etapas: definição da área de estudo, obtenção dos dados, validação com análises estatísticas, classificação climática de toda a área de estudo com a utilização dos dados de reanálises ERA5-Land e reanálises atmosféricas do Precipitation do Climate Prediction Center/National Oceanic and Atmospheric Administration (CPC/NOAA) e por último o cálculo do NDVI e EVI, obtidos através de imagens orbitais do satélite TM - Landsat 7 para analisar seu comportamento com o tipo de clima na região.

### 2.1 Área de Estudo

No trabalho a área de estudo é o NEB, que abrangem os estados: Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. Para realização da validação dos dados de reanálises, foi feito um levantamento de 88 estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) distribuídas no NEB, com registro de dados horários entre 1981-2019.

**Figura 1.** Mapa das estações meteorológicas do INMET utilizadas para validação. (MA – Maranhão, PI – Piauí, CE – Ceará, RN – Rio Grande do Norte, PB – Paraíba, BA – Bahia, AL – Alagoas, SE – Sergipe, PE – Pernambuco).



Analisadas uma a uma, de todas as 88 estações do INMET, foi possível utilizar os dados de apenas cinco, pois foram às estações dentre as 88 que apresentou o maior período de dados com o menor número de falhas possível para que fosse utilizadas na validação do dados de reanálises, destacado os seguintes municípios, Cruzeta – RN (6,43°S, 36,79°W, 226m), Palmeira dos Índios – AL (9,42°S, 36,62°W, 278m), Piripiri- PI (4,28°S, 41,79°W, 158m), Morro do Chapéu – BA (11,55°S, 41,15°W, 1002m) e Recife – PE (8,06°S, 34,96°W, 7m), cuja distribuição espacial é mostrada na Figura. 1 destacadas em ponto vermelho. As demais estações apresentaram um grande número de falhas, compreendendo um banco de dados com períodos mais curtos, variando entre 8 e 12 anos sem falhas, sendo que poderiam comprometer a validação dos dados de reanálise. Portanto, foram escolhidas as que apresentaram o maior período de dados 2000-2016 com o menor número de falhas possível, e assim definido o período de estudo do trabalho 2000-2016 para validação, obtenção e avaliação dos índices climáticos e análise do NDVI e EVI médio.

É salutar informar que estas 88 estações foram utilizadas pelo INMET para produzir as normais climatológicas do Brasil no período de 1991 a 2020. Contudo, nem todas as estações continham todas as variáveis, por exemplo, para a temperatura média compensada é possível observar, na planilha disponibilizada pelo INMET, que em apenas 31 estações foi possível produzir as normais climatológicas para todos os meses do ano, as demais tinham dados ausentes (INMET, 2022). Também é oportuno descrever que na presente pesquisa foram realizadas validações de dados das reanálises para outras estações, como por exemplo, Quixeramobim, no Sertão Central do Ceará, e Vitória da Conquista, no sul da Bahia, porém para outros períodos diferentes de 2000 a 2016. Ressalta-se que os dados das estações foram utilizados para revalidação das reanálises, que uma vez revalidados foram usados para os cálculos dos índices de aridez e do déficit hídrico em uma grade de 0,5° x 0,5°, que corresponde a 505 pontos de grade para todo Nordeste.

## 2.2 Dados

Das estações meteorológicas do INMET, foram utilizados dados diários de precipitação (mm), insolação total (horas) e temperaturas mínima (°C) e máxima (°C), bem como dados dos horários sinóticos, e a partir deles feito a média diária, de temperatura (°C), umidade relativa (%) e intensidade do vento (m/s). Da reanálise ERA5-Land para o mesmo período citado anteriormente, foram utilizados dados de temperaturas do ar (°C), temperatura do ponto de

orvalho ( $^{\circ}\text{C}$ ), saldo de radiação solar na superfície ( $\text{J}/\text{m}^2$ ), saldo de radiação de ondas longas superfície ( $\text{J}/\text{m}^2$ ), intensidade do vento ( $\text{m}/\text{s}$ ) e precipitação pluvial, com resolução espacial de  $0,1 \times 0,1$  graus. Dados de precipitação pluvial do CPC/NOAA, com resolução de  $0,5 \times 0,5$  graus (Chen et al., 2008).

Na validação dos dados de reanálise, o primeiro passo foi verificar se os dados apresentavam o mesmo comportamento sazonal ao longo do ano dos dados observados em estações. Observou-se, que do conjunto de variáveis analisadas do ERA5-Land, a única que não apresentou o comportamento sazonal próximo ou até mesmo igual ao dos dados de estação foi à precipitação. Ressalta-se que a curva sazonal ao longo do ano da precipitação da reanálise ERA5-Land até foi semelhante à dos dados de estações, porém a as precipitações do período mais chuvoso do semiárido do NEB estavam subestimadas quando comparado com dados observados nas estações. Portanto, tornou-se necessário buscar outra fonte de dados de reanálise de precipitação e optou-se pelo projeto de precipitação CPC/NOAA, que conseguiu captar as variabilidades intrasazonal, sazonal e interanual da precipitação do semiárido e apresentar fortes correlações com os dados observados em estação, como mostrado na seção 3.1 Validação dos dados da reanálise ERA5-Land e CPC/NOAA.

Os dados de velocidade de vento dos produtos de reanálise do ERA5-Land, próximo da superfície da Terra, estão disponíveis a 10m do solo. Logo, foram convertidos para 2m conforme equação proposta em Allen et al. (1998).

Foram calculadas médias climatológicas para todas as variáveis das três distintas fontes com o período 2000-2016, que foi o período com dados disponíveis necessários para validação. Para os cálculos foi utilizado o Microsoft Excel 2019 e a linguagem de programação Python. Como os dados do ERA5-Land possui uma resolução em pontos de grades de  $0,1^{\circ} \times 0,1^{\circ}$  e os do CPC/NOAA  $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ , através da linguagem de programação Python 3.8, na manipulação dos dados de reanálises, foram obtidos valores médios variando a latitude e longitude em  $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ , compreendendo todo o território da área de estudo. Com isso, foi gerado um total de 505 pontos de grades, que representa 5,74 vezes o número de estações do INMET. A partir dos dados de cada ponto, foi realizada a climatologia no período de estudo citado e posteriormente o cálculo da classificação climática com o período disponível.

Ressalta-se que Xavier et al. (2022) realizaram um profícuo trabalho de reanálise da temperatura do ar máxima e mínima, precipitação, radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento a 2 m de altura, sobre todo território do Brasil, para o período de 1961 a 2020 e grade

de 0,1° x 0,1°. Entretanto, as reanálise do ERA5-Land e do CPC são atualizada em tempo quase real, enquanto, as de Xavier et al. (2022) não são atualizadas rotineiramente. Portanto, o uso das reanálises do ERA5-Land e CPC são muito úteis em estudos ambientais sobre o território do Brasil.

### 2.3 Dados e Cálculos de NDVI e EVI

Foi utilizada imagens orbitais do satélite Landsat 7, gerenciado e operado em conjunto pela Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA) e pelo US Geological Survey (USGS), onde fornece o registro mais longo e contínuo de observações da superfície terrestre da Terra gratuitamente em resolução média desde 1972. O Landsat 7 possui sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) lançado em 15 de abril de 1999 e está em operação há mais de 20 anos com o desenvolvimento recente da análise de séries temporais com base em todas as observações claras disponíveis de valor similar de outros Landsats (Wulder et al., 2019; Zhu et al., 2019).

