

DIMINUIÇÃO DA VELOCIDADE DO VENTO COM O USO DE QUEBRA-VENTOS¹

Edgar Ricardo Schöffel², Clovis Alberto Volpe³

ABSTRACT - The objective of this work was to analyze and reevaluate the existent relationship between the relative windspeed reduction leeward with the windward windspeed, with artificial windbreaks of different porosities. The experiment was carried in Jaboticabal, São Paulo State, Brazil, with windbreaks porosities of 82%, 70%, 50% and 30%, considering only windspeeds with angle of incidence of the wind to the windbreaks above 70°. The porosity exerted great effect on the relative windspeed reduction at leeward. The windbreaks of low porosity provided larger reduction of the leeward windspeed, but that reduction also varied as a function of the distance of the windbreaks and of the magnitude of the windward windspeed.

INTRODUÇÃO

A distância da barreira na qual é efetiva a proteção de um quebra-vento depende da sua altura. Quanto maior a altura da barreira, maior será a área protegida. A velocidade mínima do vento a sotavento decresce quando a porosidade decresce, mas a magnitude do decréscimo varia com a distância do quebra-vento e com a altura acima da superfície (Mc Naughton, 1988; Volpe e Schöffel, 2001).

Características individuais da folhagem e dos ramos das árvores usadas são importantes na determinação da porosidade do quebra-vento. Assim, quebra-ventos mais porosos reduzem significativamente a velocidade do vento sem causar muita turbulência e, por isso, em comparação com os quebra-ventos menos porosos, são mais eficientes em distâncias maiores (Rosenberg, 1974; Leal, 1986).

Outro fator importante que afeta a eficácia do quebra-vento é o ângulo de incidência do vento (θ) na barreira. A proteção máxima é esperada para ventos perpendiculares ao quebra-vento ($\theta = 90^\circ$), e a proteção é nula para ventos paralelos ($\theta = 0^\circ$) (Volpe e Schöffel, 2001). Nesse sentido, Wang e Takle (1995) usaram simulações numéricas para estudar os processos físicos e dinâmicos pelos quais uma barreira de proteção influencia a direção do vento e concluíram que a alteração na direção do vento deve ser considerada, junto com a redução de velocidade, determinando os fluxos turbulentos próximos da barreira de proteção.

A redução relativa da velocidade do vento (η_1) tem sido amplamente utilizada para aferir a eficácia de quebra-ventos em reduzir a velocidade do vento. Para Wei et al. (1987) a η_1 pode variar de acordo com a velocidade do vento em área completamente aberta (μ_o), porém, existe uma η_1 limite que representa a η_1 mínima de um quebra-vento a uma distância particular, independente da μ_o . A distância efetiva de proteção de um quebra-vento pode ser, também, a distância a sotavento do quebra-vento para onde a velocidade do vento alcança uma porcentagem de μ_o , porém, essa distância depende da porosidade da barreira. Quebra-ventos com altas porosidades tendem a dar maior

distância de proteção mas, geralmente, menores η_1 (Zhang et al., 1995).

Por intermédio de medidas, a diferentes distâncias da barreira, da velocidade e da direção do vento, para dois sistemas de quebra-vento e três tipos de porosidade do quebra-vento, Zhang et al. (1995) verificaram que a redução relativa da velocidade do vento a sotavento da barreira esteve relacionada com a velocidade do vento a barlavento. Ainda, observaram a existência de uma velocidade do vento limite de aproximadamente 5 m s^{-1} abaixo da qual η_1 variou mas, geralmente, diminuiu quando a μ_o aumentou; quando μ_o foi maior do que 5 m s^{-1} a η_1 permaneceu inalterada (constante), não apresentando efeito sobre a redução relativa da velocidade do vento na zona protegida pela barreira. Destaca-se, também, que nesse trabalho a porosidade da barreira foi estimada por meio da digitalização óptica de fotografias do quebra-vento.

Sendo assim, este trabalho foi desenvolvido com a finalidade de reavaliar a relação existente entre a redução relativa da velocidade do vento (η_1) proporcionada por quebra-vento com a velocidade do vento a barlavento (μ_b) e com a porosidade do quebra-vento.

