

## COMPARAÇÃO ENTRE OS COEFICIENTES DE CULTURA OBTIDOS PELO BALANÇO DE ENERGIA E METODOLOGIA DA FAO

Antônio Heriberto de Castro Teixeira<sup>1</sup>, Luís Henrique Bassoi<sup>1</sup>, Valdecira Carneiro da Silva Reis<sup>2</sup>, Thieres George Freire da Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Pesquisador, Embrapa Semi-Árido, CP 23, CEP 56300-970, Petrolina-PE, E-mail: heribert@cpatsa.embrapa.br,

<sup>2</sup>Eng.Agrônomo, Embrapa Semi-Árido.

<sup>3</sup>Graduando em Agronomia, UNEB, Juazeiro – BA

### ABSTRACT

The crop evapotranspiration ( $ET_c$ ) and crop coefficient ( $K_c$ ) of vine cv. Petit Sirah, irrigated by drippers were estimated during the mid and late seasons at Lagoa Grande, Pernambuco State, Brazil. The  $ET_c$  was estimated by energy balance and FAO methods, while the reference evapotranspiration ( $ET_0$ ) were obtained by Penman-Monteith method with an automatic station. The accumulated  $ET_c$ , by energy balance, between bloom and harvest was 414 mm, which corresponds to an average of 5.75 mm/day. Crop coefficient varied from 1.07 to 0.67 when was used the energy balance method, and from 0.78 to 0.53 when was used the FAO methodology.

### INTRODUÇÃO

O Nordeste, é a principal região produtora de frutas tropicais do Brasil, com área cultivada em torno de 34.000 ha e a produção é escalonada ao longo do ano. Dentre as fruteiras cultivadas, destaca-se a cultura da videira como uma das mais importantes. Inicialmente, as plantas eram irrigadas pelos sistemas de irrigação por sulcos e por aspersão, os quais atualmente vêm sendo substituídos pelo de irrigação localizada.

Dentre as fruteiras cultivadas no Vale do Rio São Francisco, destaca-se a videira. O gênero *Vitis* faz parte da família *Vitaceae*, que abrange mais de 90 espécies, das quais as de origem americana (*Vitis labrusca* L.) e as de origem européia (*Vitis vinifera* L.) se destacam pelo valor econômico.

A potencialidade para o cultivo da videira, no Submédio do Vale do São Francisco tem sido comprovada por iniciativas públicas e privadas. Nesta região, em 1995 a cultura já ocupava uma área cultivada em torno de 3.400 hectares com a obtenção de até 2,5 safras por ano. Os empecilhos tecnológicos vêm sendo superados com o aprofundamento das pesquisas científicas. Através dos resultados dessas pesquisas a viticultura no vale tem sido desenvolvida tanto pelos esforços de empresários da região, como de outros locais do país, que recentemente estão investindo na produção de uvas para vinho.

A uva tem dois mercados distintos, o do vinho e outros destilados alcoólicos e o da fruta de mesa e suco natural. São diferentes as características de oferta e demanda de ambos, com características específicas para cada um, sem semelhança em termos de aroma, cor, paladar, tamanho, etc. O mercado brasileiro do vinho, com um consumo de nove milhões a dez milhões de caixas por ano, chegou a ter uma participação de 35% do produto estrangeiro em 1995. Em 1997, essa fatia diminuiu para 27%. ação desse produto (Uva, 1999).

O crescente aumento do cultivo da videira na área irrigada correspondente à bacia hidrográfica do Vale do São Francisco se deve às excelentes condições climáticas. Estando situada em baixas latitudes, não há nenhuma restrição com relação ao suprimento de radiação solar para a atividade fotossintética das plantas. Por outro lado, avaliando-se os diversos fatores que contribuem e

viabilizam as possibilidades vitícolas do vale, a escassez de chuvas diminui o risco de perdas na produção e a irrigação, através do Rio São Francisco, compensa a heterogeneidade espacial e temporal do regime pluviométrico (Teixeira, 2000).

