



MÉTODOS DAS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS DE THORNTWAITE E KÖPPEN PARA RECIFE – PE, BRASIL

METHODS OF THORNTWAITE AND KÖPPEN CLIMATE CLASSIFICATIONS FOR RECIFE - PE, BRAZIL

Luciano Marcelo Falle Saboya¹, Raimundo Mainar de Medeiros², Romildo Morant de Holanda³, Manoel Vieira de França⁴, Wagner Rodolfo de Araújo⁵, Fernando Cartaxo Rolim Neto⁶

Submetido em: 24/07/2021

e28575

Aprovado em: 01/09/2021

<https://doi.org/10.47820/recima21.v2i8.575>

RESUMO

As flutuações climáticas e hidrológicas de certa região são os parâmetros básicos na avaliação dos recursos hídricos desta área. Objetiva-se efetivar os métodos das classificações climáticas de Thornthwaite & Mather e Köppen para Recife - PE, Brasil, visando auxiliar no desenvolvimento de projetos e planejamento agropecuário, bem como contribuir para a utilização racional de terras do Estado gerando informações importantes para racionalização das suas diversas atividades produtivas e de políticas agrícolas. Utilizou-se dos valores médios mensais de precipitação e temperatura do ar adquiridos do banco de dados da estação meteorológica pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia, correspondente ao período de 1962 a 2018, totalizando 56 anos de dados observados, com o intuito de gerar informações para os tomadores de decisões governamentais. O poder evapotranspirativo foi de 23,5% abaixo dos índices pluviométricos registrados, enquanto a precipitação foi superior à evaporação 60,5%. Foi constatado que as deficiências hídricas ocorrem dentre os meses de abril a julho e totalizam 727,6 mm, os excedentes hídricos registram-se entre os meses de outubro a fevereiro na série dos dados estudados. Segundo a classificação de Köppen, o clima de Recife é do tipo Am, (clima de monção), segundo a classificação de Thornthwaite. Recife é caracterizado como megatérmico com moderado excesso de verão, pequena ou nenhuma deficiência de água ($wrA'a'$).

PALAVRAS-CHAVES: Índices térmicos. Balanço hídrico. Precipitação.

ABSTRACT

The climatic and hydrological fluctuations of certain region are the basic parameters in the evaluation of the water resources of this area. The objective of this study is to carry out the Thornthwaite & Mather and Köppen climate classification methods for Recife - PE, Brazil to assist in the development of agricultural projects and planning, as well as to contribute to the rational use of state land by generating information that is very important for rationalization of its various productive activities and agricultural policies. It was used the monthly average values of precipitation and air temperature acquired from the weather station database belonging to the National Institute of Meteorology, corresponding to the period from 1962 to 2018, totaling 56 years of observed data, in order to generate information for government decision makers. Evapotranspiration power was 23.5% below the recorded rainfall, while precipitation was greater than 60.5% evaporation. Water deficiencies occur between April and July and total 727.6 mm, water surpluses are recorded between October and February in the data series studied. According to the Köppen classification, the climate of Recife is of the type Am (monsoon climate), according to the Thornthwaite classification for the municipality. Recife is characterized as moderately excessive megathermic, with little or no water deficiency ($wrA'a'$).

KEYWORDS: Thermal indices. Water balance. Precipitation.

¹ Prof. Dr. Universidade Federal de Campina Grande.

² Pós-doutorado Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

³ Prof. do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

⁴ Prof. MSc Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

⁵ Graduando em Geografia Universidade Estácio de Sá – Recife.

⁶ Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MÉTODOS DAS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS DE THORNTWAITE E KÖPPEN PARA RECIFE – PE, BRASIL
Luciano Marcelo Falle Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Romildo Morant de Holanda,
Manoel Vieira de França, Wagner Rodolfo de Araújo, Fernando Cartaxo Rolim Neto

INTRODUÇÃO

Estudos como os dos autores (RIBEIRO, 2016; OLIVEIRA et al., 2014; SILVA et al., 2014; SOUZA et al., 2013;) visando a verificação do Balanço Hídrico (BH) de Thornthwaite et al., (1955) foram concretizados para diversas finalidades, como: disponibilidade hídrica, zoneamento agroclimático, definição de períodos seco e chuvoso, aptidão de culturas agrícolas, e de planejamento de pesquisa. Isso se deve porque o BH fornece cálculos das variáveis da evapotranspiração e do excedente de deficiência hídrica.

Medeiros et al. (2017) aplicaram o modelo da classificação de Köppen para o Estado de Pernambuco utilizando o método da Krigagen. As classificações indicadas mostraram-se muito sensíveis à orografia municipal, aos índices pluviiais e às oscilações de temperatura, resultando em três tipos climáticos: tipo “AS” em 108 municípios, o tipo semiárido quente com precipitação de verão, enquanto inverno seco “BSh” foi registrado em 55 municípios e o tipo “Am” predominou em 20 municípios. O sistema da classificação de Köppen é eficiente apenas para a macro escala e com baixa capacidade para separar os tipos climáticos, levando em importância da temperatura do ar, as chuvas e os elementos resultante do BH.

Medeiros et al. (2013) revelaram que as flutuações climáticas e hidrológicas de uma região são os parâmetros básicos na avaliação dos recursos hídricos desta área. Contudo os esboços hidroclimáticos são os princípios fundamentais que classificam o desenvolvimento dos trabalhos para realização de planejamento e gestão dos recursos hídricos a ser implementado.

