

RELAÇÕES SOLO-ÁGUA-PLANTA-ATMOSFERA EM CULTURAS IRRIGADAS E VEGETAÇÃO NATURAL

ANTÔNIO H. de C. TEIXEIRA¹, WIM G. M. BASTIAANSEN²

¹Eng. Agrônomo, Pesquisador. Depto. de Agrometeorologia, Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE,

Fone (0xx87)38621711, heribert@cpatsa.embrapa.br

²Engo Agrícola, Ph.D., WaterWatch, Wageningen, Holanda

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 – GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções – Belo Horizonte – MG.

RESUMO: Para a compreensão da influência de diferentes superfícies nos fluxos hídricos, medições microclimáticas foram conduzidas com as principais culturas irrigadas e em vegetação natural nas condições semiáridas do Nordeste do Brasil. As propriedades aerodinâmicas foram analisadas pela teoria da similaridade aplicada na interface superfície-atmosfera com dados de velocidade do vento acima da vegetação. A equação de Penman-Monteith foi usada de maneira invertida para a obtenção da resistência da superfície ao fluxo de vapor d'água (r_s). Os valores médios do comprimento de rugosidade para transferência de momentum (z_{0m}) foram 0,09 m, 0,24 m, 0,52 m e 0,38 m, em videira para vinho, videira para mesa, mangueira e caatinga, respectivamente. Seguindo a mesma seqüência, os valores de r_s ficaram em torno de 128 s m^{-1} , 73 s m^{-1} , 36 s m^{-1} , 133 s m^{-1} e 1940 s m^{-1} , os quais foram fortemente influenciados pelo déficit de pressão do vapor (DPV) e com a umidade do solo (θ).

PALAVRAS CHAVES: evapotranspiração, resistência da superfície, comprimento de rugosidade.

SOIL-WATER-VEGETATION-ATMOSPHERE RELATIONS IN IRRIGATED CROPS AND NATURAL VEGETATION

ABSTRACT: To understand the influences of different surfaces on water fluxes, microclimatic measurements were carried up in the main irrigated crops and natural vegetation in semi-arid conditions of the Brazilian Northeast. The aerodynamic properties were analyzed throughout the atmospheric surface-layer similarity theory with data of wind speed above the vegetation. Penman- Monteith equation was inverted to retrieve the bulk surface resistance (r_s). The averaged roughness length for momentum transfer (z_{0m}) was 0.09 m, 0.24 m, 0.52 m and 0.38 m for wine grape, table grape, mango orchard and caatinga respectively. Following the same sequence r_s presented values around 128 s m^{-1} , 73 s m^{-1} , 36 s m^{-1} , 133 s m^{-1} and 1940 s m^{-1} , which were strongly influenced by the vapour pressure deficit (D) and soil moisture (θ).

KEYWORDS: evapotranspiration, surface resistance, roughness length.

INTRODUÇÃO: O uso da água pelas culturas irrigadas e vegetação natural ocorre principalmente através da evapotranspiração (ET) a qual é parte da energia disponível às superfícies. A partição desta energia é dirigida em parte pela turbulência, que por

sua vez é controlada pela estrutura e variação espacial dos parâmetros de rugosidade que dependem do tipo da superfície, se destacando os comprimentos de rugosidade para transferência de momentum (z_{0m}) e de calor (z_{0h}) (Kohsiek et al., 1993). A ET em culturas irrigadas e vegetação natural pode ser determinada analisando-se a energia disponível às superfícies vegetadas, os gradientes de temperatura e umidade e as resistências aos fluxos de vapor d'água (Gash e Shuttleworth, 2007). Poucos estudos têm sido realizados para a avaliação dos parâmetros relacionados com a ET em áreas em que a vegetação natural está sendo substituída por culturas irrigadas nas regiões semi-áridas. Os objetivos deste trabalho em culturas irrigadas e vegetação natural na região semi-árida do Nordeste do Brasil foram determinar os parâmetros de superfície associados à evapotranspiração e derivar relações empíricas com as resistências ao fluxo de vapor d'água que possam posteriormente ser usadas para a modelagem de variáveis hídricas.

