

Balanço de energia e consumo hídrico de vinhedo de ‘Cabernet Franc’

Mário José Pedro Júnior (1*); José Luiz Hernandes (2); Ludmila Bardin-Camparotto (1); Gabriel Constantino Blain (1)

(1) Instituto Agronômico (IAC), Centro de Ecofisiologia e Biofísica, Av. Barão de Itapura, 1481, 13020-902 Campinas (SP), Brasil.

(2) IAC, Centro de Frutas, Avenida Luiz Pereira dos Santos, 1500, 13214-820 Jundiaí (SP), Brasil.

(*) Autor correspondente: mpedro@iac.sp.gov.br

Recebido: 10/set./2014; Aceito: 20/dez./2014

Resumo

O método do balanço de energia foi utilizado em vinhedo da uva para vinho ‘Cabernet Franc’, conduzido em espaldeira alta, para caracterizar a repartição do saldo de radiação (SR) nos diferentes fluxos de calor: latente (LE), sensível e no solo. Em média LE representou aproximadamente 79% de SR. São apresentadas as variações horárias dos componentes do balanço de energia para dias: ensolarado e nublado. O consumo hídrico do vinhedo para os diferentes subperíodos fenológicos foi: poda-florescimento (99 mm), florescimento-início de maturação (249 mm) e início de maturação-colheita (201 mm). Para o ciclo total (poda-colheita), o consumo hídrico obtido foi de 549 mm.

Palavras-chave: uva para vinho, radiação solar, saldo de radiação, fluxo de calor latente.

Energy balance and water consumption on a ‘Cabernet Franc’ grapevine vineyard

Abstract

The energy balance method was used on a ‘Cabernet Franc’ vineyard trained on a vertical trellis system with branches attached to four wires to characterize the partition of the net solar radiation (SR) into the latent (LE), sensible and soil heat fluxes. As an average LE represented 79% of SR. Hourly variation of the energy balance components for sunny and cloudy days are shown. The water consumption for the different phenological phases were: pruning-flowering (99 mm), flowering-*veraison* (249 mm); *veraison*-harvest (201 mm). Considering the entire cycle (pruning-harvest) the water consumption was 549 mm.

Key words: grapevine, solar radiation, net radiation, latent heat flux.

A vitivinicultura da região de São Roque (SP) tem se caracterizado pela utilização de uvas rústicas para a produção de vinho. Recentemente, com a estruturação e incremento do turismo ligado à uva e ao vinho (Verdi et al., 2011) verifica-se que os produtores têm dirigido seu interesse para a produção de vinhos finos para atender este importante nicho de mercado. Dentre as cultivares disponíveis no mercado a Cabernet Franc tem se destacado para a elaboração de vinhos tintos jovens (Rizzon & Miele, 2001) que por longo tempo foi a principal uva vinífera tinta no Brasil (Giovannini & Manfroi, 2009).

O desenvolvimento vegetativo e produtivo das videiras é influenciado pela estreita relação com as condições climáticas, que apresentam variação espacial e temporal, devido às condições hídricas dos cultivos e às variações da radiação solar, por atuar no balanço de radiação e de energia das culturas, influenciando a temperatura ambiente, a evapotranspiração e o consumo hídrico das plantas.

O balanço de energia em vinhedos foi avaliado em diferentes regiões do país. Teixeira et al. (1997) determinaram

os componentes do balanço de energia em vinhedo de ‘Itália’ em Petrolina, enquanto Pezzopane & Pedro (2003) caracterizaram a partição do saldo de radiação nos fluxos de calor latente, sensível e de calor no solo em vinhedo de ‘Niagara Rosada’ conduzida em espaldeira na região de Jundiaí (SP).