Para os cálculos dos índices de vegetação NDVI e EVI foram necessárias baixar imagens de reflectância na banda próxima ao infravermelho (NIR), na banda vermelha (RED) e a reflectância na banda azul (BLUE). Para a obtenção das configurações espaciais do NDVI e EVI médios do período 01 de janeiro 2000 a 31 de dezembro de 2016 foram utilizadas 4989 e 7003 imagens, respectivamente, ambas com resolução de 30m e em seguida realizada a média para análise da variação espacial e temporal.

As imagens foram processadas por meio do Google Earth Engine - GEE, que incluiu correções atmosféricas com cobertura de nuvens de até 20% e recorte da área de estudo. Os valores de NDVI e EVI foram armazenados em arquivos raster GeoTIFF e processado os mapas no Software gratuito e de código aberto QGIS 3.16.9.

Para os cálculos de NDVI e EVI foram utilizadas as equações conforme descritas por QIU et al., (2021).

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad 1.0 \quad EVI = 2,5 * \left( \frac{NIR-RED}{NIR+6*RED-7,5*BLUE+1} \right) \quad 2.0$$

onde NIR é a reflectância na banda próxima ao infravermelho, RED é a reflectância na banda vermelha e BLUE é a reflectância na banda azul.

#### 2.4 Validação dos dados da reanálise

Para a análise dos resultados e verificar se é confiável utilizar os dados de reanálises em classificação climática, utilizou-se o Erro Médio Percentual - EMP, o Erro médio absoluto - EMA, raiz do erro quadrático médio (REQM) e o erro padrão de estimativa (EPE), o coeficiente de correlação (r). Foram validados dados de temperatura, precipitação e velocidade do vento, cujas equações são apresentadas a seguir.

$$EMP = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{X_{pi} - X_{oi}}{X_o} \right| \quad 3.0 \quad EMA = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [X_{pi} - X_{oi}] \quad 4.0$$

$$REQM = \left( \frac{\sum_{i=1}^N (X_{pi} - X_{oi})^2}{N} \right)^{1/2} \quad 5.0 \quad EPE = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(X_{pi} - X_{oi})^2}{N-1}} \quad 6.0$$

$$r = \frac{cov(X_{pi}, X_{oi})}{\sqrt{var(X_{pi}) \cdot var(X_{oi})}} \quad 7.0$$

onde  $X_{pi}$  corresponde ao valor estimado (CPC/NOAA para variável precipitação e da reanálises ERA5-Land para as demais variáveis),  $X_{oi}$  ao valor observado (estação) de um dia ao longo da série de dados para precipitação e temperatura e das observações para o vento, N a quantidade de dias da série ou o número de observações conforme a variável,  $cov(X_{pi}, X_{oi})$  covariância das variáveis  $X_{pi}$  e  $X_{oi}$ ,  $var(X_{pi})$  e  $var(X_{oi})$  são as variâncias das variáveis  $X_{pi}$  e  $X_{oi}$ .

É importante mencionar que as métricas EMP, EMA, REQM e EPE são utilizadas para medir se os dados de reanálise não subestimam ou superestimam os dados observados em estação, bem como verificar a acurácia dos dados de reanálise, ou seja, quão próximos estão os dados da reanálise e observados. Enquanto, o coeficiente de correlação, uma vez removido o ciclo anual da série de dados, é uma medida da capacidade dos dados de reanálise em captar as variabilidades intrasazonal e interanual contidas nos dados observados em estação.

#### 2.5 Estimativa da Evapotranspiração de Referência - $ET_0$

Na determinação do índice de aridez e do déficit hídrico proposto por Thornthwaite (1948) obtido por meio do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955), bem no cálculo do índice de aridez do UNEP as variáveis de entradas são a precipitação e a evapotranspiração potencial ou evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ). Portanto, após a validação dos dados da reanálise do ERA5-Land foi estimada a  $ET_0$  em uma grade de  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ , com a utilização do

modelo completo de Penman-Monteith-FAO, que necessita de uma gama de variáveis meteorológicas como mostrado por Allen et al. (1998). Ressalta-se que a  $ET_0$  Penman-Monteith-FAO é recomendada pela FAO tanto para uso em agrometeorologia como para a obtenção dos índices climáticos. A partir da  $ET_0$  estimada para uma grade de  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ , elaborou-se a média aritmética espacial para uma grade de  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ .

## 2.6 Índices Climáticos

Após as estimativas de  $ET_0$  foram calculados os índices climáticos de Aridez ( $I_a$ ) proposto por Thornthwaite (1948), o déficit de umidade da atmosfera de Thornthwaite (DEF), já denominado anteriormente de déficit hídrico e o  $I_{aUNEP}$  (Middleton & Thomas, 1992; Middleton & Thomas, 1997). Estes índices foram calculados por meio do Balanço Hídrico seriado segundo o modelo proposto por Thornthwaite & Mather (1955) e desenvolvido em planilha Microsoft Excel por Rolim et al., (1998). O  $I_a$  quantifica o grau de aridez de uma determinada região e é um índice muito versátil, pois além de indicar a aridez das terras secas, também é capaz de advertir sobre possíveis períodos de aridez, longo do ano, das terras úmidas, também é um índice auxiliar nas classificações climáticas de uma dada região. O DEF determina o déficit de umidade anual da atmosfera de uma região e também é uma medida auxiliar em classificação climática.  $I_{aUNEP}$  é um índice de aridez recomendado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente para a classificação climática de terras secas.

Para calcular o Índice de Aridez no período de 2000 a 2016, foi utilizada a fórmula preparada por Thornthwaite (1948):

$$I_a = (DEF_{anual}/ET_0) \times 100 \quad (8.0)$$

em que  $I_a$  é o índice de aridez de Thornthwaite;  $DEF_{anual}$  é o déficit hídrico total anual;  $ET_0$  é a evapotranspiração de referência total anual.

O  $I_a$  pode variar de zero, na ausência de déficit de água, a 100, quando a deficiência é igual à evapotranspiração de referência. O  $I_a$  é uma medida do grau de aridez que determinada área experimenta ao longo do ano. De acordo com Oliver (1978) quanto maior for o grau de aridez de uma localidade, mais tempo ao longo do ano ela se encontrará em condições de secura. Valores de  $I_a$  inferiores a 17, significam pequeno ou nenhum déficit de água; entre 17 e 33, déficit moderado e, superior a 33, déficit muito forte (Oliver, 1978).

Para realizar o cálculo do índice de aridez do UNEP para o período de 2000 a 2016, foi utilizada a forma recomendada pelo UNEP (1992):

$$I_{aUNEP} = PRP_{total} / ET_0 \quad (9.0)$$

em que  $I_{aUNEP}$  é o índice de aridez do UNEP;  $PRP_{total}$  é a precipitação média total anual;  $ET_0$  é a evapotranspiração de referência média total anual.

Na Tabela 1 é mostrada as classes climáticas de acordo com os valores limites do  $I_{aUNEP}$ . Ressalta-se, que esse índice tem sido utilizado com medidor das áreas sujeitas aos processos de desertificação, segundo a definição das Nações Unidas.

