



¹ Profs. MS. Escola Agrotécnica Federal de Iguatu, Caixa Postal 38, CEP 63500-000, e-mail: georgesampaio@eafigt.gov.br; joaquimbrancodeoliveira@gmail.com

² Discente do Curso de Tecnólogo em Irrigação e Drenagem. Escola Agrotécnica Federal de Iguatu, Caixa Postal 38, CEP 63500-000, Iguatu-CE. e-mail: italo_bolinha@hotmail.com; alysson_igt@hotmail.com; arnobiojrtid@gmail.com; heakton@hotmail.com

RESUMO: O objeto do presente trabalho foi o de estudar a classificação climática do município de Tauá-Ce através das relações entre os totais de precipitação e as necessidades hídricas vegetais (evapotranspiração), utilizando o Balanço Hídrico segundo a metodologia de Thornthwaite (1948), e considerando as metodologias de Thornthwaite e Hargreaves no cálculo da ET_0 .

Palavras-chave: Evapotranspiração; Balanço hídrico; Clima.

CHANGE IN CLIMATE CLASSIFICATION FOR TAUÁ-CE BASED ON DIFFERENT REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION CALCULATION METHODOLOGIES (ETO)

ABSTRACT: This work had as main objective to study the climatic behaviour for Tauá located in Ceará State using the relation between precipitation and plant water needs called evapotranspiration. For this, the Thornthwaite's water balance was used and the Thornthwaite (1948) and Hargreaves (1974) evapotranspiration estimation methodologies.

Key-words: Evapotranspiration; Water balance; Climate

INTRODUÇÃO

O estudo das disponibilidades hídricas de uma região é importante em diversas áreas de atividade, dentre elas: a Hidrologia, a Oceanografia, a Meteorologia Agrícola e, também, de fundamental importância no estudo da viabilidade de projetos de irrigação e para a atividade agropecuária de uma maneira geral.

Os primeiros estudos relativos ao Balanço Hídrico foram desenvolvidos por Thornthwaite, envolvendo os conceitos de evapotranspiração potencial e as aplicações decorrentes dos vários fatores do balanço em diferentes linhas de pesquisa. Quando Thornthwaite (1948) desenvolveu a metodologia de cálculo do Balanço Hídrico, no qual a precipitação é comparada com a evapotranspiração de referência (ET_o), exibindo períodos de deficiência ou excessos hídricos, e dando um claro entendimento do grau de umidade ou aridez do clima de uma determinada região, houve também a necessidade da elaboração de uma fórmula para a estimativa da evapotranspiração para a região estudada (clima temperado).

As classificações climáticas são métodos empregados na identificação e caracterização dos tipos climáticos, apresentando aplicação em várias áreas que dependem direta ou indiretamente das condições climáticas.

Thornthwaite (1948) propôs a utilização do Balanço Hídrico em sua classificação climática, onde a partir do excesso e da deficiência são gerados os índices climáticos:

$$\text{Índice Hídrico: } I_h = (\text{EXC}/\text{ET}_o) \cdot 100$$

$$\text{Índice de Aridez: } I_a = (\text{DEF}/\text{ET}_o) \cdot 100$$

$$\text{Índice de Umidade: } I_m = I_h - 0,6 I_a$$

O objeto do presente trabalho foi o de estudar a classificação climática através das relações entre os totais de precipitação e as necessidades hídricas vegetais (evapotranspiração) para o município de Tauá, usando o Balanço Hídrico, e considerando diferentes metodologias empregadas na estimativa dessas necessidades hídricas, como as de Thornthwaite (1948) e Hargreaves (1974) utilizados de forma generalizada na estimativa das necessidades hídricas das culturas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram levantadas informações sobre o clima do município de Tauá – CE, que dispõem de dados completos como: temperatura máxima, mínima e média compensada (°C), umidade relativa (%), velocidade do vento a 2 m (m/s), insolação (horas/mês) e precipitação (mm). As informações foram obtidas do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), outros dados coletados: altitude (m) e coordenadas geográficas, latitude e longitude (em graus).

Os dados relativos às características físicas dos solos foram obtidos do levantamento Exploratório-Reconhecimento dos solos do estado do Ceará, da SUDENE. Dentre as diversas metodologias de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), serão descritos aqui aquelas utilizadas no trabalho: Thornthwaite (1948) e Hargreaves (1974).

