

# MODELOS EMPÍRICOS PARA ESTIMATIVA DA DURAÇÃO DO MOLHAMENTO FOLIAR EM POMARES DE MACIEIRA EM VACARIA-RS

VIVIANE AIRES DE PAULA<sup>1</sup>, LEOSANE C. BOSCO<sup>2</sup>, LOANA S. CARDOSO<sup>2</sup>, HOMERO BERGAMASCHI<sup>3</sup>, EMERSON M. DEL PONTE<sup>4</sup>, FRANCISCO A. MARODIN<sup>5</sup>, PEDRO C. BRAUNER<sup>5</sup>, VANESSA R. DOS SANTOS<sup>5</sup>, ROSA MARIA V. SANHUESA<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Eng. Agr<sup>a</sup>., doutoranda PPG Fitotecnia/UFRGS, P. Alegre - RS, vivianeap@yahoo.com.br. <sup>2</sup> Eng. Agr<sup>a</sup>., doutoranda PPG Fitotecnia/UFRGS, <sup>3</sup> Eng. Agr<sup>o</sup>., Dr., Prof. Dep. Plantas Forrageiras e Agrometeorologia/UFRGS, bolsista CNPq, <sup>4</sup> Eng. Agr<sup>o</sup>., Dr., Prof. Dep. Fitossanidade/UFRGS, <sup>5</sup> Acadêmico de Agronomia/UFRGS, Bolsista Iniciação Científica CNPq, <sup>6</sup> Eng. Agr<sup>o</sup>., Dra., Pesquisadora Empresa PróTerra, Vacaria - RS.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, ES

**RESUMO:** A duração do período de molhamento foliar (DPM) é um importante parâmetro em estimativas de risco de doenças em macieira, especialmente a sarna. No entanto, esta variável não é frequentemente mensurada. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de modelos simples para estimativa da DPM em pomares de macieira em Vacaria, RS. O trabalho foi desenvolvido em pomar comercial, de outubro de 2009 a março de 2010, com a cultivar 'Royal Gala'. Através de sistemas automáticos de aquisição de dados (*datalogger*) foram feitas medições contínuas de DPM no pomar e, em nível de mesoescala, monitorou-se umidade relativa e temperatura do ar e DPM sobre o gramado. A estimativa de DPM no pomar foi obtida através da relação com a DPM medida sobre gramado e, também, estimada por modelos, a partir do número de horas por dia em que: os valores de UR foram iguais ou acima de 85 %, 87 %, 90 % e 92 %; a depressão do ponto de orvalho (DPO) foi igual ou inferior a 1 °C, 1,4 °C, 1,7 °C e 2 °C; o déficit de pressão de vapor (DPV) teve valores iguais ou inferiores a 1,9 hPa, 2,4 hPa, 2,7 hPa e 3,1 hPa. A duração do período de molhamento sobre o gramado apresenta uma boa relação com a medida desta variável em pomares de macieiras. O modelo que considera umidade relativa igual ou superior a 90% proporciona a melhor estimativa da duração do molhamento foliar em pomares de macieiras. **PALAVRAS-CHAVE:** *Malus domestica*, microclima, molhamento foliar.

## EMPIRICAL MODELS FOR ESTIMATING DURATION OF LEAF WETNESS IN APPLE ORCHARDS IN VACARIA, BRAZIL

**ABSTRACT:** The duration of leaf wetness (LWD) is an important parameter in estimates of risk of diseases in apples, especially apple scab. However, this variable is often not measured. The objective of this study was to evaluate the performance of simple models in estimating LWD in apple orchards, in Vacaria, Brazil. The study was conducted in a commercial orchard of 'Royal Gala' apple cultivar, from October 2009 to March 2010. Through an automatic system data acquisition (*datalogger*) were made continuous measurements of LWD into the orchard, while the air relative humidity and temperature, as well as LWD were monitored over turfgrass, in a mesoscale level. Estimative of DMF in the orchard was obtained through the relationship with LWD measured over grass or estimated by models, from the number of hours per day: RH values were equal or above to 85%, 87%, 90%, and 92%; the dew point

depression (DPO) was equal or below to 1°C, 1.4 °C, 1.7 °C, and 2; the vapor pressure deficit (VPD) was equal or below to 1.9 hPa, 2.4 hPa, 2.7 hPa, and 3.1 hPa. The duration of wetness into the orchard was in high agreement to values measured over grass. Models that consider the relative humidity equal or above to 90% provided the best estimations of duration of leaf wetness in apple orchards.

