

---

## CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS E REGIME HÍDRICO DA MICRORREGIÃO DE RECIFE, PERNAMBUCO

Eberson Pessoa **RIBEIRO**

Doutor em Geografia. Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Pernambuco – IFPE  
E-mail: ebersonpessoa@recife.ifpe.edu.br

Gabriel Victor Silva do **NASCIMENTO**

Graduando em Geografia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Pernambuco – IFPE  
E-mail: nascimento.gabriel@outlook.com.br

*Recebido  
Março de 2020*

*Aceito  
Junho de 2020*

*Publicado  
Julho 2020*

**RESUMO:** Investigar os períodos secos e chuvosos e suas variações intrasazonal e interanual é essencial para o planejamento urbano-ambiental e, conseqüentemente, para a gestão hídrica. Assim, realizou-se o balanço hídrico climatológico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) com o objetivo de analisar a variabilidade espaço-temporal da temperatura do ar, evapotranspiração potencial e real, além do regime hídrico da microrregião de Recife. Utilizaram-se valores médios mensais da precipitação pluviométrica da série histórica de 1967 a 2017 – dados obtidos através de oito (8) estações regidas pela Agência Pernambucana de Águas e Climas. Os dados médios de temperatura do ar, para o mesmo período e localidades das estações, foram obtidos por meio do *software* Estima\_T. Saliencia-se que foi empregado o ArcGis 10.1 para o mapeamento temático dos parâmetros analisados. Para a realização do balanço hídrico climatológico foi adotado a capacidade de água no solo de 100 mm. Os resultados indicam para a referida área que a temperatura média do ar é de 25°C, variando entre 26,4°C (verão) a 23,1°C (inverno). A precipitação diminui no sentido leste-oeste, além de possuir um período seco, agosto a março, com precipitação média mensal de 80 mm; e outro chuvoso, abril a julho, com uma média de 230 mm. Verificou-se também a variabilidade espaço-temporal dos parâmetros do balanço hídrico. Os maiores índices de evapotranspiração potencial ocorrem de dezembro a março e a evapotranspiração real, excedente hídrico e reposição hídrica diminuem do litoral para o interior, ocorrendo o inverso para a deficiência hídrica, devido a menor disponibilidade de água no solo.

**Palavras-chave:** Balanço hídrico climatológico. Variabilidade espaço-temporal. Precipitação.

## CLIMATIC CHARACTERISTICS AND WATER REGIME OF THE MICRO-REGION OF RECIFE, PERNAMBUCO

**ABSTRACT:** Investigating dry and rainy periods and their intraseasonal and interannual variations is essential for the urban-environmental planning and, consequently, for water management. Thus, the climatic water balance was carried out by the Thornthwaite & Mather method (1955) in order to analyze the space-time variability of the air temperature, potential and real evapotranspiration, in addition to the water regime of the micro-region of Recife. Average monthly rainfall values from the 1967-2017 historical series were used - data obtained from eight (8) stations managed by the Water and Climate Agency of Pernambuco. Average air temperature data, for the same period and locations of stations, were obtained using the Estima\_T software. The ArcGis 10.1 software was used for thematic mapping of the analyzed parameters. To carry out the climatic water balance, soil water capacity of 100 mm was adopted. The results indicate that the area has average air temperature of 25°C, ranging from 26.4°C (summer) to 23.1°C (winter). Precipitation decreases in the east-west direction, with a dry period from August to March, with average monthly rainfall of 80 mm; and a rainy period, from April to July, with average of 230 mm. The space-time variability of water balance parameters was also verified. The highest rates of potential evapotranspiration occur from December to March and the real evapotranspiration, water surplus and water replacement decrease from the coast to the inland, with the opposite occurring for water deficiency, due to less water availability in the soil.

**Keywords:** Climatic water balance. Time-space variability. Precipitation.

## CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS Y REGIMEN HÍDRICO DE LA MICRORREGIÓN DE RECIFE, PERNAMBUCO

**RESUMEN:** Para la planificación urbana-ambiental y, como resultado, para la gestión hídrica, es esencial investigar los períodos secos y lluviosos y sus variaciones intraestacional e interanual. De ese modo, se realizó el balance hídrico climatológico por el método de Thornthwaite & Mather (1955) con el objetivo de analizar la variabilidad espacio-temporal de la temperatura del aire, la potencial y la evapotranspiración real, además del régimen hídrico de la microrregión de Recife. Se utilizaron valores promedios mensuales de precipitación pluviométrica de la serie histórica de 1967 a 2017 – datos obtenidos a través de ocho (8) estaciones administradas por la Agencia Pernambucana de Aguas y Climas. Los datos promedios de temperatura del aire, para el mismo período y localidades de las estaciones, fueron obtenidos por medio del *software* Estima\_T. Se destaca que fue empleado ArcGis 10.1 para mapear temáticamente los parámetros analizados. Para realizar el balance hídrico climatológico se adaptó la capacidad de agua en el suelo de 100 mm. Para el área mencionada, los resultados muestran que la temperatura promedio del aire es de 25°C, variando entre 26,4°C (verano) y 23,1°C (invierno). La precipitación es disminuyen en el sentido este-oeste, además de poseer un período seco, agosto a marzo, con precipitaciones promedio mensual de 80 mm; y otro lluvioso, abril a julio, con un promedio de 230 mm. También se verificó la variabilidad espacio-temporal de los parámetros del balance hídrico. Las tasas más altas de evapotranspiración potencial ocurren de diciembre a marzo y la evapotranspiración real, excedente hídrico y reposición hídrica disminuyen desde la costa hacia el interior, con lo contrario para la deficiencia hídrica, debido a la menor disponibilidad de agua en el suelo.

**Palabras clave:** Balance hídrico climatológico. Variabilidad espacio temporal. Precipitación.

## INTRODUÇÃO

O Balanço Hídrico Climatológico (BHC) desenvolvido por Thornthwaite & Mather (1955) é um método que tem como objetivos a classificação climática por meio da contabilização dos índices de aridez, umidade e hídrico, bem como determinar o zoneamento agroclimático. É empregado também para caracterizar a disponibilidade hídrica regional, períodos de cheias e secas e seus efeitos (SILVA; BRACHT, 2010).

Portanto, o BHC é uma forma eficaz para se realizar a estimativa do potencial hídrico de uma localidade por considerar fatores edafoclimáticos (relevo, litologia, tipo de solo, temperatura, precipitação, umidade do ar, radiação, vento, entre outros), os quais interferem no armazenamento de água no solo, dependendo de suas características físicas, principalmente, associadas à precipitação e à evapotranspiração (LOPES; MELO; LEAL, 2017). Conforme Carvalho et al. (2011) o BHC é frequentemente empregado na escala temporal (mensal e anual) elaborado a partir das normais climatológicas de temperatura do ar e precipitação pluviométrica, utilizadas para estimar a evapotranspiração real, a deficiência e excedente hídrico, a reposição e retirada hídrica do solo de uma região, bem como suas variações estacionais e espaciais.

O município de Recife destaca-se por sua concentração populacional, econômica e seus arranjos urbanos (CAVALCANTI, 2015), não só esse município, mas todos que compõem a microrregião de Recife, cada um com suas particularidades fisiográficas. Dessa forma, a compreensão do clima local e de seu regime hídrico, torna-se essencial, pois possibilita conhecer o comportamento climático para essa área.

