

ISSN 0104-1347

## Estimativa do consumo hídrico do cafeeiro em função de parâmetros climatológicos<sup>1</sup>

### Estimating of coffee plant water consumption as function as climatic parameters

José Laércio Favarin<sup>2</sup>, Nilson Augusto Villa Nova<sup>3</sup>, Luiz Roberto Angelocci<sup>4</sup>, Durval Dourado-Neto<sup>5</sup> e Marcos Silveira Bernardes<sup>6</sup>

**Resumo** - Com o objetivo de propor e avaliar um modelo para estimar a transpiração ( $T_e = 0,347 \cdot ET_0 \cdot AF$ ) do cafeeiro, em função da área foliar (AF) e da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), foi conduzido um experimento na área do Departamento de Produção Vegetal (ESALQ/USP). O consumo hídrico foi determinado pela variação do armazenamento de água no solo, utilizando a cultivar 'Mundo Novo IAC 388-17' enxertada sobre a cultivar 'Apoatã IAC 2258' no espaçamento de 2,5m x 1,0m (4.000 plantas ha<sup>-1</sup>). No período de agosto de 1998 a novembro de 2000, foram realizadas nove avaliações de consumo de água pelo método gravimétrico, sendo o volume de solo calculado pelo produto entre a profundidade (0,6m) e a área efetiva projetada pela copa. Determinou-se a área foliar, através de método destrutivo, utilizando um integrador de área digital. O teor de água do solo foi determinado em amostras retiradas a cada 0,15m de profundidade. Os resultados obtidos evidenciam que o modelo proposto apresenta boa concordância com a medida da transpiração do cafeeiro pelo método gravimétrico, indicando ser viável na forma descrita para controle de irrigação localizada e também para fornecer subsídios para uma metodologia de estimativa do coeficiente de cultura (Kc) no manejo da irrigação por aspersão.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica* L., transpiração, área foliar, armazenamento hídrico no solo

**Abstract** - With the objective of proposing and evaluating a model to estimate transpiration of coffee plants ( $T_e = 0.347 \cdot ET_0 \cdot AF$ ), as a function of leaf area (AF) and reference evapotranspiration ( $ET_0$ ), a field experiment was carried out at the Crop Production Department (ESALQ/USP). To determine water consumption based on soil water holding variation, using the cultivar 'Mundo Novo IAC 388-17' grafted over the cultivar 'Apoatã IAC 2258' spaced 2.5m x 1.0m (4,000 plants/ha). From August 1998 to November 2000, plant water consumption was evaluated with the gravimetric method (9 measurements), where the soil volume was computed considering the soil depth (0.6m) and the crown projected area. Leaf area was measured using the equipment LI-COR (model 3100). Soil water content was measured using samples collected by layers of 0.15m. The results showed that the proposed model presented very good accuracy when compared with observed values of coffee plant transpiration using the gravimetric method, indicating its feasibility for water control in drip and micro-sprinkler irrigation, as well as to subsidize a methodology for estimating the crop coefficients (Kc) needed to manage sprinkler irrigation.

**Key words:** *Coffea arabica* L., transpiration, leaf area, soil water holding

<sup>1</sup>Projeto de pesquisa: Ecofisiologia da cultura de café – sub-projeto “Estudo de atributos do sistema radicular e de critérios para manejo de irrigação do cafeeiro”, referente ao estágio de experimentação em Regime de Dedicção Integral à Docência e à Pesquisa (USP) do 1º autor.

<sup>2</sup>Prof. Doutor, USP/ESALQ, Departamento de Produção Vegetal, Caixa Postal 9, CEP 13.418-900, Piracicaba/SP. E-mail: jlfavari@carpa.ciagri.usp.br

<sup>3</sup>Prof. Associado, USP/ESALQ, Departamento de Ciências Exatas, Bolsista do CNPq, Piracicaba/SP.