A região do Vale do São Francisco consagrou-se como produtora e exportadora de uvas de alta qualidade através do cultivo da uva “Itália” com elevado padrão tecnológico. Nos últimos anos, entretanto, os viticultores têm se preocupado em diversificar a produção vitícola da região para evitar a saturação na oferta da uva “Itália”, bem como para adaptar-se às exigências do mercado, cuja tendência é para o aumento do cultivo de uvas para vinho.

Tanto a deficiência como o excesso hídrico afetam de maneira marcante o comportamento dos estádios fenológicos da cultura da videira, comprometendo a qualidade e produtividade dos frutos. A deficiência, quando ocorre durante o período inicial de crescimento das bagas, proporciona redução do crescimento dos frutos, quando acontece durante a maturação, atrasa o amadurecimento, afetando a coloração e favorecendo a queima dos frutos pela radiação solar. Na fase final de maturação o consumo hídrico da videira diminui. O excesso hídrico, combinado com temperaturas elevadas, torna a cultura muito susceptível a doenças. Para uma boa produtividade, é recomendável que o desenvolvimento vegetativo da planta ocorra em condições de escassez de precipitação pluviométrica e que as necessidades hídricas sejam satisfeitas através da irrigação, de acordo com o requerimento de água da cultura, sendo os métodos de gotejamento e microaspersão os mais utilizados (Teixeira & Azevedo, 1996). No Brasil, a causa da quebra da safra de 1998 foi o excesso de chuva nas fases de floração e fecundação e a baixa insolação durante o amadurecimento proporcionando uma perda de um terço da produção (Uva, 1999).

Os recentes avanços em tecnologia computacionais têm levado os fruticultores da região a adquirirem estações agrometeorológicas automáticas para o manejo de irrigação. Estas estações consistem em aquisitores de dados eletrônicos com sensores que medem parâmetros climáticos, os quais podem ser usadas para estimativas do consumo hídrico.

A necessidade de estudos sobre evapotranspiração das culturas, no Vale do São Francisco, torna-se evidente, pois os fruticultores estão transitando de uma fase de critérios ineficientes com relação à irrigação, para uma fase mais criteriosa, em que, com a modernização da agricultura, através de equipamentos eletrônicos e da evolução da informática, pode-se estimar, com aplicabilidade o consumo de água das plantas nas diferentes fases fenológicas.

Com a quantificação da evapotranspiração das fruteiras, conjuntamente com o cálculo da evapotranspiração de referência, utilizando-se estações meteorológicas automáticas, são obtidos valores do coeficiente de cultura. Estes podem então, posteriormente, serem utilizados para o manejo racional da irrigação, proporcionando uma melhoria na produtividade e qualidade dos frutos, com um menor custo de produção.

A evapotranspiração é uma função complexa dos balanços hídrico no solo e de energia da superfície cultivada. Quanto a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), o conceito refere-se a grama, em crescimento ativo e mantida a uma altura uniforme de 0,08 a 0,12 m, sombreando completamente o terreno e sem escassez de água (Allen et al., 1998). A razão entre a evapotranspiração máxima da cultura e a evapotranspiração de referência origina os coeficientes de cultura ( $K_c$ ), que dependem do estágio de desenvolvimento, do sistema de irrigação, da configuração de plantio, das condições meteorológicas reinantes e ainda, segundo Sentelhas et al. (1997, 1999) se foram obtidos com dados climáticos de estações meteorológicas convencionais ou automáticas. Portanto, os valores de  $K_c$  devem ser determinados para cada caso específico.