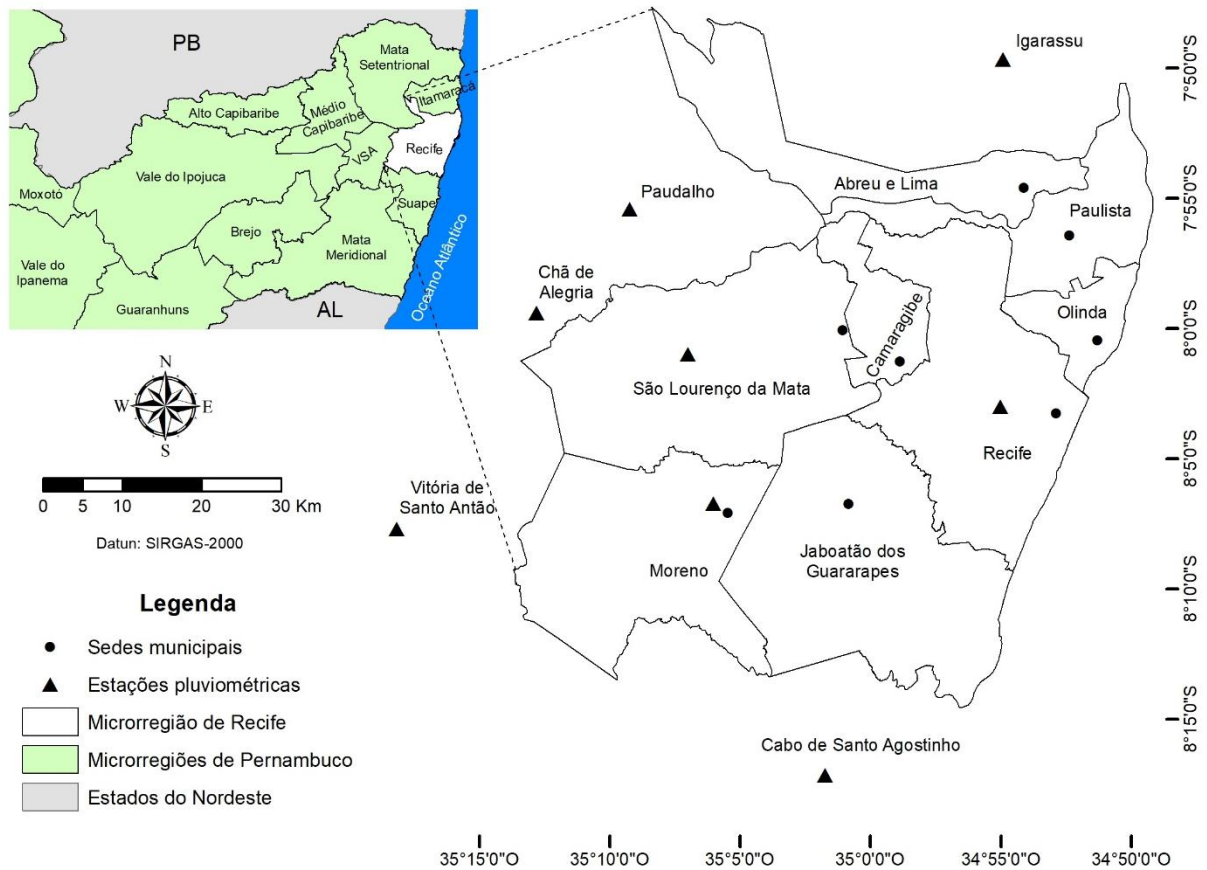
Segundo Nóbrega; Santos; Moreira (2016), a cidade de Recife atualmente está com a urbanização bem configurada na direção centro-sul, com intenso processo de verticalização das construções civis e conseqüentemente, diminuição da vegetação. Com o crescimento do adensamento construtivo que a região metropolitana no eixo oeste se constata a expansão de área urbana, adensamento da verticalização, desativação e introdução de novos usos em antigas áreas industriais com diferentes usos do solo, morfologia e distribuição irregular da vegetação.

Diante do reconhecimento das dificuldades de gestão urbano-ambiental da microrregião pesquisada e com o intuito de trazer evidências que servirão como base para a elaboração de medidas para prevenção e mitigação de alagamentos, inundações e deslizamentos de barreiras esta pesquisa teve como objetivo analisar a variabilidade espaço-temporal da temperatura do ar, evapotranspiração potencial e real, além do regime hídrico da microrregião de Recife.

## METODOLOGIA

A área de estudo refere-se a microrregião de Recife, localizada na mesorregião Metropolitana do Recife, na qual compõe os municípios de Abreu e Lima, Camaragibe, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Olinda, Paulista, Recife e São Lourenço da Mata (PERNAMBUCO, 2020). A Figura 1 representa a localização espacial da microrregião analisada, bem como as estações pluviométricas utilizadas na presente pesquisa.

Figura 1 – Localização da microrregião de Recife



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Os elementos climáticos empregados para a elaboração dos parâmetros pesquisados foram a precipitação pluviométrica e temperatura média do ar. Dessa forma, utilizaram-se valores médios anuais da precipitação da série histórica de 1967 a 2017, obtidos de oito (8) estações pluviométricas distribuídas na microrregião, adquiridos no *site* da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). Na Tabela 1 encontra-se as informações das estações pluviométricas utilizadas.

Tabela 1 – Estações pluviométricas e térmicas utilizadas na pesquisa

Nº	Código	Município / posto	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1	205	Moreno	-8,11222	-35,100278	92
2	30	Recife (Várzea)	-8,05	-34,916667	5
3	363	São Lourenço da Mata	-8,01667	-35,116667	80
4	100	Igarassu	-7,82806	-34,915	22
5	112	Cabo de Santo Agostinho	-8,28583	-35,028889	18
6	98	Paudalho	-7,92389	-35,153889	69
7	522	Chã de Alegria	-7,99028	-35,213333	100
8	26	Vitória de Santo Antão	-8,12833	-35,302778	165

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Já para a obtenção dos dados médios anuais de temperatura do ar das localidades das estações pluviométricas para o mesmo período, empregou-se o *software* Estima\_T, elaborado por Cavalcanti; Silva; Sousa (2006) e disponível em <http://www.dca.ufcg.edu.br/download/estimat.htm>, o qual estima temperaturas do ar na Região Nordeste do Brasil por meio de regressões múltiplas em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude.

O BHC foi calculado pelo método de Thornthwaite & Mather (1955) no qual aplicou-se a capacidade de água disponível no solo (CAD) aplicada em 100 mm. A seleção desse valor para a CAD se justifica ao considerar as propriedades físico-hídricas dos solos (textura e estrutura), comparando solos arenosos e argilosos, contudo pode ser feita em função do tipo de cultura ao qual se quer aplicá-lo, pois é comumente utilizado para vegetação em geral, culturas perenes e para estudos de classificação climática (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007; CAMPOS; SILVA, 2010; CECÍLIO et al., 2012).

Utilizou como dados de entrada as médias mensais de temperatura do ar e da precipitação. A estimativa da evapotranspiração potencial corrigida consiste no cálculo da Equação 1 pelo método de Thornthwaite (1948):

$$ETP = f \cdot 16 \left( \frac{10 \cdot t}{I} \right)^a \quad (1).$$

Em que: ETP é a evapotranspiração potencial corrigida; f é o fator de correção em função da latitude, 8°S para a área estudada, e mês do ano (Tabela 2); t é a temperatura média mensal (°C); I é o índice de calor anual; e "a" uma constante que varia de local para local. O índice de calor anual foi obtido pela Equação 2:

$$I = \sum_{1}^{12} \left( \frac{t}{5} \right)^{1.514} \quad (2).$$

O índice térmico regional “a” é uma função de I, a qual é calculado pela Equação 3:

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,7292 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239 \quad (3).$$

Tabela 2 – Valores do fator de correção para o cálculo da evapotranspiração potencial em função da latitude e mês do ano

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
0	1,033	0,933	1,033	1,000	1,033	1,000	1,033	1,033	1,000	1,033	1,000	1,033
2°S	1,042	0,938	1,034	0,996	1,025	0,991	1,024	1,028	0,999	1,037	1,008	1,043
4°S	1,051	0,943	1,035	0,993	1,018	0,981	1,016	1,022	0,998	1,041	1,015	1,053
6°S	1,060	0,948	1,036	0,989	1,010	0,971	1,007	1,017	0,997	1,045	1,023	1,063
<b>8°S</b>	<b>1,069</b>	<b>0,953</b>	<b>1,037</b>	<b>0,985</b>	<b>1,002</b>	<b>0,962</b>	<b>0,998</b>	<b>1,011</b>	<b>0,996</b>	<b>1,049</b>	<b>1,031</b>	<b>1,073</b>
10°S	1,078	0,958	1,038	0,981	0,994	0,952	0,988	1,006	0,995	1,054	1,039	1,083

Fonte: Adaptado de Thornthwaite (1948).

