

BALANÇO DE ENERGIA EM PARREIRAIS CULTIVADOS NA REGIÃO DO SUBMÉDIO DO RIO SÃO FRANCISCO

José Monteiro Soares
EMBRAPA/Semi-Árido - BR 428, Km 152, Zona Rural, Caixa Postal 23
56300-970, Petrolina, PE - Fone: (87) 3862-1711
E-mail.: monteiro@cpatsa.embrapa.br

Pedro Vieira de Azevedo e Bernardo Barbosa da Silva
DCA/CCT/UFPB – Campus II, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó
58109-970, Campina Grande-PB, E-mail: pvieira@dca.ufpb.br; bernardo@dca.ufpb.br

ABSTRACT

This study was conducted in the Semi arid tropical Center for Agriculture and Animal Research, Brazilian Organization for Agriculture and Animal Research in Petrolina-PE, Brazil (09⁰09'S; 40⁰22'W; 365m). Its objective was to analyze the behavior of the energy balance components in a grapevine orchard in the middle reaches of San Francisco River Valley. The field experiment was conducted in the period from July to November, 2001 in a three years old grapevine (*Vitis vinifera*, L.), variety Festival. The orchard had a 2 m between plants by 4 m between rows spacing and was cropped in a trellis system and irrigated by dripping and had an area of 0.67 ha and was surrounded by others fruit orchards. A micrometeorological tower was mounted in a grape plant for installing sensors above and below trellis in order to measure the atmospheric and grapevine orchard parameters. Two sets of instruments were installed at 1.0 m above and 1.0 m below a plant row. Each set of instruments was established by a net radiometer, two psychrometers for measuring dry and wet bulb air temperatures and anemometers. The psychrometers were installed at 0.5 and 1.5 m levels above and below trellis. 80 to 90% of the net radiation was used as latent heat while 6 to 17% and 7 to 15% of the net radiation were used as sensible heat to the air and the soil.

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração de um parreiral representa a transferência de água a partir da combinação das superfícies vegetada e do solo para a atmosfera, na forma de vapor d'água. Trata-se de um processo dinâmico que é governado pelas disponibilidade de energia e de água no perfil do solo, mas que depende da fisiologia de transporte de água no sistema solo-planta e das taxas de conversão da energia disponível entre a atmosfera circundante e as superfícies vegetadas pela videira e por outras espécies de plantas sob o parreiral e a área molhada pelo sistema de irrigação.

O método da razão de Bowen (1926), que envolve a conversão de energia em massa obedecendo certas condições de contorno, tem sido usado como uma estimativa eficiente da evapotranspiração. Estudos importantes para obtenção deste parâmetro têm sido conduzidos por Angus e Watts (1984), Gay (1988), Oliveira e Leitão (1998) e Silva et al. (1997 e 2000).

O objetivo principal deste estudo compreendeu a determinação do balanço de energia num parreiral consorciado com culturas destinadas à adubação orgânica.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido no Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido -Embrapa Semi-Árido, localizado em Petrolina, PE, Brasil (09⁰09'S; 40⁰22'W; 365m), região do Sub-Médio São Francisco, no período de julho a novembro de 2001, num parreiral (*Vitis vinifera*, L.) com três anos de idade, variedade Festival, plantada no espaçamento de 4m x 2m, conduzida no sistema de latada, sob irrigação por gotejamento, numa área de 0,67 ha circundada por outros parreirais e pomares com outras frutíferas.

A irrigação foi feita numa frequência diária, através do sistema de irrigação por gotejamento com emissores tipo labirinto, vazão de 2,3 L.h⁻¹ espaçados de 0,50m com uma linha lateral por fileira de plantas. As práticas culturais compreenderão fertirrigação, controle de pragas de acordo com recomendações locais. O clima desta região de acordo com a classificação de Koppen é do tipo BSw^h, com temperatura média de 26,5^oC, umidade relativa média de 67,8%, precipitação pluvial anual média de 400 mm por ano, insolação anual de 3.000 horas, evaporação média anual de 2.000 mm e a velocidade de vento de 2,3 m/s (Reedy e Amorin Neto, 1993). O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo com um lençol freático localizado a dois metros de profundidade.