<sup>4</sup>Prof. Associado, USP/ESALQ, Departamento de Ciências Exatas, Bolsista do CNPq, Piracicaba/SP. E-mail: lrangel@carpa.ciagri.usp.br

<sup>5</sup>Prof. Associado, USP/ESALQ, Dep. de Produção Vegetal, Bolsista do CNPq, Piracicaba/SP. E-mail: dourado@carpa.ciagri.usp.br

## Introdução

A cafeicultura expandiu significativamente em direção ao Cerrado devido ao baixo custo da terra, à topografia favorável à mecanização e às condições adequadas à obtenção de café de bebida superior. Assim, a partir de 1984, houve um avanço da cultura para regiões consideradas marginais (SANTINATO *et al.*, 1997), em decorrência da acentuada deficiência de fertilidade do solo e em certos casos de deficiência hídrica.

Levantamentos preliminares indicam que a área de café irrigado é de aproximadamente 200 mil hectares, o que representa 10% de toda a área cultivada com essa cultura e 8,7% da área total irrigada no Brasil (MANTOVANI, 2000). No Cerrado, ocorrem solos sob regime ústico de umidade, isto é com deficiência de água variando entre 90 a 180 dias consecutivos (DEMATTE & DEMATTE, 1993).

A principal fonte de carboidratos para os botões florais é a fotossíntese e não as reservas contidas nas folhas e ramos (MELOTTO, 1987), o que significa que a produção depende da relação funcional entre folhas e frutos (RENA *et al.*, 1994). Assim, a produtividade do cafeeiro é reduzida pela limitação de água, elevando o índice de grãos chochos – da ordem de 45%, quando a deficiência coincide com o período de granação dos frutos. Além disso, o crescimento dos ramos plagiotrópicos é reduzido, comprometendo a produção subsequente (CAMARGO *et al.*, 1984; FERNANDES *et al.*, 1998). As vantagens econômicas da irrigação em cafeeiro são evidenciadas nos plantios com maior densidade de plantas, principalmente na região dos Cerrados, obtendo-se produto de elevada qualidade devido à baixa umidade da atmosfera.

O efeito da irrigação sobre o crescimento e a qualidade de grãos de café foram determinados por FERNANDES *et al.* (1998). Entretanto, um diagnóstico recente da cafeicultura irrigada no Cerrado mostrou a necessidade da utilização de parâmetros para orientar o manejo dessa técnica (SANTOS *et al.*, 1998).

Uma questão fundamental a ser mensurada é o consumo hídrico do cafeeiro, em relação ao volume de água ou à lâmina de irrigação aplicada à cultura. Nesse sentido, tem-se utilizado parâmetros climatológicos como a evapotranspiração de referência e coeficientes de cultura (DOORENBOS & KASSAN, 1979), cujas informações na literatura, para o cafeeiro, são escassas. Também, tem-se adotado uma adaptação do balanço hídrico no solo (CAMARGO

& PEREIRA, 1994). Na abordagem fundamentalmente climatológica desconsideram-se, diretamente, fatores da planta, como a área foliar, cuja dimensão é essencial para cafeeiros jovens, bem espaçados à estimativa da demanda de água pelas plantas. A importância de levar-se em consideração a área foliar para a estimativa da transpiração é evidenciada pela relação positiva e linear entre o fluxo de seiva na planta em 24 horas, representativo da transpiração, com a superfície foliar (ANGELOCCI & VALANCOGNE, 1993; VILLA NOVA *et al.*, 2001).

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de propor e de avaliar um modelo de estimativa de consumo hídrico em função de variáveis climáticas e da área foliar, bem como introduzir uma metodologia que subsidie estudos para o controle de água na irrigação localizada e também para a estimativa do coeficiente de cultura (Kc) do cafeeiro.

## Material e Métodos

A pesquisa foi realizada no campo experimental do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ, Universidade de São Paulo, em uma plantação de cafeeiro da cultivar 'Mundo Novo IAC 388-17' enxertada sobre a cultivar 'Apoatã IAC 2258', no espaçamento de 2,5m x 1,0m (4.000 plantas ha<sup>-1</sup>).

No período entre agosto de 1998 e novembro de 2000 foram realizadas nove avaliações sobre o consumo de água pelo método gravimétrico, das quais sete avaliações ocorreram em intervalos de dois dias e duas avaliações com intervalos de cinco dias. No final dessas avaliações, iniciadas no 15º mês após o plantio e repetidas em períodos variáveis entre 60 a 150 dias, determinou-se a área foliar das plantas e o diâmetro inferior do dossel do cafeeiro.