Para obtenção da evapotranspiração potencial corrigida, realizou-se as etapas seguintes do BHC pelo método proposto por Thornthwaite & Mather (1955). Primeiramente, foi calculada a estimativa do armazenamento de água no solo (ARM) através dos critérios das Equações 4 e 5 para as estações secas e para as estações chuvosas pela Equação 6, neste último caso o ARM constituiu primeiro cálculo:

$$\text{Se } \text{NegAc} = 0 \quad \text{ARM} = \text{CAD} \quad (4)$$

$$\text{Se } \text{NegAc} < 0 \quad \text{ARM} = \text{CAD} e^{[\text{NegAc}/\text{CAD}]} \quad (5)$$

$$\text{ARM}_m = \text{ARM}_{m-1} + (P - \text{ETP})_m \quad (6)$$

Sendo: “m” referente ao mês analisado; P – ETP é a diferença entre a precipitação (P) e a evapotranspiração potencial (ETP); NegAc é o parâmetro negativo acumulado, o qual foi avaliado pelas Equações 7 e 8 para estações secas e pela Equação 9 para as estações chuvosas:

$$\text{Se } P - \text{ETP} \geq 0 \quad \text{NegAc} = 0 \quad (7)$$

$$\text{Se } P - \text{ETP} < 0 \quad \text{NegAc} = \text{NegAc}_{m-1} + (P - \text{ETP}) \quad (8)$$

$$\text{NegAc} = \text{CAD} \ln (\text{ARM}/\text{CAD}) \quad (9).$$

Em seguida calculou-se a evapotranspiração real (ETR) pelas Equações 10 e 11:

$$\text{Se } (P - \text{ETP}) \geq 0 \quad \text{ETR} = \text{ETP} \quad (10)$$

$$\text{Se } (P - \text{ETP}) < 0 \quad \text{ETR} = P - \text{ALT} \quad (11).$$

A alteração da umidade do solo (ALT) foi estimada pela equação:  $\text{ALT} = \text{ARMM} - \text{ARMM}-1$ . A partir desses dados pode-se avaliar a deficiência hídrica (DEF) pela diferença entre evapotranspiração potencial (ETP) menos (-) a evapotranspiração real (ETR).

Enquanto que para o excedente hídrico (EXC) empregou-se o cômputo  $\text{EXC} = (P - \text{ETP}) - \text{ALT}$  apenas para os valores positivos, em que  $(P - \text{ETP}) > 0$  e  $\text{ARM} = \text{CAD}$ . Já

quando o valor apresentar-se negativo aplicou-se a importância zero. Por fim, avaliou-se a estimativa de reposição (R) por meio das Equações 12 e 13:

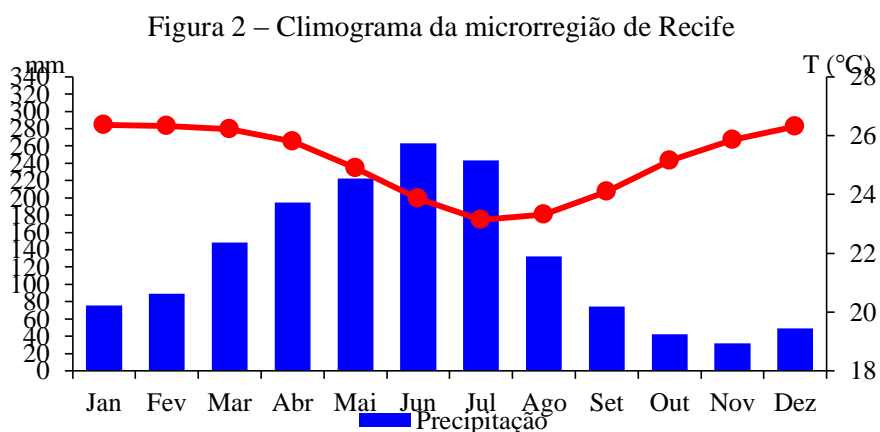
$$\text{Se } ALT \leq 0 \quad R = ETR \quad (12)$$

$$\text{Se } ALT > 0 \quad R = ETR + ALT \quad (13).$$

Concluído as etapas anteriores realizou-se o mapeamento temático dos parâmetros mensais de temperatura do ar, precipitação, evapotranspiração potencial e real, excedente hídrico, deficiência e reposição hídrica, por meio da aplicação da krigagem executada através do *software* ArcGis 10.3, licenciado para o Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco (DCG/UFPE), projetadas no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS-2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 2 apresenta o climograma da microrregião do Recife, média das estações utilizadas, para a série histórica de 1967 a 2017. A temperatura média do ar na microrregião é de 25,1°C, variando entre 23,1°C em julho (inverno) e 26,4°C em janeiro (verão), registrando uma amplitude térmica anual de 3,3°C. O total pluviométrico anual é de 1.565,5 mm. A quadra chuvosa vai de abril a julho com uma pluviosidade média de 922,5 mm, sendo o mês de junho o mais chuvoso com 262,9 mm. A precipitação entre os meses de agosto a novembro diminui consideravelmente, em agosto precipitação é de 132,1 mm, enquanto novembro possui a menor pluviosidade com aproximadamente 32 mm. A partir de dezembro as chuvas ocorrem em quantidades crescentes a cada mês até junho.

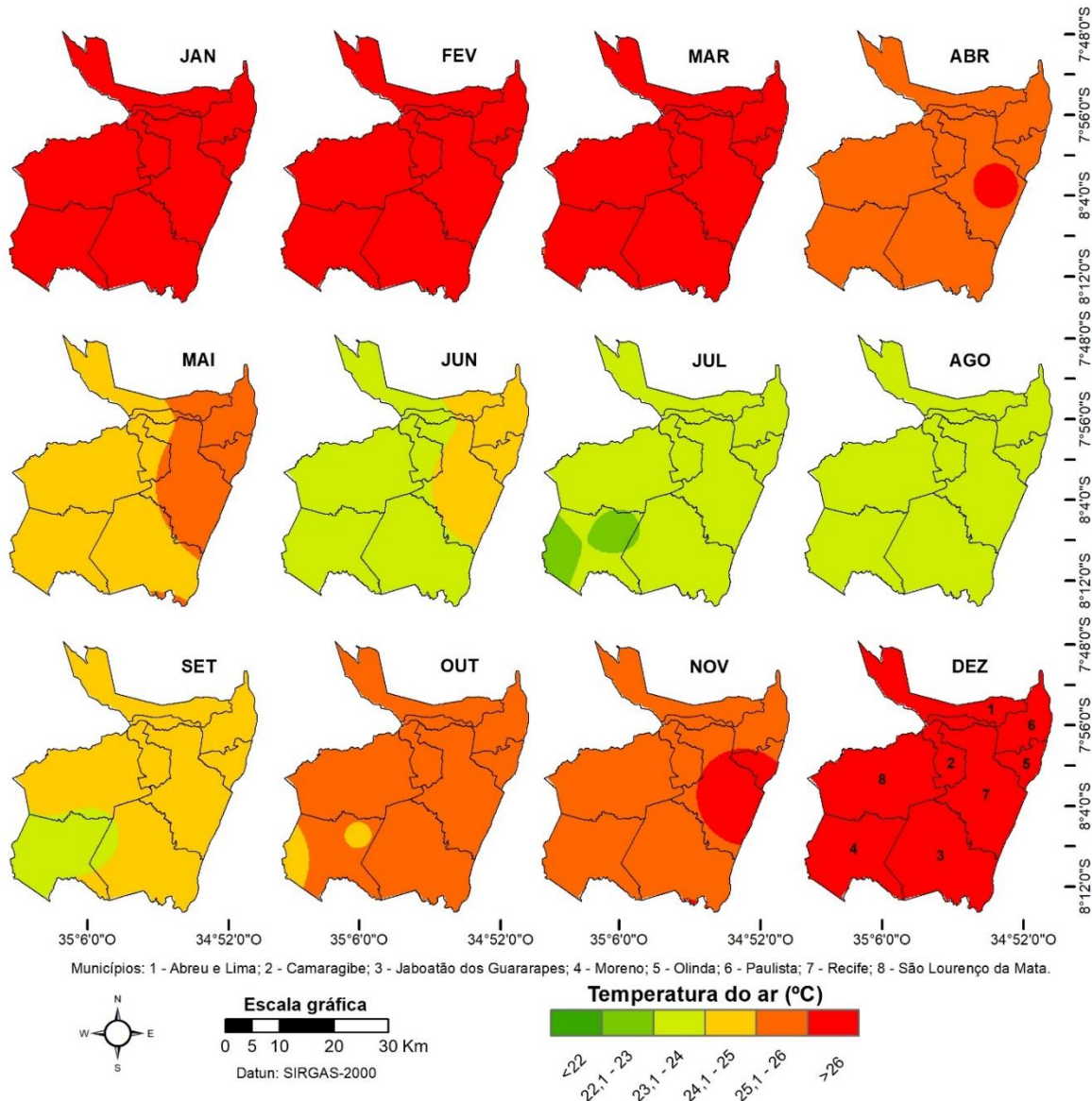


Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A Figura 3 apresenta a espacialização mensal da temperatura do ar para a microrregião do Recife. Por meio deste mapeamento, é possível verificar os maiores índices de temperatura do ar ocorrem entre dezembro e março, superiores a 26°C.