Entre os principais métodos de classificação estão os modelos de Köppen e Thornthwaite, o método de Köppen sendo inadequado para a avaliação climática do ponto de vista agrícola. Nesse sentido, o sistema de classificação climática elaborado por Thornthwaite, que utiliza índices baseados no balanço hídrico (BH), revela-se mais adequado para fins agrícolas, uma vez que esse sistema é capaz de separar climas de meso escala (APARECIDO et al., 2016; ROLIM et al., 2016). No entanto, esse sistema de classificação possui uma simbologia complexa, o que dificulta sua maior difusão (ÁCS et al., 2014).

A classificação climática propõe-se a identificar em uma área e/ou região zonas com características climáticas e biogeográficas relativamente homogêneas, munindo de pareceres fundamentais sobre as condições do meio ambiente e suas potencialidades de uso (ANDRADE JÚNIOR et al., 2005). As variáveis climáticas anuais são de enorme importância para o planejamento agropecuário (SILVA et al., 2010; SENTELHAS et al., 2008), além da adequabilidade das culturas a vários fatores, como os diferentes tipos de solo de cada local (MONTEIRO, 2009). Levando-se em importância os riscos que envolvem a produção agrícola, Meireles et al. (2003) sugeriram que, a falta de dados meteorológicos em determinadas áreas dificulta a tomada de decisão do produtor rural, no que se refere ao uso da água no sistema produtivo, muitas vezes utilizando mais água do que o necessário, impactando diretamente no custo de produção, colocando a viabilidade econômica da atividade em risco.

Os conhecimentos das condições climáticas de determinada região são necessários para que se possam organizar estratégias que visem o manejo adequado dos recursos naturais, planejando dessa



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MÉTODOS DAS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS DE THORNTWAITE E KÖPPEN PARA RECIFE – PE, BRASIL
Luciano Marcelo Falle Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Romildo Morant de Holanda,
Manoel Vieira de França, Wagner Rodolfo de Araújo, Fernando Cartaxo Rolim Neto

forma, a busca por um desenvolvimento sustentável e a implementação das práticas agrícolas e sua produtividade viáveis e seguras ao meio ambiente, segundo Costa Neto et al. (2014). A estimativa do BH e a classificação climática são ferramentas indispensáveis para a determinação da aptidão de áreas para culturas agrícolas e no planejamento de sistemas de irrigação (PASSOS et al., 2017).

Este estudo tem como objetivo efetivar os métodos das classificações climáticas de Thornthwaite e Mather (1948, 1955 e Köppen (1928, 1931) para Recife - PE, Brasil, visando auxiliar no desenvolvimento de projetos e planejamento agropecuário, bem como contribuir para a utilização racional de terras do Estado gerando informações importantes para racionalização das suas diversas atividades produtivas e de políticas agrícolas.

MATERIAL E MÉTODOS

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) atinge o Recife, principalmente no outono, e causa chuvas com trovoadas e mudança na direção dos ventos de Sudeste para Nordeste, ou mesmo, calmarias. Devido à irregularidade espaço temporal de sua ocorrência, de ano para ano é sujeita à grande variabilidade. As formações dos sistemas de Vórtices Ciclones de Altos Níveis (VCAS) quando de suas formações nos meses de fevereiro a abril e com suas bordas sobre o nordeste do Brasil, em especial acima do estado de Pernambuco, aumentam a cobertura de nuvens e provocam chuvas de alta intensidade e curto intervalo de tempo, causando prejuízo às comunidades como alagamento, enchentes, inundações e ao setor socioeconômico. As fortes chuvas que ocorrem na região, no período chuvoso, são influenciadas pela massa equatorial continental, que condiciona movimentos convectivos dos alísios de Nordeste e Sudeste; ZCIT; os efeitos da brisa marítima/terrestre e a temperatura da superfície do mar, no período seco a precipitação registrada é causada pelas contribuições locais formando nuvem seguida de precipitações isoladas (MEDEIROS, 2016).

Para a realização deste estudo utilizou-se dos valores médios mensais de precipitação e temperatura do ar adquiridos do banco de dados da estação meteorológica pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019) fixada nas coordenadas geográficas de latitude 08°01'S e de longitude 34°51'W com altitude média em relação ao nível do mar de 72 metros, correspondente ao período de 1962 a 2018, totalizando 56 anos de dados observados, com o intuito de gerar informações para os tomadores de decisões governamentais. (Figura 1).

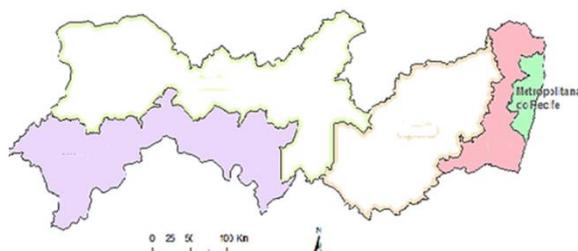


Figura 1. Localização do município de Recife – PE.
Fonte: Medeiros (2021).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MÉTODOS DAS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS DE THORNTWAITE E KÖPPEN PARA RECIFE – PE, BRASIL
Luciano Marcelo Falle Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Romildo Morant de Holanda,
Manoel Vieira de França, Wagner Rodolfo de Araújo, Fernando Cartaxo Rolim Neto

A utilização dos dados foi procedida de análise no tocante à sua consistência, homogeneização e no preenchimento de falhas em cada série (mês a mês). Caso ocorram problemas nos equipamentos ou por impedimento do observador que resultem em dias sem observação ou mesmo intervalo de tempos maiores. Os dados falhos foram preenchidos com os dados de três postos vizinhos, localizados o mais próximo possível, onde se aplicou a forma:

$$Px = \frac{1}{3} \left(\frac{Nx}{Na} Pa + \frac{Nx}{Nb} Pb + \frac{Nx}{Nc} Pc \right)$$

Em que:

Px é a taxa de chuva que se deseja determinar;

Nx é a precipitação diária do posto x;

NA, NB e NC são, respectivamente, as precipitações diárias observadas dos postos vizinhos A, B e C;

PA, PB e PC são, respectivamente, as precipitações observadas no instante que o posto x falhou. Medeiros (2019).