Durante o período de duração do experimento o cafeeiro foi irrigado por aspersão, aplicando-se uma lâmina equivalente à evapotranspiração acumulada, para impedir que as plantas fossem submetidas a estresse hídrico.

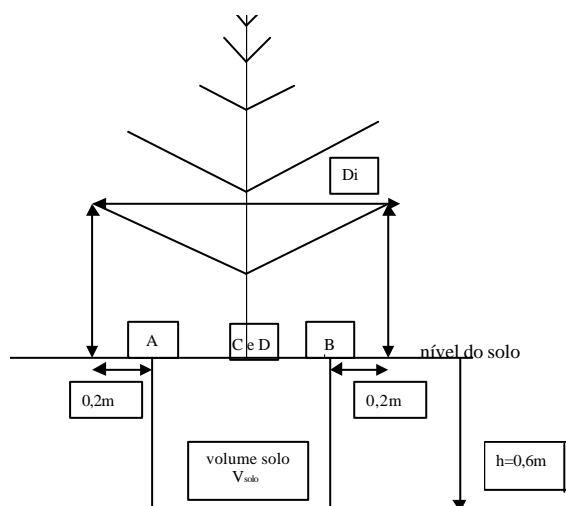
O consumo hídrico foi determinado adotando-se o balanço simplificado de massa de água no solo. Para o cálculo, desconsiderou-se a drenagem profunda ou a ascensão capilar, o que não implicou em fonte considerável de erro, uma vez que as determinações foram realizadas em períodos em que essas variáveis foram desprezíveis, conforme dados obtidos no posto meteorológico, verificando-se a ausência de

chuvas nos dias que antecederam as realizações das medidas. Dessa forma, o consumo hídrico em um intervalo de tempo em que não ocorrem entradas de água por chuva ou irrigação é numericamente igual à variação de armazenamento de água do solo no período.

Para a determinação da variação do armazenamento de água, as amostras de solo foram recolhidas a cada 0,15m até 0,60m de profundidade (h, Figura 1), em duas posições diametralmente opostas de cada planta ( $t_i$ , posições A e B: Figura 1). Após um intervalo de dois dias da 1ª a 7ª avaliação e de cinco dias para a 8ª e 9ª avaliações, coletaram-se novas amostras em outras duas posições nas mesmas plantas ( $t_f$ , posições C e D: Figura 1). O consumo de água medido é representativo da transpiração da planta, pois evitou-se a influência da evaporação, uma vez que as amostras foram retiradas em posições localizadas a 0,2m da projeção externa do diâmetro inferior do dossel (Di) em direção ao caule da planta, conforme apresentado na Figura 1.

A variação de umidade volumétrica média foi medida até a profundidade de 0,6m, obtida em duas plantas, em dois locais por planta, e, em duas épocas ( $t_i$  e  $t_f$ ), de acordo com a expressão 1:

$$\frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{(U_i - U_f) r}{100(t_f - t_i) r w} \quad (1)$$



**Figura 1** Posições sob a projeção do dossel do cafeeiro (A, B, C e D, a 0,2m da projeção da copa) onde foram recolhidas as amostras de terra, até 0,6m de profundidade, para as determinações de umidade pelo método gravimétrico.

em que  $\Delta\theta$  corresponde à variação do teor médio de água ( $m^3 m^{-3}$ ) no perfil do solo no período  $\Delta t$  ( $\Delta t = t_f - t_i$ ),  $U_f$  ao teor (a base de massa) final de água (%) no solo no instante  $t_f$ ,  $U_i$  ao teor inicial de água (%) no solo no instante  $t_i$ , e  $\rho$  à massa específica do solo da área experimental ( $g cm^{-3}$ ) e  $\rho_w$  a massa específica da água ( $1 g cm^{-3}$ ).

