

# BALANÇO HÍDRICO E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN E THORNTHWAITE NO MUNICÍPIO DE FEIRA DE SANTANA (BA)

## WATER BALANCE AND KÖPPEN CLIMATE CLASSIFICATION AND THORNTHWAITE IN THE MUNICIPALITY OF FEIRA DE SANTANA (BA)

Robson Argolo dos Santos<sup>1</sup>, Daniel Lima Martins<sup>2</sup>, Rosângela Leal Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana, BA, Brasil

Correspondência para: Robson Argolo dos Santos (argolo.agro@gmail.com)

doi: 10.12957/geouerj.2018.34159

Recebido em: 11 maio. 2018 | Aceito em: 19 ago. 2018



### RESUMO

O estudo da meteorologia se baseia nos fenômenos atmosféricos, seu comportamento e interações físicas, químicas e dinâmicas com os demais elementos da superfície terrestre. O objetivo deste trabalho foi caracterizar climaticamente o município de Feira de Santana (BA), quanto à disponibilidade de água para o cultivo agrícola, utilizando os dados disponibilizados pelo INMET, os quais foram processados através do método de balanço hídrico climático, a partir do qual se obteve o índice hídrico, índice de aridez e índice de umidade, e auxílio das chaves de classificação de Thornthwaite. O balanço hídrico mostrou que o município apresenta uma ETP de 1431,7 mm ano<sup>-1</sup>, ETR de 720,7 mm ano<sup>-1</sup>, DEF de 711,0 mm ano<sup>-1</sup> e EXC igual a zero. O tipo climático pela metodologia de Köppen é "Asa", megatérmico com chuvas de inverno e verão quente, enquanto que a de Thornthwaite é C1w2A'a', clima Sub-úmido seco com longo excesso de verão, megatérmico e com concentração de evapotranspiração potencial no verão igual a 31,2%. O município de Feira de Santana apresenta uma alta ETP, influenciada pelas altas temperaturas. O período de menor deficiência hídrica é registrado nos meses de maio, junho e julho, sendo indicado para os cultivos de sequeiro. O método de classificação climática de Thornthwaite apresenta maior detalhes que o de Köppen.

**Palavras-chave:** Clima, semiárido, agropecuária, solo-água-atmosfera

### ABSTRACT

The study of meteorology are based on atmospheric phenomena, your behavior and physical, chemical and dynamic interactions with the other elements of the Earth's surface. The aim of this study was to characterize climatically the municipality of Feira de Santana (BA), as to the availability of water for farming, using data provided by INMET, which were processed through the climatic water balance method, from which he obtained the water index, index of dryness and moisture content, and aid the sort keys of Thornthwaite. The water balance showed that the municipality features an ETP of 1431.7 mm year<sup>-1</sup>, ETR to 720.7 mm year<sup>-1</sup>, DEF of 711.0 mm year<sup>-1</sup> and EXC equal to zero. The climatic type through the methodology of Köppen's "wing", megatérmico with winter rains and hot summers, whereas Thornthwaite's C1w2A ' a ', Sub-humid climate with dry off excess summer, megatérmico and potential evapotranspiration in summer concentration equal to 31.2%. The municipality of Feira de Santana presents a high ETP, influenced by high temperatures. The period of lowest water deficiency is recorded in the months of may, June and July, being suitable for dryland crops. The Thornthwaite climate classification method offers greater detail than the Köppen.

**Keywords:** climate, semi-arid, farming, soil-water-atmosphere

## INTRODUÇÃO

As condições climáticas possuem grande influência sobre os sistemas vivos da terra, principalmente a população humana. O clima gera impacto sobre agricultura, economia, assim como no bem-estar da

população e suas relações. O grande limitante das produções agrícola, nos tempos modernos, é a disponibilidade hídrica, onde as mudanças do comportamento habitual da quantidade e distribuição de chuvas, vem sofrendo mudanças perceptíveis ao longo dos anos. O aumento das temperaturas associado a essa modificação do comportamento da distribuição de chuvas está gerando grandes impactos agrícolas-ambientais em diversas áreas geográficas do Brasil (PELLEGRINO et al, 2007), principalmente o município de Feira de Santana (BA) que se encontra em uma zona de transição climáticas da úmida para o clima seco do semiárido.

O aumento do consumo dos recursos hídricos e a modificação do regime da distribuição das chuvas de uma localidade aumenta progressivamente a necessidade de realizar um planejamento racional para o uso da água (HORIKOSHI e FISCH, 2007; SANTOS et al., 2010). Estes mesmos autores afirmam que para isso é necessário o conhecimento da distribuição espacial e temporal da disponibilidade hídrica.