MATERIAL E MÉTODOS: Todos os componentes do balanço energia foram obtidos nas culturas da videira para vinho (Lat 09°02'S; Long. 40°11'O) conduzida em sistema de espaldeira e irrigada por gotejamento; na videira para mesa (Lat 09°18'S; Long. 40°22'W), conduzida no sistema de latada e irrigada por micro aspersão; na mangueira (Lat 09°22'S, Long. 40°34'W) irrigada pro micro aspersão; e na caatinga (09°03'S, 40°19'W), em condições naturais. Os fluxos de calor latente (λE) nos parreirais foram obtidos pelo método da razão de Bowen (Teixeira et al., 2007), enquanto que na mangueira e na caatinga, as técnicas das correlações turbulentas foram aplicadas (Teixeira, 2008). Em todos os experimentos o fluxo de calor no solo (G) foi medido a 2 cm de profundidade e o saldo de radiação (R_n) foi obtido acima dos dosséis. Adicionalmente, medições da temperatura (T_a) e umidade relativa do ar (RH) no nível das folhas, velocidade (u) e direção (DV) do vento acima dos dosséis e umidade do solo também foram realizadas. Este último parâmetro foi medido apenas nas culturas irrigadas até 60 cm e 120 cm de profundidade, em videiras e mangueira, respectivamente.

A força de dragagem entre a superfície e a atmosfera no processo evapotranspiratório está representada pela resistência aerodinâmica (r_a), e esta variável requer o comprimento de rugosidade para transferência de calor (z_{0h}) e a velocidade de fricção (u_*):

$$r_a = \frac{\ln \left[\frac{z-d}{z_{0h}} \right] - \Psi_h \left(\frac{z-d}{L} \right)}{k u_*} \quad (1)$$

onde z é a altura do anemômetro; d é a distância de deslocamento do plano zero; k é a constante de von Karmen (0,41); Ψ_h é a correção para estabilidade atmosférica; L é o comprimento de Monin Obukhov. Na Equação 2, z_{0h} foi considerado como uma função de z_{0m} que por sua vez foi calculado como:

$$z_{0m} = \frac{z-d}{\exp \left[\frac{k u}{u_*} + \Psi_m \left(\frac{z-d}{L} \right) \right]} \quad (2)$$

onde u é a velocidade horizontal do vento no nível (z) acima da vegetação. De posse de R_n , G , T_a , RH , u e r_a a resistência da superfície (r_s) foi derivada pela inversão da equação de Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As médias dos parâmetros de vegetação relacionados com a ET são apresentadas na Tabela 1. Os valores de z_{0m} na videira para vinho foram menores do que aqueles em videira para mesa. O sistema de latada neste último parreiral cobrindo mais o solo promoveu valores mais altos de z_{0m} . O sistema de condução em espaldeira no primeiro parreiral promoveu dependência da direção do vento, que quando esteve fluindo mais paralelo às fileiras (115°), os valores de z_{0m} foram 50% daqueles com a direção próxima da sudeste (130°) (Tabela 1). Hicks (1973) reportou que o coeficiente de dragagem duplica quando o vento muda de direção paralela para normal com relação às fileiras de videiras conduzidas sob o sistema vertical. Quando o vento flui na direção normal às fileiras, z_{0m} é 13% da altura média das plantas, comportamento típico de dosséis fechados.

Tabela 1: Médias dos parâmetros de vegetação relacionados com a ET em culturas irrigadas (uva para vinho – UV; uva para mesa – UM; mangueira – MG), para os primeiros (CP1) e segundos (CP2) ciclos produtivos; e para vegetação natural (caatinga – CT) em 2004 e 2005: resistências aerodinâmica (r_a) e da superfície (r_s); comprimento de rugosidade para transferência de momentum (z_{0m}); altura média da vegetação (h_v); déficit de pressão do vapor (D); e velocidade (u) e direção do vento (DV) acima dos dosséis.

Vegetação/ Período	r_a ($s\ m^{-1}$)	r_s ($s\ m^{-1}$)	z_{0m} (m)	h_v (m)	D (kPa)	u ($m\ s^{-1}$)	DV (Graus)
UV_CP1	114	131	0,11	1,6	1,8	1,9	128
UV_CP2	109	125	0,06	1,6	2,1	2,1	116
UM_CP1	63	64	0,23	1,8	1,3	2,0	118
UM_CP2	66	82	0,24	1,8	1,2	2,1	138
MG_CP1	36	133	0,50	5,5	1,3	2,6	126
MG_CP2	37	133	0,54	5,5	1,3	2,4	124
CT_2004	53	1542	0,43	8,0	1,5	2,8	135
CT_2005	58	2332	0,33	8,0	1,5	2,9	132

*A altura dos anemômetros foi 1m acima do dossel das videiras, enquanto eles estiveram a 3m do dossel do pomar de mangueiras de da caatinga.