O valor da transpiração medida pelo método gravimétrico convencional foi obtido conforme a expressão 2:

$$T_m = 1000 \cdot V_s \cdot \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (2)$$

em que  $T_m$  corresponde à transpiração medida (litros planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>),  $V_s$  ao volume de solo ( $m^3$ ), correspondente ao produto da área de projeção do dossel pela profundidade efetiva do sistema radicular (h, m: Figura 1), calculado conforme a expressão 3. O fator 1000 foi aplicado para a transformação dos dados obtidos em  $m^3 planta^{-1} dia^{-1}$  para litros planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>.

$$V_s = h \frac{\pi \cdot Die^2}{4} \quad (3)$$

em que  $Die$  corresponde ao diâmetro (m) inferior efetivo do dossel do cafeeiro ( $Die = Di - 0,4m$ ), obtido pela diferença entre o diâmetro inferior projetado ( $Di$ , m) desconsiderando 0,2m de cada lado da planta (0,4m) em direção ao caule. Esse procedimento foi adotado no intuito de não computar a região do dossel sob influência da radiação solar, restringindo-se ao local onde se encontram raízes ativas na absorção de água, independentemente da época do ano (AMARAL et al., 1987; AMARAL, 1991).

Os dados meteorológicos como evaporação do tanque classe A (ECA), umidade relativa da atmosfera (UR) e velocidade do vento (U) foram obtidos no posto meteorológico do Departamento de Ciências Exatas (ESALQ/USP) próximo da área experimental, estando apresentados na Tabela 1.

A evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) foi estimada através do método do Tanque Classe A. Para o cálculo da estimativa da transpiração do cafeeiro, assumiu-se cultura em renque e que a transpiração de uma planta cultivada pode ser estimada, com boa aproximação, através das expressões 4 e 5, sendo que a expressão 4 fornece os elementos para o cálculo da lâmina de irrigação para a reposição da água perdida pela planta (transpiração):

$$Te = 0,347 \cdot K_p \cdot ECA \cdot AF \quad (4)$$

**Tabela 1** Estimativa do volume de água (Te, litros planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) consumida pelo cafeeiro em cada avaliação. Evaporação do tanque classe A (ECA, mm dia<sup>-1</sup>), umidade relativa da atmosfera (UR, %), velocidade do vento (U, km dia<sup>-1</sup>), coeficiente de tanque (Kp), evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>, mm dia<sup>-1</sup>) e área foliar (AF, m<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>).

Avaliações	Idade das plantas (Meses)	ECA (mm dia <sup>-1</sup> )	UR (%)	U (km dia <sup>-1</sup> )	Kp	ET <sub>0</sub> (mm dia <sup>-1</sup> )	AF (m <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )	Te = 0,347.ET <sub>0</sub> .AF (litros planta <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )
1 <sup>a</sup> - 06 a 08/08/98	15	2,16	89	87	0,905	1,95	0,665	0,45
2 <sup>a</sup> - 13 a 15/10/98	17	4,40	78	174	0,823	3,62	1,445	1,82
3 <sup>a</sup> - 19 a 21/01/99	20	6,73	69	120	0,803	5,40	1,690	3,17
4 <sup>a</sup> - 24 a 27/03/99	22	4,73	89	87	0,905	4,28	2,705	4,02
5 <sup>a</sup> - 07 a 09/06/99	25	2,26	88	130	0,884	2,00	4,545	3,15
6 <sup>a</sup> - 02 a 04/09/99	28	5,80	55	95	0,749	4,34	4,605	6,94
7 <sup>a</sup> - 20 a 22/11/99	30	5,31	77	144	0,829	4,40	5,860	8,90
8 <sup>a</sup> - 06 a 11/04/00	35	4,25	71	64	0,832	3,53	8,530	10,47
9 <sup>a</sup> - 18 a 23/09/00	40	5,18	64	198	0,750	3,88	7,460	10,06

sendo:

$$Kp = 0,482 + 0,024 \cdot \ln(F) - 0,000376 \cdot U + 0,0045 \cdot UR \quad (5)$$

em que Te corresponde à transpiração média (litros planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), Kp é o coeficiente de tanque obtido por meio da equação de regressão determinada por SNYDER (1992), F é a área de bordadura com vegetação do tanque classe A (10m, nesse experimento), U à velocidade média diária do vento a 2,0m de altura (km dia<sup>-1</sup>), UR à umidade relativa média diária (%), ECA à evaporação do tanque classe A (mm dia<sup>-1</sup>) e AF é a área foliar por planta (m<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>).

