ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JEQUIÁ ATRAVÉS DOS MÉTODOS BLANEY-CRIDDLE E THORNTHWAITH

Carlos Alberto Inacio da Silva [1]; Cledeilson Pereira Santos [1]; Benicio Emanoel Omena Monte [1]; Carlos Ruberto Fragoso Junior [2]

RESUMO – A estimativa das necessidades hídricas pelas culturas é de fundamental importância para o planejamento e manejo dos Recursos Hídricos. Assim, a informação sobre a evapotranspiração torna-se ferramenta importante no manejo das águas. Uma forma de verificar a eficiência de métodos de estimativa da evapotranspiração é a comparação entre eles. O estudo foi realizado com o objetivo de se verificar a precisão dos métodos de estimativa de Evapotranspiração. Para tanto, usou-se o método de Blaney-Criddle e o método de Thornthwaith. A pesquisa foi desenvolvida na Bacia Hidrográfica do rio Jequiá - AL. Os resultados obtidos neste estudo evidenciam que o método de Blanney-Criddle superestimou o de Thornthwaith no período verão-outono e inverno-primavera.

Palavras-Chave – Evapotranspiração, método de Thornthwaith, método de Blanney-Criddle

ABSTRACT - The estimated water requirements across cultures is essential for planning and treatment of Water Resources. Thus, information about the evapotranspiration becomes important tool in the treatment of water. One way to verify the efficiency of methods for estimating evapotranspiration is the comparison between them. The research was conducted in order to verify the accuracy of methods to estimate evapotranspiration. For this purpose, we used the method of Blaney-Criddle and method of Thornthwaith. The research was conducted in the watershed of Jequiá river in the state of Alagoas. The results of this study indicate that the method of Blanney-Criddle overestimated the method of Thornthwaith during the summer-autumn and winter-spring.

Keywords - evapotranspiration, Thornthwaite method, Blaney-Criddle method

INTRODUÇÃO

De acordo com Tucci e Beltrame (2009) a evapotranspiração é considerada como perda de água por evaporação do solo e transpiração da planta. Conforme o os autores a evapotranspiração é

1) Mestrando em Recursos Hídricos e Saneamento: UFAL, Campus A. C. Simões - Av. Lourival Melo Mota, s/n, Cidade Universitária - Maceió - AL, CEP:57072-900, (82) 3214-1861, albertufal@gmail.com; cledeilson-ifs@hotmail.com; benicio_monte1@hotmail.com;

2) Professor Efetivo: UFAL, Campus A. C. Simões - Av. Lourival Melo Mota, s/n, Cidade Universitária - Maceió - AL, CEP:57072-900, (82) 3214-1605, crubertofj@hotmail.com

importante para o balanço hídrico de uma bacia como um todo. A evapotranspiração é uma componente do ciclo hidrológico que apresenta grande incerteza na sua determinação. Pode ser medida através de equipamentos específicos, como lisímetros, estimada por meio de balanço hídrico ou por equações aplicando dados metereológicos.

A variabilidade das necessidades hídricas das culturas depende, principalmente, das condições climáticas. A necessidade de água das culturas se expressa normalmente pela taxa de evapotranspiração e que depende das condições meteorológicas, da disponibilidade hídrica do solo, do estado sanitário e nutricional da cultura, dentre outros fatores inerentes ao local de cultivo Villela e Mattos (1975).

A vegetação, por meio de interceptação, da precipitação e da evapotranspiração, tem grande influência no balanço hídrico de uma bacia hidrográfica. Desta forma, técnicas de sensoriamento remoto, possibilitam a extração de dados quanto ao uso da bacia para estimação da evapotranspiração.

As informações quantitativas dos processos de evaporação / evapotranspiração são utilizadas na resolução de numerosos problemas que envolvem o manejo das águas, notadamente na agricultura, na previsão de cheias e na construção e operação de reservatórios.

Conforme Borges e Mediondo (2005) a determinação da evapotranspiração de culturas é uma das principais informações para o manejo eficiente da irrigação e para fins de planejamento do uso da água. Existem diversos métodos para o cálculo da evapotranspiração. No presente trabalho será aplicado o método de Balney-Cridle.

Dentro deste contexto, a bacia do rio Jequiá distinguiu-se pelos seus usos, tais como: cana-de-açúcar e mata (remanescente de mata atlântica). O que torna de fundamental importância o conhecimento da evapotranspiração distribuída. Portanto, o trabalho constitui uma alternativa para a estimativa espacial da evapotranspiração, justificando sua utilização para a verificação das necessidades hídricas da bacia, em função dos diferentes usos e cobertura do solo.

