



¹ Tecnólogo em Recursos Hídricos / Irrigação, Mestrando em Agronomia (Irrigação e Drenagem), Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará – UFC, bolsista do CNPq, Fone: (88)3366 9761, e-mail: tony_thiagos@yahoo.com.br, diegonathan05@yahoo.com.br.

² Tecnólogo em Recursos Hídricos / Irrigação, Prof. M.Sc. agronomia (Irrigação e Drenagem), FATEC / Limoeiro do Norte, e-mail: sildemberny@hotmail.com

³ Tecnólogo em Recursos Hídricos / Irrigação, M.Sc. agronomia (Irrigação e Drenagem), Universidade Federal do Ceará – UFC, bolsista do CNPq, e-mail: lopesfb@hotmail.com.

RESUMO: Este trabalho teve por objetivo avaliar a adequação de modelos de estimativa do coeficiente de redução da evapotranspiração (K_r) para diferentes culturas, bem como estabelecer uma equação adequada para o Perímetro Irrigado Jaguaribe – Apodi. Utilizou-se como amostra, pomares instalados na Unidade de Ensino e Pesquisa (UEPE) pertencente à FATEC – Limoeiro do Norte e nas agroempresas Kabocla e Figood. As culturas utilizadas foram: Acerola (*Malpighia punicifolia*), Ata (*Annona squamosa*), Figo (*Ficus carica*), Goiaba (*Psidium guajava*), Graviola (*Annona muricata*), Laranja (*Citrus aurantium*), Manga (*Mangifera indica*) e Sapoti (*Manilkara achras*). O trabalho mostrou que não existe diferença significativa entre as seis equações de determinação do K_r , quando aplicadas às culturas na fase adulta. A equação ajustada para a determinação do coeficiente de redução da evapotranspiração (K_r), ($K_r = 1,0224.C_s + 0,1149$), com um coeficiente de determinação $R^2 = 0,827$, apresentou resultados semelhantes aos encontrados utilizando a metodologia proposta Keller & Karmeli, a qual foi sempre superestimada, apesar de ter apresentado coeficiente de determinação $R^2 = 1,0$ quando comparadas entre si.

Palavras Chaves: Fruticultura irrigada, Manejo de irrigação, K_r .

COEFFICIENTS OF REDUCTION OF THE EVAPOTRANSPIRATION IN FRUTEIRAS IN IRRIGATED PERIMETER JAGUARIBE – APODI

SUMMARY: This work had for objective to evaluate the adequacy of models of estimate of the coefficient of reduction of the evapotranspiration (K_r) for different cultures, as well as establishing an equation adjusted for the Irrigated Perimeter Jaguaribe - Apodi. One used as sample, orchards installed in the Unit of Education and research (UEPE) pertaining to the FATEC – Limoeiro of the North and in the agroempresas Kabocla and Figood. The cultures in which if carried through the research had been: Acerola (*Malpighia punicifolia*), Act (*Annona squamosa*), Fig (*Ficus carica*), Guava (*Psidium guajava*),

Graviola (*Annona muricata*), Orange (*Citrus aurantium*), Sleeve (*Mangifera indica*) and Sapoti (*Manilkara achras*). The work showed that significant difference does not exist enters the six equations of determination of the Kr, when applied to the cultures in the adult phase. The equation adjusted for the determination of the coefficient of reduction of the evapotranspiration (Kr), ($Kr = 1,0224.Cs + 0,1149$), with a coefficient of determination $R^2 = 0,82$, presented resulted similar to the joined ones using the methodology proposal Keller & Kermeli, which always was overestimated, although to have presented Coefficient of $R^2 = 1,0$ determination when compared.

Words Keys: Irrigated Fruticultura, Handling of irrigation, Kr.

INTRODUÇÃO

Em tempos de escassez de água potável, onde muitos pesquisadores estudam fontes de água opcionais, como reuso de efluentes, reduzir a quantidade de água que é perdida pela planta é de fundamental importância. Na tentativa de promover a sustentabilidade da fruticultura irrigada, a principal vilã no uso de água doce do mundo, um manejo de irrigação adequado é fundamental em nossos dias.