Utilizou-se do cenário pluviométrico normal segundo a metodologia utilizada por Varejão-Silva et al. (2001). O cálculo do balanço hídrico foi realizado através de programas computacionais em planilha eletrônica (EXCEL 365) desenvolvida por Medeiros (2016) levando em conta o modelo de Thornthwaite que utilizam os índices pluviiais de temperatura média compensada do ar mensal.

Pereira et al. (2007) mostraram que os índices calculados a partir do balanço hídrico, fornecem informações da disponibilidade hídrica ao longo do ano, pelo cálculo do excedente e da deficiência hídrica, retirada e reposição de água no solo. A partir desses valores anuais definiram-se os índices de disponibilidade hídrica segundo o modelo de Thornthwaite (1955).

Método da classificação climática de Köppen

A classificação de Köppen é baseada principalmente na quantidade e distribuição de precipitação e temperatura anual e mensal. Os elementos de temperatura e precipitação constituem critério inicial para a divisão dos tipos de clima. O método da classificação de Köppen foi adaptado para algumas situações diferenciadas na América do Sul, segundo o autor Barros et al. (2012). Ainda em conformidade com Barros et al. (2012), a classificação de Köppen é um dos sistemas mais empregados na ciência da geografia, climatologia e ecologia. A classificação baseia-se na hipótese, com origem na fitossociologia e ecologia, em que a vegetação natural de cada região do universo está vinculada essencialmente a um tipo de clima. As regiões climáticas são caracterizadas para corresponder às áreas de predominância de cada tipo de vegetação. No entanto, essa classificação em certos casos não distingue regiões com biomas distintos (Köppen, 1928, 1931).

O clima de uma região procede das distintas convenções dos processos atmosféricos com sua diversidade de tipologia. Regiões climáticas são os efeitos combinados dos fatores que resultam em um conjunto de condições atmosféricas aproximadamente homogêneas. A fim de mapear as Regiões Climáticas, é necessário identificar e classificar cada tipo:



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MÉTODOS DAS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS DE THORNTWAITE E KÖPPEN PARA RECIFE – PE, BRASIL
Luciano Marcelo Falle Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Romildo Morant de Holanda,
Manoel Vieira de França, Wagner Rodolfo de Araújo, Fernando Cartaxo Rolim Neto

A Classificação tem três objetivos: Organizar grandes quantidades de informações; recuperar as informações com rapidez; facilitar a comunicação.

O objetivo dessa Classificação é definir em termos de temperatura, umidade e distribuições estacionais os limites dos diferentes tipos climáticos que ocorrem na superfície do globo e em especial no Estado de Pernambuco.

A classificação de Köppen é baseada na quantidade e distribuição de precipitação anual e na temperatura anual e mensal.

Categoria de clima

Existem cinco categorias maiores de clima que foram enumerados com as designações de letras maiúsculas: A, B, C, D, E.

Para o estudo específico de região tropical, serão abordadas as categorias A, B, C; os tipos A e C são considerados úmidos e o tipo B seco.

Divisão entre clima Úmido e Seco

A divisão entre clima úmido e seco é feita através das seguintes fórmulas:

a) Se a precipitação for uniforme em todos os meses, ou seja, se há uma boa distribuição de precipitação em todo o ano, sem concentração no inverno ou verão, utiliza-se a fórmula:

$$r = 20t + 140$$

Onde:

r - Valor teórico da precipitação anual (mm);

t - Temperatura média anual (°C).

b) Se a concentração da precipitação for no verão, ou seja, se 70% ou mais da precipitação anual ocorrer nos meses de abril a setembro no Hemisfério Norte (HN) e outubro a março no HS, utiliza-se a fórmula:

$$r = 20t + 250$$

c) Se a concentração da precipitação ocorrer no inverno, ou seja, 70% ou mais da precipitação anual for nos meses de outubro a março no HN e abril a setembro no Hemisfério Sul (HS), utiliza-se a fórmula:

$$r = 20t$$

De posse desses valores, é possível definir se o clima é úmido ou seco.

Prp - Precipitação média anual (mm), (70%);

Prp > r → clima úmido (A ou C);

Prp < r → clima seco (B)

Conforme a comparação acima se tem uma definição se o clima é seco ou úmido. A partir daí o passo seguinte é definir qual o tipo de clima. De acordo com as classificações:



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MÉTODOS DAS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS DE THORNTWAITE E KÖPPEN PARA RECIFE – PE, BRASIL
Luciano Marcelo Falle Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Romildo Morant de Holanda,
Manoel Vieira de França, Wagner Rodolfo de Araújo, Fernando Cartaxo Rolim Neto

A - Tropical úmido (Megatérmico) - temperatura média do mês mais frio acima de 18 °C;

B - Deserto ou estepe - sem limite de temperatura;

C – Temperado (Mesotérmico). Temperatura média do mês mais frio entre -3 °C e 18 °C.