Numa torre micro-meteorológica foram instalados sensores acima e abaixo da latada do parreiral para monitorar as variáveis atmosféricas e da videira. Foram instalados dois conjuntos de instrumentos, sendo um 1,0 m acima e outro 1,0 m abaixo da latada da videira, seguindo a fileira de plantas. Cada um dos conjuntos era constituído pelos seguintes instrumentos: saldo radiômetro (Rn), para medição do saldo de radiação; radiômetro Li 200 (Rs), para medição da radiação solar incidente; radiômetro Eppley (Rr), para medição da radiação solar refletida; dois psicrômetros com termopar de cobre-constantan, para medição das temperaturas do bulbo seco (T_a) e do bulbo úmido (T_v) e um anemômetro de conchas, para medição da velocidade do vento (U). Os psicrômetros foram instalados a 0,50 e 1,50 m tanto acima como abaixo da latada. Os dados foram coletados a cada cinco segundos com média de quinze minutos utilizando um Datalogger CR23X da Campbell Scientific do Brasil.

Foram realizados dois balanços de energia com base na razão de Bowen, sendo um correspondente à copa da videira e outro referente à superfície do solo, através das seguintes equações, de acordo com (Heilman et al., 1994):

a) Copa - Solo:

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

b) Copa:

$$R_{nc} + LE_c + H_c = 0 \quad (2)$$

c) Superfície do solo:

$$R_{nss} + LE_{ss} + H_s + G = 0 \quad (3)$$

onde: $R_{nc} = R_n - R_{nss}$; $LE_{ss} = LE - LE_c$; R_{nc} , R_n , R_{nss} são os saldos de radiação do sistema copa-solo, copa e da superfície do solo, respectivamente; LE_c , LE e LE_{ss} são as densidades de fluxo de calor latente do sistema copa-solo, copa e da superfície do solo, respectivamente; H_c , H e H_{ss} são densidades de fluxos de calor sensível do sistema copa-solo, copa e da superfície do solo, respectivamente; todos em $W.m^{-2}$. A razão de Bowen foi obtida pela expressão:

$$\beta = \frac{H}{LE} = \frac{-K_H \rho C_p (\delta T / \delta z)}{-K_w \rho L (\delta q / \delta z)} = \frac{c_p K_H \Delta T}{L K_w \Delta q} = \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e} \quad (4)$$

em que $\gamma = (P_0 C_p / \epsilon L)$, sendo P_0 a pressão atmosférica (kPa); C_p o calor específico do ar a pressão constante ($J.kg^{-1}.^{\circ}C^{-1}$); L o calor latente de vaporização ($kJ.kg^{-1}$); $\epsilon = 0,662$ é o peso molecular do vapor d'água (M_v) em relação ao ar seco (M_a); K_H e K_w são os coeficientes de troca turbulenta referentes ao calor sensível e vapor d'água, respectivamente; ΔT , Δq e Δe são os gradientes de temperatura do ar, vapor d'água e pressão de vapor acima e abaixo da latada, respectivamente; e γ é a constante psicrométrica.

Associando a equação (4) à equação (1) obteve-se:

$$LE = - \left(\frac{R_n}{1 + \beta} \right) \quad (5)$$

Para corrigir os efeitos dos fluxos advectivos de calor sensível e de calor latente em relação ao volume de controle, Verna et al. (1978) propuseram a seguinte expressão:

$$K_H / K_w = 2,95 + 3,72 (\Delta T_s / \Delta e) + 1,72 (\Delta T_s / \Delta e)^2 \quad (6)$$

onde os valores desta relação são dado por $-0,8 > K_H / K_w < -0,1$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A discussão dos resultados compreendeu as oito fases representativas do ciclo de produção da videira, como segue:

- a) período de brotação das gemas vegetativas – PBGV - (04 a 15/07);
- b) desenvolvimento vegetativo – DV - (16/07 a 05/08);
- c) pré-floração e floração – PFF - (06 a 14/08);
- d) 1ª fase de crescimento do fruto – 1FCF - (15 a 31/08);
- e) parada de crescimento do fruto – PCF - (01 a 18/09);
- f) 2ª fase de crescimento do fruto – 2FCF - (19/09 a 05/10);
- g) maturação final do fruto – MFF - (06 a 15/10);
- h) repouso fenológico – RF - (16/10 a 26/11).