**Tabela 1.** Classificação Climática de acordo com o  $I_{aUNEP}$ .

Índice de Aridez	Classes Climáticas
$I_{aUNEP} \leq 0,05$	Hiperárido
$0,05 < I_{aUNEP} \leq 0,20$	Árido
$0,20 < I_{aUNEP} \leq 0,50$	Semiárido
$0,50 < I_{aUNEP} \leq 0,65$	Subúmido Seco
$0,65 < I_{aUNEP} < 1,00$	Subúmido Úmido
$I_{aUNEP} \geq 1,00$	Úmido

**Fonte:** Adaptado de Middleton & Thomas (1992).

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Validação dos dados da reanálise ERA5-Land e CPC/NOAA

Foram analisados os parâmetros estatísticos para as anomalias de precipitação, temperatura e velocidade do vento para as cinco estações meteorológicas do INMET que apresentaram o menor número de falhas no período de 2000 a 2016.

Conforme mostrado na Tabela 2, dentre as três variáveis analisadas estatisticamente, a que apresentou maiores valores MAE, REQM e SES foi à precipitação do CPC/NOAA, justamente por que entre as variáveis analisadas a que apresenta as maiores variabilidade intersazonal e interanual é precipitação, porém, pode-se observar que apresentou uma boa correlação para todos os municípios, com valores  $r \geq 0,95$ , podendo ser utilizada na ausência de dados. O MAPE não foi calculado para a precipitação, pois em alguns meses não houve registro de precipitação e para seu cálculo não existe divisão por zero.



**Tabela 2.** Parâmetros estatísticos para precipitação, temperatura e velocidade do vento.

<b>Precipitação</b>					
<b>Localidade</b>	<b>MAE (mm/mês)</b>	<b>MAPE (%)</b>	<b>REQM (mm/mês)</b>	<b>SES (mm/mês)</b>	<b>r</b>
Piripiri - PI	11,557	-	18,262	18,824	0,994
Cruzeta - RN	9,335	-	15,602	16,082	0,975
Recife - PE	26,70	-	37,180	38,324	0,977
Palmeira dos Índios - AL	10,833	-	16,771	17,287	0,948
Morro do Chapéu - BA	8,320	-	12,985	13,384	0,950
<b>Temperatura</b>					
<b>Localidade</b>	<b>MAE (°C)</b>	<b>MAPE (%)</b>	<b>REQM (°C)</b>	<b>SES (°C)</b>	<b>r</b>
Piripiri - PI	1,117	3,979	1,250	1,289	0,962
Cruzeta - RN	0,555	2,026	0,657	0,677	0,907
Recife - PE	0,72	2,760	0,788	0,812	0,933
Palmeira dos Índios - AL	1,076	4,316	1,132	1,167	0,975
Morro do Chapéu - BA	0,471	2,260	0,564	0,582	0,978
<b>Vento</b>					
<b>Localidade</b>	<b>MAE (m/s)</b>	<b>MAPE (%)</b>	<b>REQM (m/s)</b>	<b>SES (m/s)</b>	<b>r</b>
Piripiri - PI	0,482	34,615	0,550	0,567	0,723
Cruzeta - RN	0,362	13,080	0,435	0,448	0,898
Recife - PE	1,277	86,898	1,336	1,378	0,404
Palmeira dos Índios - AL	0,515	24,185	0,584	0,602	0,854
Morro do Chapéu - BA	0,266	11,036	0,338	0,348	0,941

Ressalta-se que outros pesquisadores compararam os dados de precipitação do projeto CPC/NOAA com os de precipitação observados em estações ou postos pluviométricos, tanto para pequenas áreas, como por exemplo, Sena et al. (2012) que realizaram um estudo para a região do Cariri Paraibano durante o período de 1979 a 2010, e obtiveram boa correlação entre as séries com coeficiente que variaram entre 0,58 a 0,89, todos significantes a 95% de confiança, bem como demonstraram que os dados do CPC/NOAA também conseguiram reproduzir bem o trimestre chuvoso, que ocorre entre os meses de fevereiro a abril, na área em estudo. Enquanto, Juárez et al. (2009) realizaram estudos para uma área cobrindo a parte central do Nordeste confinada entre as latitudes de 10°S e 5°S e as longitudes de 45°W e 35°W, e também concluíram que os dados do CPC/NOAA captam com precisão o ciclo anual e os totais mensais da precipitação da área analisada. Matsunaga et al. (2023) compararam os dados de precipitação do CPC/NOAA com os de estações meteorológicas do estado da Bahia, e também

afirmaram que os dados do CPC/NOAA representam muito bem os dados observados em estações meteorológicas.

De Souza Cardoso & De Quadro (2017), analisaram o desempenho da nova geração de dados de precipitação do Climate Prediction Center (CPC) para região Sul do Brasil e comparou com dados observados em estações meteorológicas INMET e ANA. A acurácia dos dados mostrou bom desempenho dos dados do CPC comparado aos do INMET e ANA e sazonalmente, os dados do CPC apresentaram melhor desempenho em todos os parâmetros estatísticos avaliados.

Observa-se na Tabela 2 que, com exceção da estação do Recife, a variável velocidade do vento apresenta valores de MAE, MAPE, REQM, SES relativamente baixos e coeficiente de correlação elevado indicam que a reanálise ERA5-Land pode ser utilizada para estimativa destas variáveis no NEB, pois até mesmo para a estação do Recife as discrepâncias, com exceção do MAPE, não foram muito elevadas e o coeficiente de correlação foi de 0,404 (Tabela 2), possivelmente estes valores são decorrentes da posição geográfica da estação do Recife, que está em uma área com altitude inferior à sua vizinhança.

Por um lado, Araújo et al., (2022), analisaram estatisticamente a temperatura do ar estimada por reanálise ERA5-Land com dados de superfície para o estado de Pernambuco, e foi concluído que os dados concordam bem com as estações meteorológicas em quase todo o estado, apresentou uma acurácia da temperatura média do ar estimada pelo ERA5-Land com  $r^2=0,98$  e  $REQM=0,60^{\circ}C$ . Por outro lado, Matsunaga et al. (2023) realizaram estudos para o estado da Bahia, comparou as temperaturas obtidas em estações com as do ERA5-Land, para a temperatura mínima obtiveram correlações superiores a 0,85, e para a máxima superior a 0,72, que são estatisticamente significante em 99%, bem como erro percentual de estimativa inferior a 1,1%, para as temperaturas mínimas, e inferior a 1,09% para as temperaturas máxima.

O trabalho realizado por Lompar et al. (2019) analisaram a utilização de dados de temperatura de reanálises ERA5-Land para preenchimento em série da dados meteorológicos incompletas para diferentes paisagens, latitudes e altitudes, incluindo tropicais e latitudes médias. Foi realizada uma avaliação dos resultados em termos de erro quadrático médio (RMSE) obtidos com a utilização de dados horários e diários fornecidos, e o estudo mostrou RMSE médio muito baixo que variam de  $1,1^{\circ}C$  (Montecristo, Itália) a  $1,9^{\circ}C$  (Gumpenstein, Áustria), concluindo que em caso de dados de temperatura não disponível, os dados ERA5-Land podem ser usados para preenchimento de lacunas de temperatura.

Siefert et al. (2021) também avaliaram a performance de três produtos de reanálises (ERA5, GLDAS 2.1 e MERRA-2) para dados de velocidade do vento superficiais em escala diária a partir de dados observacionais de 521 estações meteorológicas para o período de 2000-2018 no Brasil. Dentre os três produtos, o ERA5 apresentou uma maior acurácia para as zonas climáticas do país em termos de tendências médias e sazonalidades. Para a mesma variável, Fernandes et al. (2021) realizou a comparação com observações de vento de três regiões costeiras do Brasil, Maranhão, Santa Catarina e Bacia do Santos com reanálise atmosférica ERA5 do ECMWF e os resultados demonstram que o ERA5 é adequado para análise de escala diária a mensal das velocidades do vento, pois apresentou  $r \geq 0,74$ , porém a resolução do modelo atual impede uma representação próxima da variabilidade diurna em locais onde a brisa do mar é importante componente da circulação.