Segundo Allen et al. (1998), a evapotranspiração de uma cultura ( $ET_c$ ) em condição padrão ocorre quando a mesma encontra-se em bom estado fitossanitário, com boa fertilização, cultivada em áreas grandes, sob condições ótimas de umidade do solo e apresentando o seu potencial de produção para uma dada condição climática. Estes autores apresentam uma metodologia para a obtenção da evapotranspiração a partir de

No processo do balanço de energia, a evapotranspiração é governada pela troca de energia na superfície vegetada, limitada pela energia disponível, sendo possível estimar-se o fluxo de calor latente de evaporação, através do princípio de conservação da energia, em que o ganho é igual à perda. Com base neste princípio, estima-se a evapotranspiração através da fórmula simplificada da equação do balanço de energia, composta pelo saldo de radiação ( $R_n$ ), pelos fluxos de calor latente ( $LE$ ) e sensível na atmosfera ( $H$ ), e pelo fluxo de calor no solo ( $G$ ). A solução da equação é obtida por medições de  $R_n$  e  $G$  e de estimativas de  $LE$  e  $H$  através da razão de Bowen ( $\beta$ ) (Teixeira et al., 1999).

Em relação à videira, Teixeira et al. (1999) encontraram taxas de evapotranspiração entre 2,8 a 7 mm ao longo do ciclo produtivo da variedade para mesa, Itália, correspondendo a um valor médio de 4,2mm/dia durante o ciclo de junho a setembro. Os valores de coeficiente de cultura se apresentaram entre 0,6 e 1,15.

Com relação ao cultivo da videira para vinho, nenhum estudo foi realizado no Vale do Rio São Francisco, no sentido de se obter uma estimativa do consumo hídrico da cultura, através de dados climáticos de uma estação agrometeorológica automática, a qual está se difundindo rapidamente na região, estando prevista o funcionamento de uma rede interligada por telemetria.

O presente trabalho objetivou, principalmente, a obtenção e comparação dos valores de coeficiente de cultura ( $K_c$ ) com a utilização do balanço de energia e a metodologia do boletim 56 da FAO para estimativa do consumo hídrico e posterior utilização para dimensionamento e manejo da irrigação, pelos produtores da região, que tenham disponíveis os dados climáticos de estações agrometeorológica automática, no decorrer das fases fenológicas da goiabeira e nas condições edafoclimáticas do Vale do Rio São Francisco.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Vitivinícola Santa Maria, em Lagoa Grande, PE (Lat. 09°02'S; Long. 40°11'W). O clima da região é do tipo BSw<sup>h</sup>, segundo a classificação de Köppen, que corresponde a uma região climaticamente árida, cuja quadra chuvosa vai de janeiro a abril. ção de água e fertilidade natural.

A cultura da videira para vinho (*Vitis vinifera* L.), cv. Petit Sirah, com 10 anos de idade, espaçamento de 1,2m x 3,5m irrigada por gotejamento.

Visando assegurar condições de umidade do solo para que ocorresse a evapotranspiração em nível máximo, o potencial matricial ( $\Psi_m$ ) de água no solo foi monitorado com tensiômetros às profundidades de 20, 40, 60 cm.

Para determinação da evapotranspiração da cultura foram realizadas medições do saldo de radiação ( $R_n$ ), do fluxo de calor no solo ( $G$ ) e dos gradientes de temperatura do ar e de pressão do vapor, em dois níveis acima da folhagem. Os dados foram coletados através de um sistema automático de aquisição de dados (Micrologger CR10X da Campbell Scientific), o qual foi programado para efetuar aquisições a cada cinco segundos e armazenar médias a cada dez minutos.