O conjunto de equações desenvolvidas por Thornthwaite (1948) foi baseada no Balanço Hídrico de bacias hidrográficas e medidas de evapotranspiração em lisímetros e utiliza apenas a temperatura do ar como variável independente. Pela fórmula tem-se a evapotranspiração potencial média mensal para um mês de 30 dias e cada dia com 12 horas de fotoperíodo. O conjunto de equações é dado:

$$ETP_p = 16 \cdot \left(\frac{10T_i}{I} \right)^a \quad T_i > 0 \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (\text{Eq. 1})$$

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

em que: T_i é a temperatura média mensal, em graus Celsius; e I é o índice de calor da região, calculado com valores normais (média climatológica).

O subscrito i representa o mês do ano (i=1, Jan; i=2, Fev; etc). Segundo Camargo (1966), citado por Pereira et. al. (1997) meses com $T_i < 0^\circ\text{C}$ não devem ser incluídos no cálculo de I. Esse parece ser um dos muitos erros cometidos na utilização desse método em climas temperados. Esta equação pode ser ajustada como:

$$ETP = ETP_p \cdot \frac{N}{12} \cdot \frac{ND}{30} \quad (\text{Eq. 3})$$

Para o cálculo considerando: ND = ao número de dias do mês e fotoperíodo médio N há a necessidade de se ajustar a ETP multiplicando por este fator de correção acima citado.

Hargreaves (1974) apresenta uma equação para estimar a evapotranspiração no Nordeste do Brasil que tem a seguinte forma:

$$ET_o = F \cdot TF \cdot CH \quad (\text{Eq. 4})$$

onde, F = fator para latitude; TF = temperatura média em $^\circ\text{F}$, calculado com as medições de 12h, 24h e as temperaturas máxima e mínima do dia, pela fórmula:

$$T = \frac{(T_{12:00} + T_{24:00} + T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}})}{4} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$CH = 0,158 \cdot (100 - UR)^{0,5} < 1 \quad (\text{Eq. 6})$$

A CAD, em mm, foi calculada para o município através da relação:

$$CAD = (CC - PMP) \cdot da \cdot z \quad (\text{Eq. 7})$$

em que: CC = capacidade de campo (%); PMP = ponto de murcha permanente (%); da = densidade aparente do solo (g/cm^3); z = profundidade efetiva do sistema radicular (cm).

Os dados físico-hídricos de capacidade de campo, ponto de murcha permanente e densidade aparente foram obtidos a partir de dados de textura do solo retirado dos perfis contido no levantamento exploratório-reconhecimento dos solos do estado do Ceará e do Atlas do Ceará, publicado pela Secretaria de Planejamento e Coordenação – SEPLAN, 1997.

O Balanço Hídrico foi calculado segundo a metodologia de Thornthwaite & Mather (1955) e então processados em planilhas eletrônicas do EXCEL (Office 2007), e apresentada em gráficos e tabelas para o município de Tauá. O mesmo é composto das seguintes etapas: Precipitação, evapotranspiração potencial, a diferença entre precipitação e ET_o , armazenamento no solo, evapotranspiração real, deficiência e excesso hídrico. Índice Hídrico: $Ih = (EXC/ET_o) \cdot 100$, Índice de Aridez: $Ia = (DEF/ET_o) \cdot 100$, Índice de Umidade: $Im = Ih - 0,6Ia$.

Mendonça (1958) citado por Pereira et al. (1997), da um tratamento matemático ao método de Thornthwaite-Mather (1955) permitindo calcular ARM para qualquer valor de CAD (Capacidade de armazenamento do solo).

$$ARM = CAD \cdot \exp \left[\frac{-k}{CAD} \right] \quad \text{ou} \quad ARM = CAD \cdot \exp \left[\frac{NEG \cdot ACM}{CAD} \right] \quad (\text{Eq. 8})$$

$$NEG \cdot ACM = CAD \cdot \ln \left[\frac{ARM}{CAD} \right] \quad (\text{Eq. 9})$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra a evapotranspiração total anual considerando as duas metodologias e as tabelas 2, 3, e 4, um resumo dos resultados dos Balanços Hídricos de Thornthwaite-Mather(1955) calculado com as metodologias de estimativa da ET_o de Thornthwaite e Hargreaves, que dispõe de dados completos do clima.