MATERIAL E MÉTODOS

A velocidade e direção do vento foram medidas em uma superfície plana, livre de obstáculos e coberta com grama (*Paspalum notatum* L.), em Jaboticabal ($21^\circ 14' 05'' \text{S}$, $48^\circ 17' 09'' \text{W}$ e altitude de 613 m), SP, durante os meses de abril a agosto de 2002.

Construiu-se uma barreira de 48,0 m de comprimento e 6,0 m de altura (H), na orientação $64^\circ - 244^\circ$, disposta perpendicularmente aos ventos predominantes do local (direção sudeste). A estrutura da barreira foi constituída por oito fustes de eucalipto nos quais foram fixadas telas de polipropileno com uniforme e conhecida abertura de malha (porosidade). Foram utilizadas quatro telas de polipropileno as quais apresentam, segundo o fabricante (Sombrite®), porosidade de 82 %, 70 %, 50 % e 30 %. Cada tela permaneceu nessa estrutura por um período de aproximadamente 30 dias.

A velocidade do vento foi medida em quatro pontos distantes a 1H e 2H do quebra-vento artificial (H=6,0 m), sendo que dois estavam situados a barlavento e os outros dois a sotavento dessa barreira.

A velocidade do vento foi medida com anemômetro de canecas modelo 014A-L34 Met-One e a direção do vento com anemômetro modelo 5703, R.M. Young.

Esses sensores meteorológicos estavam ligados a um sistema de aquisição dos dados (modelo XL21 da Campbell Scientific) programado para efetuar medição a cada segundo, e para armazenar, a cada minuto, um valor médio de cada sensor para esse intervalo de tempo.

¹ Trabalho realizado com auxílio financeiro, e bolsa de Pós-doutorado ao primeiro autor, da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

² Prof. Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), CP 354, 96010-900, Pelotas, RS, Brasil (ricardo_schoffel@ufpel.edu.br)

³ Prof. Departamento de Ciências Exatas, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista (UNESP). CEP 14884-900, Jaboticabal, SP, Brasil. (cavolpe@fcav.unesp.br)

Classificou-se a direção dos ventos considerando o ângulo de incidência (θ) em relação à barreira. Foram selecionados apenas os dados de vento com $\theta \geq 70^\circ$ (referentes aos ângulos de direção entre 134° a 174°). Além disso, foram excluídos os dados em que os registros de velocidade do vento foram inferiores a $0,5 \text{ m s}^{-1}$, com a finalidade de diminuir o erro instrumental (Zhang et al., 1995).

Os dados médios, referentes ao intervalo de um minuto, de direção e de velocidade do vento obtidos para cada porosidade (82 %, 70 %, 50 % e 30 %) do quebra-vento foram relacionados e analisados aos correspondentes valores para cada ponto de observação (1 H e 2 H).

Para obtenção dos valores médios e para a análise da variância utilizou-se o pacote estatístico STATISTICA, versão 5.0, da Statsoft. Posteriormente, a redução relativa da velocidade do vento (η_1), em %, foi calculada por:

$$\eta_1 = \frac{(\mu_b - \mu_s) 100}{\mu_b}$$

em que μ_b é a velocidade do vento a barlavento e μ_s é a velocidade do vento a sotavento do quebra-vento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando individualmente cada porosidade e cada distância em relação ao quebra-vento (QV), não foi possível estabelecer um valor constante para a redução relativa da velocidade do vento (η_1) mas, valores em torno dos quais oscila esse índice. À distância de 1H do QV com 82% de porosidade a média foi de 28 % sendo que, considerando o desvio padrão, o seu valor variou entre 38 % e 18 % para o intervalo de μ_b entre $0,5 \text{ m s}^{-1}$ e $3,5 \text{ m s}^{-1}$. Para esse mesmo intervalo de μ_b e mesma porosidade do QV, a η_1 oscilou entre 33 % e 11 % com valor médio de 22 % para a distância de 2H (Tabela 1). Dessa forma, a redução relativa da velocidade do vento foi um pouco mais efetiva a 1H do que a 2H no QV com 82 % de porosidade.

Como poderia ser esperado, confirmado pelos valores médios de η_1 , os quebra-ventos menos porosos proporcionam maior redução da velocidade do vento a sotavento, no entanto, os valores apresentados na Tabela 1 indicam que a redução na velocidade do vento a sotavento varia em resposta não apenas às alterações na porosidade e na distância do QV, mas com as variações na velocidade do vento a barlavento (μ_b).