A partir das medições do saldo de radiação, do fluxo de calor no solo, dos gradientes de temperatura do ar ( $\Delta T$ ) e temperatura úmida ( $\Delta TU$ ), e utilizando-se a equação simplificada do balanço de energia (equação 1), foram calculados os fluxos de calor latente de evaporação ( $LE$ ) (equação 2) e o fluxo de calor sensível ( $H$ ) (equação 3) empregando-se a razão de Bowen ( $\beta$ ) segundo Webb (1965) (equação 4):

$$R_n + LE + G + H = 0 \quad (1)$$

$$LE = - \frac{R_n + G}{1 + \beta} \quad (2)$$

$$H = - (R_n + LE + G) \quad (3)$$

$$\beta = \left( \frac{\Delta + \gamma}{\gamma} \cdot \frac{\Delta T U}{\Delta T} - 1 \right)^{-1} \quad (4)$$

onde  $\Delta$  é a tangente à curva de saturação do vapor d'água no ar ( $\text{mb } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) em função da temperatura média do termômetro de bulbo úmido, entre os dois níveis onde os psicrômetros foram instalados; e  $\gamma$  é o coeficiente psicrométrico ( $0,66 \text{ mb } ^\circ\text{C}$ ).

O fluxo de calor latente transformado em milímetros de água evapotranspirada foi considerado como sendo a evapotranspiração da cultura em condição padrão ( $ET_c$ ).

Para o cálculo de  $ET_0$  pelo método de Penman-Monteith foram utilizados dados obtidos nas estações agrometeorológicas convencional e automática junto à área experimental (Allen et al, 1998):

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (5)$$

onde  $ET_0$  é a evapotranspiração de referência ( $\text{mm.d}^{-1}$ );  $R_n$  o saldo de radiação à superfície ( $\text{MJ.m}^2.\text{d}^{-1}$ );  $G$  o fluxo de calor sensível no solo ( $\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ );  $T$  a temperatura média do ar ( $^\circ\text{C}$ );  $U_2$  a velocidade do vento a 2m de altura ( $\text{m.s}^{-1}$ );  $(e_s - e_a)$  o déficit de pressão do vapor (kPa);  $\Delta$  a declividade da curva de pressão de vapor de saturação ( $\text{kPa.}^\circ\text{C}^{-1}$ ); e 900 um fator de conversão.

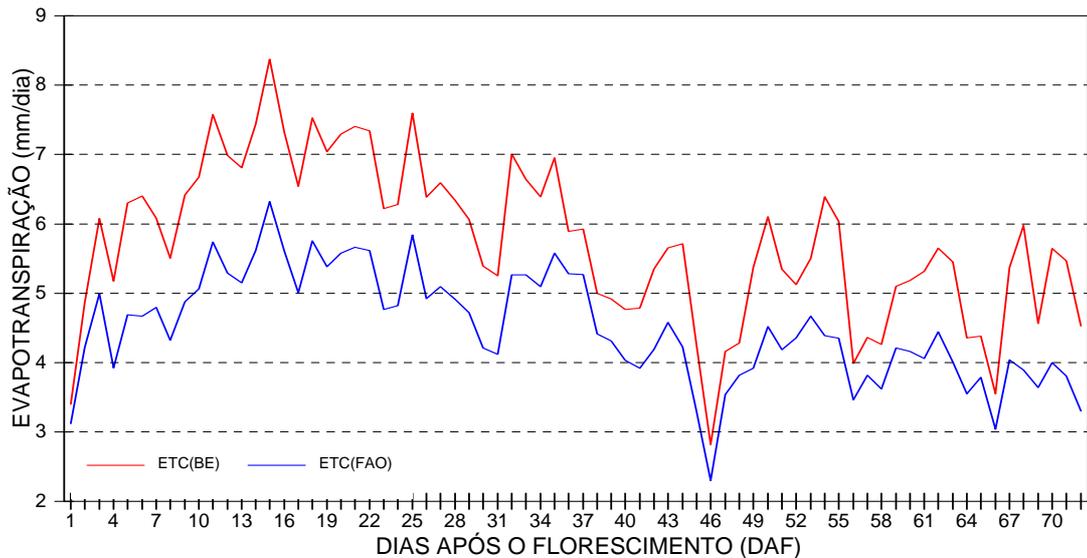
Com a razão  $ET_c/ET_0$  foram obtidos os valores do coeficiente de cultura da videira ( $K_c$ ), do início do florescimento à colheita, sendo que, com relação à metodologia proposta pela FAO (Allen et al., 1998) estes foram calculados de valores tabelados e ajustando-se através da seguinte equação, tanto para a estação média (Início do florescimento ao início da maturação), como para a estação tardia (início da maturação à colheita).