Tabela 1. Resumo dos Resultados dos Balanços Hídricos calculados com a ETp de Thornthwaite e Hargreaves para o município de Tauá – Ce

MUNICÍPIO	EVAPOTRANSPIRAÇÃO (mm)	
	Thornthwaite	Hargreaves
Tauá	1567	1928

Tabela 2. Balanço Hídrico de Thornthwaite-Mather para o município de Tauá – CE, usando a ETp de Thornthwaite – CAD = 89 mm

Mês	P (mm)	ETP (mm)	P-Etp (mm)	N.Acm (mm)	ARM (mm)	Alt. (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
JAN	62	151	-89	-1106	0	(0)	62	89	0
FEV	84	119	-35	-1141	0	(0)	84	35	0
MAR	155	128	27	-106	27	27	128	0	0
ABR	117	109	8	-83	35	8	109	0	0
MAI	48	100	-52	-135	20	(15)	63	37	0
JUN	17	103	-86	-121	7	(12)	29	74	0
JUL	9	113	-104	-325	2	(5)	14	99	0
AGO	4	131	-127	-452	1	(2)	6	125	0
SET	2	145	-143	-595	0	(0)	2	143	0
OUT	5	155	-150	-745	0	(0)	5	150	0
NOV	12	155	-143	-888	0	(0)	12	143	0
DEZ	29	158	-129	-1017	0	(0)	29	129	0
TOTAIS	544	1567	-1023	-6814	92	(0)	544	1023	0

-índice hídrico: 0,0 -índice aridez: 65,3 -índice umidade:- 39,2

classificação climática: DdA'a'

Tabela 3. Balanço Hídrico de Thornthwaite-Mather para o município de Tauá – CE, usando a ETP de Hargreaves – CAD = 89 mm

Mês	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	N.Acm (mm)	ARM (mm)	Alt. (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
JAN	62	197	-135	-1539	0	(0)	62	135	0
FEV	84	151	-67	-1606	0	(0)	84	67	0
MAR	155	147	8	-214	8	8	147	0	0
ABR	117	135	-18	-232	7	(1)	118	17	0
MAI	48	123	-85	-307	3	(4)	52	71	0
JUN	17	120	-103	-410	1	(2)	19	111	0
JUL	9	141	-132	-542	0	(1)	10	131	0
AGO	4	160	-156	-698	0	(0)	4	156	0
SET	2	175	-173	-871	0	(0)	2	173	0
OUT	5	186	-181	-1052	0	(0)	5	181	0
NOV	12	195	-183	-1235	0	(0)	12	183	0
DEZ	29	198	-169	-1404	0	(0)	29	169	0
TOTAIS	544	1928	-1384	-10110	19	(0)	544	1384	0

-índice hídrico: 0,0 -índice aridez: 71,8 -índice umidade:- 43,1

classificação climática: EdA'a'

Tabela 4. Classificação climática usando a ETo de Thornthwaite e Hargreaves para o município de Tauá – CE

MUNICÍPIO	CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA	
	ETo(Thornthwaite)	ETo(Hargreaves)
Tauá	DdA'a' Semi-árido, excesso nulo	EdA'a' Árido, excesso nulo

CONCLUSÃO

Através dos cálculos efetuados nos balanços hídricos observou-se uma variação considerável nos valores de evapotranspiração e nos índices de umidade e de aridez, o que interferiu na classificação climática do município de Tauá. O índice de aridez teve um acréscimo de aproximadamente 10% enquanto que o índice de umidade caiu aproximadamente 10% com a metodologia de evapotranspiração de Hargreaves (1974) com relação à metodologia de evapotranspiração de Thornthwaite. A classificação climática passou de Semi-árido com excesso nulo, com ETo de Thornthwaite para Árido com excesso nulo, com ETo de Hargreaves.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- PERH. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Secretaria de Recursos Hídricos - Estudos de Base I - Hidroclimatologia. Fortaleza-CE, 1992.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PLANEJAMENTO DO CEARÁ – Atlas do Ceará, Fortaleza; edições Iplance, 1997.
- HARGREAVES, G. H. Potencial evapotranspiration and irrigation requirements for Northeast Brazil. Logan: Utah State University, USA Agency for International Development, 1974. 55p.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDYIAMA, G. C. Evapotranspiração. Piracicaba/SP: FEALQ/USP, 1997. 183p.
- SUDENE – Levantamento exploratório – reconhecido de solos do estado do Ceará. Recife, Convênio MA/DNPEA – SUDENE/DRN, 1973.2v.
- THORNTHWAITE, C. W, MATHER, J. R. The Water Balance. Climatology, Centerton, - N. J., n.8, 1955.
- THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a Rational Classification of Climate. Geographical Review 38: 55 – 94, 1948.