

EFEITO DA VELOCIDADE DO VENTO NO DESLOCAMENTO DO PLANO ZERO E NO COMPRIMENTO DA RUGOSIDADE EM CAFEZAL EM CRESCIMENTO¹

Evandro Zanini RIGHI²; Fabio Ricardo MARIN³; Luiz Roberto ANGELOCCI²; Rogério CICHOTA²; José Laércio FAVARIN⁴

INTRODUÇÃO

Para a estimativa dos fluxos turbulentos entre a vegetação e a atmosfera, é necessário determinar o valor da resistência aerodinâmica para o transporte de calor sensível, vapor d'água e CO₂. Para tanto, necessita-se de medidas do perfil vertical da velocidade do vento e da determinação do comprimento da rugosidade (z_0) e do deslocamento do plano zero (d) (OKE, 1987; PEREIRA et al., 1997). Normalmente, devido às dificuldades envolvidas na determinação dessas variáveis, utiliza-se um valor fixo, em função da altura (h) da cobertura. Porém, autores como PEREIRA et al. (1997), SHAW & PEREIRA (1982) e OKE (1987) alertam para os possíveis erros associados a essa simplificação, já que d e z_0 são função do tipo de cobertura e da velocidade do vento (u). Em coberturas descontínuas, como nos cafezais cultivados em renques, é provável que a direção do vento (D) e a altura da vegetação da entre-linha (HE) tenham influência relevante nessas variáveis. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da velocidade e da direção do vento, e da altura da vegetação da entrelinha sobre d e z_0 em cafezal semi-adensado em crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma área de 3,5ha de cafezal com idade entre 15 e 17 meses ($h \approx 0,52m$), semi-adensado, com espaçamentos entre linhas de 3,5m, orientadas aproximadamente no sentido Norte-Sul, e espaçamento entre plantas de 0,9m, em área da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP (22°53' S; 47°30' W, 546m).

Os dados foram coletados no período de 31/01 a 15/03 de 2003. A velocidade do vento foi medida com anemômetros de caneca (MET ONE O14A, Met One Instruments, Grants Pass, USA) instalados nas alturas de 0,55m (z_1), 2,31m (z_3), 3,23m (z_4), 4,15m (z_5) e 5,07m (z_6). No nível de 1,27m (z_2) foi instalado um anemômetro de canecas (034B Wind Set, Met One instruments, Grants Pass, USA). Psicrômetros ventilados (MARIN et al., 2000) foram instalados no mesmo mastro nas alturas de 0,24m, 1,04m, 1,96m, 2,88m, 3,8m e 4,72m. Na análise dos dados, utilizou-se somente os níveis z_1 a z_4 , devido a problemas com a bordadura (MUNRO & OKE, 1975), principalmente com ventos no sentido E-W e W-E. Foram considerados somente os horários entre 6:00h e 19:00h, com os dados medidos a cada 5 segundos e armazenados a cada 15 minutos por um sistema automático de aquisição de dados (CR7, Campbell Scientific, Loghan, Utah, USA).

Para a determinação de d e z_0 , utilizou-se um algoritmo computacional iterativo baseado no método

estatístico, que encontrava o menor valor da soma dos quadrados dos desvios de $\ln(z_i - d)$ contra u a partir da simulação dos valores de d . Feito isso, determinou-se o valor de z_0 e da velocidade de atrito u^* .

Para simular o efeito de diferentes valores HE , foram utilizados os dias 04/02, 05/02 e 06/02 ($HE \approx 0,15m$ de altura) e os dias 21/02, 22/02 e 23/02 ($HE \approx 0,40m$ de altura).

Para avaliação do efeito de D , considerou-se um ângulo de 60° em torno da direção de interesse (20° a 350° e 140° a 200° para o vento no sentido da direção dos renques; 50° a 110° e 230° a 290° para o vento no sentido transversal à direção dos renques). Os valores de d e z_0 foram calculados para todas as condições de atmosfera, embora o perfil logarítmico seja válido somente para condições de atmosfera neutra (CAMPBELL & NORMAN, 1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos dias utilizados, foram excluídos os dados em que houve distorção do perfil do vento, que resultaram em valores de d acima de z_1 ou mesmo negativos. Excluídos esses dados e aqueles com direção predominante diferente das faixas de interesse, sobraram 18 pontos de dados com vento predominante na direção dos renques e 124 na transversal.

Nas Figuras 1 e 2 são mostradas as relações de d e z_0 com u^* para $HE \approx 0,15m$ e $HE \approx 0,40m$, respectivamente, para as condições com vento no sentido do renque e nas Figuras 3 e 4 as mesmas relações mas com o vento incidindo transversalmente.

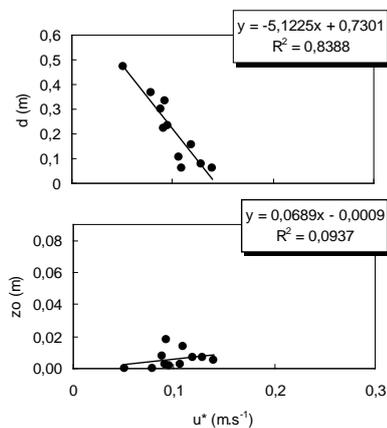


Figura 1: Relação do deslocamento do plano zero (d) e do comprimento da rugosidade da superfície (z_0) com a velocidade característica do vento (u^*). Direção do vento no sentido dos renques e HE em torno de 0,15m de altura.