A determinação da quantidade ideal de água a se aplicar às culturas é fonte inesgotável de estudos, a quantificação errônea pode causar sérios prejuízos tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental e social. Este fato pode proporcionar um superdimensionamento ou ainda subdimensionamento, o que pode tornar o sistema de irrigação com custo elevado ou no segundo caso não atender a necessidade hídrica da cultura. Do ponto de vista social, o uso inadequado da água dos efluentes pode reduzir o número de usuários dos mesmos, e do ambiental causa desperdício de água e energia.

O manejo de irrigação com base em dados climáticos é bastante utilizado pela maioria dos produtores e pesquisadores, por meio dele torna-se possível estimar a necessidade hídrica da cultura, e assim a quantidade de água ser aplicada.

Porém, para irrigação localizada, Vermeiren e Jobling (1997), recomendam a aplicação de um coeficiente de redução (Kr), tendo em vista que, geralmente, apenas uma parte da superfície do solo é molhada. O que diminui a demanda evaporativa do solo e a evapotranspiração da cultura, praticamente, se restringe à transpiração da planta (Carvalho et al., 2007).

Para Gomes (1994), este coeficiente de redução pode ser obtido em função do coeficiente de cobertura do solo (Cs). Para culturas de espaçamento reduzido deve-se considerar um aumento progressivo no valor do coeficiente de cobertura, de acordo com o desenvolvimento da cultura, até atingir o valor máximo da planta adulta, sendo este o ponto para a base de cálculo (Olitta, 1977).

Desse modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a adequação de modelos de estimativa do coeficiente de redução da evapotranspiração (Kr) para diferentes culturas, bem como estabelecer uma equação adequada para o Perímetro Irrigado Jaguaribe – Apodi, Estado do Ceará.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Perímetro Irrigado Jaguaribe - Apodi, Estado do Ceará, situado a 5°20' de latitude Sul e 38°5' de longitude Oeste. O clima é do tipo BSw'h', de acordo

com a classificação de Koppén, com valores médios anuais: temperatura, 28,5 – 35°C; precipitação, 772 mm; umidade relativa, 62%; ventos, 7,5 m s⁻¹; evapotranspiração, 3.215 mm e insolação, 3.030 horas ano⁻¹ (DNOCS, 2008).

Utilizou-se como amostra, pomares instalados na Unidade de Ensino e Pesquisa (UEPE) pertencente à FATEC –Limoeiro do Norte e nas agroempresas Kabocla e Figood.

As culturas estudadas foram: Acerola (*Malpighia puniceifolia*), Ata (*Annona squamosa*), Figo (*Ficus carica*), Goiaba (*Psidium guajava*), Graviola (*Annona muricata*), Laranja (*Citrus aurantium*), Manga (*Mangifera indica*) e Sapoti (*Manilkara achras*). Todos os pomares com 10 anos de idade com exceção dos pomares de goiaba e figo, ambos com 2 anos, sendo que o figo é conduzido em sistema de poda intensiva.

Em todos os pomares foram escolhidas, ao acaso, 5 plantas e determinadas, com 3 repetições, em diferentes ângulos, medidas do diâmetro da projeção da copa na superfície do solo, seguindo a recomendação de Carvalho et al. (2008), no intervalo entre 11:30 e 12:30 horas do dia. Com os valores médios dos diâmetros das copas (D), foram determinados, para todas as culturas, os índices de cobertura (Cs), que expressam a fração da superfície do solo sombreada pela planta, dados pela equação:

$$Cs = \frac{A}{Ep \times Ef} \quad (\text{Eq.1})$$

em que,

A - área da copa, m²;

Ep - espaçamento entre plantas, m;

Ef - espaçamento entre fileiras, m;

Os coeficientes de redução da evapotranspiração (Kr) foram estimados para as diversas culturas utilizando-se as seguintes equações Tabela 1.

Tabela 1. Equações usadas para determinar o coeficiente de redução de evapotranspiração (Kr), de acordo com a metodologia proposta e suas respectivas fontes.