Nesses tipos de clima, existem subtipos encontrados na região tropical (região montanhosa).

As letras maiúsculas referem-se à temperatura e as minúsculas à precipitação, com exceção do tipo B, em que as minúsculas se referem à temperatura.

Clima do tipo A – subcategorias

Af - Úmido. Clima de Selva Tropical. O mês seco tem precipitação média ≥ 60 mm.

Am - Úmido. Clima de Bosque. Mês mais seco com a precipitação média inferior a 60 mm e a precipitação total anual superior a 10 vezes este valor.

Aw - Úmido com inverno seco. Clima de Savana. Mês mais seco com a precipitação média inferior a 60 mm e a precipitação total anual inferior a 10 vezes este valor.

Para facilitar a definição da subcategoria climática, utilizam-se os critérios abaixo:

1 - “Af” nunca tem precipitação inferior a 60 mm, ou seja, não tem estação seca.

2 - Para definição de “Am” e “Aw”, utiliza-se a seguinte análise:

$P > 10p$	Tipo Am
$P < 10P$	Tipo Aw

Onde:

p - precipitação média do mês mais seco (mm). Valor teórico;

P - Precipitação total anual (mm).

Clima do tipo B – subcategories

Bs - Seco ou semiárido. É a transição do clima mais úmido para os desérticos;

Bw - Deserto ou árido.

Utilizou-se dos critérios abaixo, para definir as subcategorias:

1) Se a precipitação for uniformemente distribuída durante o ano, a fórmula será:

$P < t + 7$	Tipo Bw
$t + 7 > P > 2t + 14$	Tipo Bs

ONDE:

t - temperatura média anual em °C;

P - Precipitação total anual média (Cm).

2) Se 70% ou mais da precipitação ocorrem no Verão.

$P < t + 14$	Tipo Bw
$t + 14 > P > 2t + 28$	Tipo Bs



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MÉTODOS DAS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS DE THORNTWAITE E KÖPPEN PARA RECIFE – PE, BRASIL
Luciano Marcelo Falle Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Romildo Morant de Holanda,
Manoel Vieira de França, Wagner Rodolfo de Araújo, Fernando Cartaxo Rolim Neto

ONDE:

t - temperatura média anual em °C;

P - Precipitação total anual média (Cm).

3) Se 70% ou mais da precipitação ocorrem no Inverno

$P < t$	Tipo Bw
$t > P > 2t$	Tipo Bs

Onde:

t - temperatura média anual em °C;

P - Precipitação total anual média (Cm).

Cada uma dessas subcategorias é subordinada conforme a temperatura, nos seguintes tipos:

k - frio - temperatura média anual inferior a 18 °C;

h - quente - temperatura média anual superior a 18 °C.

Clima do tipo C – Subcategorias

Cw - Seco de inverno (Tropical de altitude). Chuvas são de Verão. Essa subcategoria representa um tipo climático que pode ocorrer nas regiões montanhosas.

A precipitação máxima de verão $\geq 10p$ (precipitação do mês mais seco).

Cs - Seco de verão. Chuvas são de Inverno.

Precipitação máxima de inverno $\geq 3p$ (precipitação do mês mais seco) com $p < 30$ mm.

Obs: Se $p > 30$ mm, teremos o caso particular de Cfs, o qual não é seco de verão, mas apenas diz-se que a época mais seca ocorre no verão.

Cf - Constantemente Úmido.

Se a chuva é de verão	Prp máxima de Verão $< 10p$ (precipitação do mês mais seco)
Se a chuva é de inverno	Prp máxima de Inverno $< 3p$ (precipitação do mês mais seco)

Divisões desta subcategoria (C):

Temperatura do mês mais quente $> 22^\circ\text{C}$	a – Sub Tropical
Temperatura do mês mais quente $< 22^\circ\text{C}$	b – Temperado propriamente dito

A Classificação de Köppen (1931), em resumo, pode ser aplicado por tabelas para auxiliar aos usuários, baseia-se na classificação de várias regiões, tipos e variabilidades climáticas (SOUZA et al., 2013) indicado por três letras, indicando grupo (Tabela 1), do indicador de tipo (Tabela 2) e indicador do subtipo (Tabela 3).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

MÉTODOS DAS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS DE THORNTWAITE E KÖPPEN PARA RECIFE – PE, BRASIL
 Luciano Marcelo Falle Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Romildo Morant de Holanda,
 Manoel Vieira de França, Wagner Rodolfo de Araújo, Fernando Cartaxo Rolim Neto

Tabela 1. Caracterização do indicador de grupo climático.

Código	Tipo de clima	Descrição
A	Tropical	Climas megatérmicos; Temperatura média do mês mais frio maior que 18°C; Estação invernal ausente; Precipitação anual superior a Evapotranspiração anual.
B	Árido	Climas secos (Precipitação anual menor que 500 mm); Evapotranspiração anual superior a Precipitação anual; Inexistência de cursos d'água permanentes.
C	Temperado	Climas mesotérmicos; Temperatura média do mês mais frio entre -3 e 18°C (considerando a mínima média); Temperatura média do mês mais quente maior que 10°C; Verão e inverno bem definidas.
D	Continental	Climas microtérmicos; Temperatura média do ar do mês mais frio menor ou igual a 3°C; Temperatura média do mês mais quente maior que 10°C; Verão e inverno bem definidos.
E	Glacial	Climas polares e de alta montanha; Temperatura média do mês mais quente maior que 10°C; Verão pouco definidos ou inexistente.