$$Kc_{(med,tard)} = Kc(Tab)_{med,tard} + [0,04(u_2 - 2) - 0,004(Ur_{min} - 45)] - \left\langle \frac{h}{3} \right\rangle^{0,3} \quad (6)$$

onde  $Kc(Tab)_{med,tard}$  são os valores tabelados para as estações média e tardia,  $u_2$  e  $UR_{min}$  são os valores médios da velocidade do vento à 2m de altura e da umidade relativa mínima para as referidas estações e  $h$  é a altura média da cultura.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta as valores diários da evapotranspiração da cultura, em função dos dias após o florescimento (DAF), obtidos pelo balanço de energia e pela metodologia proposta pela FAO.

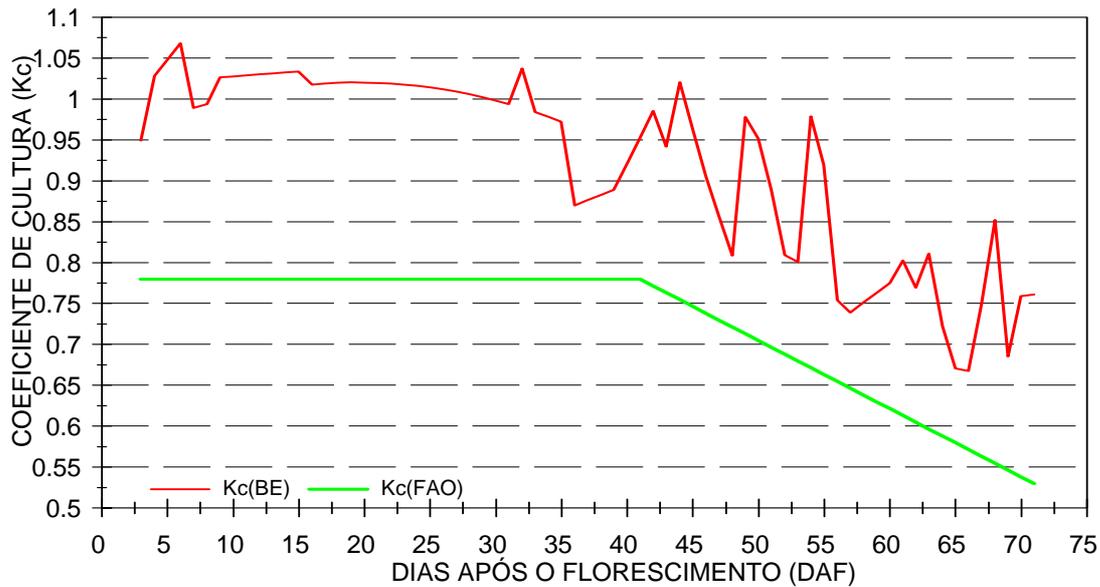


**Figura 1.** Evapotranspiração da cultura da videira para vinho, pelo método do balanço de energia ( $ETC_{(BE)}$ ) e pelo método da FAO ( $ETC_{(FAO)}$ ), em Lagoa Grande - BA, em função dos dias após o florescimento (DAF).

A evapotranspiração acumulada da cultura, determinada pelo método do balanço de energia, entre o início do florescimento (outubro de 2001) e a colheita (dezembro de 2001) foi de 414 mm, tendo um valor médio de 5,75 mm/dia. O valor máximo foi de 8,38 mm/dia e ocorreu em torno de 15 DAF (31/10/2001), coincidindo com a época de grande demanda evapotranspiratória na região. O valor mínimo, de 2,82 mm/dia, ocorreu aos 46 DAF (01/12/2001). Com relação ao método da FAO, para o mesmo período, obteve-se um total de 324 mm, um valor médio de 4,51 mm/dia e valores máximos e mínimos de 6,32 mm/dia e 2,3 mm/dia, respectivamente.