METODOLOGIA

Características da Área De Estudo

A Bacia Hidrográfica do rio Jequiá, figura 1 possui uma extensão de 85 km², área de drenagem de aproximadamente 824 km², seu Perímetro compreende 191 km e sua declividade é de 6,18 (m/km). Este trabalho tem como objetivo estimar a evapotranspiração mensal na Bacia Hidrográfica do rio Jequiá - AL.

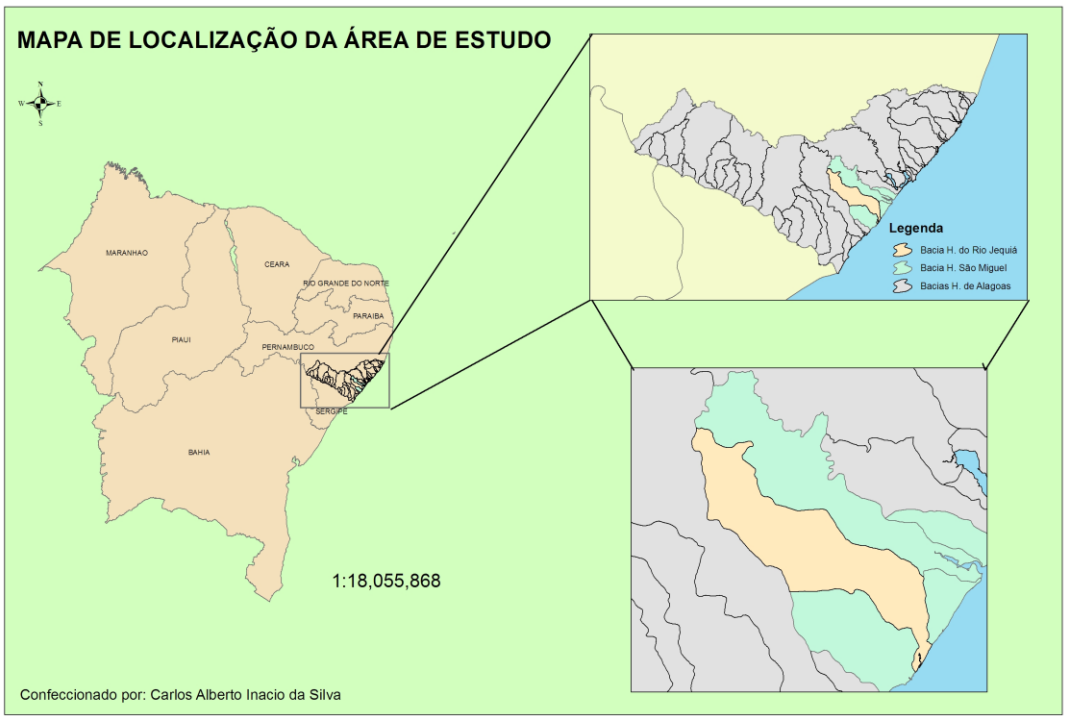

Figura 1 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do rio Jequiá

Os Municípios que Compõem a Área de Estudo

A participação dos municípios na composição da área da bacia compõe um arranjo fisiográfico importante para implantação do sistema estadual de gerenciamento dos recursos hídricos. A área de estudo contém 11 municípios, parcial ou totalmente. Os municípios são:

Anadia; Belém; Campo Alegre; Limoeiro de Anadia; Jequiá da Praia; Roteiro; São Miguel dos Campos; Tanque D'Arca; Taquarana; Junqueiro e Teotônio Vilela. Como exemplificado na figura 2.