Tabela 2. Caracterização do indicador de tipo climático.

Código	Descrição	Grupo
S	Clima das estepes; Precipitação anual média entre 380 e 760 mm.	B
W	Clima desértico; Precipitação anual média < 250 mm	B
F	Clima úmido; Ocorrência de precipitação em todos os meses do ano; Inexistência de estação seca definida; Precipitação do mês mais seco > 60 mm.	A-B-C
W	Chuvas de verão.	A-B-C
S	Chuvas de inverno	A-B-C
W'	Chuvas de verão-outono	A-B-C
S'	Chuvas de inverno-outono.	A-B-C
M	Clima de monção; Precipitação anual média >1500 mm e Precipitação do mês mais seco < 60 mm.	A
T	Temperatura média do ar no mês mais quente entre 0 e 10°C	E
F	Temperatura média do mês mais quente < 0°C.	E
M	Precipitação abundante (inverno pouco rigoroso).	E



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MÉTODOS DAS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS DE THORNTWAITE E KÖPPEN PARA RECIFE – PE, BRASIL
Luciano Marcelo Falle Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Romildo Morant de Holanda,
Manoel Vieira de França, Wagner Rodolfo de Araújo, Fernando Cartaxo Rolim Neto

Tabela 3. Caracterização do indicador de subtipo climático

Código	Descrição	Grupo
a: Verão quente	Temperatura média do ar no mês mais quente maior que 22°C.	C-D
b: verão temperado	Temperatura média do ar no mês mais quente menor que 22°C; Temperatura média do ar nos 4 meses mais quentes maior que 10°C	C-D
c: verão curto e fresco	Temperatura média do ar no mês mais quente menor que 22°C; - Temperatura média do ar maior que 10°C durante menos de 4 meses; Temperatura média do ar no mês mais frio maior que -38°C.	C-D
d: inverno muito frio	Temperatura média do ar no mês mais frio menor que -38°C.	D
h: seco e quente	Temperatura média anual do ar maior que 18°C; Deserto ou semideserto quente (Temperatura anual média do ar igual ou superior a 18°C).	B
k: seco e frio	Temperatura média anual do ar menor que 18°C; Deserto ou semideserto frio (Temperatura anual média do ar igual ou inferior a 18°C).	B

MÉTODO DA CLASSIFICAÇÃO DE THORNTWAITE (1948)

O computo do BH e dos seus índices climáticos: hídrico (Ih), aridez (Ia) e umidade (Iu) foram processados segundo o método de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955), admitindo uma capacidade de água disponível do solo (CAD) igual a 100 mm. A metodologia proposta por Thornthwaite (1948) utiliza dados da deficiência e excedente hídrico anual, procedida dos resultados do BH. Determinou-se o índice de hídrico, que é a relação entre o excesso de água utilizada pela evapotranspiração expressa em porcentagem (SILVA et al., 2014), dado pela equação seguinte:

$$I_h = (EXC/ETP) * 100$$

Computou-se o índice de aridez (Ia), o qual expresso a déficit hídrico em porcentagem em relação à evapotranspiração, oscilando entre 0 e 100. Miranda et al. (2008) afirmaram que quando o Ia atinge valor zero (0), indica que não ocorreu déficit hídrico, porém quando o Ia atinge o valor de 100, isso quer dizer que a déficit é igual à evapotranspiração potencial, estando em condições de extrema aridez. O índice de aridez é determinado pela equação a seguir

$$I_a = (DEF/ETP) * 100$$

Utilizou-se dos cálculos do Ih e do Ia para estimar o índice umidade (Iu) o qual relaciona os dois índices acima e é responsável por determinar o tipo climático local (CUNHA et al., 2009) obtendo o primeiro indicativo da fórmula climática representado por uma letra alfabética maiúscula, com ou sem um algarismo



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MÉTODOS DAS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS DE THORNTWAITE E KÖPPEN PARA RECIFE – PE, BRASIL
Luciano Marcelo Falle Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Romildo Morant de Holanda,
Manoel Vieira de França, Wagner Rodolfo de Araújo, Fernando Cartaxo Rolim Neto

subscrito (Tabela 4). O índice umidade abrange período úmido a seco durante todo o ano em sua condição climática (THORNTWAITE, 1948). De acordo com o autor, se ocorrer uma situação em que a deficiência hídrica não ultrapassa 60% dos excedentes hídricos no período úmido, então não ocorrerá seca, ou seja, o índice de umidade deverá ser igual à zero ($Iu=0$). Este índice foi posteriormente utilizado para a classificação da área estudado de acordo com a equação

$$Viu=Ih-0,6*Ia$$

Miranda et al. (2008) mostraram que a utilização da segunda letra da fórmula pode ser maiúscula ou minúscula com ou sem subscrito (Tabela 5), demonstram o subtipo climático diferenciando o período de Iu e Ia que correr durante o ano em função da distribuição interanual dos índices pluviiais.

A terceira letra da fórmula climática é necessária ter-se o conhecimento do índice de eficiência térmica. O qual corresponde ao valor numérico da evapotranspiração, sendo uma função direta da temperatura e do fotoperíodo. É apresentada por uma letra maiúscula com apóstrofo e, com ou sem um algoritmo subscrito (Tabela 6).

Na determinação da quarta letra da fórmula leva-se em consideração a porcentagem da evapotranspiração que ocorrer nos meses do verão (os meses mais quente), fornecendo o subtipo climático (Tabela 7). É indicada por uma letra minúscula com apóstrofo e, com ou sem um algarismo subscrito.