Outro aspecto importante do sistema produtivo das videiras diz respeito ao consumo hídrico, pois seu conhecimento por meio de estimativas da evapotranspiração da cultura fornece subsídio ao produtor nas atividades de planejamento do uso da água e dimensionamento de sistemas de irrigação. No país, o consumo hídrico em videiras tem sido avaliado principalmente na região do submédio São Francisco. Teixeira et al. (1999) determinaram a utilização de água por videiras da cultivar Itália conduzida em latada, relatando que o consumo hídrico durante o ciclo produtivo foi da ordem de 503 mm. Posteriormente, Ávila et al. (2000), trabalhando na mesma região e mesma cultivar, obtiveram valores de 334 mm de consumo hídrico pelas plantas durante o ciclo. Freitas et al. (2006), por sua

vez, determinaram a demanda de água para irrigação da cultura da uva, mostrando que a evapotranspiração máxima variou entre 4,5 e 5,7 mm dia⁻¹.

No Espírito Santo, na região de Santa Teresa, Busato & Busato (2011) determinaram a evapotranspiração da videira 'BRS Clara', relataram que para todo o período de cultivo foram utilizados 188 mm de água. No Estado de São Paulo, Pezzopane & Pedro (2003) obtiveram valores de fluxo de calor latente correspondente a 3,24 mm dia⁻¹, em vinhedo de 'Niagara Rosada', conduzida em espaldeira na região produtora de Jundiá.

Considerando a importância do conhecimento do balanço de energia e do consumo de água por comunidades vegetais, objetivou-se caracterizar a repartição do saldo de radiação nos diferentes componentes do balanço de energia e determinar o consumo hídrico em vinhedo de 'Cabernet Franc' localizado na região vitícola de São Roque (SP).

O experimento foi desenvolvido em vinhedo de 'Cabernet Franc' existente na Vinícola Góes, no município de São Roque (Latitude: 23°32'S; Longitude: 47°08'W e Altitude média: 850 m), onde o clima, segundo Köppen, é do tipo Cfb. O vinhedo foi conduzido em espaldeira alta com cordão unilateral único e com quatro fios de arame para sustentação vertical dos ramos. O espaçamento foi de 1,2 m entre plantas e 2,7 m entrelinhas, com densidade aproximada de 3.100 plantas ha⁻¹. Os tratos culturais e fitossanitários foram efetuados segundo recomendação técnica para a região, a poda curta foi realizada em 6/9/2011 e a colheita ocorreu em 8/3/2012.

O consumo hídrico durante o ciclo das videiras foi medido pelo método do balanço de energia, tendo sido os sensores instalados no centro do vinhedo experimental e acoplados a sistema automático de aquisição de dados (Campbell Scientific – CR 10) programado para fazer amostragens a cada minuto e armazenar dados em escala horária. Os sensores de temperatura (bulbo seco e úmido), constituídos por termopares de cobre-constantan foram instalados em microabrigos com ventilação natural e localizados ao nível do dossel das plantas e a 1 m acima do dossel. Os sensores de radiação líquida (Kipp & Zonen, modelo NR Lite2) e de radiação solar global (Kipp & Zonen, modelo SP Lite2) foram instalados a 3 m acima do dossel das videiras. O sensor de fluxo de calor no solo (Rebs, modelo HFT3-L) foi colocado a 2 cm de profundidade entre plantas consecutivas na mesma linha. As medições foram feitas desde a poda até a colheita das uvas.

Foi utilizada a equação do balanço de energia (Equação 1) e razão de Bowen (β) (Equações 2 e 4) como usado por Pezzopane & Pedro (2003) e Silva et al. (2007) para determinação dos componentes do balanço de energia:

$$SR = H + LE + G \quad (1)$$

em que: SR é o saldo de radiação; H é o fluxo de calor sensível; LE é o fluxo de calor latente e G é o fluxo de calor no solo.