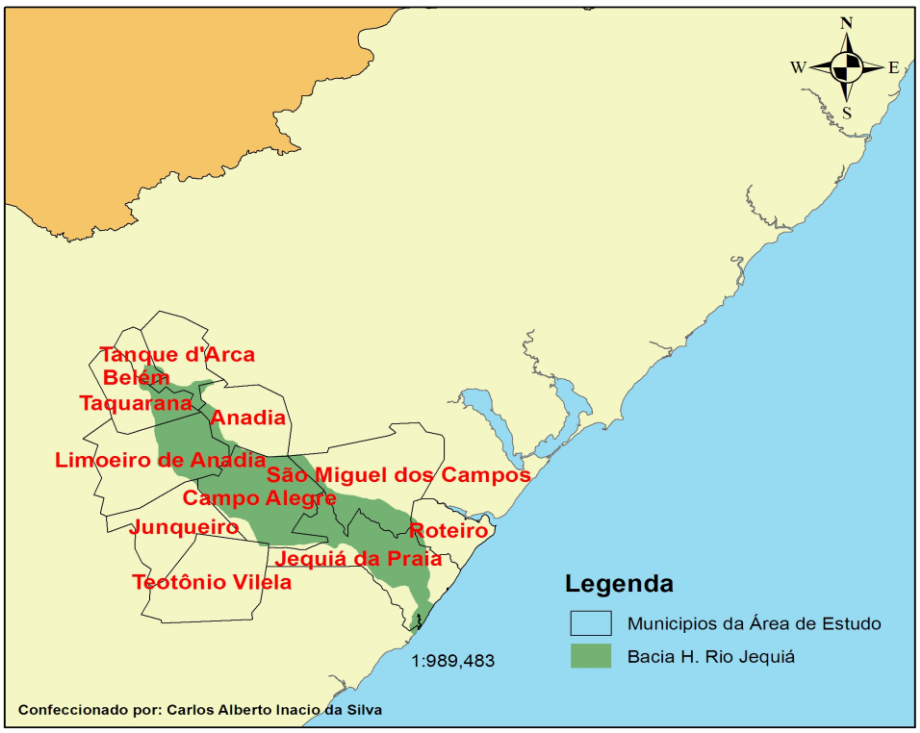

Figura 2 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Jequiá

Método de Blaney-Criddle

O método de Blaney-Criddle basea-se na suposição da disponibilidade de água para a planta em crescimento, descrito por Kijne (1978), foi desenvolvido para estimativa de usos consultivos em regiões semi-áridas Tucci e Beltrame (2009). Os dados são obtidos em pela fórmula:

$$ETP = (0{,}457\ T + 8{,}13)\ p \qquad (1)$$

onde, ETP = evapotranspiração potencial (mm/mês); T = temperatura média do ar em °C; p = porcentagem de hora luz e a inclusão de um coeficiente de cultura kc, para cada cultura de interesse, onde este coeficiente é obtido através das diversas literaturas existentes, neste caso:

$$ET = ETP.kc \qquad (2)$$

onde, ET= evapotranspiração estimada para determinar a cultura (mm/dia); kc = coeficiente de cultura.

Os valores da porcentagem de luz (p) foram obtidos por meio da latitude referente, neste caso a latitude 10S, segundo Tucci e Beltrame (2009).

Latitude	**Jan**	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Mai**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Out**	**Nov**
10 S	10 S	10 S	10 S	10 S	10 S	10 S	10 S	10 S	10 S	10 S	10 S

Quanto a determinação dos coeficientes de culturas (kc), utilizadas nestes exercício foram obtidos por meio de pesquisas através das literaturas, neste exercício foram definidos três coeficientes (kc), o kc de de cana-de-açúcar com o valor de 0,75 nos meses de janeiro e fevereiro, de 0,4 nos meses de março e abril e de maio a dezembro de 1,25 Allen *et al* (1998) apud EMBRAPA; o kc de mata, foi obtido a partir de estudos na região, no qual foi definido o valor de 2,0 Oliveira *et al*. (2003) apud EMBRAPA.

Método de Thornthwaith

Este método foi proposto por Thornthwaith (1948), caracterizada para a estimativa da evapotrnaspiração potencial, esta equação serve para calcular a evaptranspiração em intervalo de temp mensal, a partir de dados de temperatura.

onde está equação pode ser representada pelo conjunto de equações:

$$ETP = 16 \cdot \left(\frac{10Ti}{I} \right)^{a} \tag{3}$$

em que ETP é a evapotranspiração potencial (mm.mês-¹); *Ti* é a temperatura média mensal (°C), e *a* e *I* são coeficientes calculados segundo as equações que seguem:

$$a = 6{,}75 \cdot 10^{-7} \cdot I^{3} - 7{,}71 \cdot 10^{-5} \cdot I^{2} + 1{,}7912 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0{,}49239 \tag{4}$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} (0{,}2 \cdot Ti)^{1{,}514} \tag{5}$$

Dados utilizados para classificação do uso e cobertura do solo

Foram obtidas imagens do satélite LANDSAT 5-TM figura 3, adquiridas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), no endereço http://www.dgi.inpe.br/CDSR/ figura 01, imagens referentes à região da Bacia Hidrográfica do rio Jequiá, com passagem do satélite no dia 11-10-2008, inicio do período seco, no horário de 12h19min11s com orbita 214, pontos 66 e 67. As imagens são disponibilizadas no formato geotiff, com uma resolução espacial de 30m.