Os valores diários dos componentes do balanço de energia (Rn, H, LE e G) foram obtidos para os períodos de tempo em que os valores de $Rn \geq 0$, como sugeridos por Prueger et al. (1997). A Tabela 1 apresenta os valores diários médios de Rn, H, LE e G, assim como os percentuais do saldo de radiação utilizados como calor sensível para o ar (H/Rn), calor latente de vaporização (LE/Rn) e calor sensível para o solo (G/Rn). O saldo de radiação variou de $Rn = 248,1 \text{ W.m}^{-2}$ no período de brotação das gemas a $Rn = 369,8 \text{ W.m}^{-2}$ no início do período de crescimento do fruto, o que foi acompanhado por H, de $10,3 \text{ W.m}^{-2}$ a $64,5 \text{ W.m}^{-2}$. O fluxo de calor latente, por outro lado, registrou um valor mínimo ($LE = 201,7 \text{ W.m}^{-2}$) no primeiro período (brotação das gemas vegetativas - 04 a 15/07) e alcançou um máximo de $LE = 322,0 \text{ W.m}^{-2}$ no período de maturação final do fruto - 06 a 15/10. Já o fluxo de calor no solo foi mínimo ($G = -6,4 \text{ W.m}^{-2}$) no início da fase de crescimento do fruto - 05 a 31/08. H/Rn aumentou de 5,9%, na fase inicial de brotação das gemas (04 a 15/07) a 17,3% na fase de) parada de crescimento do fruto (01 a 18/09); depois decresceu para atingir 14,2% na fase final repouso fenológico (16/10 a 26/11). Ao contrário, LE/Rn manteve-se mais ou menos constante entre 80 e 90% ao longo do período de estudo, com valor máximo (91,6%) na primeira fase (brotação das gemas vegetativas – 04 a 15/07) e mínimo de 76,8% na fase de pré-floração e floração (06 a 14/08). G/Rn apresentou um valor médio de 10,2% ao longo do período experimental, com valores máximos em torno de 15% nas fases iniciais e mínimos de aproximadamente 7% na segunda metade do experimento.

Tabela 1 – Valores médios dos componentes do balanço de radiação e percentuais do saldo de radiação utilizados como calor sensível (H/Rn), calor latente (LE/RN) e calor sensível para o solo (G/Rn), para as fases fenológicas da videira analisadas: a) período de brotação das gemas vegetativas – PBGV (04 a 15/07); b) desenvolvimento vegetativo – DV (16/07 a 05/08); c) pré-floração e floração – PFF (06 a 14/08); d) 1ª fase de crescimento do fruto – 1FCF (15 a 31/08); e) parada de crescimento do fruto – PCF (01 a 18/09); f) 2ª fase de crescimento do fruto – 2FCF (19/09 a 05/10); g) maturação final do fruto – MFF (06 a 15/10); h) repouso fenológico – RF (16/10 a 26/11).

Estádios	DAP	Rnc (W.m^{-2})	H (W.m^{-2})	LE (W.m^{-2})	G (W.m^{-2})	H/Rnc (%)	LE/Rnc (%)	G/Rnc (%)
PBGV	11	248,1	10,3	201,7	-35,9	5,9	91,6	16,0
DV	32	290,1	16,6	228,1	-45,4	7,9	85,2	15,3
PFF	41	247,9	25,9	187,3	-34,8	10,9	76,8	14,3
1FCF	58	318,0	49,0	265,4	-6,4	13,9	86,6	7,4
PCF	76	369,8	64,5	291,5	-13,8	17,3	81,1	6,0
2FCF	92	352,6	22,0	322,0	-8,5	10,4	90,8	6,1
MFF	103	347,2	55,3	281,7	-10,1	15,2	81,4	10,0
RF	140	362,9	58,1	286,8	-17,9	14,2	80,7	6,6

Da análise dos balanços de radiação acima da copa, sob a copa e a nível do solo, pode-se constatar através da Figura 1, que o saldo de radiação correspondente à copa da videira apresenta uma tendência crescente ao longo do ciclo fenológico da videira, exceto entre os estádios de desenvolvimento vegetativo - DV e de pré-floração e floração - PFF e entre a parada de crescimento do fruto - PCF e a segunda fase de crescimento do fruto - 2FCF. Com relação à superfície do solo, o comportamento do Rnss mostra-se similar, apenas durante os quatro primeiros estádios fenológicos, porém comportamento inverso para os demais estádios. Quando se analisa o fluxo de calor latente relativo à copa, verifica-se que ele acompanha a flutuação mostrada pelo saldo de radiação enquanto que os valores de LE correspondente à superfície do solo, apresenta comportamento bastante distinto do componente Rnss,

entre os estádios de brotação e de parada de crescimento do fruto, quando então passa a comportarem-se de maneira similar (Fig. 1).