Como pode ser notado pelos coeficientes angulares das equações lineares, d diminuiu com

¹ Trabalho financiado em parte pela FAPESP

² Setor de Agrometeorologia - Depto. de Ciências Exatas - ESALQ/USP - Av. Pádua Dias, 11 - CEP 13418-900 - Piracicaba, SP. ezrighi@esalq.usp.br

³ CNPM/EMBRAPA - Rua Júlio Soares de Arruda, 803 - CEP 13088-300 - Campinas-SP

⁴ Departamento de Produção Vegetal-ESALQ/USP

maior intensidade com o aumento da velocidade do vento quando este tinha a direção dos renques do cafezal. Quanto maior a velocidade do vento, mais as plantas se curvam devido ao transporte de momento para a vegetação, reduzindo a altura efetiva em que ocorre a absorção de momento (MONTEITH, 1963). Ao mesmo tempo, pode-se inferir haver diminuição da rugosidade da vegetação, com o selamento da superfície, resultando no aumento de z_0 . Essas relações não foram evidentes nos dias 04/02, 5/02 e 06/02, provavelmente pela análise de regressão ter sido realizada com poucos pares de dados e com intervalo de u^* relativamente pequeno comparado com a regressão obtida para a direção E-W.

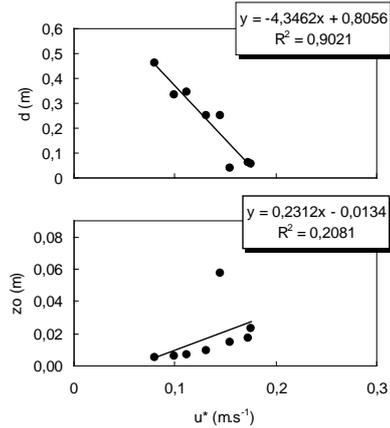


Figura 2: Relação do deslocamento do plano zero (d) e do comprimento da rugosidade da superfície (z_0) com a velocidade característica do vento (u^*), com direção do vento no sentido dos renques e HE em torno de 0,40m

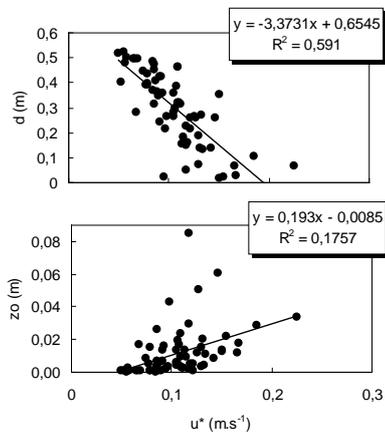


Figura 3: Relação do deslocamento do plano zero (d) e do comprimento da rugosidade da superfície (z_0) com a velocidade característica do vento (u^*), com direção do vento no sentido transversal aos renques e altura da cobertura da entre linha em torno de 0,15m de altura

As diferentes relações de d e z_0 com u^* podem ser atribuídas à ocorrência de cobertura na entrelinha da cultura, mais flexível à ação do vento. Portanto, quando o vento ocorre transversalmente à direção do renque, a maior resistência do cafeeiro ao encurvamento faz com d tenda a permanecer com seu valor máximo.

Na análise do efeito da altura da cobertura das entrelinhas, nota-se que, embora seja pequena a diferença entre as duas análises, quando a cobertura tinha poucos centímetros de altura, oferecendo menor resistência ao vento, d teve uma redução mais intensa com o aumento de u^* .

Esses resultados reforçam a idéia de que, ao se utilizar estimativas que dependam do perfil vertical do vento em coberturas descontínuas, especialmente em renques, é importante considerar D como variável em função das propriedades aerodinâmicas da cobertura. Além disso, devido a grande dependência de d e z_0 em relação à velocidade do vento e à HE (e, por conseguinte, de h), a utilização de um valor médio ou função somente de h e HE pode resultar em erros importantes no cálculo da resistência aerodinâmica e na estimativa dos fluxos de massa e energia de coberturas vegetais.

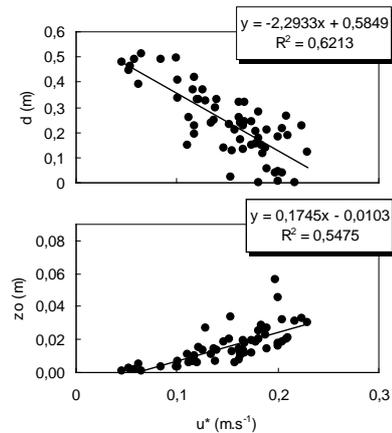


Figura 4: Relação do deslocamento do plano zero (d) e do comprimento da rugosidade da superfície (z_0) com a velocidade característica do vento (u^*), com direção do vento no sentido dos renques e altura da cobertura da entre linha em torno de 0,40m de altura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPBELL, G.S.; NORMAN, J.M. **An Introduction to Environmental Biophysics**. New York: Springer Verlag, 1998. 286p.
- MARIN, F. R.; ANGELOCCI, L. R.; COELHO FILHO et al. Construção e avaliação de psicrômetro de termopar aspirado. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, , v. 58, n.4, p.839-844. 2001.
- MONTEITH, J.L. Gas exchanges in plant communities. In: EVANS, L.T. **Environmental Control of Plant Growth**, Camberra: Academic Press, 1963. p.95-111.
- MUNRO, D. S.; OKE, T. R. Aerodynamic boundary-layer adjustment over a crop in neutral stability. **Boundary-layer meteorology**, v.9, p. 53-61. 1975.
- OKE, T. R. **Boundary layer climatology**. New York, Routledge, 1987. 435p.: il..
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.: il..
- SHAW, R.H.; PEREIRA, A. R. Aerodynamic roughness of a plant canopy: a numerical experiment. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.26, n.1, p.51-65, 1982.