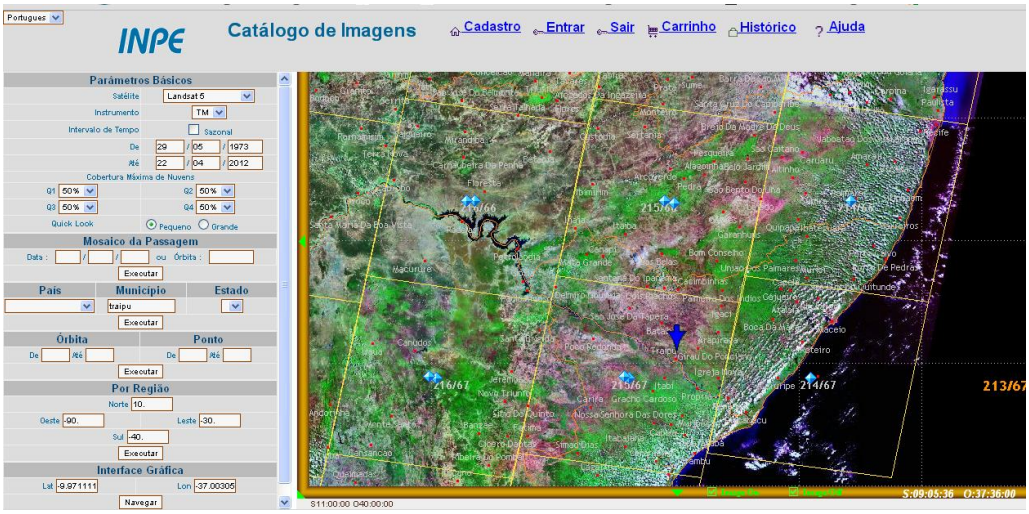

Figura 3 - Imagem do satélite LANDSAT 5-TM

Fonte: INPE

Base de Dados

Quanto aos dados de temperatura média, foram obtidos através da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH-AL, Os dados de precipitação foram obtidos através do Hidroweb, que se encontra na Plataforma da Agência Nacional de Águas (ANA), (Tabela 01).

Tabela 1 – Dados de Precipitação e Temperatura

Mês	Precipitação(mm)	Temperatura média
Janeiro	48	27.6
Fevereiro	70.8	27.1
Março	162.9	27.3
Abril	217.8	26.2
Maio	252.2	25.4
Junho	252.9	24.4
Julho	251.1	23.5
Agosto	158.7	23.7
Setembro	135.2	24.4
Outubro	45.8	25.6
Novembro	34.3	26.6
Dezembro	46.1	27

Classificação do Uso e Ocupação do Solo

Foi realizada a classificação supervisionada das imagens, através do método de máxima verossimilhança, onde foram determinadas 2 classes de uso e cobertura vegetal, entre elas: cana-de-açúcar, englobando a maior parte da bacia; mata, esta englobando a remanescente de vegetação da mata atlântica.

Após a classificação foi realizado a conversão do formato raster para vetor, em seguida, após a vetorização de cada classe foi realizado a quantificação das áreas. Para o mapeamento final, foi considerada como unidade de mapeamento a delimitação da bacia hidrográfica do rio Jequiá.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados das imagens classificadas quanto ao uso e cobertura verifica-se a maior predominância na bacia do rio Jequiá de cana-de-açúcar que ocupa maior parte da área da bacia com 584,18 km², seguida logo após pela vegetação de mata com uma área de 212,57 km², representando 96.69 % do total da área classificada, como exemplificado na figura 2.