$$\beta = H/LE \quad (2)$$

$$LE = (SR - G) / (1 + \beta) \quad (3)$$

A razão de Bowen (β) foi estimada por:

$$\beta = [(\Delta Tu) / ((1 - w) \Delta Ts) - 1]^{-1} \quad (4)$$

em que: ΔTs é o gradiente de temperatura (°C) de bulbo seco; ΔTu, o gradiente de temperatura (°C) de bulbo úmido; w, o fator de ponderação, que é função de Tu e da constante psicrométrica, podendo ser calculado, segundo Pereira et al. (1997), por:

$$w = 0,407 + 0,145 Tu, \text{ para } 0 < Tu < 16 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5)$$

ou

$$w = 0,483 + 0,01 Tu, \text{ para } 16,1 \text{ } ^\circ\text{C} < Tu < 32 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (6)$$

O fluxo de calor latente e o saldo de radiação (valores em base diária) foram comparados à radiação solar global por meio de regressão linear e os valores de fluxo de calor latente expressos em milímetros de água para estimativa do consumo hídrico do vinhedo durante os diferentes subperíodos fenológicos (poda-florescimento; florescimento-início da maturação e início da maturação-colheita) e para o ciclo total (poda à colheita). O balanço hídrico da cultura foi feito como descrito em Pereira et al. (2002), utilizando-se a capacidade máxima de água disponível (CAD) de 100 mm.

Na figura 1 é apresentada a variação da temperatura máxima e mínima do ar e da precipitação pluvial, tendo sido indicadas as datas de ocorrência dos principais estádios fenológicos: poda; florescimento, início da maturação e colheita. O total pluviométrico medido desde a poda até a colheita foi de 1.049 mm, valor este próximo da média da região, que se situa em torno de 1.100 mm. A variação do

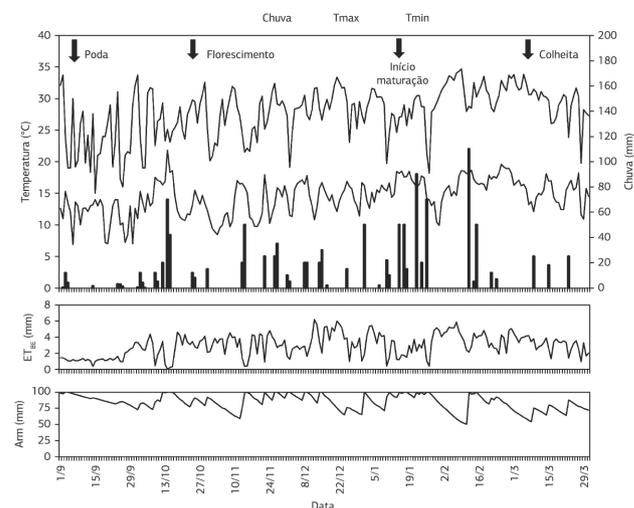


Figura 1. Valores diários de temperatura máxima e mínima, chuva, evapotranspiração da cultura (ET_{BE}) e armazenamento de água (Arm) na região de São Roque (SP) e indicação de eventos fenológicos da videira 'Cabernet Franc' durante a safra de 2011/2012.

armazenamento de água no solo, calculado pelo balanço hídrico em condição de cultura, permitiu verificar a ocorrência de períodos em que valores de armazenamento não atingem a CAD, sugerindo provável restrição hídrica no início de novembro e de fevereiro. Os valores mais baixos de LE devido à condição nublada com baixos níveis de radiação solar global e saldo de radiação ocorreram em poucas ocasiões durante o ciclo das plantas. Durante o período experimental, observou-se um maior número de ocorrências de dias ensolarados em relação aos nublados, levando à obtenção de valores mais elevados de LE.