Para testar a metodologia de estimativa da transpiração (Te, litros planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) é fundamental o conhecimento da área foliar da planta (AF, m<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) e da arquitetura da parte aérea, definida pelo diâmetro inferior efetivo do dossel (Die, m), utilizado para o cálculo de volume de solo (Vs, m<sup>3</sup>) (expressão 3 e Figura 1).

A determinação da área foliar foi realizada adotando-se o método destrutivo, em que todas as folhas foram retiradas e mensuradas através de integrador digital de área foliar, marca LI-COR (modelo 3100), enquanto que para a obtenção do diâmetro inferior do dossel, utilizou-se uma régua graduada, medindo-se a distância diametral entre o último par de folhas das terminações dos primeiros ramos plagiotrópicos emitidos pelo cafeeiro (primeiro par de ramos, Figura 1).

Das plantas que foram retiradas as folhas (2 plantas em cada avaliação), recolheram-se amostras de solo a cada 0,15m até a profundidade de 0,6m (t<sub>1</sub>, locais A e B), e nas mesmas plantas, após intervalos variáveis de 2 e 5 dias (t<sub>2</sub>, locais C e D), recolheram-

se novas amostras. A inconstância em relação ao intervalo de amostragem deveu-se à necessidade de evitar-se a ocorrência de precipitação pluvial entre as mesmas. A partir dos dados obtidos determinou-se a variação de armazenamento ( $\Delta\theta$ ) hídrico do solo no período, bem como a medida da transpiração pelo método gravimétrico convencional (Tm, expressão 2).

## Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentados os dados climáticos e da variável de crescimento do cafeeiro (AF, m<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>), utilizados para a estimativa da transpiração (Te, litros planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) em função da idade das plantas.

Os parâmetros de arquitetura de planta como diâmetro inferior do dossel (Di, m), diâmetro inferior efetivo do dossel (Die, m), volume de solo ocupado por planta (Vs, m<sup>3</sup>), variação da umidade gravimétrica no período até a profundidade de 0,6m ( $\Delta\theta \Delta t^{-1}$ , m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> dia<sup>-1</sup>), bem como a medida da transpiração (Tm, litros planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), encontram-se na Tabela 2.

A relação obtida entre os valores da estimativa de água consumida (Te, litros planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) pelo cafeeiro e o volume de água determinado através da variação de armazenamento hídrico do solo (Tm, litros planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) é apresentada na Figura 2. Verifica-se que a concordância entre as duas variáveis é muito boa, com o coeficiente angular da reta de ajuste próximo de 1 e coeficiente de determinação elevado ( $r^2 = 0,958$ ), apesar das aproximações contidas nas determinações de Te e Tm.

**Tabela 2.** Volume de água ( $T_m$ , litros planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) consumida pelo cafeeiro em função da idade, estimada a partir da variação de armazenamento hídrico do solo, Diâmetro inferior do dossel ( $D_i$ , m), Diâmetro inferior efetivo do dossel ( $D_{ie}$ , m), volume de solo ( $V_s$ , m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) e variação temporal de umidade do solo ( $\Delta\theta \Delta t^{-1}$ , m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> dia<sup>-1</sup>).

Avaliações	Idade das plantas (Meses)	$D_i$ (m)	$D_{ie} = D_i - 0,4$ (m)	$V_s$ (m <sup>3</sup> )	$\Delta\theta \Delta t^{-1}$ (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> dia <sup>-1</sup> )	$T_m = 1000.V_s.\Delta\theta$ (litros planta <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )
1 <sup>a</sup> – 06 a 08/08/98	15	0,78	0,38	0,068	0,0072	0,49
2 <sup>a</sup> – 13 a 15/10/98	17	1,06	0,66	0,205	0,0080	1,64
3 <sup>a</sup> – 19 a 21/01/99	20	1,18	0,78	0,287	0,0076	2,18
4 <sup>a</sup> – 24 a 27/03/99	22	1,40	1,00	0,471	0,0086	4,05
5 <sup>a</sup> – 07 a 09/06/99	25	1,49	1,09	0,560	0,0067	3,75
6 <sup>a</sup> – 02 a 04/09/99	28	1,50	1,10	0,570	0,0123	7,01
7 <sup>a</sup> – 20 a 22/11/99	30	1,68	1,28	0,772	0,0091	7,03
8 <sup>a</sup> – 06 a 11/04/00	35	1,89	1,49	1,046	0,0088	9,20
9 <sup>a</sup> – 18 a 23/09/00	40	2,10	1,70	1,362	0,0074	10,09

Os resultados obtidos indicam que o uso da estimativa de consumo de água pelo cafeeiro, a partir de variáveis meteorológicas e de crescimento da planta, área foliar (AF, m<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>), apresenta-se viável quanto à sua aplicação em irrigação localizada.