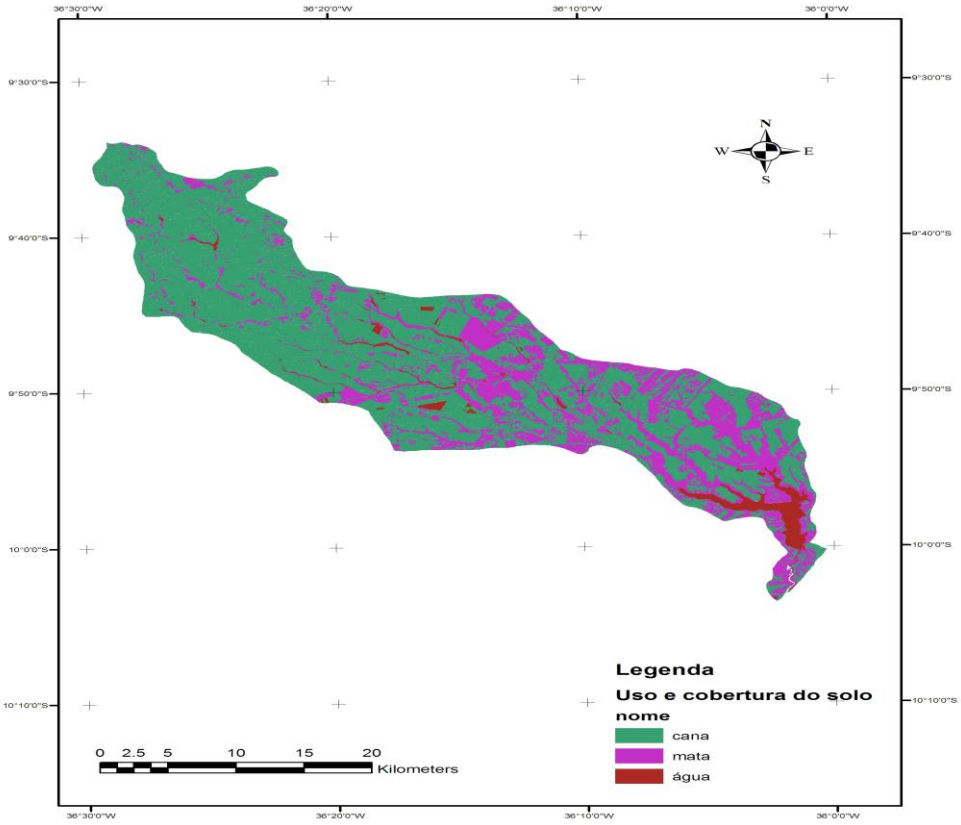

Figura 4 – Mapa de classificação de uso e cobertura da bacia hidrográfica do rio Jequiá

Estimativa de Evapotranspiração pelo método de Blaney-Criddle

Na tabela 2 encontram-se os parâmetros da equação Blanney-Criddle, referido aos 12 meses do ano, quanto aos dados de temperatura (T), média diária da luz (p) e o kc das culturas obtidas através do mapeamento de classificação da bacia, quanto aos resultados obteve-se a evapotranspiração potencial mensal e as evapotranspiração estimada para cada cultura:

Tabela 2 – Determinação dos parâmetros de ET (equação Blanney-Criddle)

Mês	Precipitação (mm)	Temperatura média	Kc (cana)	Kc (mata)	ETP (mensal)	ET (cana)	ET (mata)	ET (mensal)
Janeiro	48	27.6	0.75	2	6.02	3.16	3.01	6.17
Fevereiro	70.8	27.1	0.75	2	5.74	3.02	2.87	5.89
Março	162.9	27.3	0.4	2	5.77	1.62	2.88	4.50
Abril	217.8	26.2	0.4	2	5.43	1.52	2.71	4.23
Maio	252.2	25.4	1.25	2	5.13	4.49	2.57	7.06
Junho	252.9	24.4	1.25	2	5.01	4.39	2.51	6.89
Julho	251.1	23.5	1.25	2	4.91	4.29	2.45	6.75
Agosto	158.7	23.7	1.25	2	5.12	4.48	2.56	7.04
Setembro	135.2	24.4	1.25	2	5.21	4.56	2.60	7.16
Outubro	45.8	25.6	1.25	2	5.55	4.86	2.78	7.63
Novembro	34.3	26.6	1.25	2	5.68	4.97	2.84	7.81
Dezembro	46.1	27	1.25	2	5.94	5.19	2.97	8.16

Quanto aos valores obtidos pela equação de Blanney-Criddle em relação à quantificação das áreas obtidas através da classificação dos usos da Bacia Hidrográfica do rio Jequiá, obtiveram-se os seguintes resultados, a classe de cana-de-açúcar (70,8% das classes) apresentou uma evapotranspiração de 4,88 mm/mês e a mata (25,79%) obteve uma média de 2,73 mm/mês.

Conforme Tucci e Beltrame (2009) a temperatura menor reduz a necessidade de água pela vegetação, natural ou cultivada, diminuindo a sua transpiração e evaporação. Nos meses de verão, onde ocorrem temperaturas medias anuais superiores a 26 °C há um aumento da taxa de evapotranspiração potencial nos valores obtidos por este método.

A figura 5 apresenta a variabilidade dos valores de ET mensal da Bacia Hidrográfica do rio Jequiá, onde esses valores variam entre 4,23 mm (abril) e 8,16 mm (dezembro). Os menores índices encontram-se nos meses de março e abril, com valores de 4,23 mm e 4,50 mm, respectivamente. Os maiores índices podem ser observados nos meses de novembro e dezembro, com índices de 7,81 mm e 8,16 mm.

A Evapotranspiração Potencial Mensal variou entre 4,91 mm (julho) e 6,02 mm (janeiro). Isto se deve as características físicas da bacia, como clima, geologia, geomorfologia e tipos de solo.