Na Tabela 4 têm-se as chaves iniciais da classificação climática segundo Thornthwaite, baseado nos índices de umidade.

Tabela 4 Chave inicial da classificação climática segundo Thornthwaite, baseado nos índices de umidade.

Tipos Climáticos	Índice de Umidade (Iu)
A – Super úmido	$100 \leq Iu$
B ₄ - Úmido	$80 \leq Iu < 100$
B ₃ - Úmido	$60 \leq Iu < 80$
B ₂ - Úmido	$40 \leq Iu < 60$
B ₁ - Úmido	$20 \leq Iu < 40$
C ₂ - Subúmido	$00 \leq Iu < 20$
C ₁ - Subúmido seco	$-33,33 \leq Iu < 0,0$
D - Semiárido	$-66,7 \leq Iu < -33,33$
E - Árido	$-100 \leq Iu < -66,7$

Fonte: Ometto (1981).

Na Tabela 5. Tem-se a segunda chave da classificação climática segundo Thornthwaite, baseados nos índices de aridez e umidade.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

MÉTODOS DAS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS DE THORNTWAITE E KÖPPEN PARA RECIFE – PE, BRASIL
 Luciano Marcelo Falle Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Romildo Morant de Holanda,
 Manoel Vieira de França, Wagner Rodolfo de Araújo, Fernando Cartaxo Rolim Neto

Tabela 5. Segundo chave da classificação climática segundo Thornthwaite, baseados nos índices de aridez e umidade.

Climas úmidos (A, B ₄ , B ₃ , B ₂ , B ₁ e C ₂)	Índice de Aridez (Ia)	Climas secos (C ₁ , D e E)	Índice de umidade (Iu)
r – pequena ou nenhuma deficiência de água	0 – 16,7	d – pequeno ou nenhum excesso de água	0 – 10
s – moderada deficiência no verão	16,7 – 33,33	s – moderado excesso de inverno	10 – 20
w – moderada deficiência no inverno	16,7 – 33,33	w – moderado excesso de verão	10 – 20
s ₂ – grande deficiência no verão	> 33,33	s ₂ – largo excesso de inverno	20
w ₂ – grande deficiência no inverno	> 33,33	w ₂ – largo excesso de verão	20

Fonte: Ometto (1981).

Na Tabela 6 tem-se a terceira chave de classificação climática segundo Thornthwaite, baseado no índice térmico (ETo anual).

Tabela 6. Terceira chave de classificação climática segundo Thornthwaite, baseado no índice térmico (ETo anual).

Tipo climático	Índice térmico (EToanual)
A' - megatérmico	≥ 1.140
B' ₄ - mesotérmico	997 – 1.140
B' ₃ - mesotérmico	855 - 997
B' ₂ - mesotérmico	712 - 855
B' ₁ - mesotérmico	570 - 712
C' ₂ - microtérmico	427 - 570
C' ₁ - microtérmico	285 - 427
D' - tundra	142 - 285
E' – gelo perpétuo	< 142

Na Tabela 7 tem-se as chaves da classificação climática segundo Thornthwaite, baseado na relação entre a ETP de verão (ETP_v) e anual (ETP).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

MÉTODOS DAS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS DE THORNTWAITE E KÖPPEN PARA RECIFE - PE, BRASIL
 Luciano Marcelo Falle Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Romildo Morant de Holanda,
 Manoel Vieira de França, Wagner Rodolfo de Araújo, Fernando Cartaxo Rolim Neto

Tabela 7 Quarta chave de classificação climática segundo Thornthwaite, baseado na relação entre a ETP de verão (ETPv) e anual (ETP).

Subtipo climático	Concentração da ETP no verão (%)
a'	< 48%
b'4	48 – 51,9
b'3	51,9 – 56,3
b'2	56,3 – 61,6
b'1	61,6 – 68,0
c'2	68,0 – 76,3
c'1	76,3 – 88,00
d'	> 88,00

Fonte: Ometto (1981).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 8 observam-se os resultados do BH para o município de Recife - PE, segundo a metodologia proposta por Thornthwaite & Mather, (1955), para o período de 1962-2018.

Com temperatura média anual de 25,7 °C e suas oscilações mensais fluindo entre 24 °C no mês de junho a 26,9 °C em fevereiro. Os poderes evaporativos (ETP e EVR) foram abaixo dos índices pluviométricos. O excedente hídrico registra-se entre os meses de setembro a fevereiro com índices anual de 287,4 mm, as deficiências hídricas ocorrem entre os meses de abril a julho totalizando 727,6 mm.

Estudos dos Autores Alvares et al. (2014); Medeiros et al, (2016); Medeiros et al, (2018) o que vem a corroborar com os resultados encontrados neste estudo.

Tabela 8. Resultado do Balanço Hídrico para o município de Recife - PE, segundo a metodologia proposta por Thornthwaite & Mather, (1955), para o período de 1962-2018.