Figura 3 – Mapas da temperatura do ar mensal da microrregião de Recife da série histórica de 1967 a 2017



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Em abril a temperatura do ar se manteve entre 25,1°C e 26°C, sendo o centro do Recife com temperaturas superiores a 26°C. As transformações na cobertura do solo associada a diminuição da vegetação, aumento de indústria, adensamento de prédios, excessiva quantidade de veículos que causam poluição e emissão de gases, excesso de asfalto, entre outros, afetam a dinâmica da atmosfera local, alterando o balanço de energia, modificando a temperatura do ar e interferindo na distribuição da precipitação (SOUZA; AZEVEDO, 2009).

No mês de maio há uma diminuição das temperaturas a oeste da microrregião variando entre 24,1°C e 25°C, enquanto os municípios de Paulista e Olinda, bem como parte de Abreu e



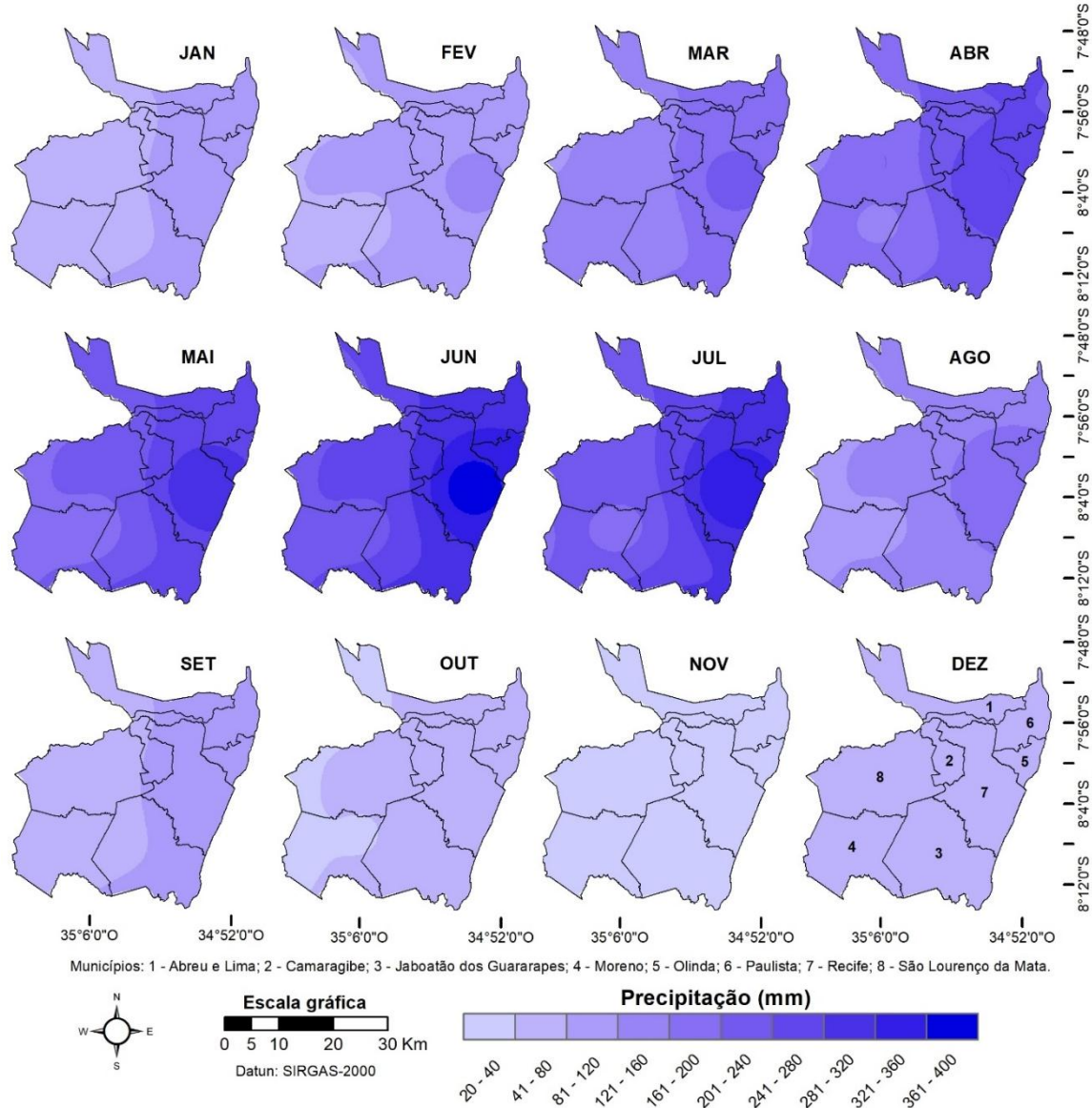
Lima e Recife a temperatura oscilou entre 25,1°C e 26°C. Já entre junho e setembro a temperatura do ar atinge seus menores valores, oscilando entre 22°C a 25°C, devido ao período de menor insolação. Em junho as temperaturas do ar desses municípios supracitados diminuem para entre 24,1°C e 25°C e no restante da microrregião se manteve entre 23,1°C e 24°C. No mês de julho prevalece as temperaturas entre 23,1°C e 24°C, sendo que o município de Moreno também apresenta temperaturas entre 22,1°C e 23°C. Em agosto as temperaturas da microrregião ficaram entre 23,1°C e 24°C. No mês de setembro as temperaturas aumentam (24,1°C e 25°C), contudo a quase totalidade do município de Moreno e trechos dos municípios de Jaboatão dos Guararapes e São Lourenço da Mata permaneceram com as mesmas temperaturas de agosto (23,1°C e 24°C).

Em outubro as temperaturas se mantiveram entre 25,1°C e 26°C, exceto a oeste de Moreno que permaneceu entre 24,1°C e 25°C. No mês de novembro conservou-se as temperaturas entre 25,1°C e 26°C, contudo os municípios de Recife e Olinda apresentaram localidades com temperaturas superiores a 26°C. Os estudos de Moreira; Nóbrega; Silva (2013) e Bezerra (2018) apresentam resultados similares ao da presente pesquisa.

Os mapas temáticos da precipitação mensal da microrregião de Recife estão representados na Figura 4. Em janeiro os municípios localizados a leste da microrregião apresentaram precipitação entre 81 e 120 mm, enquanto os municípios mais a oeste os índices ficaram entre 41 e 80 mm. No mês de fevereiro as chuvas foram entre 81 e 120 mm, abrangendo a quase totalidade da área estudada, exceto parte do município de Recife que apresentou pluviosidade entre 121 e 160 mm e a sudoeste da microrregião (parte dos municípios de Jaboatão dos Guararapes, São Lourenço da Mata e Moreno) com os menores valores para o referido mês (41 e 80 mm). Em março, os municípios localizados a leste da microrregião obtiveram uma precipitação entre 161 e 200 mm, sendo que a região central do Recife deteve uma pluviosidade entre 201 e 240 mm, já a oeste os índices pluviométricos foram menores, variando entre 121 e 160 mm.

De abril a julho, período de maior precipitação definida como quadra chuvosa, os índices pluviométricos variam entre 121 a 400 mm, possuindo valores crescentes de chuva no sentido oeste-leste. As chuvas nesse período são ocasionadas, principalmente pela frente polar do Atlântico e a atuação dos Distúrbios Ondulatórios de Leste (NÓBREGA; FARIAS, 2016). Em agosto a precipitação variou entre 81 a 200 mm no sentido oeste-leste. Em setembro a pluviosidade ficou entre 81 a 120 mm a leste da microrregião, enquanto a oeste as chuvas foram entre 41 a 80 mm.