A variação horária do saldo de radiação (SR) e sua repartição nos fluxos de calor latente (LE), calor sensível (H) e calor no solo (G) é mostrada na figura 2, para dias considerados: ensolarado e nublado. Verificou-se que no dia ensolarado os valores de SR atingiram cerca de 600 W.m^{-2} durante as horas do dia com maior radiação solar (900 W.m^{-2}). Nesse mesmo período, a repartição de SR foi em torno de 480 W.m^{-2} para LE; 80 W.m^{-2} para G e apenas

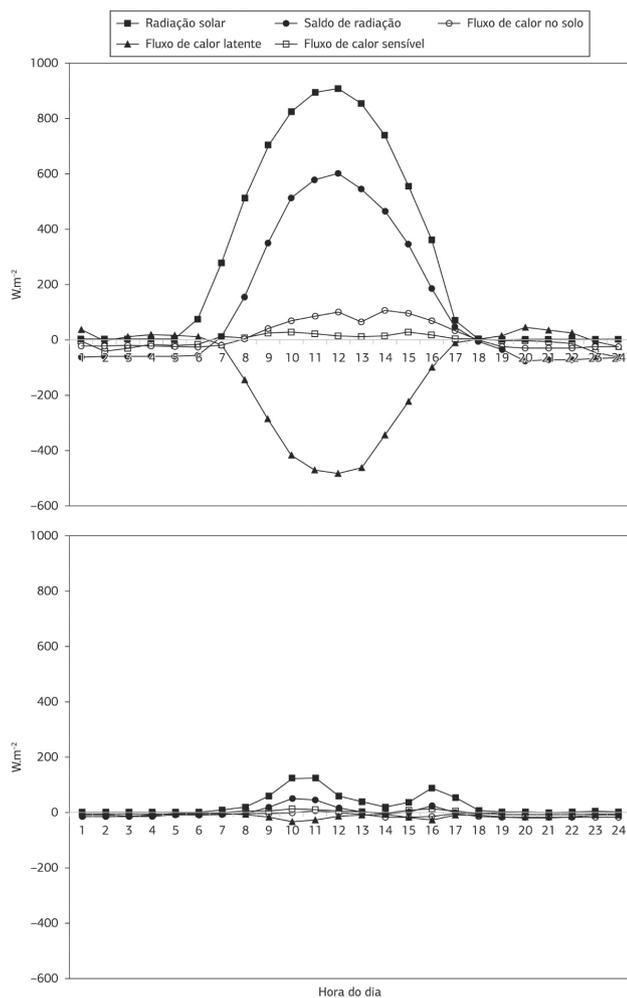


Figura 2. Variação horária da radiação solar global, saldo de radiação e fluxos de calor latente, sensível e no solo em vinhedo de ‘Cabernet Franc’ conduzido em espaldeira em dias considerados ensolarado (acima) e nublado (abaixo).

15 W.m^{-2} para H, significando que a maior parte de SR foi utilizada no processo de evapotranspiração das plantas, uma vez que o solo estava bem suprido de água, não oferecendo limitação para as videiras. No caso do dia considerado nublado (Figura 2 – parte inferior), o saldo de radiação entre 10 e 11 horas foi 50 W.m^{-2} representando 40% da radiação solar global (125 W.m^{-2}). Nesse período, a repartição de SR observada foi: fluxo de calor latente (30 W.m^{-2}), fluxo de calor sensível (15 W.m^{-2}) e fluxo de calor no solo (5 W.m^{-2}).

Para a estimativa de SR e LE em vinhedos foram obtidas equações de regressão linear simples (Figura 3). A relação entre SR e a RS mostrou que o saldo de radiação é, em média, cerca de 62% da radiação solar global, e o coeficiente de determinação foi elevado ($R^2 = 0,91$). O valor da relação SR/RS obtido em vinhedo de ‘Cabernet Franc’ foi da mesma ordem de grandeza do relatado por Pezzopane & Pedro (2003) para vinhedo de ‘Niagara Rosada’ ($SR/RS = 0,68$). Esses valores de mesma ordem de grandeza se devem à mesma estrutura do vinhedo proporcionada pelo sistema de condução em espaldeira utilizada em ambos os casos.