As condições climáticas e hidrológicas de uma determinada região são os principais parâmetros na estimativa das disponibilidades hídricas desse território. Estão nos estudos hidroclimatológicos as premissas básicas que nortearão o desenvolvimento dos trabalhos na definição do modelo de planejamento e gestão dos recursos hídricos a ser implementado (MEDEIROS et al., 2013).

Mesmo com toda a importância com relação à disponibilidade hídrica, existem poucas pesquisas sobre balanço hídrico do solo. O balanço hídrico quase sempre é utilizado como base e permite uma primeira avaliação, na escala macro, da disponibilidade hídrica no solo ao longo do tempo. Sendo assim, como unidade de gerenciamento, permite classificar o clima de uma região, realizar o zoneamento agroclimático e ambiental, o período de disponibilidade e necessidade hídrica no solo, além de favorecer ao planejamento integrado dos recursos hídricos (LIMA e SANTOS, 2009).

A disponibilidade hídrica de uma região pode ser mensurada a partir do Balanço Hídrico Climatológico (BHC), que evidencia as variações sazonais do excedente e déficit hídrico com base nas relações de entradas e saídas de água do solo, principalmente precipitações (P) e evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) (PEREIRA et al, 2002)

Thornthwaite e Mather (1955) foram os pioneiros na metodologia do BHC que determina o fluxo hídrico de uma localidade de modo rápido e simples, sem carecer de medidas diretas das condições do solo. Para este, há a necessidade de definir a precipitação total (P), o armazenamento máximo no solo (capacidade de água disponível – CAD) e a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). Com esses parâmetros pode-se calcular o BHC, estimando o total de água retida no solo (ARM), a evapotranspiração real (ETR) e o déficit (DEF) ou excedente (EXC) 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).

A partir dos cálculos do Balanço Hídrico, torna-se simples fazer a classificação climática de uma área estudada, pois os dados necessários são variáveis determinantes na resolução e aplicação do balanço hídrico. Segundo Cunha & Martins (2009), a classificação objetiva definir os limites geográficos dos diferentes tipos de clima que ocorrem no mundo por meio da descrição e mapeamento das regiões climáticas, necessitando identificá-las e classificá-las em diferentes tipos. Já Andrade Júnior et al. (2005) menciona que a classificação climática visa identificação de zonas climáticas e biogeográficas relativamente homogêneas, fornecendo indicações valiosas sobre as condições ecológicas, suas potencialidades agrícolas e o meio ambiente da região. Desta forma, as condições climáticas anuais se tornam 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).

A classificação climática tem como base os dados meteorológicos médios mensais padronizados por um período de 30 anos recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), denominando-se, portanto, Normal Climatológica (INMET, 2003). Dessa forma, a elaboração da Normal Climatológica se torna uma ferramenta de classificação climática por um período de tempo para determinada localidade, podendo servir como base de planejamento territorial bem como para o zoneamento econômico-ecológico de determinada região. Dos métodos de classificação, dois deles se destacam, sendo amplamente utilizados: o de Köppen (1931) e o de Thornthwaite (1948). O primeiro tem como base de classificação as temperaturas e precipitações, enquanto que o segundo, além de temperaturas e precipitações, incorpora também a evapotranspiração de referência.

A classificação de Köppen tem como base os 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 mensura detalhamento do clima. Este método é utilizado a mais de 80 anos, e permite adaptá-lo para diferentes condições climáticas (VIANELLO e ALVES, 2000)

A classificação climática de Thornthwaite leva em consideração quatro letras. A primeira letra da classificação refere-se ao índice de umidade, a segunda ao índice de aridez, a terceira indica a eficiência térmicas e a quarta aponta a porcentagem da eficiência térmica no verão em relação a ETo (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.

O município de Feira de Santana-BA, localizada no semiárido baiano, é conhecida pela sua produção agrícola e pecuária familiar, principalmente pela produção da cultura do feijão e do milho, além da pecuária de bovinos, caprinos e ovinos. O município apresenta uma grande variação espacial e temporal da precipitação, e a produção da região é realizado em sistema de sequeiro (sem irrigação). Por esse motivo é de suma importância o entendimento das condições hídricas e climáticas da região, pois tal produção depende destes fatores, necessitando de uma melhor gestão e manuseio dos seus recursos hídricos naturais.

O objetivo deste trabalho foi apresentar o balanço hídrico, bem como realizar a classificação climática pelo método de Thornthwaite (1948) e Köppen (1931), mundialmente utilizadas, para o município de Feira de Santana (BA).