Os valores mais elevados de z_{0m} para mangueira são devidos às grandes copas das árvores que aumentam o fluxo de momentum. Mesmo que a caatinga apresente árvores de elevada altura média (h_v), os valores médios de z_{0m} foram menores do que aqueles para mangueiras. A razão para isso é devida à vegetação rala e os espaçamentos irregulares entre as plantas (Troufleau et al., 1997). De acordo com Sene (1994), culturas esparsas apresentam valores de z_{0m} tipicamente na faixa de 5-10% de h_v enquanto que para culturas uniformes os valores estão em torno de 13%. Com os valores médios de z_{0m} percebe-se então que a videira para mesa se comporta como uma cultura uniforme.

Os valores médios das resistências ao fluxo de vapor d'água são apresentados na Tabela 1. A videira para vinho apresentou os maiores valores de r_a , seguido pela videira para mesa, caatinga e mangueira. Os menores valores para esta última cultura são devidos à rugosidade causada pela arquitetura das árvores evidenciada pelos altos valores de z_{0m} . Os máximos valores de r_s são para a caatinga, pois as condições de baixos níveis de umidade durante os períodos secos causam o fechamento dos estômatos. A videira para vinho e a mangueira apresentaram valores similares, em torno de $130\ s\ m^{-1}$, enquanto que a videira para mesa teve valores em torno de $74\ s\ m^{-1}$.

¹. A videira para mesa tem quase o dobro de IAF comparada com a videira para vinho e os valores mais baixos de D no sistema de irrigação por micro-aspersão também contribuiu para menores valores de r_s . Enquanto que as fruteiras são irrigadas diariamente, a caatinga responde fortemente ao regime pluviométrico. As relações entre r_s e D na escala diária são apresentadas na Figura 1.

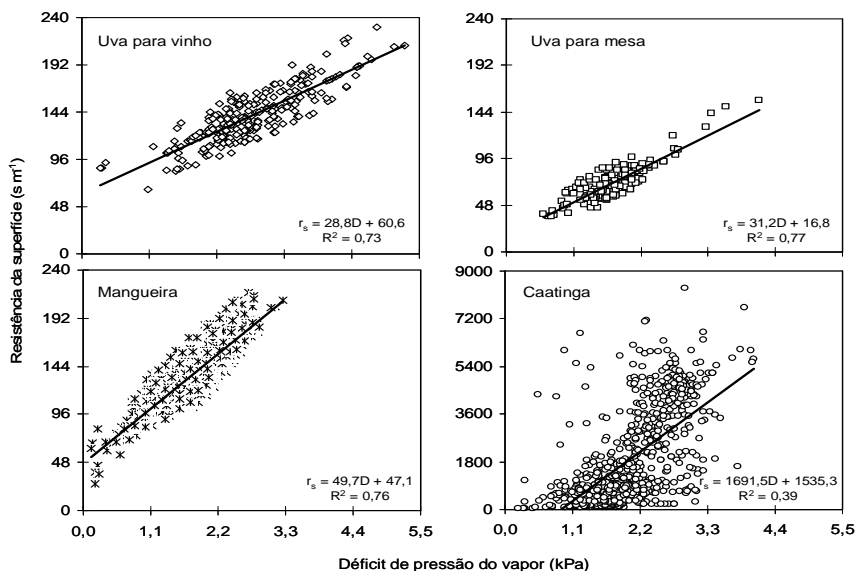


Figura 1. Relações diurnas entre a resistência da superfície (r_s) e o déficit de pressão do vapor (D) para culturas irrigadas e vegetação natural.

Exceto para caatinga, as culturas irrigadas apresentaram boas correlações. Enquanto há elevados gradientes de vapor d'água nos períodos secos, estes gradientes ao mesmo tempo induzem um fechamento parcial dos estômatos.

O efeito da umidade do solo (θ) em r_s fica evidente através desta relação nas culturas irrigadas (Figura 2). Nas culturas irrigadas r_s é controlada por ambos θ e D. A mangueira teve uma resposta maior para D. Grandes mudanças em r_s ocorrem com pequenas mudanças em θ para solos úmidos.