Ao se analisar a razão LE/SR, observou-se que LE representou cerca de 79% (Figura 3) do valor de SR para o ciclo da videira, tendo sido o valor do coeficiente de

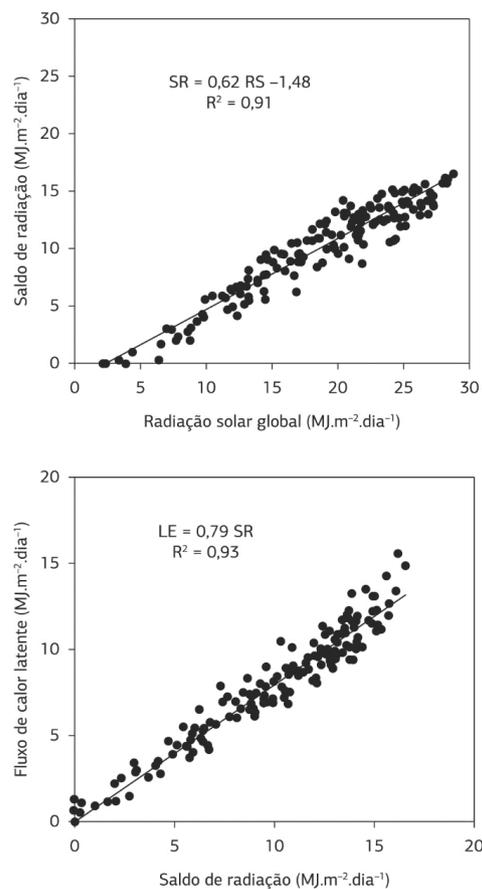


Figura 3. Relações entre a radiação solar global (RS), o saldo de radiação (SR) e o fluxo de calor latente (LE) em vinhedo de ‘Cabernet Franc’ conduzido em espaldeira.

determinação (R^2) 0,93. Valores superiores aos relatados por Pezzopane & Pedro (2003) foram da ordem de 0,59. Essa variação pode ser explicada pela diferença de espaçamento entre ruas e plantas e manejo do dossel, principalmente a menor intensidade de desfolha feita pelo produtor. Esses autores relataram também que durante alguns períodos do experimento com 'Niagara Rosada' foram obtidos valores de SR/RS de 0,79 ou superiores, semelhantes aos obtidos para a 'Cabernet Franc'.

Considerando o consumo hídrico do vinhedo de 'Cabernet Franc', foram observados (Tabela 1) os seguintes valores para os diferentes subperíodos fenológicos: poda-florescimento (99 mm), florescimento-início da maturação (249 mm) e início da maturação-colheita (201 mm). Em média durante o subperíodo poda-florescimento, o consumo hídrico foi cerca de 2,0 mm dia⁻¹, provavelmente devido ao menor enfolhamento das plantas no período inicial do desenvolvimento. Nos subperíodos subsequentes, o valor médio do consumo hídrico foi de 3,4 mm dia⁻¹. Esses valores superiores aos do subperíodo poda-florescimento são devidos às plantas estarem em pleno desenvolvimento, apresentando maior enfolhamento.

Ressalte-se que durante os subperíodos de maior desenvolvimento das videiras foram observados, em alguns dias específicos, valores máximos de evapotranspiração entre 5,8 e 6,2 mm dia⁻¹ (Figura 1), tendo sido da mesma ordem de grandeza dos relatados por Freitas et al. (2006), cujos resultados atingiram até 5,7 mm dia⁻¹ para a cultura da uva na bacia do rio São Francisco.

Em relação ao consumo hídrico durante o ciclo total das plantas, verificou-se nesse experimento que o valor obtido (549 mm) foi superior aos relatados por Teixeira et al. (1999) e Ávila et al. (2000) para uva Itália conduzida em latada na região do submédio São Francisco e por Busato & Busato (2011) no Espírito Santo. Provavelmente, a diferença observada entre o valor de consumo hídrico da 'Cabernet Franc' e dos autores citados é devida à maior duração do ciclo em São Roque, em função da cultivar e às condições de menor temperatura em relação à região do vale do rio São Francisco e de Santa Teresa (ES).