## **MATÉRIAS E MÉTODO**

O estudo foi realizado no município de Feira de Santana, localizada no estado da Bahia, que, apesar de estar a apenas 90 km do litoral, situa-se numa zona intermediária entre o clima úmido do litoral e o semiárido do interior (Figura 1-A). O índice pluviométrico médio, correspondente entre os anos de 1994 a 2015, é 720,9 mm, possui dois períodos chuvosos distintos: o primeiro no outono-inverno e o segundo no final da primavera (Figura 1-B).

Os dados climáticos foram disponibilizados pela Estação Climatológica pertencente ao IV Distrito de Meteorologia Bahia/Sergipe (IV DISME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no Campus da Universidade Estadual de Feira de Santana, no município em estudo.

De posse dos dados de temperatura (extraídos dos totais mensais de cada ano) calculou-se o a evapotranspiração referência (ET<sub>o</sub>) a partir do modelo proposto por Thornthwaite (1948), equação 1.

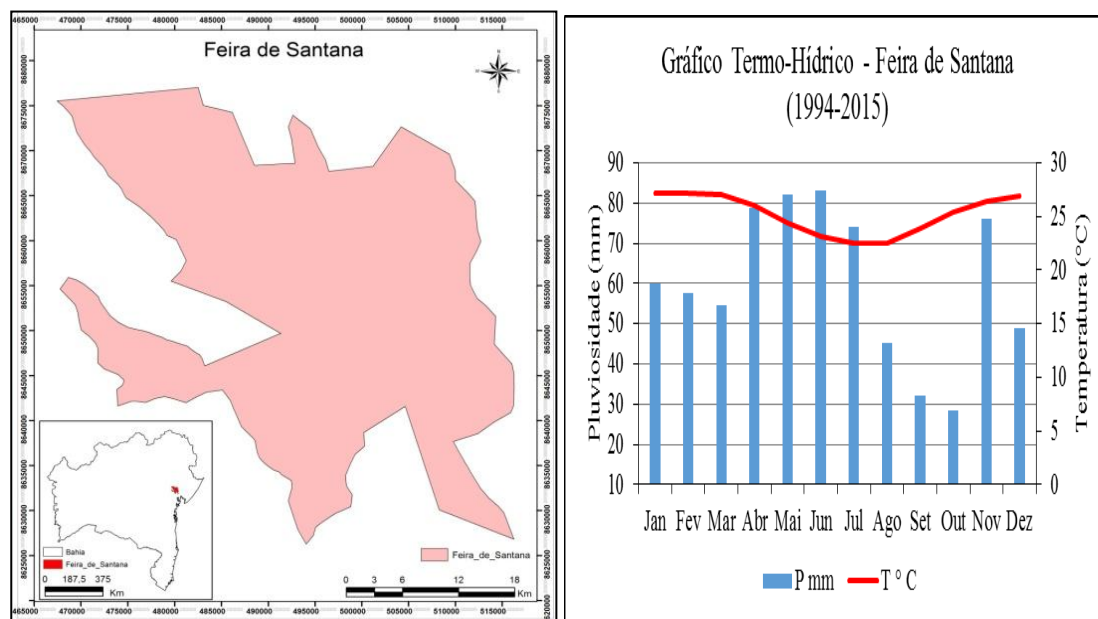


Figura 1. Localização do município de Feira de Santana (A) Gráfica Termo-Hídrico do município de Feira de Santana (B).

$$ET_{oTh} = 16(10^{\frac{T_i}{T}})^a \quad T_i > 0 \quad (1)$$

$ET_{oTh}$  = evapotranspiração de referência mensal de Thornthwaite (mm.mês<sup>-1</sup>);

$T_i$  = temperatura média mensal (° C), e o subscrito i corresponde aos meses do ano;

$I$  = índice de calor da região calculado com os valores normais;

$a$  = expoente calculado em função de  $I$ .

$$I = \sum_{i=1}^{12} (0,2T_i)^{1,514} \quad (1.1)$$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 1,7912 \cdot 10^{-2} + 0,49239 \quad (1.2)$$

Esse valor da  $ET_{oTh}$  precisa ser corrigido para as condições climáticas de Feira de Santana, ficando a equação da seguinte forma:

$$ETP = ET_0 \cdot Th \cdot Cor$$

$$Cor = (ND/30) * (N/12).$$

**ND** = número de dias do mês em questão;

**N** = fotoperíodo médio do mesmo mês.

Após o cálculo da  $ET_0$  e aquisição dos dados de precipitação (extraídos dos totais mensais de cada ano) realizou-se o balanço hídrico climatológico seguindo a metodologia de Thornthwaite e Matter (1955). Na realização do balanço hídrico utilizou a série temporal de 22 anos (1994-2015) e a capacidade de água disponível de 100 mm (para cultivo dos principais produtos da agricultura familiar, como milho e feijão). Finalizando a etapa dos cálculos do balanço hídrico, fez-se elaborações de gráficos para permitir uma melhor visualização do comportamento da água no solo e seu armazenamento, enfocando o excesso, déficit, retirada e reposição hídricas.