Além disso, o trabalho realizado por Jiang et al. (2020) analisaram os desvios das medições in situ de 98 locais com dados de radiação horária do ERA5 para a China, e os resultados revelaram que as estimativas da reanálise se correlacionaram bem com as observações do solo e refletem completamente a características regionais e variações diárias em locais individuais.

Contudo, diante da estatística apresentada e dos trabalhos similares já realizados, os dados de reanálises podem ser utilizados para suprir a ausência de registro de dados em estações meteorológicas, surgindo como uma alternativa para realizar e aprimorar os estudos relacionados a mudanças e dados climáticos que dependem de série de dados de longo prazo, como, por exemplo, no NEB.

### *3.2 Relação índices de vegetação e índices climáticos.*

Após a validação dos dados da reanálise, foram obtidas as imagens de NDVI e EVI, calculados o déficit hídrico, os índices climáticos  $I_a$  e  $I_{aUNEP}$  para a área de estudo, sendo este último, um dos índices utilizado atualmente para realizar a classificação climática de Semiárido Brasileiro.

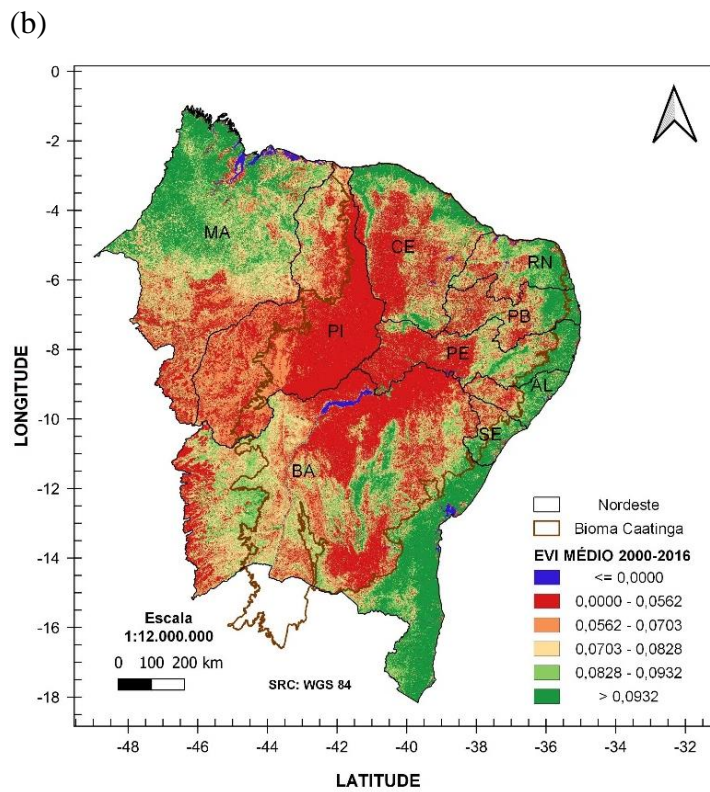
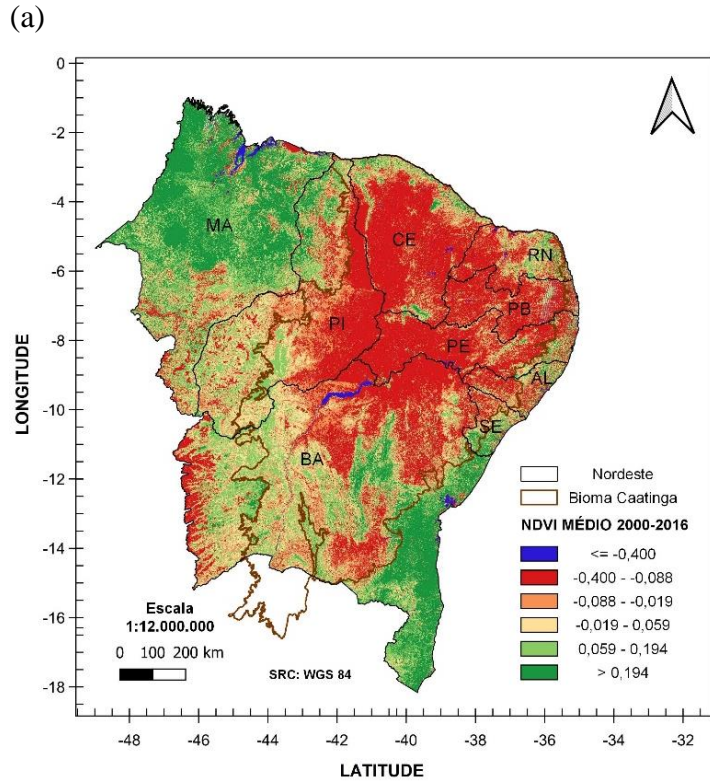
Nas Figura. 2a e b são apresentadas às configurações espaciais de NDVI e EVI médios para o mesmo período utilizado no estudo 2000-2016. Observa-se que os valores de NDVI estão no entre intervalo de -0,400 e 0,194, enquanto os de EVI encontram-se entre 0,000 e 0,0932. É possível observar que a configuração espacial dos índices de vegetação acompanha as dos índices climáticos Figura. 3a e b e Figura. 4, como, por exemplo, para o clima do tipo semiárido

que se estende em toda a região central do Nordeste, compreendendo 53,8% de 1.552.175 km<sup>2</sup>, área total do NEB apresenta os valores de NDVI e EVI extremamente baixos (destacado em vermelho e laranja), isso indica baixa condição hídrica da vegetação, predominantemente a caatinga, que por possuir defesa própria de sua fisiologia vegetal em respostas ao elevado déficit hídrico e aridez para a região (Figura. 3a e b), perdem suas folhas com o objetivo de evitar a transferência do vapor de água para o ar através da transpiração, garantindo assim a sua sobrevivência durante o período seco até haver o retorno das precipitações novamente. Segundo Lima e Carvalho (2018), quanto mais próximo de 1, maior a quantidade de vegetação presente na área de estudo.

Nas Figuras 3a e b são mostrados o índice de aridez e o déficit hídrico da região do NEB, respectivamente, calculados com o uso utilizando os dados de reanálises. Foram observados valores máximos de déficit hídrico de até 1700 mm/ano localizado na mesorregião do Submédio São Francisco e área central do Estado do Rio Grande do Norte, devido esta região apresentar características específicas de temperatura, déficit hídrico e evapotranspiração elevadas, constantemente, e assim provocar valores elevados de aridez, como pode ser visto na Figura. 3 a e b, que comparadas as Figura. 2a e b, podemos enxergar nessas regiões valores de NDVI e EVI extremamente baixos devido às condições climáticas locais que afetam diretamente o comportamento negativo da vegetação.