Os resultados obtidos neste estudo permitiram concluir que, em vinhedos de 'Cabernet Franc' sustentados em espaldeira alta, a estimativa do saldo de radiação pode ser feita em função da radiação solar global. E a estimativa

do fluxo de calor latente, em função do saldo de radiação. Ainda o consumo hídrico de vinhedo de 'Cabernet Franc', nas condições climáticas de São Roque, obtido pelo método do balanço de energia, foi de 549 mm para o ciclo total das videiras.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de produtividade concedida ao Dr. Mário José Pedro Júnior. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa de pós-doutorado, concedida à Dr.^a Ludmila Bardin-Camparotto. À vinícola Góes, pelas facilidades fornecidas na execução do trabalho em seu vinhedo de produção situado no município de São Roque (SP).

REFERÊNCIAS

- Ávila, J., No., Azevedo, P. V. D., Silva, B. B. D., Soares, J. M., & Teixeira, A. H. D. C. (2000). Exigências hídricas da videira na região do submédio São Francisco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35, 1559-1566. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2000000800008>.
- Busato, C. C. M., & Busato, C. (2011). Evapotranspiração da videira em Santa Teresa, ES: coeficiente de cultura "único" padrão boletim FAO 56. *Revista Verde*, 6, 251-257.
- Freitas, W. S., Ramos, M. M., & Oliveira, A. M. S. (2006). Demanda de irrigação da cultura da uva na bacia do Rio São Francisco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10, 563-569. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000300005>.
- Giovannini, E., & Manfroi, V. (2009). Viticultura e enologia: elaboração e grandes vinhos nos terroirs brasileiros. Bento Gonçalves: IFRS. 344 p.
- Pereira, A. R., No., Angelocci, L. R., & Sentelhas, P. C. (2002). *Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba: Agropecuária. 478 p.
- Pereira, A. R., Villa Nova, N. A., & Sediya, G. C. (1997). *Evapo(transpi)ração*. Piracicaba: FEALQ. 183 p.
- Pezzopane, J. R. M., & Pedro, M. J., Jr. (2003). Balanço de energia em vinhedo de 'Niagara Rosada'. *Bragantia*, 62, 155-161. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052003000100019>.
- Rizzon, L. A., & Miele, A. (2001). Avaliação da Cabernet Franc para elaboração de vinho tinto. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 21, 249-255. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612001000200022>.
- Silva, T. J. A., Folegatti, M. V., Silva, C. R., Alves, J., Jr., & Bonfim-Silva, E. M. (2007). Balanço de energia e estimativa da evapotranspiração em culturas irrigadas de maracujazeiro pelo método da razão de Bowen. *Engenharia Agrícola*, 27, 392-403. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162007000300008>.
- Teixeira, A. H. C., Azevedo, P. V., Silva, B. B., & Soares, J. M. (1999). Consumo hídrico e coeficiente de cultura da videira na região de Petrolina, PE. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 3, 413-416.

Tabela 1. Consumo hídrico para diferentes subperíodos fenológicos para a videira 'Cabernet Franc' conduzida em espaldeira em São Roque (SP)

Subperíodo fenológico	Consumo hídrico	
	Médio (mm.dia ⁻¹)	Total (mm)
Poda-Florescimento	1,99	99
Florescimento-Início da maturação	3,41	249
Início da maturação-Colheita	3,43	201
Poda-Colheita		549

Teixeira, A. H., Azevedo, P. V., Silva, B. B., & Soares, J. M. (1997). Balanço de energia na cultura da videira, cv. Itália. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 5, 137-141.

Verdi, A. R., Otani, M. N., Maia, M. L., Fredo, C. E., Oliveira, A. L. R., & Hernandez, J. L. (2011). Panorama da vitivinicultura paulista, Censo 2009. *Informações Econômicas*, 41, 5-20.