Equação	Metodologia	Fonte
(2) Kr = 1,34 x Cs	Aljibury	Gomes (1994)
(3) Kr = 0,1 + Cs ou 1	Decroix	Vermeiren e Jobling (1997)
(4) Kr = Cs + 0,5 x (1 – Cs)	Freeman / Garzoli	Vermeiren e Jobling (1997)
(5) Kr = Cs + 0,15 x (1 – Cs)	Keller	Gomes (1994)
(6) Kr = Cs / 0,85 ou 1	Keller / Karmeli	Vermeiren e Jobling (1997)
(7) Kr = 1,1451 x Cs + 0,0273	Carvalho et al.	Carvalho et al. (2007)

Sendo que as equações 3 e 6, assumem sempre o menor valor, entre o calculado e 1, e para a equação 4, recomenda-se tomar $K_r = C_s$, quando $C_s < 0,5$ e $K_r = 1$, quando $C_s = 1$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta valores dos espaçamentos, Diâmetro de copa e coeficiente de cobertura para as culturas estudadas.

A análise de variância mostrou que não houve diferenças significativas entre os tratamentos mostrados na Tabela 3, para um nível de significância de 5%, o mesmo foi observado por Carvalho et al. (2007) quando trabalhando com as equações 2, 3, 4, 5, e 6, também não encontraram diferença significativa ao nível de significância de 5%.

Com os dados de K_r das 6 Metodologias demonstradas na Tabela 3, se procedeu a uma regressão linear, como pode ser visto na Figura 1A, da qual se obteve uma equação de ajuste ($K_r = 1,0224 \times C_s + 0,1149$), que apresentou $R^2 = 0,827$, observou-se ainda que a equação 4, apresentou uma maior dispersão em relação a reta. O valor de R^2 encontrado neste trabalho encontra-se bem próximo do encontrado por Carvalho et al. (2007), quando realizou uma regressão linear para as equações 2, 3, 4, 5 e 6, da qual surgiu a equação 7, que encontrou valor de $R^2 = 0,89$.

Tabela 2. Espaçamento, diâmetro da copa (D) e coeficiente de cobertura (C_s) das culturas estudadas.

Cultura	Espaçamento (m)	Diâmetro (m)	C_s
Acerola	6 x 4	4,37	0,62
Ata	6 x 4	3,56	0,41
Figo	4 x 2,5 x 2,5	2,03	0,40
Goiaba	6 x 6	1,62	0,06
Graviola	6 x 6	5,00	0,55
Laranja	7 x 5	3,02	0,20
Manga	10 x 7	7,50	0,63
Sapoti	10 x 6	4,37	0,25

Tabela 3. Coeficiente de redução da evapotranspiração (K_r), por diferentes metodologias.

Sapoti	0,33	0,31	0,35	K_r	0,62	0,36	0,29
Cultura	Aljibury	Carvalho et al.	Decroix	Freeman & Garzoli	Keller	Keller & Karmeli	
Acerola	0,84	0,74	0,72	0,81	0,68	0,73	
Ata	0,56	0,50	0,51	0,71	0,50	0,49	
Figo	0,53	0,48	0,50	0,70	0,49	0,47	
Goiaba	0,08	0,09	0,16	0,53	0,20	0,07	
Graviola	0,73	0,65	0,65	0,77	0,61	0,64	
Laranja	0,27	0,26	0,30	0,60	0,32	0,24	
Manga	0,85	0,75	0,73	0,82	0,69	0,74	