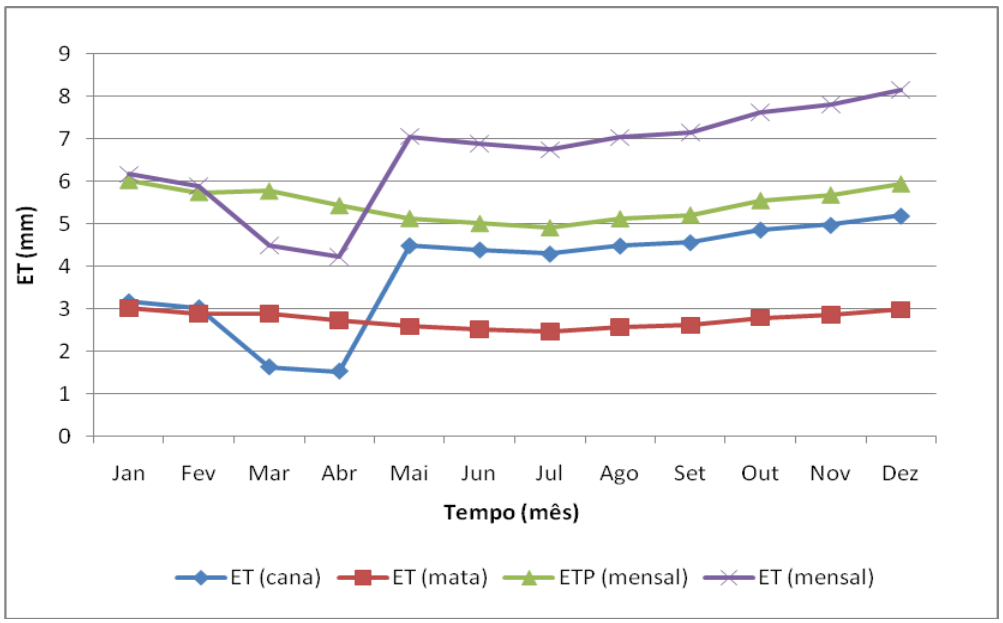

Figura 5 – Evapotranspiração mensal pelo método Blanney-Criddle

Estimativa de Evapotranspiração pelo método de Thornthwaite

Na tabela 2 podemos observar o calculo dos coeficientes (*I* e *a*) propostos para o calculo da equação Thornthwaite, os dados de temperatura média (T), foram adquiridos através de estação localizada na bacia, quanto aos resultados obteve-se a evapotranspiração potencial mensal estimada pelo método de Thornthwaite.

Tabela 3 – Calculo dos coeficientes para equação de Thornthwaite

Mês	Temperatura	*I*	*a*	ETP(Thornthwaith)
Janeiro	27.6	13.28	0.72	4.56
Fevereiro	27.1	12.92	0.71	4.82
Março	27.3	13.07	0.71	4.53
Abril	26.2	12.28	0.70	4.57
Maio	25.4	11.71	0.69	4.35
Junho	24.4	11.02	0.68	4.40
Julho	23.5	10.41	0.67	4.18
Agosto	23.7	10.55	0.67	4.20
Setembro	24.4	11.02	0.68	4.40
Outubro	25.6	11.85	0.70	4.37
Novembro	26.6	12.56	0.71	4.61
Dezembro	27	12.85	0.71	4.50

Os dados apresentados na figura 6, quanto ao método aplicado, apresentou valores de ETP mensal da Bacia do rio Jequiá que variaram entre 4.18 mm (julho) e 4.82 mm (Fevereiro). Observa-se que entre os meses de novembro a abril ocorrem os maiores valores de ETP mensal com valores variando entre 4.61 a 4.57 mm e com mediana igual 4.56 mm. Os menores valores de ETP ocorrem entre os meses de maio a outubro com valores que variam entre 4.35 mm a 4.37 mm e com mediana igual 4.36 mm. Neste período o mês de julho é o que possui menor ETP mensal.