Trabalho realizado por Marengo et al., (2016) analisou o déficit hídrico do NEB durante os anos de seca 2011-2016, obtendo uma média climatológica para este período na região de apenas 650 mm, onde a maior concentração de déficit hídrico incluiu particularmente o norte da Bahia, oeste do Pernambuco e o leste do Piauí, tendo como resultado estresse hídrico vegetativo, baixa produtividade vegetal e conseqüentemente o aumento de aridez. Ressalta-se que, nestas áreas citadas por Marengo et al., (2016), o índice de aridez e déficit hídrico apresentaram valores elevados (Figura. 3a e b), que podem estar associados ao rigor do período de estiagens que a região tem passado nos no período de 2012 a 2017.

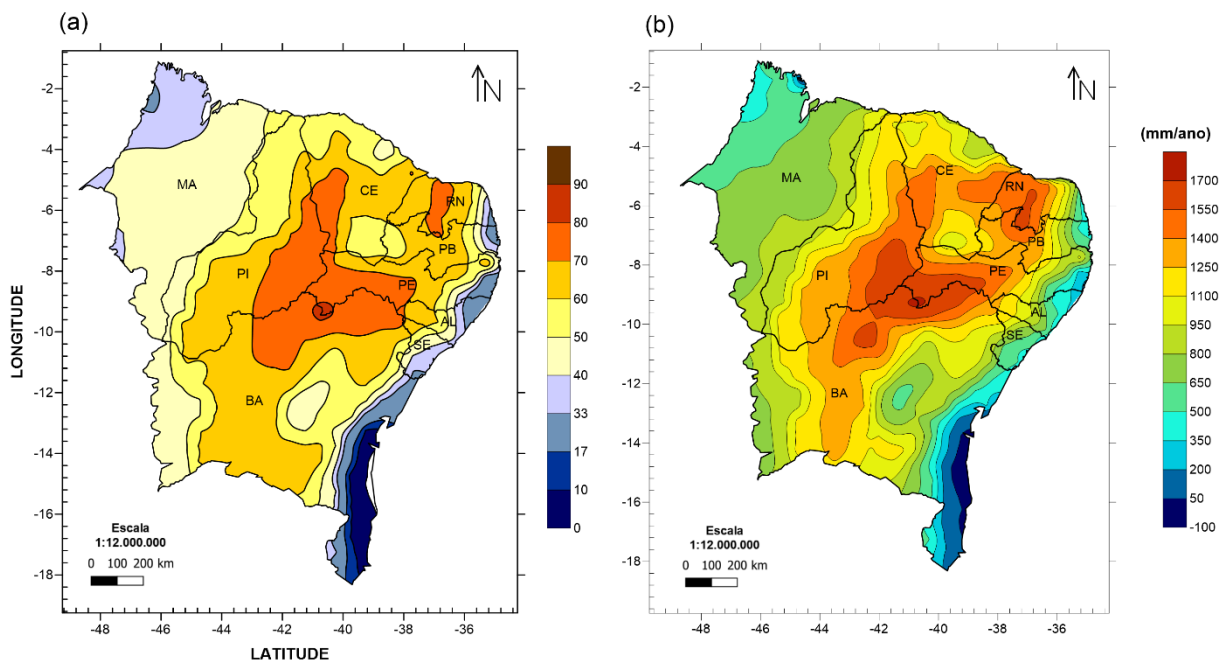
Figura 2. (a) NDVI e (b) EVI médios para o período de 2000-2016.



Lopes et al., (2017) encontraram resultados semelhantes aos apresentados nas Figura. 3a e b, eles realizaram o cálculo do índice de aridez e tendência climática à desertificação para a região semiárida do nordeste brasileiro no período de 1961 a 2015 e concluíram que a região Semiárida do Nordeste do Brasil apresenta tendências estatisticamente significativas de aumento nas condições de aridez e que a região pode se tornar área de grande processo de desertificação.

Na Figura. 4 é mostrada a classificação climática utilizando o  $I_{aUNEP}$ , verifica-se que o  $I_{aUNEP}$  conseguiu representar bem a transição dos tipos climáticos da região litoral ao interior, de úmido a semiárido. A maior área em destaque é a região semiárida com 834.448 km<sup>2</sup>, em que representa 53,8% de 1.552.175 km<sup>2</sup>, área total do NEB. Comparado estes resultados com os de Sales et al. (2021), que realizaram uma classificação climática para região do Nordeste Brasileira, utilizando dados climatológicos do INMET 1981-2010 e o  $I_{aUNEP}$  calculado com o emprego da  $ET_0$  de Penman-Monteith-FAO, obtiveram uma área total de 812.026,9 km<sup>2</sup> de clima semiárido, valor muito próximo ao obtido no presente estudo.

**Figura 3.** (a) Índice de Aridez e (b) Déficit Hídrico (mm/ano).

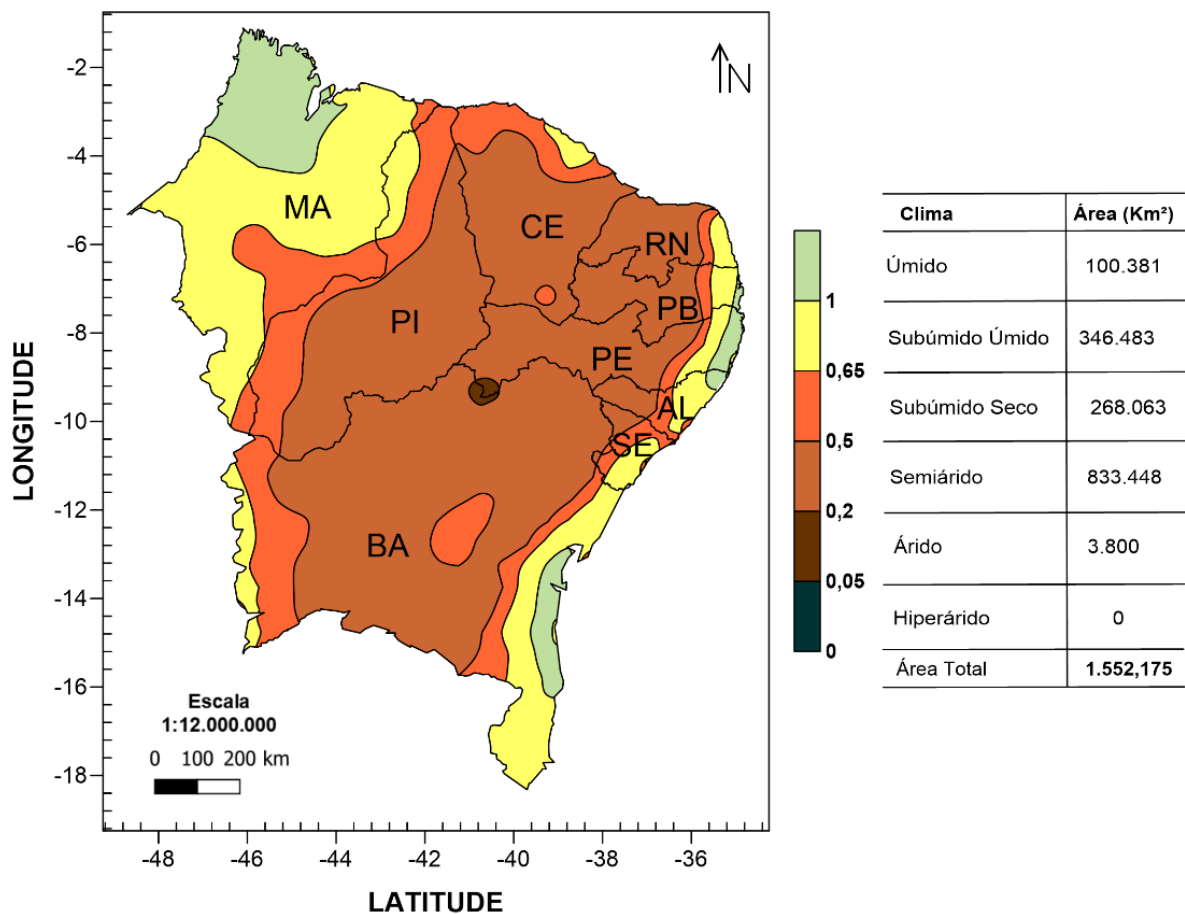


Pode-se observar uma pequena área árida de 3.800 km<sup>2</sup> que está inserida na mesorregião do Submédio São Francisco (Figura. 4), esta região apresenta características específicas de temperatura, evapotranspiração elevadas e precipitação irregular com média anual inferior a

500 mm e à presença de solo exposto (Da Silva Brito et al., 2017; De Andrade Silva et al., 2021).