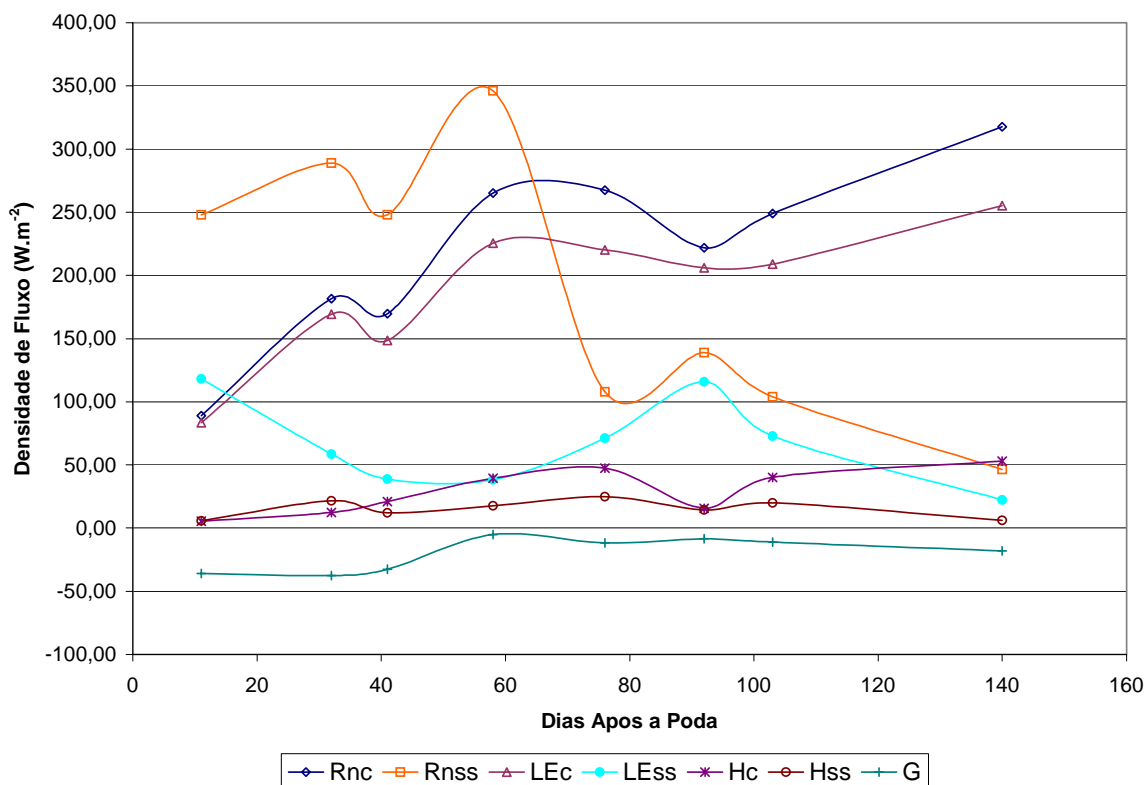


Figura 1 - Comportamento dos componentes dos balanços de energia da copa da videira e da superfície do solo, Petrolina-PE, jul-Nov/2001

O fluxo de calor sensível referente à copa da videira mostra uma oscilação mais acentuada que o correspondente à superfície do solo. Os valores Hc tendem a crescer a partir do PBGV até a PCF, quando então decresce na fase seguinte, passando a aumentar novamente, nos estádios seguintes (Fig. 1).

Pode-se constatar também, através da Fig. 1, que o fluxo de calor no solo, mostra-se praticamente estável durante os três primeiros estádios fenológicos, quando então apresenta uma pequena oscilação, seguido de um aumento gradativo.

A redução dos valores de Rnc, Lec e de Rnss obtida durante o estágio de PFF pode está associada a poda verde, que normalmente é feita no início deste estágio fenológico, o que condiciona uma redução significativa do índice de área foliar da videira. Por lado, a redução obtida no Rnss pode está relacionada com o corte das culturas de sorgo consorciada com crotalaria utilizadas como cobertura orgânica, o qual foi realizado aos 54 dias após a poda da videira. Ou seja, como a parte aérea das culturas do sorgo consorciada com crotalaria foi deixada como cobertura morta, pode ter proporcionado um aumento do albedo e, conseqüentemente, redução do saldo de radiação. No entanto, o secamento desta cobertura pode, novamente ter afetado o albedo e, conseqüentemente, tanto o balanço de energia da copa, uma vez que este é obtido com base na diferença entre estes dois parâmetros quanto da superfície do solo. Os comportamentos opostos obtidos, tanto para a MFF quanto do RF, podem ser decorrentes do aumento do índice de área foliar da cultura da videira.