A possibilidade de uso dessa metodologia, envolvendo variáveis climatológicas e de crescimento de planta (área foliar), é de interesse agrícola pela facilidade de obtenção dessas variáveis, em relação à determinação do consumo de água pelo balanço hídrico no solo ou através do fluxo de seiva na planta por métodos de aplicação de calor no caule (BAKER & van BAVEL, 1987; VALANCOGNE & NASR, 1993), indicados para plantas lenhosas. Entretanto, uma limitação para a utilização prática do modelo ( $T_e = 0,347.ET_0.AF$ ) está na dificuldade de avaliar, adequadamente, a variável de crescimento da planta (área foliar), que não pode ser destrutiva como realizada nesse experimento. Para tanto, podem ser adotadas técnicas que utilizam a interceptação de radiação pelo dossel.

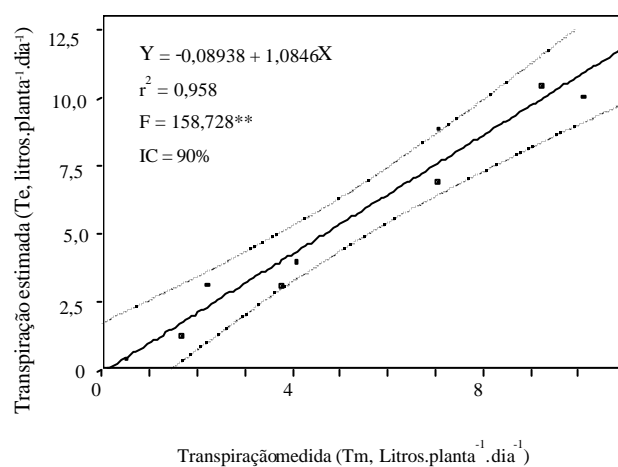
Os resultados evidenciam a importância da variável de crescimento da planta, área foliar (AF, m<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>), na estimativa da demanda hídrica, indicando que para a obtenção de um método eficiente para quantificação de irrigação localizada, na cultura do cafeeiro, tem-se que considerar essa variável, não fundamentando-se exclusivamente em variáveis meteorológicas.

Assim sendo, uma metodologia que discrimine o consumo por planta viabiliza, como consequência, a quantificação do consumo diário, o que impli-

cará no uso mais eficiente da água, tanto nos aspectos econômicos quanto ambientais. Além disso, esse conhecimento poderá, também, fornecer subsídios para a introdução de uma metodologia que avalie, de maneira técnica e criteriosa, o coeficiente de cultura ( $K_c$ ) do cafeeiro, para utilização na irrigação por aspersão.

## Conclusões

A estimativa de consumo hídrico pelo cafeeiro em função da área foliar e de variáveis



**Figura 2.** Correlação entre a transpiração medida pelo método gravimétrico convencional ( $T_m$ , litros planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) e a transpiração estimada ( $T_e$ , litros planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), adotando-se o modelo  $T_e = 0,347.K_p.ECA.AF$

meteorológicas é viável na forma descrita, podendo-se adotá-la para orientar, na prática, a irrigação localizada do cafeeiro, bem como para fornecer subsídios para uma metodologia de estimativa do coeficiente de cultura (Kc) no manejo da irrigação por aspersão.