Figura 4 – Mapas da precipitação mensal da microrregião de Recife da série histórica de 1967 a 2017

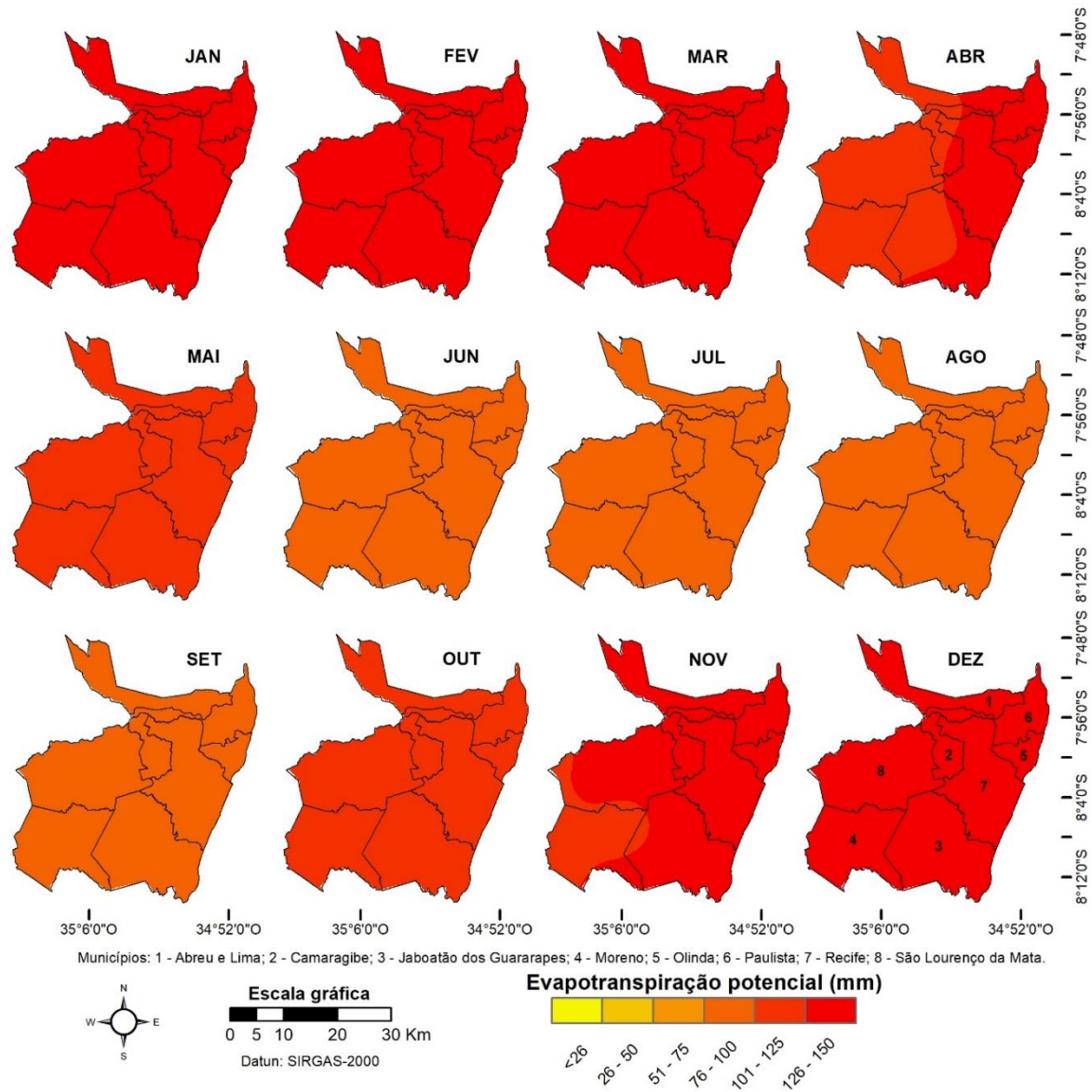


Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Em outubro a pluviosidade predominante foi entre 41 a 80 mm, apresentando uma precipitação menor (entre 20 e 40 mm) nas localidades a oeste dos municípios de Abreu e Lima, São Lourenço da Mata e Moreno. Já em novembro a precipitação oscilou entre 20 e 40 mm e em dezembro a pluviosidade aumenta devido ao deslocamento anual da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que apresenta uma posição climatológica mais ao sul no verão, bem como pela atuação dos vórtices ciclônicos de altos níveis (NÓBREGA; FARIAS, 2016; RIBEIRO; SOUZA, 2018) oscilando entre 41 a 80 mm.

A evapotranspiração potencial (ETP) anual da microrregião de Recife da série histórica pesquisada é de 1.393,5 mm e a média mensal é 116,1 mm. As variações mensais ETP estão representadas pelos mapas temáticos da Figura 5.

Figura 5 – Mapas da evapotranspiração potencial mensal da microrregião de Recife da série histórica de 1967 a 2017

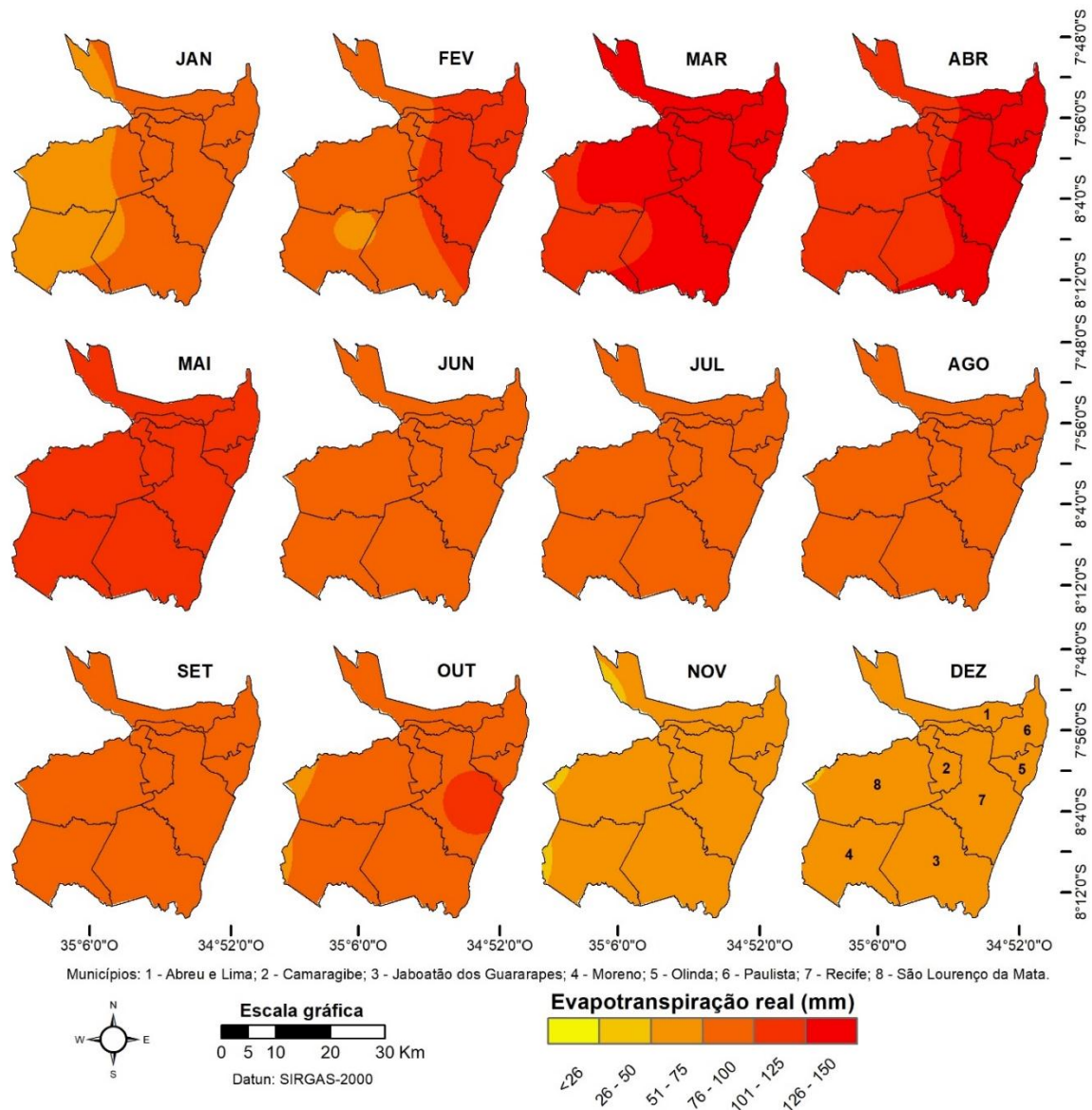


Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Os maiores índices de ETPs são verificados entre dezembro e março com estimativas de 126 a 150 mm em todo o território estudado. Os maiores índices de ETPs são verificados entre dezembro e março com estimativas de 126 a 150 mm em todo o território estudado. Em abril os municípios mais a leste da microrregião continuam com ETP elevada (126 a 150 mm), entretanto os municípios a oeste têm valores de ETP reduzidos (101 e 125 mm). Em maio a ETP da microrregião fica entre 101 e 125 mm e nos meses de junho a setembro possui valores que variam entre 76 e 100 mm. No mês de outubro a taxa de ETP volta a aumentar, ficando entre 101 e 125 mm. Em novembro a ETP oscilou entre 126 a 150 mm, apresentando valores menores (entre 101 e 125 mm) nas localidades a oeste dos municípios São Lourenço da Mata, Moreno e Jaboatão dos Guararapes.