### Método de Köppen (1931)

Este método 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).

Código	Tipo de clima	Descrição
<b>A</b>	Tropical	Climas megatérmicos: T média do mês mais frio $> 18^{\circ}\text{C}$ ; Estação invernal ausente; P anual superior a ETP anual.
<b>B</b>	Árido	Climas secos (P anual $< 500$ mm); ETP anual superior a P anual; Inexistência de cursos d'água permanentes.
<b>C</b>	Temperado	Climas mesotérmicos; T média do mês mais frio entre $-3$ e $18^{\circ}\text{C}$ (considerando a mínima média)*; T média do mês mais quente $> 10^{\circ}\text{C}$ ; Verão e inverno bem definidas.
<b>D</b>	Continental	Climas microtérmicos; T média do ar do mês mais frio $< -3^{\circ}\text{C}$ ; T média do mês mais quente $> 10^{\circ}\text{C}$ ; Verão e inverno bem definidos.
<b>E</b>	Glacial	Climas polares e de alta montanha; T média no mês mais quente $< 10^{\circ}\text{C}$ ; Verão pouco definida ou inexistente.

**Tabela 1:** Caracterização do indicador de grupo climático

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

Tabela 02: Caracterização do indicador de tipo climático.

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

Tabela 3: Caracterização do indicador de subtipo climático

### Método de Thornthwaite (1948)

O método proposto por Thornthwaite (1948) utiliza dados do excesso e déficit hídrico anual, derivada do balanço hídrico. Determinou para cada período o índice de hídrico (Ih), que é a relação entre excesso de água pela evapotranspiração potencial expressa em porcentagem (SILVA et al, 2014), equação 2.

$$Ih = (EXC/ETP) * 100 \quad (02)$$

A seguir determinou-se o índice de aridez (Ia), que expressa a déficit hídrica em porcentagem em relação a evapotranspiração potencial, variando de 0 a 100. Segundo Miranda e Santos (2008) quando o índice de aridez atinge valor 0, isso indica que não há déficit hídrica, porém quando o Ia atinge o valor de 100, isso quer dizer que a déficit é igual a evapotranspiração potencial, estando em condições de extrema aridez. O índice de aridez é determinado pela equação 3.

$$Ia = (DEF/ETP) * 100 \quad (03)$$

Finalizado os cálculos do Ih e do Ia estimou-se o índice umidade (Iu) que relaciona os dois índices acima e é responsável por determinar o tipo climático local (CUNHA e MARTINS, 2009) obtendo o primeiro indicativo da fórmula climática representado por uma letra alfabética maiúscula, com ou sem um algarismo subscrito (Tabela 4). O índice umidade abrange períodos úmidos a secos durante todo o ano em sua condição climática (THORTHWAITE, 1948). Segundo esse mesmo autor, se ocorrer uma situação em que a deficiência hídrica não ultrapassa 60% dos excedentes hídricos no período úmido, então não ocorrerá uma seca, ou seja, o índice umidade terá que ser igual a zero ( $Iu=0$ ). Este índice foi posteriormente utilizado para a classificação climática do local estudado, equação 4.

$$Iu = Ih - 0,6 * Ia \quad (04)$$



Segundo Miranda e Santos (2008), a segunda letra da fórmula, que pode ser maiúscula ou minúscula com ou sem subscrito (Tabela 5), mostra o subtipo climático diferenciando o período de umidade e aridez que ocorrer durante o ano em função da distribuição interanual da pluviosidade.

Para determinação da terceira letra da fórmula climática é necessário o índice de eficiência térmica. Este índice corresponde ao valor numérico da evapotranspiração potencial, sendo a função direta da temperatura e do fotoperíodo. É apresentada por uma letra maiúscula com apóstrofo e, com ou sem um algarismo subscrito (Tabela 6).

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

Tipos Climáticos	Índice de Umidade (Iu)
A - Super-úmido	$100 \leq Iu$
B <sub>4</sub> - Úmido	$80 \leq Iu < 100$
B <sub>3</sub> - Úmido	$60 \leq Iu < 80$
B <sub>2</sub> - Úmido	$40 \leq Iu < 60$
B <sub>1</sub> - Úmido	$20 \leq Iu < 40$
C <sub>2</sub> - Sub-úmido	$00 \leq Iu < 20$
C <sub>1</sub> - Sub-úmido seco	$-33,33 \leq Iu < 00$
D - Semi-árido	$-66,7 \leq Iu < -33,33$
E - Árido	$-100 \leq Iu < -66,7$

**Tabela 4:** Chave inicial da classificação climática segundo Thornthwaite, baseado nos índices de umidade. FONTE: Ometto (1981)