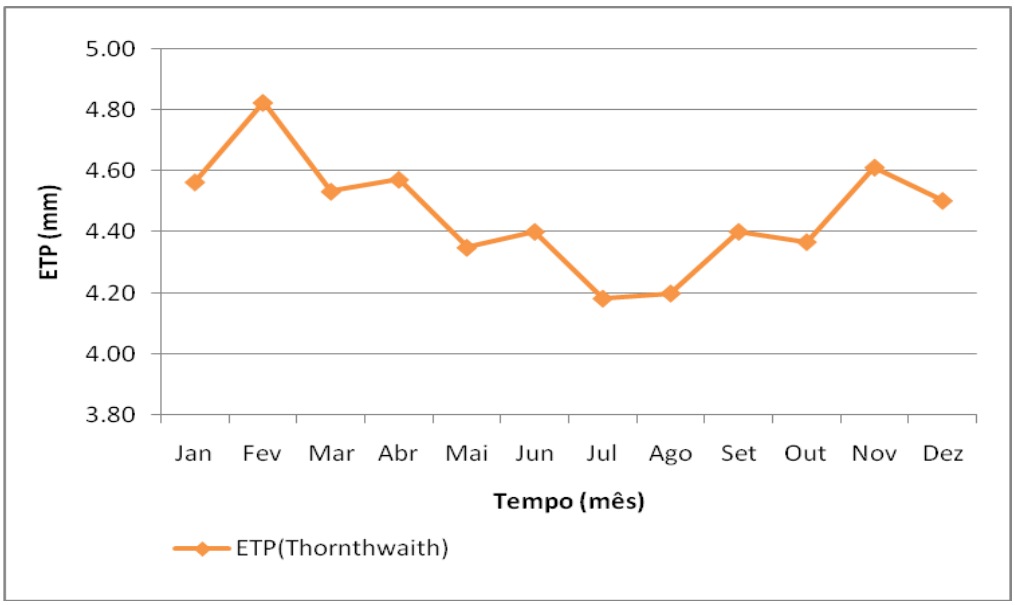

Figura 6 – Evapotranspiração mensal pelo método Thornthwaite

Relação entre a Evapotranspiração Potencial através dos métodos de Blanney-Criddle e Thornthwaite

A tabela 4 sintetiza os resultados das comparações entre as duas estimativas através dos valores mensais da Evapotranspiração. A escala de tempo mensal foi realizada para o conjunto total de dados.

Tabela 4 – Calculo dos coeficientes para equação de Thornthwaite

Mês	ETP(Blanney-Criddle)	ETP(Thornthwaite)
Janeiro	6.02	4.56
Fevereiro	5.74	4.82
Março	5.77	4.53
Abril	5.43	4.57
Maio	5.13	4.35
Junho	5.01	4.40
Julho	4.91	4.18

Agosto	5.12	4.20
Setembro	5.21	4.40
Outubro	5.55	4.37
Novembro	5.68	4.61
Dezembro	5.94	4.50

Conforme se observa na Figura 7, os valores relativamente baixos de evapotranspiração (4.18 a 4.20 mm/mês), ou seja, de períodos frescos (outono e inverno), possuem uma estimativa de Thornthwaith um pouco abaixo de Blanney-Criddle, em períodos quentes (primavera e verão), em que a evapotranspiração é maior (4.56 a 4.82 mm/mês), possuindo valores de Thornthwaith também menores do que Blanney-Criddle. Esta observação mostra que o método de Thornthwaith subestima Blanney-Criddle durante os períodos frescos de (inverno e outono), e também durante o período quente (primavera e verão).

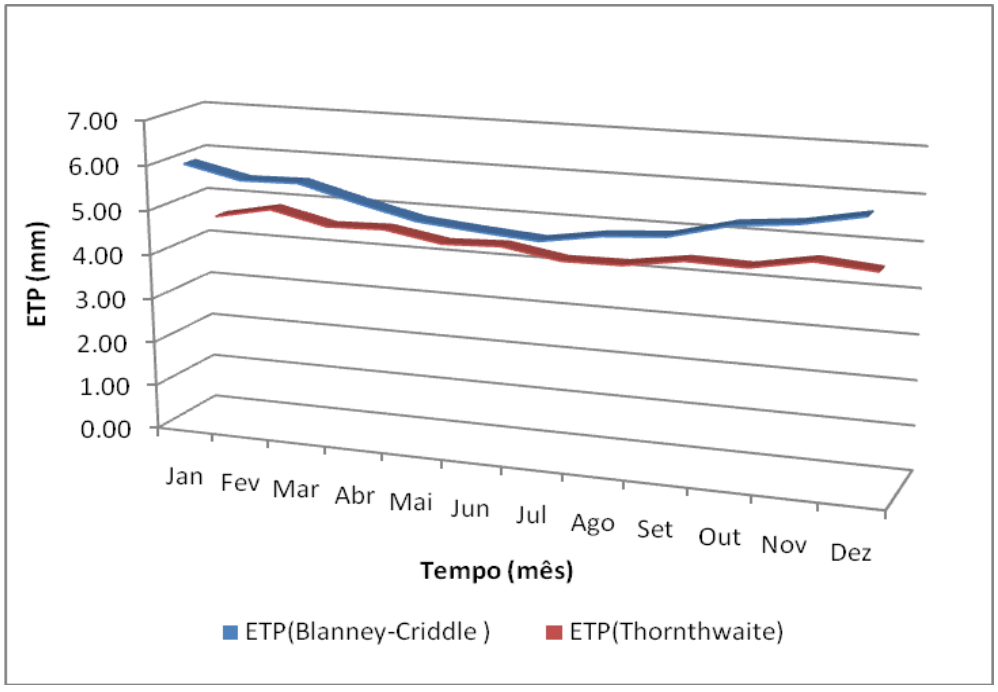

Figura 7 - Evapotranspiração pelo método de Blanney-Criddle em comparação com o de Thornthwaite