Quando relaciona-se entre si os componentes dos balanços de energia da copa e da superfície do solo, verifica-se que os valores médios das relações Rnc/Rnss, Lec/Less e Hc/Hss foram da ordem de $88,7 \pm 97,6$; $160,4 \pm 130,1$ e de $506,4 \pm 162,4\%$, respectivamente. Isto significa que há uma interdependência muito grande entre ambos os balanços de energia, principalmente quando se utilizam outras culturas como cobertura orgânica.

Quando se analisa a repartição dos componentes do balanço de radiação referente à copa da videira, pode-se constatar que as relações Lec/Rnc; Hc/Rnc e G/Rnc foram da ordem de $84,3 \pm 8,4$; $11,4 \pm 6,9$; $0,00\%$, respectivamente. Quanto à superfície do solo, os valores obtidos para estas relações foram $23,7 \pm 11,4$; $64,2 \pm 17,1$ e de $9,6 \pm 5,6\%$, respectivamente.

CONCLUSÕES

Este estudo foi conduzido no Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina-PE, num pomar de videira var. Festival com três anos de idade, sob irrigação por gotejamento;

Constatou-se que Rnc apresenta uma tendência crescente ao longo do ciclo fenológicos da videira, exceto entre os estádios de DV e de PFF e entre PCF e 2FCF. Com relação à superfície do solo, o comportamento do Rns mostrou-se similar, apenas durante os quatro primeiros estádios fenológicos, porém comportou-se de maneira inversa para os demais estádios fenológicos;

Constatou-se que LEc acompanha a flutuação Rnc enquanto que os valores de LE correspondente à superfície do solo, apresenta comportamento bastante distinto do componente Rns, entre os estádios de brotação e de parada de crescimento do fruto, quando então passa a comportarem-se de maneira similar;

Verificou-se que os valores de Hc correspondentes à da copa da videira mostraram uma oscilação mais acentuada que os correspondentes à superfície do solo;

Constatou-se uma interdependência muito grande entre os balanços de energia referentes à copa e a superfície do solo, principalmente quando se utilizam outras culturas como cobertura orgânica. Resultados similares foram obtidos por Ham et al. (1991) e por Heilman et al. (1994).

REFERÊNCIAS

- ANGUS, D.E. e WATTS, P.L. Evapotranspiration – How good is the Bowen ratio method? **Agricultural Water management**. Amsterdam, n.8, p.138-150, 1984.
- BOWEN, I.S. The ratio of heat losses by conduction and by evaporation from any water surface. **Phys. Rev**, n. 27, p.779-787, 1926.
- GAY, L.W. A portable Bowen ratio system for evapotranspiration measurements. In: **proceeding National Conference on Irrigation and Drainage**, new York, ASCE. p. 625-632, 1988.
- HAM, J.H.; HEILMAN, J.L.; LASCANO, R.J. Soil and canopy energy balances of a row crop at partial cover. **Agronomy Journal**, Texas, n. 83, p. 744-753, 1991.
- Heilman, J.L.; McINNES, K.J.; SAVAGE, M.J.; GESCH, R.W.; LASCANO, R.J. Soil and canopy energy balances in a west Texas vineyard. Texas, **Agricultural and Forest Meteorology**, n. 71, p. 99-114, 1994.
- OLIVEIRA, G.M. e LEITÃO, M.M.V.B.R. Medidas e estimativas horárias de evapotranspiração numa cultura de amendoim. In: CONGRESSO BRAS. DE METEOROLOGIA, 10, I SEMINÁRIO BRAS. DE AGROMETEOROLOGIA, Brasília, outubro de 1998. **Anais**, artigo No. AG 98010 (em CD).
- PRUEGER, J.H.; HATFIELD, J.L.; AASE, J.K.; PIKUL Jr., J. Bowen-ratio comparisons with lysimeter evapotranspiration. **Agronomy Journal**, n. 89, p.730-736, 1997.
- SILVA, B.B. da; SLACK, D.C.; OLIVEIRA, A.O.; NETTO, J.A Energy balance in a vineyard field under semiarid condition in Northeast of Brazil. In: **Proceeding os ASAE**, Minneapolis, Minnesota, August, 1997. Paper No. 972180.
- SILVA, B.B da; AZEVEDO, P.V.; LOPES, P.M. de O.; SILVA, V. de P.R. SOBRINHO, J.E.; TEIXEIRA, A.H. de C. Energy balance in a semiarid orchard in North-east of Brazil. In: **24th Conference on Agricultural & Forest Meteorology and 14th Conference Biometeorology and aerobiology**. Davis, California, p. 51-52, August 2000.