Comparando as Figura. 3a e b, verifica-se que uma área ampla que se estende deste o Piauí até a divisa da Bahia com Alagoas e Sergipe, apresentou índice de aridez e déficit hídrico elevado, mas não correspondeu a apenas um núcleo pequeno e isolado de clima árido entre Juazeiro-BA e Petrolina-PE como mostrado na Figura. 4, que deveria ter sido maior. Por outro lado, ainda é possível observar que com o uso dos dados do ERA5-Land e CPC/NOAA no cálculo do  $I_{aUNEP}$  é plausível identificar na região central da Bahia-BA e sul do estado do Ceará-CE, áreas de clima subúmido seco, justamente onde fica localizada a chapada diamantina na BA e a Chapada do Araripe no CE, região serrana com altitudes elevadas e precipitação média anual superior as áreas circunvizinhas.

**Figura 4.** Classificação climática para o NEB de acordo com o  $I_{aUNEP}$ .



Quando comparadas as Figura. 2a e b com as Figura. 3a e b e Figura. 4 é possível identificar na região central da Bahia-BA e sul do estado do Ceará-CE, onde fica localizada a chapada diamantina na BA e a Chapada do Araripe no CE, região serrana com altitudes elevadas e precipitação média anual superior as áreas circunvizinhas, área menos árida, com baixo déficit hídrico, clima subúmido seco e NDVI e EVI elevados, isso evidencia que há vegetação com disponibilidade hídrica conforme condições climáticas amena, e corrobora com que os dados de reanálises consegue identificar e se correlacionar bem com as condições favoráveis da vegetação. Além disso, o comportamento dos valores de NDVI e EVI elevados nas regiões litorâneas dos estados do Nordeste acompanha a transição dos tipos de clima úmido até o semiárido, à medida que vai se distanciando para a região central do Nordeste que é mais seco, árido e baixa disponibilidade hídrica da vegetação.

Realizada a mesma comparação que antes, podemos observar na Figura. 4 que na região entre Petrolina e Pernambuco foi obtido o tipo de clima árido que está diretamente associado ao índice de aridez e déficit hídrico (Figura. 3a e b) onde é possível enxergar nos mapas de NDVI e EVI valores muitos baixos, pois indica baixa disponibilidade hídrica para a vegetação nessa região. Da Silva Brito et al. (2017), analisando o comportamento da vegetação nas áreas de Caatinga preservada no município de Petrolina – PE, relataram que a prevalência de valores entre 0 e 0,2 geralmente está associada à presença de solo exposto. Bilar et al. (2018), monitorou a cobertura vegetal por meio de índices biofísicos no Parque Estadual da Mata da Pimenteira (PEMP), região semiárida de Pernambuco, e encontraram resultados semelhantes, em que em 2016, no início do período mais seco da região, para o NDVI os resultados dos índices foram inferiores a 0,40, com a indicação de alto estresse hídrico, ausência de folhas e grandes áreas de solo exposto.

Desta forma é possível observar que os valores de NDVI e EVI com baixa aridez, baixo déficit e tipo de clima mais úmido, apresentaram valores na faixa de 0,059 - > 0,194 e 0,0828 - > 0,0932 indicando maior presença de umidade no solo, planta e menor estresse hídrico. O contrário acontece quando tem elevada aridez, alto déficit hídrico e tipo de clima mais seco (árido e semiárido) em que apresentam valores de NDVI e EVI mais baixos, que estão relacionados a menor presença de umidade no solo e planta. A combinação de mudanças climáticas na carência ou falta de chuvas, seguidas de altas temperaturas e altas taxas de evaporação e concorrência por recursos hídricos, pode levar a uma crise potencialmente desastrosa onde as populações mais pobres são as mais vulneráveis, como os agricultores do



semiárido do Nordeste, pois a região já enfrenta um problema crônico de escassez hídrica (Marengo et al., 2016).

Silva et al., (2020) realizou os cálculos de índices de seca, aridez e de vegetação a fim de estabelecer diagnósticos e prognósticos que ajudem na gestão dos recursos hídricos. Foi obtida correlações espaciais e pontuais afirmando que o uso de índices de vegetação como o NDVI e EVI obtidos por meio de sensoriamento remoto pode ser empregado como método alternativo aos índices físicos, de seca e de aridez, como ferramenta para o monitoramento de eventos extremos, assim como, indicação de áreas susceptíveis ao processo de desertificação. Além disso, podem auxiliar na gestão dos recursos hídricos pelos órgãos gestores, indicando a evolução dos fenômenos hidrológicos extremos, sugerindo a adoção de ações preventivas e mitigadoras quanto ao uso prioritário da água.

Finalmente, comparando a Figura 2 com as 3 e 4 observa-se que, com exceção das áreas densamente antropizadas, como o extremo oeste da Bahia, em geral, as áreas que apresentam clima com maior grau de aridez e maior déficit hídrico na atmosfera são as que apresentam menores índices de vegetação, o que demonstra o alto grau de vulnerabilidade destas áreas, apontando que é muito proeminente o uso racional das terras, com preservação e recuperação da cobertura original. Dentro deste contexto, é descrever as observações de Lacerda et al. (2020) que descreveram esclareceram que a vulnerabilidade ambiental do semiárido está associada ao clima da região, e isto impõe a necessidade de recuperação e de preservação da cobertura natural, já que qualquer alteração feita nela, tem como consequência mudança no tipo de clima mais seco, desta forma é preciso utilizar práticas indutoras de prosperidade social em harmonia com o ambiente. Portanto, as informações geradas no presente estudo são importantes para subsidiar ações de recuperação de áreas degradadas, criação de políticas públicas, planejamento e gestão ambiental.

## Conclusões

- Os dados de reanálise ERA5-Land e de precipitação do CPC/NOAA são confiáveis e podem ser utilizados, na ausência de dados observados ou duvidosos, para estudos e análises climáticas e ambientais no NEB.
- As configurações espaciais obtidas para os índices de aridez e o déficit hídrico da atmosfera proposto por Thornthwaite e do índice de aridez do UNEP obtidas com os dados da reanálise captaram as condições detalhadas da climatologia regional, isto confirma que os dados de

reanálise é uma excelente fonte de dados estudos ambientais no NEB, principalmente na ausência de dados observados.