A evapotranspiração real (ETR) anual da microrregião de Recife é 1.102,1 mm e 91,8 mm de média mensal é. A Figura 6 apresenta a distribuição espacial da ETR.

Figura 6 – Mapas da evapotranspiração real mensal da microrregião de Recife da série histórica de 1967 a 2017



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Em janeiro a ETR da referida área variou entre 76 a 100 mm, apresentando valores menores (entre 51 a 75 mm) nas localidades a oeste de Abreu e Lima, São Lourenço da Mata, Jaboatão dos Guararapes e Moreno. Em fevereiro nos municípios localizados mais a leste da microrregião (Olinda, como também parte de Abreu e Lima, Paulista, Recife, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes) a ETR variou entre 101 e 125 mm, enquanto os municípios mais a oeste a oscilação foi de 76 e 100 mm. No nordeste do município de Moreno a ETR variou entre 51 a 75 mm.

Os meses de março, abril e maio possuem os maiores valores de ETR devido a maior disponibilidade hídrica no solo. Em março predomina a ETR entre 126 e 150 mm com exceção do oeste dos municípios de Jaboatão dos Guararapes e São Lourenço da Mata, além de quase todo o município de Moreno, os quais obtiveram valores que variaram entre 101 e 125 mm. Na área mais a leste da microrregião a ETR de abril oscilou entre 126 e 150 mm, enquanto a oeste teve valores entre 101 e 125 mm, crescendo a área de abrangência destes no sentido leste, alcançando toda a microrregião em maio.

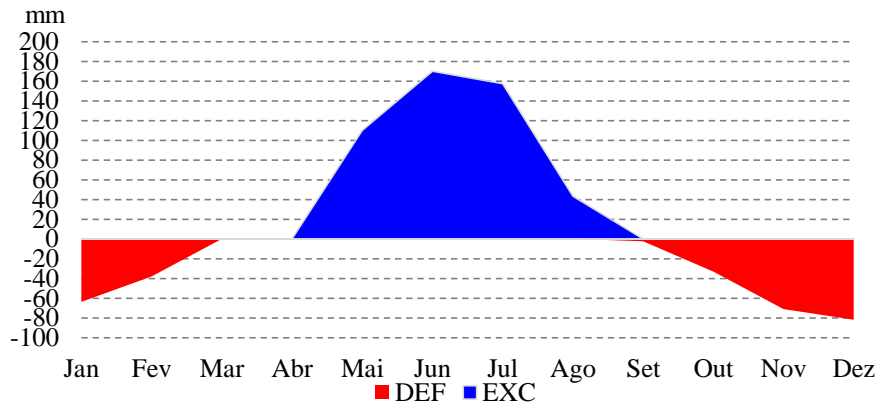
Nos meses de junho a setembro a ETR ficou entre 76 a 100 mm em toda a microrregião de Recife. Em outubro a ETR continua entre 76 a 100 mm em quase toda área pesquisada, exceto em localidades dos municípios de Olinda e Recife com valores entre 101 a 125 mm e no extremo oeste dos municípios de São Lourenço da Mata e Moreno, os quais apresentaram ETR entre 51 a 75 mm. No mês de novembro a ETR ficou entre 51 a 75 mm, exceto no extremo oeste dos municípios de Abreu e Lima, São Lourenço da Mata e Moreno que ficou entre 26 e 50 mm. Em dezembro a ETR continuou entre 51 a 75 mm, mas com uma pequena área no extremo oeste do município de São Lourenço da Mata com valores entre 26 e 50 mm.

A Figura 7 apresenta o gráfico de deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC) no solo. A DEF para a área vai de setembro a fevereiro, oscilando entre 2,4 mm no mês de setembro e 81,9 mm no mês de dezembro. Nos meses de março e abril não foram verificados EXC e DEF, porém se obteve uma reposição hídrica na ordem de 10 mm e 88 mm, respectivamente. O EXC ocorre entre maio e agosto com variação de 169,9 mm em junho e 43,3 mm em agosto. Anualmente, o EXC da microrregião de Recife da série histórica analisada é cerca de 480 mm.

As variações mensais dos EXC do solo são representadas pelos mapas temáticos da Figura 8. No período de setembro a março o EXC é 0 mm. No mês de abril o EXC varia entre 0 e 150 mm, aumentando gradativa no sentido oeste-leste da microrregião, em que os maiores valores se encontram na região central do município de Recife (entre 121 e 150 mm).

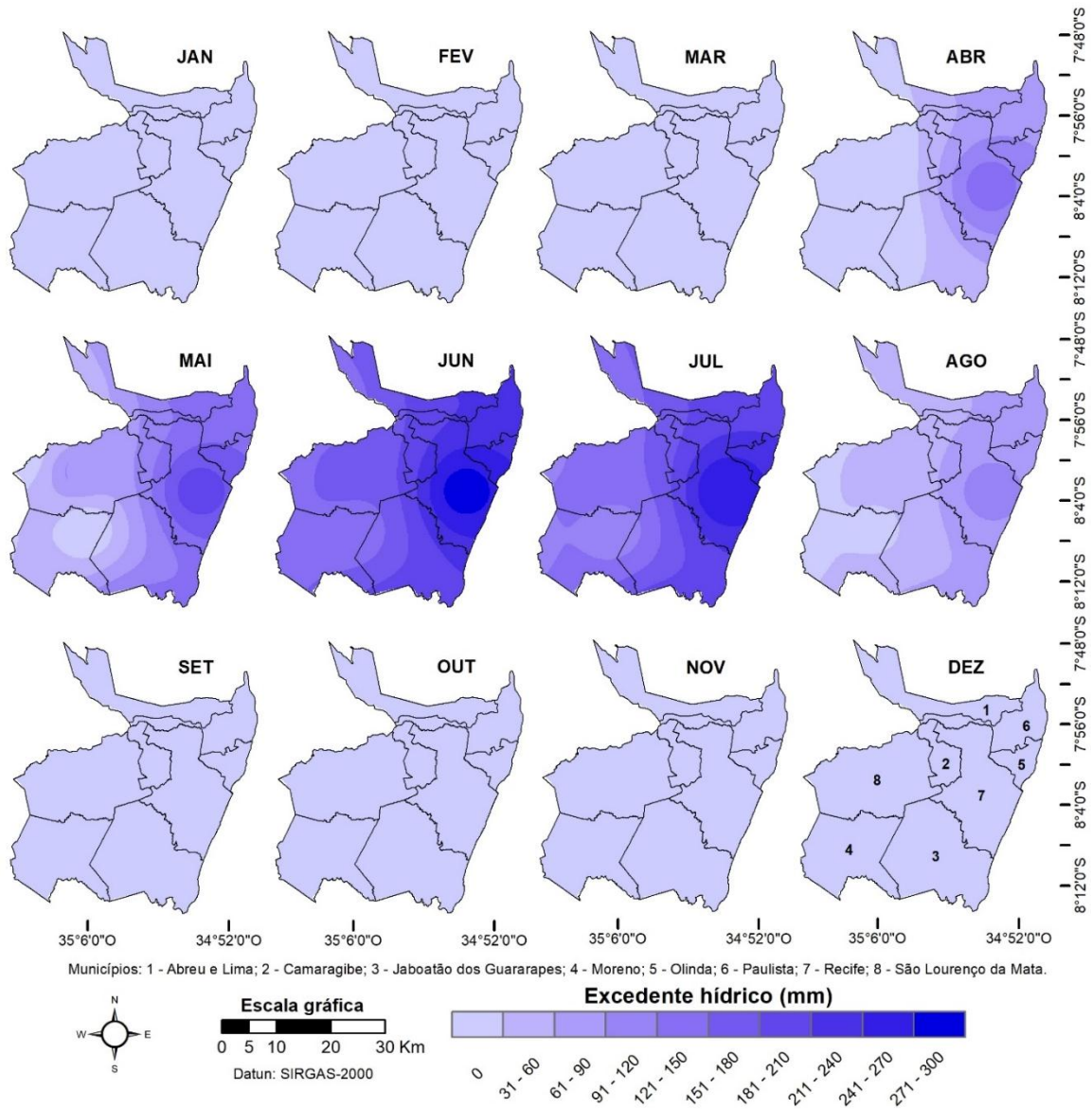


Figura 7 – Gráfico de deficiência hídrica e excedente hídrico da série histórica de 1967 a 2017