Meses	Temp (°C)	Prec (mm)	ETP (mm)	EVR (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)
Jan	26,7	79,9	144,9	82,3	62,5	0,0
Fev	26,9	113,7	136,4	114,2	22,2	0,0
Mar	26,7	191,1	146,6	146,6	0,0	0,0
Abr	26,2	243,6	129,0	129,0	0,0	61,2
Mai	25,5	300,1	119,4	119,4	0,0	180,7
Jun	24,6	318,1	101,3	101,3	0,0	216,7
Jul	24,0	287,9	96,0	96,0	0,0	191,9
Ago	24,1	174,8	97,6	97,6	0,0	77,2
Set	24,9	85,2	107,3	105,1	2,3	0,0
Out	25,7	49,7	127,5	93,0	34,4	0,0
Nov	26,3	37,1	135,7	60,2	75,5	0,0
Dez	26,7	49,4	148,5	58,0	90,5	0,0
Anual	25,7	1930,5	1490,2	1202,9	287,4	727,6

Legenda: Temp = Temperatura média do ar; Prec = Precipitação; ETP = Evapotranspiração; EVR = Evaporação; EXC = Excedente hídrico e DEF = Deficiência hídrica.

Fonte: Medeiros (2021).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

MÉTODOS DAS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS DE THORNTWAITE E KÖPPEN PARA RECIFE – PE, BRASIL
 Luciano Marcelo Falle Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Romildo Morant de Holanda,
 Manoel Vieira de França, Wagner Rodolfo de Araújo, Fernando Cartaxo Rolim Neto

Na Tabela 9 tem-se a classificação do município de Recife – PE, realizada pela metodologia de Thornthwaite e Mather (1955) para o período normal a qual foi obtida com base nos valores dos índices: índice de aridez (I_a) e índice de umidade (I_u). O I_u avaliado como a “chave inicial” para a classificação, cujo valor é de 19,28%, sendo localizada a tipologia w indicando moderado excesso de verão. Através da “segunda chave”, com base no índice de aridez (I_a) igual a 0,19 e índice hídrico (I_h) igual a -0,11 obteve-se a letra r , caracterizando por nenhuma deficiência hídrica. Já a “terceira chave” definida em função da evapotranspiração potencial anual (ETPanual) de 1490,2 mm, determinou-se o subtipo A' que indica clima megatérmico. Por último, através da “quarta chave”, em função da relação entre a evapotranspiração de verão (ETPverão) igual a 0,37 mm impetrada pelo somatório da ETP dos meses mais quentes que são (setembro a dezembro) pela evapotranspiração anual determinou-se o subtipo a' . Desta maneira temos a fórmula climática completa é $wrA'a'$, ou seja, o clima para o município de Recife - PE é caracterizado como megatérmico com moderado excesso de verão, pequena ou nenhuma deficiência de água.

Tabela 9. Classificação climática do município de Recife – PE, pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período normal. Fonte: Autor (2019).

$I_a(\%)$	$I_u(\%)$	ETP anual (mm)	ETPverão/ETPanual(%)
0,19	19,28	1490,2	0,37
	r	w	A'
			a'

Fonte: Medeiros (2021).

Tais variações se devem ao potencial energético da região, de acordo com as estações do ano, como explicam Medeiros et al. (2015) ao afirmarem que as maiores médias térmicas de temperatura do ar na superfície ocorrem durante o verão, e as menores, durante o inverno, mesmo as que se encontram em baixas latitudes.

Na Figura 2 tem-se a representação gráfica do Balanço hídrico para o município de Recife - PE para o período de 1962-2018. Nos meses de outubro a fevereiro registram-se deficiências hídricas, os excedentes hídricos ocorrem entre os meses de abril a agosto, as retiradas e as reposições de água no solo registram-se nos meses de março e abril e entre os meses de setembro e dezembro respectivamente.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

MÉTODOS DAS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS DE THORNTWAITE E KÖPPEN PARA RECIFE – PE, BRASIL
 Luciano Marcelo Falle Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Romildo Morant de Holanda,
 Manoel Vieira de França, Wagner Rodolfo de Araújo, Fernando Cartaxo Rolim Neto

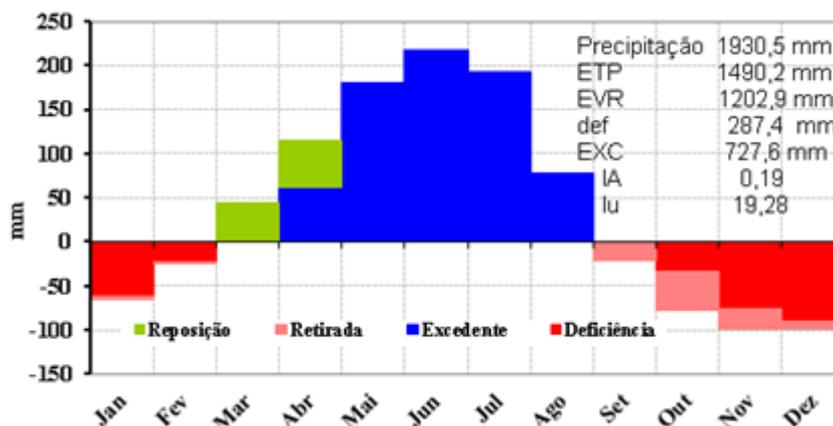


Figura 2. Gráfico do Balanço hídrico para o município de Recife - PE para o período de 1962-2018. Fonte: Autor (2019).

CONCLUSÕES

Embora seja registrada grande variabilidade pluviual, é recomendado o plantio de sequeiro e familiar com o preparo da terra no mês de novembro e dezembro e seus plantios ocorrendo entres os meses de janeiro e abril, épocas de maiores índices pluviométricos.

O poder evapotranspirativo foi de 23,5% abaixo dos índices pluviuais registrados, enquanto a precipitação foi superior à evaporação 60,5%. As deficiências hídricas ocorrem entre os meses de abril e julho e totalizam 727,6 mm, os excedentes hídricos registram-se entre os meses de outubro e fevereiro na série dos dados estudado.