A figura 8 mostra os resultados da dispersão dos dados para os métodos Blanney-Criddle em relação ao de Thornthwaite, observa-se que houve uma correlação significativa entre ambos os métodos aplicados, onde o valor de R^2 ajustado foi de 0.525.

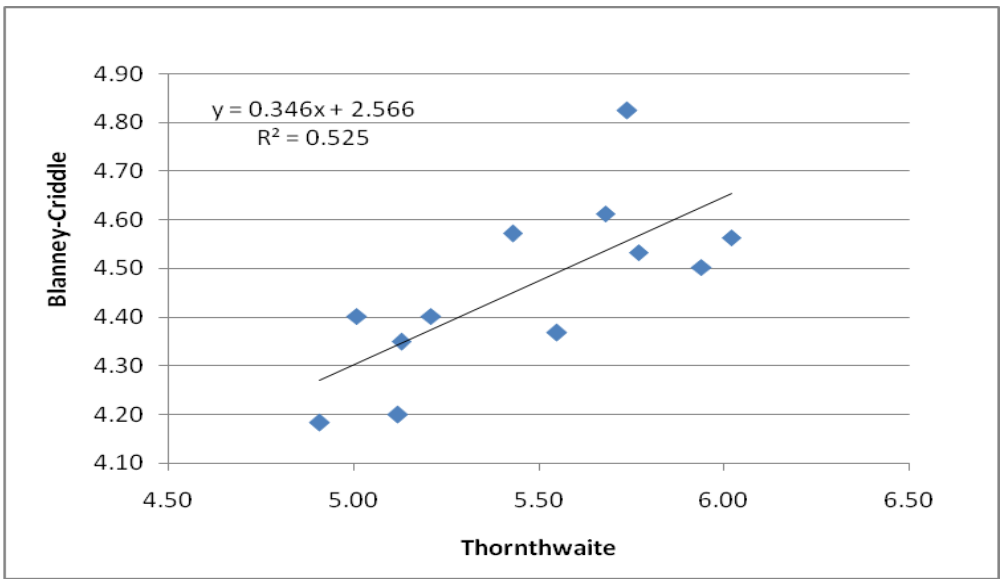

Figura 8 - Dispersão da Evapotranspiração Potencial determinados por Blanney-Criddle e Thorthwaite

CONCLUSÃO

Observou-se, neste trabalho que a estimativa de evapotranspiração pelo método de Blanney-Criddle superestimou a estimada pelo método de Thornthwaith, nos meses quentes e chuvosos (primavera e verão) e nos meses frios e secos (outono e inverno). Este fato pode estar associado com o tipo de regime pluviométrico e também por ambos os métodos usarem como base a temperatura do ar.

Os métodos aplicados obtiveram bom ajuste, evidenciando uma boa relação entre os índices de evapotranspiração potencial pelo coeficiente de determinação ($R^2 = 0.525$).

Deve-se salientar que o empirismo nos métodos baseados na temperatura do ar, levam a superestimativa e subestimativa da evapotranspiração real.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento – PPGRHS, pelo incentivo a publicação científica, A CAPES pela concessão das bolsas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGES, A.C., MEDIONDO, E.M, 2005, *"Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na bacia do rio Jacupiranga, SP"*. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa.

EMBRAPA (20120. Embrapa Agroindústria Tropical. *Coeficientes de Cultivo - Banco de Dados*. Disponível em: http://www.cnpat.embrapa.br/publicacoes/kc/index.php Fortaleza, Ceará, Brasil. Acessado em: 21 de Abril de 2012.

HIDROWEB/ANA (2012). Disponível em: http://hidroweb.ana.gov.br/ - Acessado em: 10 de maio de 2012.

INPE (2012) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: http://www.inpe.br - Acesso em 09 maio 2012.

SEMARH (2012). Disponível em: http://www.semarh.al.gov.br/ - Acessado em: 10 de maio de 2012.

TUCCI, C. E. M. e BELTRAME, L. F. S. *Evaporação e Evapotranspiração*. In: TUCCI, C. E. M. Hidrologia Ciência e Aplicação. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ABRH), 2000. p. 253-287.

VILLELA, S. M. e MATTOS, A. *Hidrologia Aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.