A mudança do valor de η_1 em função da alteração da μ_b é indicada pelo índice $\Delta\eta_1$, que foi calculado pela razão entre o intervalo de variação relativa da velocidade do vento (η_1), obtida através do desvio padrão (σ) em relação ao valor médio de η_1 , e o limite máximo do intervalo de η_1 , isso tudo, dividido pela diferença entre o intervalo da velocidade do vento a barlavento (μ_b) nos quais foram realizadas as observações. Dessa forma, à distância de 1H do quebra-vento com porosidade de 50 % a $\Delta\eta_1$ foi estimada como: $\Delta\eta_1 = [(51-23)/51] / (2,8-0,5) = 0,2387$ ou 23,9 %. Nesse caso, isso significa que para cada alteração unitária, em m s^{-1} , de μ_b haverá tendência de aumento de 23,9 % no valor da η_1 .

Na análise dos dados referentes a porosidade de 70 % verifica-se que a relação entre $\Delta\eta_1$ e a distância do

QV foi próxima aquela observada para o QV com porosidade de 82 %, ou seja, $\Delta\eta_1$ foi de 16,5 % a 1H e de 16,3 % a 2H (Tabela 1). Para as porosidades de 50 % e de 30 % a $\Delta\eta_1$ foi, respectivamente, de 23,9 % e de 12,4 % a 1H e de 23,6 % e de 17,0 % a 2H do QV (Tabela 1). Esses resultados indicam que a velocidade do vento em área protegida (sotavento) não pode ser assumida como valor independente da velocidade do vento a barlavento, uma vez que η_1 pode variar com as alterações na μ_b (Tabela 1) e, portanto, não é um bom índice para avaliar a eficácia do QV.

Tabela 1. Eficácia de quebra-ventos de diferentes porosidades na redução da velocidade do vento medida em duas distâncias. Jaboticabal, SP, 2002.

Porosidade (%)	Distância (H)	η_1 (%)	σ_{η_1}	μ_b (m s^{-1})	$\Delta\eta_1$ (%)
82	1	28	10	0,5 - 3,5	17,5
	2	22	11	0,5 - 3,5	22,2
70	1	33	15	0,5 - 4,3	16,5
	2	29	13	0,5 - 4,3	16,3
50	1	37	14	0,5 - 2,8	23,9
	2	35	13	0,5 - 2,8	23,6
30	1	48	11	0,5 - 3,5	12,4
	2	38	13	0,5 - 3,5	17,0

* (η_1) redução relativa da velocidade do vento; (σ_{η_1}) desvio padrão de η_1 ; (μ_b) velocidade do vento a barlavento do quebra-vento; ($\Delta\eta_1$) mudança na redução relativa da velocidade do vento; (H) equivalente a altura do quebra-vento.

REFERÊNCIAS

- Leal, A.C. Quebra-ventos arbóreos: aspectos fundamentais de uma técnica altamente promissora. Curitiba: IAPAR, 1986. (Informe da pesquisa, n. 67).
- Mc Naughton, K.G. Effects of windbreaks on turbulent transport and microclimate. In: Brandle, J.R.; Hintz, D.L.; Sturrock, J.W. Windbreaks Technology, Amsterdam: Elsevier, 1988. p. 17-39.
- Rosenberg, N.J. Microclimate: the biological environment. New York: John Wiley and sons, 1974. 315 p.
- Volpe, C.A.; Schöffel, E.R. Quebra-vento. In: RUGGIERO, C. Banicultura. Jaboticabal: FUNEP, 2001 p.217-232.
- Wang, H.; Takle, E.S. Numerical simulations of shelterbelt effects on wind direction. Journal of Applied Meteorology, Boston, v.34, n. 10, p. 2206-2219, 1995.
- Wei, L.; Jiang, A.; Zhang, Y. On the effective protecting distance of shelterbelts. Kexue Tongbao, Oxford, v. 32, n. 9, p.605-609, 1987.
- Zhang, H.; Brandle, J.R.; Meyer, G.E.; Hodges, L. A model to evaluate protection efficiency. Agroforestry Systems, Dordrecht, v.32, n.3, p. 297-311, 1995.