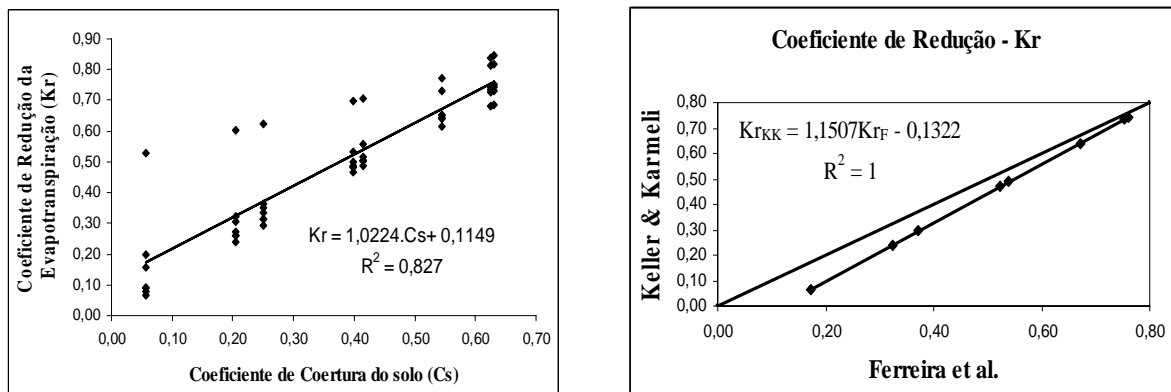


Figura 1. (A) Regressão linear do coeficiente de redução da evapotranspiração (Kr) em relação ao coeficiente de cobertura do solo (Cs); (B) Comparação entre Kr calculado pela equação 6, e a equação encontrada neste trabalho.

Com a equação encontrada neste trabalho foi realizado um comparativo com a metodologia de Keller & Karmeli, a qual é comumente utilizada por vários autores, como : (Lopes, 2007; Albuquerque & Maemo, 2007; Miranda & Gomes, 2006; Bezerra et al., 2004; Pires, 2004). Pode-se observar que a metodologia de Keller & Karmeli foi sempre superestimada, apesar de ter apresentado coeficiente de correlação $R^2 = 1$, considerado como quase perfeito segundo Hopkins (2002).

CONCLUSÕES

De acordo com o presente estudo não existe diferença significativa entre as seis equações de determinação do Kr, quando aplicadas às culturas na fase adulta.

A equação ajustada para a determinação do coeficiente de redução da evapotranspiração (Kr), dada pela regressão das equações 2, 3, 4, 5, 6 e 7, ($Kr = 1,0224.Cs + 0,1149$), com um coeficiente de determinação $R^2 = 0,827$, apresentou resultados semelhantes aos encontrados utilizando a metodologia proposta Keller & Karmeli, a qual foi sempre superestimada, apesar de ter apresentado Coeficiente de determinação $R^2 = 1,0$ quando comparadas entre si.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, P. E. P. de & MAENO, P. Requerimento de água das culturas para fins de dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação localizada. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007, 76 p. (Embrapa Milho e Sorgo, Documentos, 65).

- BANZATTO, D. A & KRONKA, S. N. Experimentação agrícola. 2 ed. São Paulo: Funep, 1992. 247p.
- BEZERRA, J. W. T. et al. Estimativa do coeficiente de cobertura em uma cultura de melão. Irriga, Botucatu. v.9, n.1, p 89-83, 2004.
- CARVALHO, M. A. R. de et al. Coeficiente de cobertura (Kr) em fruteiras tropicais adultas microirrigadas. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v.1, n.1, p.20–23, 2007.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS (DNOCS). Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi. 2008. Disponível em <http://apoena.dnocs.gov.br/~apoena/php/projetos/projetos.php>. Acesso em: 19 mar. 2008.
- GOMES, H.P. Engenharia de irrigação: Hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento. João Pessoa: Ed. Universitária, UFPB, 1994. Cap. 4, p.177-228.
- HOPKINS, W. G. A scale of magnitudes for effect statistics. 2002. Disponível em: <http://www.sportsci.org/resource/stats/effectmag.html>. Acesso: 19 mar. 2008
- LOPES, F. B. et al. Necessidade hídrica do coqueiro-anão (*Cocos nucifera*.) no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 17, Mossoro. **Anais...** ABID, 2007. (CD-ROM).
- MIRANDA, F. R. de & GOMES, A. R. M. Manejo da irrigação do coqueiro-anão. Fortaleza: Embrapa Agroindústria tropical, 2005, 8 p. (Embrapa Agroindústria tropical, Circular Técnica, 25).
- OLITTA, A. O. Os métodos de irrigação. São Paulo: Nobel. 1977. 276 p
- PIRES, R, C, M. Técnicas de manejo de irrigação. In: SIMPÓSIO DE FRUTICULTURA IRRIGADA, 2, Bebedouro. Disponível em: http://www.gtacc.com.br/simposio/II_simposio/palestras/regina.pdf. Acessado em: 8 Abr. 2008.
- VERMEIREN, L.; JOBLING, G.A. Irrigação localizada. Tradução de H.R. Gheyi, F.A.V. Damasceno, L.G.A. Silva Jr.; J.F. de Medeiros, Campina Grande, UFPB, 1997. 184p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 36).