Os valor máximo de  $ET_c$ , obtido pelo balanço de energia, apresentou-se superior ao encontrado para a videira, cv. Itália, por Teixeira et al. (1999), enquanto que o valor mínimo foi semelhante.

A Figura 2 apresenta as curvas dos coeficientes de cultura em função de DAF, obtido com utilização do balanço de energia [ $Kc_{(BE)}$ ] e pelo método da FAO [ $Kc_{(FAO)}$ ], entre o início do florescimento e a colheita dos frutos).



**Figura 2.** Coeficientes de cultura da videira para vinho ( $K_c$ ) em Lagoa Grande - PE, em função dos dias após o florescimento, (DAF), obtidos pelo método do balanço de energia [ $K_c(BE)$ ] e da FAO [ $K_c(FAO)$ ].

No caso da utilização do método do balanço de energia, os valores de coeficiente de cultura diminuíram de 1,07 a 0,67, com média de 0,87 e com a utilização do método da FAO de 0,78 a 0,53, com média de 0,66. Constata-se, portanto uma diferença em torno de 0,21 com relação as diferentes formas de obtenção. Os valores mínimos ocorreram na fase de colheita e os valores máximos na fase de crescimento dos frutos. A magnitude de seus valores esteve acima dos valores relatado por Teixeira et al. (1999), com relação à utilização do primeiro método. Os valores maiores podem ser devido a diferentes variedades e sistemas de irrigação e condução utilizados.

### CONCLUSÕES

A evapotranspiração da cultura da videira para vinho, cv. Petit Sirah, em Lagoa Grande-PE, plantada em um espaçamento de 1,2m x 3,5m e irrigada por gotejamento, foi de 414 mm, do florescimento (outubro, 2001) à colheita (dezembro, 2001), com um valor médio de 5,75 mm/dia, quando calculada pelo método do balanço de energia e 324mm, com média de 5,51, quando se usou o método do boletim da FAO-56. Os valores de  $K_c$  variaram entre 1,07 e 0,67, no primeiro caso e 0,78 a 0,56, no segundo caso.

Os valores de coeficientes de cultura estimados pelo método proposto pela FAO, no boletim 56, subestimaram os valores obtidos pelo método do balanço de energia, para o caso da videira para vinho, cv. Petit Sirah, nas condições do experimento.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., SMITH, M. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage, Roma, n. 56, 300p.,1998.

SENTELHAS, P. C.; MORAES, S. O.; PIEDADE, S. M. S. et al. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estações convencional e automática. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.2, p.215-221, 1997.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, F. A. de C., PEREIRA, A. R., FOLEGATTI, M.; VILLA NOVA, N. A. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA E II REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 1999, Florianópolis, SC. , Anais. Santa Maria-RS: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, p. 174-180, 1999.

TEIXEIRA, A. H. de; AZEVEDO, P. V. de. Zoneamento agroclimático para a videira europeia no Estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, p.139-145, 1996.

TEIXEIRA, A. H. de C., AZEVEDO, P. V. de; SILVA, B. B. da, SOARES, J. M. Consumo hídrico e coeficiente de cultura da videira na região de Petrolina-PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, p. 327-330, 1999.

TEIXEIRA, A. H. de C. Exigências climáticas da videira. In: SOUZA LEÃO, P. C. de; SOARES, J. M. (Ed.) **A viticultura no Semi-Árido Brasileiro**. Petrolina-PE: Embrapa Semi-Arido, 2000. Cap. 3, p. 33-44.

UVA: Muda a preferência do consumidor europeu. **Agrianual**, São Paulo, p. 507-520,1999.

WEBB, E. K. Aerial microclimate. **Meteorological Monographs**. Boston, v. 6, n. 28, p. 27-58, 1965.