- Os padrões espaciais de NDVI e EVI foram eficazes para a compreensão da variabilidade espacial, do vigor vegetativo e da presença de umidade nas áreas vegetativas da área estudada por terem sido condizentes com os tipos de clima obtido. As regiões mais secas revelaram menor exuberância da vegetação, em relação as mais úmidas, indicando que os índices de vegetação são ferramentas adicionais que podem ser utilizados na elaboração da classificação climática da região.
- Os resultados obtidos corroboram com a possibilidade de uso de métodos alternativos para o acompanhamento e monitoramento da seca e da aridez na área de estudo, utilizando índices climáticos, obtidos por dados de reanálise e estações, e NDVI e EVI.

### Referências Bibliográficas

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56*. Fao, Rome, 300(9), D05109.
- Aragão, L. E., Anderson, L. O., Fonseca, M. G., Rosan, T. M., Vedovato, L. B., Wagner, F. H., ... & Saatchi, S. (2018). *21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions*. *Nature communications*, 9(1), 536. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02771-y>.
- Araújo, C. S. P. D., Silva, I. A. C. E., Ippolito, M., & Almeida, C. D. G. C. D. (2022). *Evaluation of air temperature estimated by ERA5-Land reanalysis using surface data in Pernambuco, Brazil*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(5), 381. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10047-2>.
- Bilar, A. B. C., de Mendonça Pimentel, R. M., & Cerqueira, M. A. (2018). *Monitoramento da cobertura vegetal através de índices biofísicos e gestão de áreas protegidas*. *Geosul*, 33(68), 236-259. <http://dx.doi.org/10.5007/2177-5230.2018v33n68p236>.
- Muñoz-Sabater, J., Dutra, E., Agustí-Panareda, A., Albergel, C., Arduini, G., Balsamo, G., ... & Thépaut, J. N. (2021). *ERA5-Land: A state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications*. *Earth system science data*, 13(9), 4349-4383. <https://doi.org/10.5194/essd-13-4349-2021>.
- Da Silva Brito, P. V., Morais, Y. C. B., dos Santos Ferreira, H., da Silva, J. F., & Galvêncio, J. D. (2017). *Análise comparativa da umidade da vegetação de áreas de caatinga preservada, agricultura irrigada e sequeiro*. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 493-498. <https://doi.org/10.24221/jeap.2.4.2017.1481.493-498>.
- De Souza Cardoso, C., & de Quadro, M. F. L. (2017). *Análise comparativa de dados de precipitação gerados pelo "Climate Prediction Center-CPC" versus dados observados para o*

*Sul do Brasil*. Revista Brasileira de Geografia Física, 10(04), 1180-1198. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v10.4.p1180-1198>.

Chen, M., Shi, W., Xie, P., Silva, V. B., Kousky, V. E., Wayne Higgins, R., & Janowiak, J. E. (2008). *Assessing objective techniques for gauge-based analyses of global daily precipitation*. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 113(D4). <https://doi.org/10.1029/2007JD009132>.

Dantas, R. T., Marengo, J. A., Ambrizzi, T., & Torres, R. R. (2020). *Climate change scenarios over Northeast Brazil for the 21st century using the Eta regional climate model at 5-km resolution*. Journal of Climate, 33(8), 3063-3082.

De Andrade Silva, G., & de Andrade Farias, C. W. L. (2021). *Análise espaço-temporal da vegetação no semiárido do Nordeste brasileiro utilizando parâmetros biofísicos*. Revista Semiárido De Visu, 9(3), 195-203. <https://doi.org/10.31416/rsdv.v9i3.232>.

Domingues, M. O., Costa, J. C. F., Sousa, A. M. O., Lima, V. C., & Silva, A. L. (2019). *Assessing spatiotemporal changes of vegetation in northeastern Brazil using multiple vegetation indices and machine learning algorithms*. Journal of Arid Environments, 170, 1(13). <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.104015>.

European Centre for Medium-Range Weather Forecasts – ECMWF (2021). Disponível em: <https://www.ecmwf.int>. Acesso em: 05 jan. 2021.

Jingyun, F., Yongchang, S., Hongyan, L., & Shilong, P. (2002). *Vegetation-climate relationship and its application in the division of vegetation zone in China*. Acta Botanica Sinica, 44(9), 1105-1122. <https://doi.org/10.3321/j.issn:1672-9072.2002.05.005>.

Feindouno, S., Guillaumont, P., & Simonet, C. (2020). *The physical vulnerability to climate change index: An index to be used for international policy*. Ecological Economics, 176, 106752. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106752>.

Fernandes, I. G., Pimenta, F. M., Saavedra, O. R., & Silva, A. R. (2021). *Offshore validation of ERA5 reanalysis with hub height wind observations of Brazil*. IEEE PES innovative smart grid technologies conference-Latin America, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ISGTLatinAmerica52371.2021.9542993>.

Gleixner, S., Demissie, T., & Diro, G. T. (2020). *Did ERA5 improve temperature and precipitation reanalysis over East Africa?*. Atmosphere, 11(9), 996. <https://doi.org/10.3390/atmos11090996>.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. *Normais Climatológicas do Brasil 1991-2020*. Brasília: Inmet, 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais> (acessado em 26 de setembro de 2023).

Jiang, Y., Shi, C., Chen, Y., Luo, Y., Li, B. (2020). *Spatiotemporal dynamics of vegetation cover and their response to climate change in the Hunshandake Sandy Land, China*. Sustainability, 12(11). <https://doi.org/10.3390/su12114511>.

- Juárez, R. I. N., Li, W., Fu, R., Fernandes, K., & de Oliveira Cardoso, A. (2009). *Comparison of precipitation datasets over the tropical South American and African continents*. *Journal of hydrometeorology*, 10(1), 289-299.
- Lacerda, F. F., Lopes, G. M. B., & de Albuquerque, M. M. (2020). *Viveiros educadores na Caatinga—mitigação aos efeitos da mudança do clima no semiárido brasileiro*. *Agrometeoros*, 26(2). <http://dx.doi.org/10.31062/agrom.v26i2.26412>.
- Lima, L. B., & de Carvalho, H. D. S. *A evolução do índice de vegetação e água como indicadores da ocorrência de desmatamento na APA Serra Branca/Raso da Catarina em Jeremoabo—BA*.
- Lompar, M., Lalić, B., Dekić, L., & Petrić, M. (2019). *Filling gaps in hourly air temperature data using debiased ERA5 data*. *Atmosphere*, 10(1), 13.
- Longo-Minnolo, G., Vanella, D., Consoli, S., Pappalardo, S., & Ramírez-Cuesta, J. M. (2022). *Assessing the use of ERA5-Land reanalysis and spatial interpolation methods for retrieving precipitation estimates at basin scale*. *Atmospheric Research*, 271, 106131. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2022.106131>.
- Lopes, I., SANTOS, S. D., Leal, B. G., & MELO, J. (2017). *Variação do índice de aridez e tendência climática à desertificação para a região semiárida do nordeste brasileiro*. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 10(4), 1014-1026. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v10.4.p1014-1026>.
- Marengo, J. A., Cunha, A. P., & Alves, L. M. (2016). *A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico*. *Revista Climanalise*, 3(1), 49-54.
- Matsunaga, W. K., Sales, E. S. G., Júnior, G. C. A., Silva, M. T., Lacerda, F. F., de Paiva Lima, E., ... & de Brito, J. I. B. (2023). *Application of ERA5-Land reanalysis data in zoning of climate risk for corn in the state of Bahia—Brazil*. *Theoretical and Applied Climatology*, 1-19. <https://doi.org/10.1007/s00704-023-04670-3>.
- McNicholl, B., Lee, Y. H., Campbell, A. G., & Dev, S. (2021). *Evaluating the reliability of air temperature from ERA5 reanalysis data*. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 19, 1-5. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2021.3137643>.
- Middleton, N., Thomas, D. *World Atlas of Desertification*. London: UNEP, 1992.
- Middleton, N., Thomas, D. *World Atlas of Desertification*. London: UNEP, 1997.
- Oliver, J. E. (1978). *Climate and man's environment: an introduction to applied climatology*.
- Paredes, J. A., Bravo, M. A., Ferrada, P. A. (2020). *Evaluation of ERA5 Reanalysis and RCP 4.5 Climate Scenarios in the Hydrological Simulation of Chilean High Andes Catchments*. *Water*, 12 (5). <https://doi.org/10.3390/w12051315>.
- Wang, Z., Wu, J., Niu, B., He, Y., Zu, J., Li, M., & Zhang, X. (2020). *Vegetation expansion on the Tibetan Plateau and its relationship with climate change*. *Remote Sensing*, 12(24), 4150. <https://doi.org/10.3390/rs12244150>.