### Referências Bibliográficas

- AMARAL, J.A.T. **Crescimento vegetativo estacional do cafeeiro e suas interrelações com fontes de nitrogênio, fotoperíodo, fotossíntese e assimilação do nitrogênio.** Viçosa : UFV, 1991, 139 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia; Universidade Federal de Viçosa, 1991.
- AMARAL, J.A.T., RENA, A.B., CORDEIRO, A.T. et al. Variação sazonal da atividade da redutase do nitrato foliar e radicular do cafeeiro e suas relações com a fonte de nitrogênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 14., 1987, Campinas, SP. **Resumos...**, Rio de Janeiro : MIC/IBC, 1987. 322 p. p. 125-126.
- ANGELOCCI, L.R., VALANCOGNE, C. Leaf area index and water flux in apple trees. **Journal of Horticultural Science.** Ashford, v. 68, n. 2, p. 299-307, 1993.
- BAKER, J.M., van BAVEL, C.H.M. Measurement of mass flow of water in stems of herbaceous plants. **Plant, Cell & Environment.** Oxford, v. 10, n. 6, p. 777-782, 1987.
- CAMARGO, A.P., GROHMAN, F., DESSIMONI, L.M. et al. Efeitos na produção de café de épocas de rega e de supressão da água, por meio de cobertura transparente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11., 1984, Londrina, PR. **Resumos...**, Rio de Janeiro : MIC/IBC/GERCA, 1984. 319 p. p. 62-64.
- CAMARGO, A.P., PEREIRA, A.R. **Agrometeorology of coffee crop.** Geneva : WMO, 1994. 92 p. (CAgM Report, 58).
- DEMATTE, J.L.I., DEMATTE, J.A.M. Comparações entre as propriedades químicas de solos das regiões da Floresta Amazônica e do Cerrado do Brasil Central. **Scientia Agricola,** Piracicaba, v. 50, n. 2, p. 272-286, 1993.
- DOORENBOS, J., KASSAN, A.H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos.** Roma : FAO, 1979. 212 p. (Riego y Drenaje, 33).
- FERNANDES, A.L.T., SANTINATO, R., SANTO, J.E. et al. Comportamento vegetativo-produtivo do cafeeiro Catuaí cultivado no oeste baiano sob irrigação por pivô central. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 1., 1998, Araguari, MG. **Anais...**, Uberlândia : Associação dos cafeicultores de Araguari/Universidade de Uberlândia, 1998. 221 p. p. 40-44.
- MANTOVANI, E.C. **Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do café na irrigação do cafeeiro.** In: ITEM - IRRIGAÇÃO E TECNOLOGIA MODERNA. Brasília: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2000. 89 p. p. 28-30 (Revista, n. 48).
- MELOTTO, E. **Mobilização de carboidratos pelos botões florais de café (*Coffea arabica* L.) em expansão.** Viçosa : UFV, 1987. 47 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Curso de Pós graduação em Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, 1987.
- RENA, A.B., NACIF, A.P., GONTIJO, P. de T. et al. Fisiologia do cafeeiro em plantios adensados. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1., 1994, Londrina, PR. **Anais...**, Londrina : Instituto Agrônômico do Paraná, 1996. 312 p. p. 73-85.
- SANTINATO, R., FERNANDES, A.L.T., FERNANDES, D.R. **Irrigação na cultura do café.** Campinas : Arbore Agrícola e Comércio Ltda, 1997. 146 p.
- SANTOS, C.M., CARVALHO, E.A.M. de, POZZA, E.A. et al. Impacto dos diferentes sistemas de irrigação e lâminas d'água na evolução da ferrugem do cafeeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 1., 1998, Araguari, MG. **Anais...**, Uberlândia : Associação dos cafeicultores de Araguari/Universidade Federal de Uberlândia, 1998. 221 p. p. 101-103.
- SNYDER, R.L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. **Journal of Irrigation And Drainage Engineering.** New York, v. 118, n. 7, p. 977-980, 1992.
- VALANCOGNE, C., NASR, Z. The heat balance method for measuring sap flow in small trees. In: BORGHETTI, M., GRACE, J., RASCHI, A. (eds). **Water transport in plants under climatic stress.** Cambridge, University Press, p. 166-173. 1993.
- VILLA NOVA, N.A., PEREIRA, A.R., ANGELOCCI, L.R. et al. Estimativa da evapotranspiração com o Tanque Classe A. In: IRRIGAÇÃO DA CAFEICULTURA NO CERRADO, 6., 2001, Araguari, MG. **Anais...**, Uberlândia : Associação dos cafeicultores de Araguari/Instituto de Ciências Agrárias/Universidade Federal de Uberlândia, 2001. 212 p. p. 145-52.