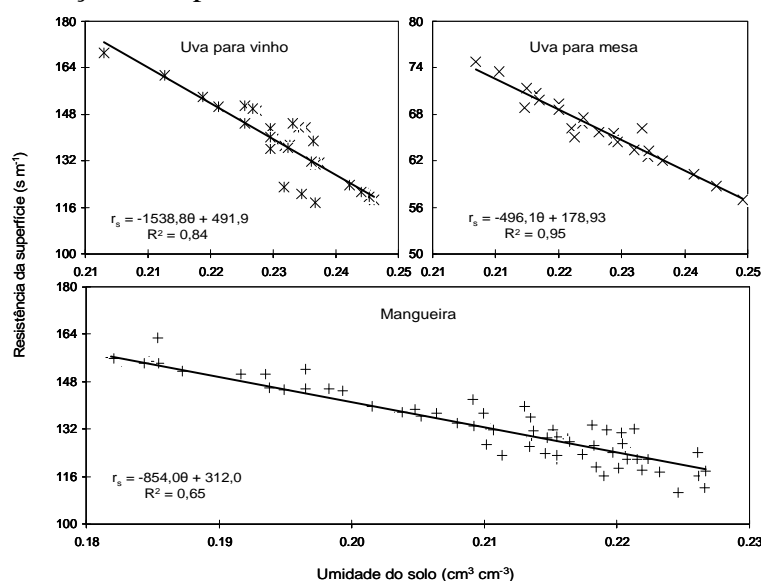


Figura 2. Relações semanais entre a resistência da superfície (r_s) e a umidade do solo para 40 cm de profundidade (θ_{40}) em videiras para 60 cm de profundidade (θ_{60}) em mangueira.

Uma grande inclinação da relação da Figura 2 indica uma forte resposta à variação de umidade do solo. A videira para vinho então exibe uma maior resposta dentre as outras culturas irrigadas estudadas.

CONCLUSÕES: Modelagens dos parâmetros de vegetação relacionados ao fluxo de vapor d'água foram realizadas como subsídios à análises da evapotranspiração em superfícies heterogêneas. Os dados experimentais mostraram que para culturas esparsas o comprimento de rugosidade para transferência de momentum sendo 9% da altura média da vegetação é uma regra aplicável na região semi-árida do Nordeste brasileiro. A resistência aerodinâmica é influenciada pelas arquiteturas das superfícies representadas pelo comprimento de rugosidade para transferência de momentum. Os valores da resistência da superfície ao fluxo de vapor d'água são predominantemente afetados pelo déficit de pressão do vapor e pela umidade do solo. A disponibilidade de métodos analíticos para acessar estas resistências faz da equação de Penman-Monteith aplicável na estimativa da evapotranspiração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome, Italy, 300 pp, 1998.
- GASH, J.H.C., SHUTTLEWORTH, W.J. Evaporation, selection, introduction and commentaries, Sahra benchmark papers in hydrology, IAHS, ISBN 978-901502-98-5, 2007.
- HICKS, B.B. Eddy fluxes over a vineyard. **Agricultural Meteorology**, v. 12, p. 203-215, 1973.
- KOHSIEK, W., DE BRUIN, H. A. R., VAN DEN HURK, B. J. J. M. Estimation of sensible heat flux of a semi-arid area using radiative temperature measurements. **Boundary-Layer Meteorology**, v. 63, p. 213-230, 1993.
- SENE, K.J. Parameterizations for energy transfers from a sparse vine crop. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 71, p. 1-18, 1994.
- TEIXEIRA, A.H. DE C., BASTIAANSEN, W.G.M., BASSOI, L. H. Crop water parameters of irrigated wine and table grapes to support water productivity analysis in Sao Francisco River basin, Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 94, p. 31-42, 2007.
- TEIXEIRA, A.H. DE C., W.G.M., BASTIAANSEN, MOURA, M. S. B., SOARES, J. M., AHMAD, M-UD-D, BOS, M. G. Energy and Water Balance Measurements for Water Productivity Analysis in Irrigated Mango Trees, Northeast Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 148, p. 1524-1537, 2008.
- TROUFLEAU, D., LHOMME, J.-P., MONTENY, B., VIDAL, A. Sensible heat flux and radiometric surface temperature over sparse sahelian vegetation: is the kB^{-1} a relevant parameter? **Journal of Hydrology**, v. 189, p. 815-838, 1997.