Climas úmidos (A, B <sub>4</sub> , B <sub>3</sub> , B <sub>2</sub> , B <sub>1</sub> e C <sub>2</sub> )	Índice de Aridez (Ia)	Climas secos (C <sub>1</sub> , 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 <sub>2</sub> – grande deficiência no verão	> 33,33	s <sub>2</sub> – largo excesso de inverno	20
w <sub>2</sub> – grande deficiência no inverno	> 33,33	w <sub>2</sub> – largo excesso de verão	20

**Tabela 5:** Segundo chave da classificação climática segundo Thornthwaite, baseados nos índices de aridez e umidade. Fonte: Ometto (1981)

Tipo climático	Índice térmico (ETo anual)
A' - megatérmico	$\geq 1.140$
B' <sub>4</sub> - mesotérmico	997 – 1.140
B' <sub>3</sub> - mesotérmico	855 - 997
B' <sub>2</sub> - mesotérmico	712 - 855
B' <sub>1</sub> - mesotérmico	570 - 712
C' <sub>2</sub> - microtérmico	427 - 570
C' <sub>1</sub> - microtérmico	285 - 427
D' - tundra	142 - 285
E' – gelo perpétuo	< 142

**Tabela 6:** Terceira chave de classificação climática segundo Thornthwaite, baseado no índice térmico (ETo anual) Fonte: Ometto (1981)

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

**Tabela 7:** Quarta chave de classificação climática segundo Thornthwaite, baseado na relação entre a ETP de verão (ETP<sub>v</sub>) e anual (ETP). Fonte: Ometto (1981)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O clima da região Nordeste brasileira detém uma característica marcante por sua grande variabilidade temporal e espacial da pluviosidade, principalmente na porção semiárida desta região, em que a espacialidade e temporalidade das chuvas constitui fator com maior relevância do que os totais pluviométricos sazonais, que afeta diretamente a agricultura de sequeiro, que depende única e exclusivamente dos ritmos pluviométricos para seu desenvolvimento (MARENGO et al, 2011). A partir dessa abordagem, pode-se observar a tabela 08 e, ao analisá-la pode se ressaltar os seguintes pontos: a ocorrência de uma variação interanual da precipitação em Feira de Santana os meses de abril (78,6 mm), maio (82,1 mm), junho (83,2 mm), julho (74,1 mm) e novembro (76,1 mm) apresentam os maiores valores pluviométricos; os meses de menores precipitações são setembro (32,1 mm) e outubro (28,3 mm). As chuvas no município de Feira de Santana sofrem influências dos distúrbios de Leste, que são agrupamentos de nuvens que se movem no Oceano Atlântico, de leste para oeste, até atingirem o litoral (TANAJAURA et al, 2010). Ao atingirem o litoral provocam chuvas, e no período de verão tende a ganhar força e direcionar para o interior, de forma contrária, no inverno ficam restrita a porção litoral onde ocorrem as precipitações nessa região.

Esse tipo de sistema atua durante todo ano, tendo o período de maior intensidade entre os meses de abril a julho, mas apresentando variabilidade interanual.

A máxima de chuva no mês de novembro está relacionada com encontro de duas massas de ar, uma fria e seca vindo das regiões polares e a outra quente e úmida dos trópicos, denominado de sistemas frontais. Esses sistemas penetram no Nordeste durante todo o ano e tem sua importância no máximo de precipitação de novembro a janeiro, favorecendo o aumento da precipitação ao longo da costa desde 5°S até 18°S (KOUSKY, 1979), sendo que o município de Feira de Santana se encontra à altura do paralelo 12°S.

Quanto a distribuição das temperaturas, as menores ocorrem entres os meses de maio a setembro (outono/inverno), com médias mensais inferiores à média anual (25,2 °C), enquanto os demais meses apresentam suas médias mensais maiores que a média anual (Tabela 8). É importante frisar que o município apresenta uma alta amplitude térmica diária, podendo essa diferença chegar a 28 °C, com as máximas diárias alcançando 40 °C e as mínimas de até 12 °C. As condições de solo, vegetação,

urbanização cooperam para essas variações (LIMA et al, 2012). Observa-se nesta tabela, menores amplitudes térmicas nos meses de maio, junho e julho, período de maiores precipitações (Tabela 08). Segundo Santos et al (2013) as amenizações ocorrem, principalmente, na temperatura máxima, em função da maior nebulosidade dessas épocas, em que altera as radiações direta e difusa, bem como a umidade do ar, além da posição da relação Terra -Sol no período de inverno (SANTOS et al., 2013).