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Figura 8 – Mapas do excedente hídrico mensal da microrregião de Recife da série histórica de 1967 a 2017

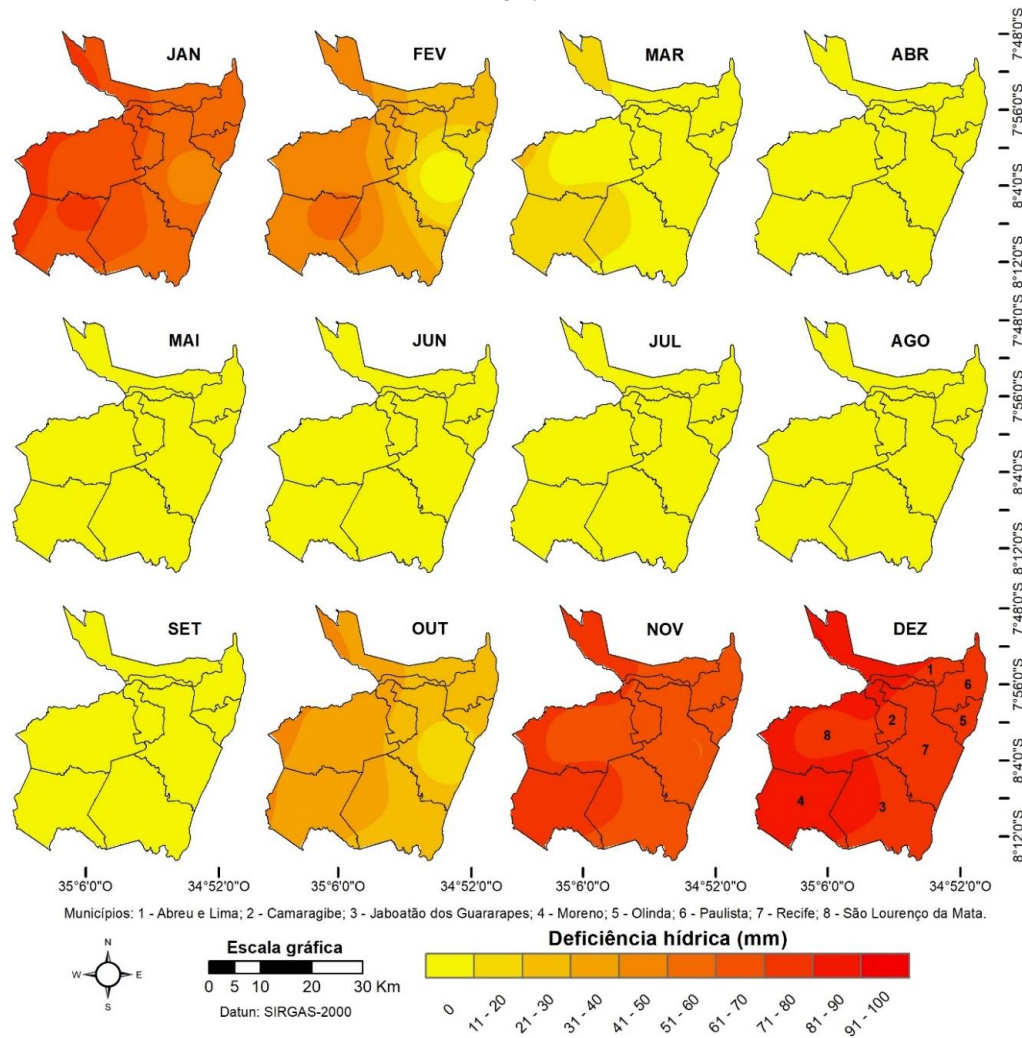


Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Maio, junho e julho são os meses de maiores valores de EXC. Nesses meses à medida que se distancia do litoral (sentido leste-oeste) o EXC diminui, uma vez que o aporte hídrico por meio da precipitação vai sendo reduzido. Em maio o EXC varia entre 0 e 210 mm, em que localidades do município de Recife possui os maiores valores (181 a 210 mm) e os menores nos municípios de Jaboatão dos Guararapes, Moreno e São Lourenço da Mata (entre 0 e 30 mm). Junho é o mês de maiores EXC entre 121 a 300 mm e julho a variação foi de 91 a 270 mm. Em agosto também se tem uma diminuição gradativa do EXC no sentido leste-oeste da microrregião em que os valores variam entre 120 e 0 mm, respectivamente.

A deficiência hídrica (DEF) anual da área e período pesquisados foi de 290 mm e a média dos meses com DEF (outubro a março) foi de cerca de 48 mm. As variações mensais DEF estão representadas pelos mapas temáticos da Figura 9.

Figura 9 – Mapas da deficiência hídrica mensal da microrregião de Recife da série histórica de 1967 a 2017



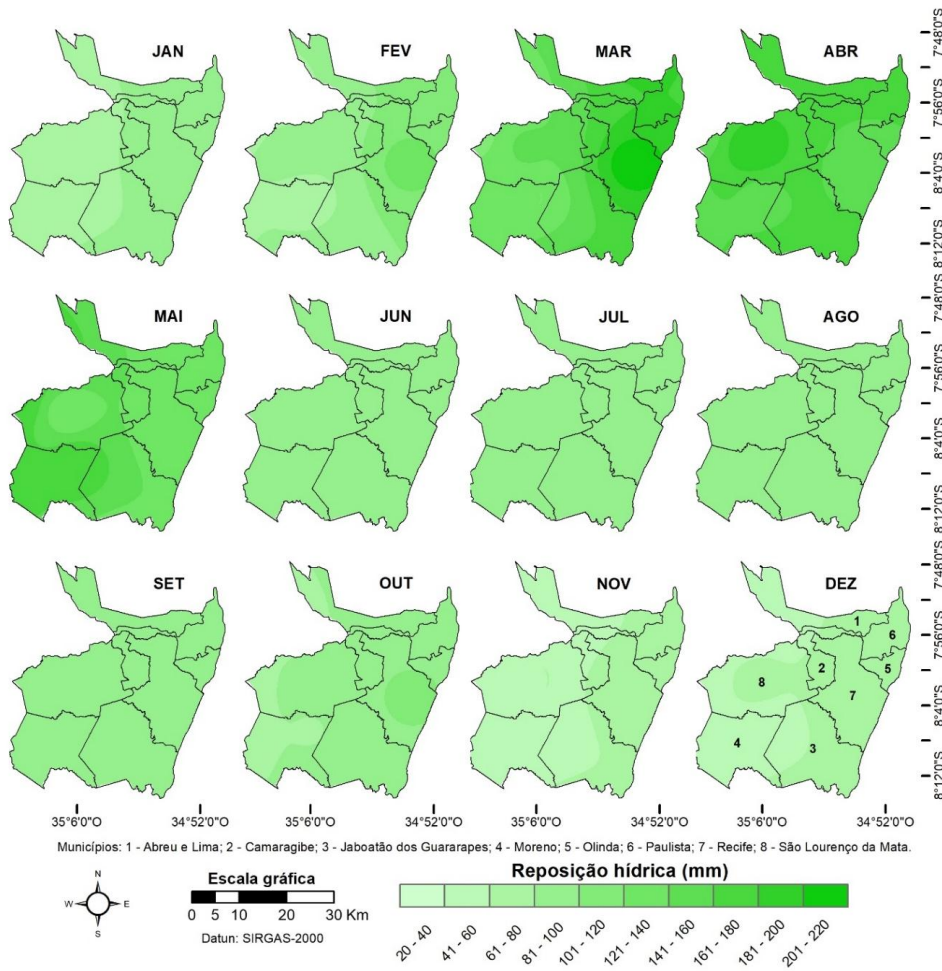
Fonte: Elaborado pelos autores (2020).



Nos meses de janeiro e fevereiro as DEF aumentam no sentido leste-oeste, obtendo uma variação de 31 a 70 mm e 0 a 60 mm, respectivamente. Em março a DEF de 11 a 20 mm restringiu-se a oeste dos municípios de Abreu e Lima, Jaboatão dos Guararapes, São Lourenço da Mata e a quase de totalidade do município de Moreno. No extremo oeste de São Lourenço da Mata a DEF ficou entre 21 e 30 mm. No período de abril e setembro a DEF é 0 mm. No mês de outubro a DEF aumenta no sentido leste-oeste, variando de 0 a 10 mm em localidades de Recife e Olinda até 31 a 40 mm a oeste dos municípios de Abreu e Lima, São Lourenço da Mata e Moreno. Os meses de novembro e dezembro possuem as maiores deficiências hídricas, variando entre 61 a 80 mm e 81 a 100 mm, respectivamente, aumentando as deficiências do litoral para o interior (sentido leste-oeste).