- QIU, Shi et al. *Can Landsat 7 preserve its science capability with a drifting orbit?*. Science of Remote Sensing, v. 4, p. 100026, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.srs.2021.100026>.
- Ribeiro Neto, G. L., Sato, M. I., Silva, M. E. S., Ferreira, R. N., & Souza, A. R. (2020). *Estimating rainfall from weather radar using the random forest regression algorithm: case study in northeast Brazil*. Hydrology Research, 51(5), 739-752. <https://doi.org/10.2166/nh.2020.157>.
- Rocha, A. H., Ambrizzi, T., Marengo, J. A., & Kayano, M. T. (2021). *Precipitation and surface air temperature variability over northeastern Brazil under different El Niño-Southern Oscillation regimes*. International Journal of Climatology, 41(1), E30-E50. <https://doi.org/10.1002/joc.6611>.
- Rolim, G. S., Sentelhas, P. C., & Barbieri, V. (1998). *Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial*. Revista Brasileira de Agrometeorologia, 6, 133-137.
- Sales, E. S. G., Matsunaga, W. K., Nunes, M. M. A. M., Baracuy, J. H., Da Cunha Campos, J. M. A., & De Brito, J. I. B. (2021). *Classificação de áreas semiáridas e subúmidas secas utilizando diferentes índices climáticos*. Revista Brasileira de Geografia Física, 14, 479-491. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.2.p479-491>.
- Santos, F. A., Soares, J. V., Carvalho, D. F., & Oliveira, R. S. (2022). *Long-term variability and trend analysis of the rainfall distribution in the state of Bahia, Northeast Brazil*. Theoretical and Applied Climatology, 148(3-4), 1423-1433. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03838-4>
- Schumacher, R. S., Jarosch, A. H., Ellis, R. J., & Crothers, S. R. (2020). *Quantifying the potential of ERA5 data for hydrological modelling in poorly-gauged catchments*. Journal of Hydrology, 589. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125175>.
- Sena, J. P. O., Melo, J. S., Lucena, D. B., Melo, E. C. S. (2012). *Comparação entre dados de chuva derivados do Climate Prediction Center e observados para a região do Cariri Paraibano*. Revista Brasileira de Geografia Física 2, 412-420. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v5i2.232810>.
- Siefert, C. A. C., Dombrowski Netto, N., Marangon, F. H. S., Schultz, G. B., Silva, L. M. D. R., Fontenelle, T. H., & Santos, I. D. (2022). *Avaliação de Séries de Velocidade do Vento de Produtos de Reanálises Climáticas para o Brasil*. Revista Brasileira de Meteorologia, 36, 689-701. <https://doi.org/10.1590/0102-7786360026>.
- Silva, A. J. A., Bezerra, J. F., Marengo, J. A., & Santos, T. A. (2021). *Analysis of Dry Spells in Northeast Brazil Based on TRMM Data*. Advances in Meteorology, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2021/8864561>.
- Silva, M. E. S., Santos, T. A., Marengo, J. A., & Correa, D. S. (2020). *A Comparative Analysis of GCM and RCM Projections of Precipitation Extremes over Northeast Brazil*. Water, 12(7), 1985. <https://doi.org/10.3390/w12071985>.
- Souza, R. S., Silva, A. J. A., & Lopes, A. V. (2020). *Precipitation trends and variability over northeast Brazil: Long-term analysis (1912-2015)*. Atmospheric Research, 246, 105107. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105107>.

SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. (2021). *Delimitação do Semiárido – 2021: Relatório Final*. Recife, 272 pp.

Thornthwaite, C. W. (1948). *An approach toward a rational classification of climate*. Geographical review, 38(1), 55-94.

Thornthwaite, C., Matter, J. *The water balance, publication in climatology*. Centerton: Drexel Institute of Technology, 1955.

UNEP. United Nations Environment Programme. (1992). *World Atlas of Desertification*. Londres, 69 pp.

Vanella, D., Longo-Minnolo, G., Belfiore, O. R., Ramírez-Cuesta, J. M., Pappalardo, S., Consoli, S., ... & Gandolfi, C. (2022). *Comparing the use of ERA5 reanalysis dataset and ground-based agrometeorological data under different climates and topography in Italy*. Journal of Hydrology: Regional Studies, 42, 101182. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101182>.

Wang, L., Gao, Y., Chen, Y., Wang, Y., & Zhang, Y. (2021). *Evaluation of the ERA5 reanalysis dataset for the simulation of precipitation extremes in China*. Journal of Hydrology, 606, 126978. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126978>.

Wu, G., Qin, S., Mao, Y., Ma, Z., & Shi, C. (2022). *Validation of precipitation events in ERA5 to gauge observations during warm seasons over eastern China*. Journal of Hydrometeorology, 23(5), 807-822. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-21-0195.1>.

Wulder, M. A., Loveland, T. R., Roy, D. P., Crawford, C. J., Masek, J. G., Woodcock, C. E., ... & Zhu, Z. (2019). *Current status of Landsat program, science, and applications*. Remote sensing of environment, 225, 127-147. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.015>.

Xavier, A. C., Scanlon, B. R., King, C. W., & Alves, A. I. (2022). *New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020)*. International Journal of Climatology, 42(16), 8390-8404. <https://doi.org/10.1002/joc.7731>.

Xu, X., Huang, X., Zhao, X., Yan, Q., Yang, L., & Li, Z. (2022). *Monitoring the impact of climate variability on vegetation dynamics in the Northeast China Transect using remote sensing data*. Remote Sensing, 14(6), 1139. <https://doi.org/10.3390/rs14061139>.

Zhang, L., Zhu, G., Xiao, P., Zhao, L., & Wang, J. (2021). *Spatiotemporal variation of vegetation response to climate change in the eastern edge of the Qinghai-Tibetan Plateau*. Journal of Environmental Management, 298. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113538>.

Zhu, X., Xu, L., Xie, Y., Zhang, X., Huang, J., & Gong, Y. (2021). *Responses of vegetation to climate change and human activities in a semi-arid region of the Chinese Loess Plateau*. Ecological Indicators, 126. <https://doi.org/10.3878/j.issn.1006-9895.2210.22048>.

Zhu, Z., Wulder, M. A., Roy, D. P., Woodcock, C. E., Hansen, M. C., Radeloff, V. C., ... & Scambos, T. A. (2019). *Benefits of the free and open Landsat data policy*. Remote Sensing of Environment, 224, 382-385. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.01.016>.