Mês	T (°C)	ETP (mm)	P (mm)	P-ETP (mm)	NAc (mm)	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	27,2	157,6	60,0	-97,6	-932,4	0,0	0,0	60,0	97,5	0,0
Fev	27,2	140,1	57,5	-82,6	-1015,0	0,0	0,0	57,5	82,6	0,0
Mar	27,1	149,2	54,6	-94,6	-1109,6	0,0	0,0	54,6	94,6	0,0
Abr	26,0	125,5	78,6	-46,9	-1156,5	0,0	0,0	78,6	46,9	0,0
Mai	24,4	102,3	82,1	-20,2	-1176,7	0,0	0,0	82,1	20,2	0,0
Jun	23,2	82,2	83,2	1,0	-464,8	1,0	1,0	82,2	0,0	0,0
Jul	22,4	77,4	74,1	-3,3	-468,1	0,9	-0,1	74,1	3,3	0,0
Ago	22,5	78,8	45,3	-33,5	-501,6	0,7	-0,2	45,6	33,2	0,0
Set	23,9	96,4	32,1	-64,3	-565,9	0,3	-0,4	32,4	64,0	0,0
Out	25,4	123,0	28,3	-94,7	-660,7	0,1	-0,2	28,5	94,5	0,0
Nov	26,4	143,3	76,1	-67,2	-727,8	0,1	-0,0	76,2	67,1	0,0
Dez	26,9	155,8	48,8	-107,0	-834,8	0,0	-0,1	48,8	107,0	0,0
Tot.	25,2	1431,7	720,7	-	-	0,0	0,0	720,7	711	0

T-Temperatura média do ar ETP-Evapotranspiração Potencial; P-Precipitação; NAc-Negativa Acumulada; ARM-Armacenamento; ALT-Alteração; ETR-Evapotranspiração Real; DEF-Deficiência Hídrica; EXC-Excedente Hídrico; Tot-Total

**Tabela 8:** Resultado da elaboração do Balanço Hídrico Climatológico para Feira de Santana, BA, conforme metodologia proposta por Thornthwaite & Mather, (1955). Feira de Santana, BA, 1994-2015.

O município apresenta um déficit hídrica anual de 711 mm e em nenhum momento ocorre o excedente hídrico (Tabela 8). Os meses que apresentam as piores situações de deficiência encontram-se nas extremidades do ano, ou seja, período correspondente ao verão, onde se concentra as altas temperaturas e baixas precipitações. De forma contrária, os meses entre maio a julho apresentam baixa deficiência hídrica, ocorrendo uma discreta reposição no mês de junho (Figura 2). Geralmente, é entres esses meses que se realizam os principais cultivos agrícolas da região (milho, feijão e mandioca).

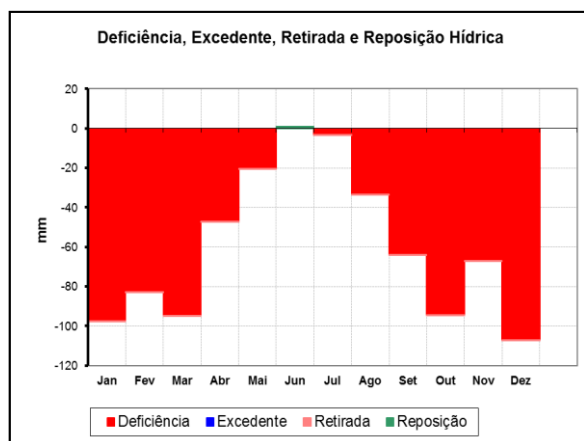


Figura 2: Representação gráfica da extração do BHC completo para o município de Feira de Santana-BA (1994-2015)

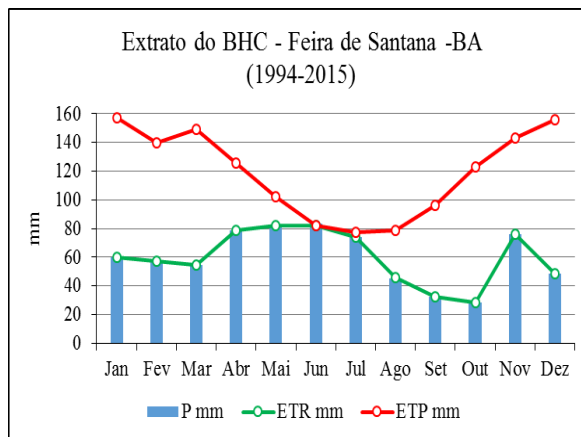


Figura 3: Variação dos dados mensais meteorológicos de precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP) e Evapotranspiração real (ETR) em Feira de Santana-BA (1994-2015).