A reposição hídrica média da área é de 1.200 mm/anual. A Figura 10 representa a espacialização da reposição hídrica mensal por meio dos mapas temáticos.

Figura 10 – Mapas da reposição hídrica mensal da microrregião de Recife da série histórica de 1967 a 2017



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Na região oeste da microrregião (parte dos municípios de Abreu e Lima, Camaragibe, Paulista, São Lourenço da Mata, Jaboatão dos Guararapes e Moreno) a reposição hídrica no mês de janeiro teve uma variação entre 61 a 80 mm, enquanto no leste (municípios de Recife e Olinda e parte de Abreu e Lima, Camaragibe, Paulista e Jaboatão dos Guararapes) obteve um aumento 81 a 100 mm. Em fevereiro a reposição variou entre 61 e 140 mm, sendo as taxas de Moreno menores (61 a 80 mm) e Recife com as maiores reposições hídricas (121 a 140 mm).

Os meses de março, abril e maio apresentam as maiores reposições de água no solo, com valores variando entre 101 a 220 mm, isso ocorre devido ao início da estação chuvosa. Em março a reposição diminui no sentido leste-oeste (do litoral para o interior), variando de 101 a 220 mm, sendo Recife com as maiores taxas (201 a 220 mm) e Moreno predominando as menores (121 a 140 mm).

De junho a setembro a reposição variou na microrregião entre 81 a 100 mm. Em outubro a reposição predominante foi de 81 a 100 mm, tendo uma maior taxa na região central de Recife (101 a 120 mm) e as menores no oeste dos municípios de Abreu e Lima, São Lourenço da Mata e Moreno (61 a 80 mm). Nos meses de novembro e dezembro na região oeste da microrregião a reposição variou entre 41 a 60 mm, aumentando para 61 a 80 mm no leste devido o maior aporte hídrico pela precipitação.

Os índices analisados na pesquisa demonstram a variabilidade espaço-temporal da temperatura do ar, precipitação e evapotranspiração real e como esses elementos influenciam na dinâmica de parâmetros como ETR, DEF, EXC e reposição hídrica. Ficou evidente que o clima da microrregião do Recife possui dois períodos definidos de precipitação: um seco que se estende de agosto a março com um total de 643 mm e outro úmido, abril a julho, com chuvas abundantes entorno de 922 mm, demonstrando a irregularidade da precipitação pluviométrica. Os resultados possibilitaram compreender as variações estacionais e espaciais dos parâmetros de ETR, DEF, EXC e reposição hídrica, os quais são imprescindíveis o planejamento urbano estratégico, bem como para o abastecimento hídrico para regiões como esta.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A realização do BHC proposto por Thornthwaite e Mather (1955) para a microrregião de Recife possibilitou identificar a variabilidade espaço-temporal da temperatura do ar, evapotranspiração potencial e real, bem como o regime hídrico. A temperatura média do ar da

microrregião é alta, sendo possível verificar os maiores índices entre dezembro a março e as menores a oeste da área pesquisada. No mesmo sentido, a ETP apresentou os maiores índices nesses meses e as menores de junho a setembro, uma vez que a ETP está diretamente relacionada com a variação da temperatura do ar.

Já a ETR possui elevados valores entre março e maio por causa das maiores taxas pluviométricas, enquanto os menores índices ocorreram nos meses de novembro e dezembro. A medida que se distancia do litoral há uma diminuição da ETR devido a menor disponibilidade hídrica no solo. A precipitação diminui consideravelmente entre os meses de agosto a novembro, bem como no sentido leste-oeste. A quadra chuvosa (abril, maio, junho e julho) da microrregião apresenta elevada pluviosidade, a qual é influenciada pela frente polar do Atlântico e pelos Distúrbios Ondulatórios de Leste.

O EXC apresenta uma espacialidade similar a precipitação nos meses de abril a agosto, em que diminui consideravelmente as taxas no sentido leste-oeste, não apresentando EXC entre setembro a março. Inversamente ao EXC, o DEF aumenta sentido leste-oeste devido a diminuição da precipitação, sendo novembro e dezembro os meses de maiores deficiências hídricas. A reposição hídrica tem nos meses de março a maio as maiores taxas, isso ocorre devido ao início da estação chuvosa, e as menores em novembro e dezembro. Espacialmente, a reposição é maior na área mais oriental da microrregião devido ao maior aporte hídrico.

Recomenda-se a continuidade desta pesquisa para se obter os índices climáticos, bem como a realização da classificação climática pelo método Thornthwaite & Mather (1955) para a microrregião de Recife. É fundamental a continuidade do monitoramento dos parâmetros aqui analisados com o intuito de auxiliar na gestão urbano-ambiental, de modo que auxilie nas medidas de prevenção e mitigação de desastres. Sugere-se também o monitoramento de sistemas atmosféricos a fim de auxiliar nas tomadas de decisões nas ocorrências de eventos extremos de precipitação.

## **Agradecimentos**

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), Campus Recife, para o qual apresentamos nossos agradecimentos pela colaboração.

## REFERÊNCIAS

BEZERRA, A. P. X. G. **Análise microclimática das condições ambientais em áreas urbanas na cidade do Recife-PE**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade de Pernambuco, Recife, 2018.

CAMPOS, C. R. J.; SILVA, M. V. Impacto de sistemas meteorológicos no regime hídrico do Rio Grande do Sul em 2006. **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro, 2010.

CARVALHO, H. P.; DOURADO NETO, D.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Biosci. J**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 221-229, mar./abr., 2011.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 140-147, 2006.

CAVALCANTI, M. A. **Os sistemas logísticos de transporte e a estruturação do território pernambucano: gênese e produção**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2015.

CECÍLIO, R. A.; SILVA, K. R.; XAVIER, A. C.; PEZZOPANE, J. R. M. Método para a espacialização dos elementos do balanço hídrico climatológico. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 47, n. 4, p. 478-488, abr/2012.

LOPES, I.; MELO, J. M. M.; LEAL, B. G.; Espacialização da temperatura do ar para a região do submédio São Francisco. **Irriga**, Botucatu, v. 22, n. 1, p. 177-193, jan./mar., 2017.

MOREIRA, E. B. M.; NÓBREGA, R. S.; SILVA, B. B. Influência da expansão urbana em Recife (PE) no fluxo de calor sensível através de imagens digitais do TM Landsat 5. **Revista de Geografia (UFPE)**, Recife, v. 30, n. 2, 2013.

NÓBREGA, R. S.; FARIAS, R. F. L. Eventos extremos pluviais em Jaboaão dos Guararapes: climatologia e estudo de caso. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, São Paulo, volume especial, p. 70-82, 2016.

NOBREGA, R. S.; SANTOS, P. F. C.; MOREIRA, E. B. M. Morfologia urbana e ilhas de calor na cidade do Recife/PE: distribuição espacial e intensidade. **Revista de Geografia**, Recife, v. 33, n. 4, 2016.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia Agrícola**. Edição revista e ampliada. Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP: Editora: ESALQ-Depto de Ciências Exatas, 2007.

PERNAMBUCO. BASE DE DADOS DO ESTADO. **Divisão Geopolítica**. Disponível em: <<http://www.bde.pe.gov.br/estruturacaogeral/mesorregioes.aspx>>. Acesso em: 20 de maio de 2020.

RIBEIRO, E. P.; SOUZA, C. S. Caracterização e classificação climática da microrregião de Vitória de Santo Antão. **Revista Continentes (UFRRJ)**, Seropédica-RJ, ano 7, n. 12, 2018.

SILVA, A. O.; MOURA, G. B. A.; KLAR, A. E. Classificação climática de Thornthwaite e sua aplicabilidade agroclimática nos diferentes regimes de precipitação em Pernambuco. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 1, p. 46-60, 2014.

SILVA, L. É. P.; BRACHT, E. C. Uma nova abordagem para o cálculo do balanço hídrico climatológico. **Revista brasileira de computação aplicada**. Passos Fundo, v. 2, n. 1, p. 2-16, mar./2010.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V. Avaliação de tendências das temperaturas em Recife-PE: mudanças climáticas ou variabilidade? **Engenharia ambiental**, Espírito Santo do Pinhal - SP, v. 6, n. 3, p. 462-472, 2009.

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

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, N. J.: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, publications in Climatology. v. 8, n. 1, New Jersey, 104 p., 1955.