Segundo a classificação climática de Köppen o clima de Recife é do tipo Am, (clima de monção), o clima segundo a classificação de Thornthwaite para o município Recife é caracterizado como megatérmico com moderado excesso de verão, pequena ou nenhuma deficiência de água (wrA'a')

REFERÊNCIAS

ÁCS, F.; BREUER, H.; SKARBIT, N. Climate of Hungary in the twentieth century according to Feddema. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 115, p. 1-9, 2014.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. p. 711-728,

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; BARROS, A. H. C.; SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N. Classificação climática e regionalização do semi-árido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36, n. 2, p.143-151, 2005.

BARROS, A. H. C.; ARAÚJO FILHO, J. C.; SILVA, A. B.; SANTIAGO, G. A. C. F. Climatologia do Estado de Alagoas. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Recife, n. 211, 2012.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

MÉTODOS DAS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS DE THORNTWAITE E KÖPPEN PARA RECIFE – PE, BRASIL
 Luciano Marcelo Falle Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Romildo Morant de Holanda,
 Manoel Vieira de França, Wagner Rodolfo de Araújo, Fernando Cartaxo Rolim Neto

APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; RICHETTI, J.; SOUZA, P. S.; JOHANN, J. A. Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 40, n. 4, p. 405-417, 2016.

COSTA NETO, F. A.; MEDEIROS, R. M.; SOUSA, E. P.; OLIVEIRA, R. C. S. Balanço hídrico como planejamento para a cidade de Olivedos-PB. *In.*: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, CONTECC, 2014. Centro de Convenções Atlantic City – Teresina, 2014.

INMET. **Normais climatológicas** Instituto Nacional de Meteorologia. Brasília-DF: Inmet. 2019.

INMET. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>.

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

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: **Verlag Justus Perthes**. Wall-map 150 x 200cm. 1928.

MEDEIROS, R. M.; SOUSA, F. A. S.; SANTOS, D. C.; GOMES FILHO, M. F. Análise climatológica, classificação climática e variabilidade do balanço hídrico climatológico na bacia do rio Uruçuí Preto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, p. 652-664, 2013.

MEDEIROS, R. M. *et al.* Variabilidade da temperatura média do ar no Estado da Paraíba-Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, n. 01, p. 128-135, 2015.

MEDEIROS, B. C.; MEDEIROS, R. M. Climáticas em São João do Cariri – PB, a partir do balanço hídrico climatológico. **Ciência e Natura**, v. 38, p. 1403-1410, 2016.

MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D. C.; SOUSA, F. A. S.; GOMES FILHO, M. F. Análise Climatológica, Classificação Climática e Variabilidade do Balanço Hídrico Climatológico na Bacia do Rio Uruçuí Preto, PI. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Rio de Janeiro, v. 06, n. 04, p. 652-664, 2017.

MEDEIROS, R. M.; HOLANDA, R. M.; VIANA, M. A.; SILVA, V. P. Climate classification in Köppen model for the state of Pernambuco - Brazil. **Revista de Geografia**, Recife, v. 35, p. 219-234, 2018.

MEDEIROS, R. M. O balanço hídrico e o aquecimento no município de Caruaru – PE, Brasil. **Revista Equador**, v. 7, p. 126-146, 2018.

MEIRELES, E. J. L.; PEREIRA, A. R.; SENTELHAS, P. C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, F. J. P. Risco climático de quebra de produtividade da cultura do feijoeiro em Santo Antônio de Goiás, GO. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 1, p. 163-171, 2003.

MIRANDA, E. E. **Brasil em relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2008. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>.

MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília: INMET, 2009. 530 p.

OLIVEIRA, L. D. S. *et al.* Efeito do aumento da temperatura na classificação climática do município de Nossa Senhora da Glória, SE. *In.*: **Anais...III Congresso internacional da realidade semiárida, III Simpósio alagoano sobre ecossistemas do semiárido**, Delmiro Gouveia - AL, 2014. p. 1-8.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981. 320 p.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

MÉTODOS DAS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS DE THORNTWAITE E KÖPPEN PARA RECIFE – PE, BRASIL
 Luciano Marcelo Falle Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Romildo Morant de Holanda,
 Manoel Vieira de França, Wagner Rodolfo de Araújo, Fernando Cartaxo Rolim Neto

PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas-MA. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n.1, p. 83-89, 2017.

PEREIRA, L. C.; LOMBARDI NETO, F.; TOCCHETTO, M. R. L. Aptidão agrícola das terras e agroecologia: Ação combinada para uma agricultura sustentável. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 1, p. 45-59, 2007.

RIBEIRO, E. P. **Mudanças ambientais e desertificação na bacia hidrográfica do rio Pajeú**. 2016. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH, Recife, 2016.

ROLIM, G. S.; APARECIDO, L. E. O. Camargo. Köppen and Thornthwaite climate classification systems in defining climatical regions of the state of São Paulo, Brazil. **Internation Journal of Climatology**, v. 36, p. 636-643, 2016.

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**, Taubaté, v. 3, n. 3, p. 28-42, 2008.

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**, Recife, v. 5, n. 4, p. 585-591, 2010.

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

SOUZA, A. P. *et al.* Classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado de Mato Grosso. **Nativa**, v. 01, n. 01, p. 34-43, 2013.

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

THORNTWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Centerton. **Climatology**, New Jersey, v. 8, n. 1, 1955.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia. **Versão digital 2**, Recife, mar. 2001.