O município é caracterizado por uma alta evapotranspiração potencial - ETP (1431,7 mm), influenciada diretamente pelas temperaturas altas da região, sendo o principal dado no cálculo da evapotranspiração de Thornthwaite (1948). A evapotranspiração real (720,7 mm) coincide com a quantia de pluviosidade (720,7), ou seja, a quantidade de entrada de água no sistema, é igual quantidade de água que sai dele.

Verifica-se ainda, de acordo com a Figura 3 que, o mês de junho, a evapotranspiração potencial coincide com evapotranspiração real. De acordo com Jesus (2015), a coincidência indica que a evaporação máxima para o período, nas condições climatológicas observadas, foi atingida, caracterizado pela quantidade de água disponibilizada no solo pelos elevados volumes de chuvas e baixa temperaturas. Esta observação é importante na determinação do clima de uma região, a qual não deve ser levando em consideração apenas os valores de precipitação, mas também o da temperatura (AZEVEDO e SILVA, 2000), ou seja, é necessário realizar o estudo termo-hídrico de uma determinada região através do balanço hídrico (ROLIN e SENTELHAS, 2007). Já nos outros meses do ano a evapotranspiração real é inferior a potencial, o que pode ser explicado pela elevada temperatura e baixa disponibilidade de água durante esse período, resultante de uma maior necessidade de água pela atmosfera (JESUS, 2015).

Para a identificação da primeira letra (Tabela 1), da caracterização climática de Köppen (1931), observa-se que a temperatura média do mês mais frio foi de 22,4 °C, superior a 18 °C, chegando então, a letra “A”, que identifica um clima megatérmico. Para a segunda letra (Tabela 2) analisou-se o

inverno com maior precipitação, ou seja, possui um inverno chuvoso, coincidindo com a letra “s”. A terceira classificação (Tabela 3) se baseou na temperatura do mês mais quente, em que Feira de Santana teve o mês de janeiro e fevereiro como o mais quente, ultrapassando 22 °C, sendo classificado pela letra “a”, de clima com verão quente. Desta forma, a caracterização é do tipo climático “Asa”, clima megatérmico com chuvas de inverno e verão quente.

A partir dos cálculos dos índices de aridez, hídrico e de umidade (Tabela 9) e com os auxílios das tabelas 4 (índice de umidade), tabela 5 (índice de aridez e umidade), tabela 6 (índice térmico), tabela 07 (ETos de verão e anual) e tabela 08 (BHC de Feira de Santana), foi possível classificar o clima, pela metodologia de Thornthwaite (1948), do município de Feira de Santana (BA).

Ih (%)	Iu (%)	Ia (%)	It (ETo anual)	ETov/EToa (%)
0	-29,8	49,7	1431,7	31,2
-	C <sub>1</sub>	w <sub>2</sub>	A'	a'

**Tabela 9:** Índices: hídrico (Ih), de umidade (Iu) e de aridez (Ia), térmico, relação entre a evapotranspiração de referência no verão (ETov) e a evapotranspiração potencial (EToa) total anual.

Utilizando-se a primeira chave, em função do Iu igual a -29,8%, obteve-se a letra C1 (Tabela 09 e 04), caracterizando o clima Sub-úmido seco. Em seguida, através da segunda chave, e baseando-se no Ia a 49,7%, obteve-se a letra w2 (Tabela 09 e 05), apresentando largo excesso de verão. Com o auxílio da terceira chave, em função do It (ETo anual) de 1431,7 mm, obteve-se a letra A' (Tabela 09 e 07), indicando clima megatérmico. Finalmente, através da quarta chave, em função da relação da evapotranspiração de verão (ETov) igual a 446,9 mm, pela evapotranspiração anual, de 1431,7 mm, obteve-se a letra a'. O clima segundo Thornthwaite foi caracterizado como sendo C1w2A'a', clima Sub-úmido seco com largo excesso de verão, megatérmico e com concentração de evapotranspiração potencial no verão igual a 31,2%.

## CONCLUSÕES

No município de Feira de Santana, apesar da grande variabilidade pluviométrica, é recomendado o plantio de sequeiro entres os meses de abril a julho, épocas de maiores concentrações das chuvas.

As condições evapotranspirativa são extremamente elevadas, e as deficiências de umidade no solo são altas, não existindo excedente hídrico em nenhum mês na média da série de 22 anos.

A classificação climática para o município, pela metodologia de Thornthwaite (1948), ficou descrito como  $C_1w_2A'a'$  (sub-úmido seco com largo excesso de verão, megatérmico e com concentração de evapotranspiração potencial no verão igual a 31,2%).

A classificação climática para o município, pela metodologia de Köppen (1931), ficou descrita como **Asa** (clima megatérmico com chuvas de inverno e verão quente).

No geral, as duas classificações não são excludentes nem divergentes, apenas complementares. Pode-se apenas ressaltar que a classificação de Köppen (1931) é mais simplificada, abordando menos itens, com destaque apenas na temperatura e período chuvoso, enquanto a metodologia proposta por Thornthwaite (1948) aborda uma maior quantidade de variáveis, que além da temperatura, estima qualitativamente a pluviosidade e evapotranspiração potencial de uma localidade.

Para amenizar a evapotranspiração entres os meses que compreende os cultivos agrícola, faz-se necessário o manejo do solo com coberturas, mantendo o solo com umidade por um período mais longo.

## REFERÊNCIAS

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*, v. 36, n.2, p.143- 151, 2005.

AZEVEDO, P.V.; da SILVA, G.B. Potencial agroclimático da região da “Chapada Diamantina” no Estado da Bahia. *Revista Brasileira de Meteorologia*. Vol 15, n1, 77-88. 2000.

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.

HORIKOSHI, A. S.; FISCH, G. Balanço hídrico atual e simulações para cenários climáticos futuros no município de Taubaté, SP, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, v. 2, n. 2, p. 32-46. 2007.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Clima [Internet]. [acesso em out 2013]. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/clima.php>. Acesso em: abril 2016.

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*, n.05, v.11, p. 01-06, 2015.

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

KOUSKY, V.E. Diurnal rainfall variation in Northeast Brazil. *Mon. Weather Rev.*, 108, 488-498, 1980.

KOUSKY, V. E. Frontal influences on Northeast Brazil. *Mon. Wea. Rev.*, 107, 1140-1153. 1979.

LIMA, F.B. SANTOS, G.O. Balanço hídrico-espacial da cultura para o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Noroeste do Estado de São Paulo. 2009. 89 f. Monografia. Fundação Educacional de Fernandópolis, Fernandópolis - SP, 2009.

LIMA, N. R.; PINHEIRO, G. M.; MENDONÇA, F. Clima urbano no Brasil: análise e contribuição da metodologia de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. *Revista Geonorte*, Edição especial 2, v.2, n.5, p. 626-638, 2012.

MARENGO, A. J.; ALVES, L. M.; BESERRA, A. E.; LACERDA, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S. Eds. *Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas*. Campinas Grande-PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. p. 383-416.

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 Uruçui Preto, PI. *Revista Brasileira de Geografia Física*. Rio de Janeiro, v. 06, n 04, p 652-664, 2013.

MIRANDA, R. A. C.; SANTOS, A. S. Balanço Hídrico e classificação climática de Thornthwaite em Duas barras (RJ). *Geo UERJ*. n.18, v. 1, p. 171-181, 2008.

MONTEIRO, J. E. B. A. *Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola*. 1. ed. Brasília: INMET, 2009. 530p.

MOTA, L.L.; BOTON, D.; FONSECA, F.C.; SILVA W.C.; SOUZA, A.P. Balanço hídrico climatológico e classificação climática da região de Sinop, Mato Grosso. *Scientific Electronic Archives*, v.7, p.38-44, 2013.

OMETTO, J. C. Bioclimatologia vegetal. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 436 p.

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

PELLEGRINO, G. Q.; ASSAD, E. D.; MARIN, F. R. Mudanças climáticas globais e a agricultura no Brasil. *Revista Multiciências*. Disponível em <[https://www.multiciencia.unicamp.br/artigos\\_08/a\\_08\\_8.pdf](https://www.multiciencia.unicamp.br/artigos_08/a_08_8.pdf)> Acessado em 08 de dezembro de 2017.



PEREIRA, A. R. et al. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

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

ROLIM, G.S.; CAMARGO, M.B.P.; LANIA, D.G.; MORAES, J.F.L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. *Bragantia - Revista de ciências agronômicas*, v.66, n.4, p.711-720, 2007.

SANTOS, G. O. et al. Balço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 4, n. 3, p. 142-149, 2010.

SANTOS, R. B. et al. Planejamento da pulverização de fungicidas em função das variáveis meteorológicas na região de Sinop – MT. *Global Science and Technology*, v.6, n.1, p.72-88, 2013.

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

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

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.

TANAJURA, C.A.S.; GENZ F.; ARAÚJO, H.A. Mudanças climáticas e recursos hídricos na Bahia: validação da simulação do clima presente do HADRM3P e comparação com os cenários A2 e B2 para 2070-2100. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.25, n.3, 2010, p. 345 – 358.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.*, 38:55-94, 1948.

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

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

TANAJURA, C. A. S.; GENS, F.; ARAÚJO, H. A. mudanças climáticas e recursos hídricos na Bahia: validação da simulação do clima presente do hadrm3p e comparação com os cenários a2 e b2 para 2070-2100. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.25, n.3, p.345-358, 2010.