**KEYWORDS:** *Malus domestica*, microclimate, leaf wetness.

**INTRODUÇÃO:** A duração do molhamento foliar (DPM), provocada por orvalho, neblina, chuva ou irrigação, e a temperatura do ar são variáveis usualmente utilizadas como entrada em modelos usados em sistemas de alerta de risco de doenças (HUBER e GILLESPIE, 1992). Dentre esses, tem destaque os modelos de risco de infecção por *Venturia inaequalis*, agente causal da sarna, que é um dos fatores limitantes na cultura da macieira, que tem grande importância econômica no Sul do Brasil. A temperatura é facilmente monitorada, mas DPM é de difícil medição ou estimativa, pois não se relaciona apenas às variáveis atmosféricas, mas também às propriedades ópticas da superfície e ao microclima (MADEIRA *et al.*, 2002). O microclima de uma cultura é influenciado por fatores como área foliar, arquitetura e arranjo das plantas, dentre outros (SENTELHAS, 2004). Estudos da DPM em diferentes culturas são importantes não somente para o aprimoramento de medições, mas também para sua estimativa. A estimativa de DPM se torna uma alternativa quando não se dispõe de medidas, pois não há sensores de DPM na maioria das estações meteorológicas da rede de superfície, assim como nos cultivos agrícolas. A estimativa pode ser baseada tanto em modelos empíricos (GLEASON *et al.*, 1994) como em modelos mais complexos (SENTELHAS *et al.*, 2006). Os modelos empíricos utilizam variáveis meteorológicas (isoladas ou em modelos simples) para estimar DPM. Os dados de DPM obtidos em cultivos também podem ser relacionados empiricamente com a DPM obtida sobre gramado, em posto meteorológico (SANTOS, 2006). Isto representa uma vantagem operacional, pois a medição da DPM em cultivos comerciais pode ser trabalhosa e de custo considerável para o produtor. Para a macieira não existem trabalhos de estimativa da DPM para as condições climáticas e de cultivo no Rio Grande do Sul e, nem sempre, esta variável é monitorada em pomares comerciais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de modelos e relações simples na estimativa da DPM em pomares de macieira em Vacaria, Rio Grande do Sul.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O trabalho foi desenvolvido em pomar comercial de macieira com 10 anos, no Município de Vacaria, RS (930 m altit., 28°22'S e 50°50'W) de outubro de 2009 a março de 2010. O clima da região é Cfb (classificação de Köppen). Utilizou-se a cultivar 'Royal Gala', sobre porta-enxerto M9, em espaçamentos de 1,0 x 3,5 m, com fileiras direcionadas em norte-sul, e condução em líder central com apoio. A duração do período de molhamento foliar (DPM) foi medida na porção inferior do dossel de macieiras, através de sensores instalados com inclinação de 45° e voltados para o sul. Foram utilizados dois tipos de sensores: o modelo 237-L (Campbell) e sensores com placa de PVC recentemente desenvolvidos pela Epagri (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina), aqui denominados Placas de Molhamento Foliar da Epagri (PMFE). Todos os sensores foram previamente testados e calibrados. Os mesmos foram conectados a sistemas automáticos de aquisição de dados (*dataloggers* Campbell CR21X), com leituras a cada 30s e médias armazenadas a cada 30min. Junto ao experimento, instalou-se uma estação meteorológica automática para medições meteorológicas em nível de mesoescala. Nesta, além de outros sensores, instalou-se um psicrômetro de par termoelétrico e sensores de molhamento foliar para monitorar DPM sobre gramado. Medidas de DPM sobre o gramado foram obtidas por quatro sensores (modelos 237-L e PMFE) a 30 cm acima do solo, voltados

para o sul, com inclinação de 45°, distanciados em 25 cm, segundo critérios estabelecidos por SENTELHAS (2004) e SANTOS (2006). Com dados dos psicrômetros calculou-se a umidade relativa (UR), o déficit de saturação do ar (DPV), a temperatura do ponto de orvalho e a depressão do ponto de orvalho (DPO - diferença entre temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho). Para estimar DPM ( $\text{h dia}^{-1}$ ) o valor real (DPM observada) foi medido no terço inferior do dossel, por ser o local de maior DPM, de acordo com PAULA *et al.* (2010). A estimativa de DPM em pomares foi obtida por modelos empíricos e, também, através da relação entre a medida de DPM no pomar e a DPM obtida sobre gramado. Nesses modelos foram utilizados dados obtidos na estação base, adaptando-se limiares de teste. DPM foi estimada a partir do número de horas por dia (NH) com UR iguais ou superior a 85% (NHUR>85), 87% (NHUR>87), 90% (NHUR>90) e 92% (NHUR>92); do número de horas por dia em que DPO foi igual ou inferior a 1°C (DPO<1), 1,4°C (DPO<1,4), 1,7°C (DPO<1,7) e 2°C (DPO<2); e do número de horas por dia em que DPV teve valores menores ou iguais a 1,9 hPa (DPV<1,9), 2,4 hPa (DPV<2,4), 2,7 hPa (DPV<2,7) e 3,1 hPa (DPV<3,1). O desempenho das estimativas de DMF foi avaliado através do coeficiente de correlação ( $r$ ), do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e do índice de concordância de Willmot (D). Os modelos de estimativa de DMF também foram avaliados pelo erro absoluto médio (EAM) e pelo índice de confiabilidade (C), segundo critérios propostos por Camargo & Sentelhas (1997), conforme seguintes intervalos de valores para C: Péssimo quando  $\leq 0,40$ ; Mau de 0,41 a 0,50; Sofrível entre 0,51 e 0,60; Mediano entre 0,61 e 0,65; Bom entre 0,66 e 0,75; Muito bom entre 0,76 e 0,85; Ótimo quando maior que 0,85.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A correlação ( $r$ ) entre DPM medida sobre gramado e aquela medida no terço inferior do dossel de macieiras foi 0,9. A DPM medida sobre gramado foi, em média 0,1h maior que no terço inferior do dossel. Houve precisão entre as medidas sobre gramado e as aquelas do terço inferior do dossel de macieiras, com  $R^2$  de 0,78 (Figura 1). A acurácia foi elevada entre DMF na base do dossel de macieiras e DPM sobre gramado, com índice de confiabilidade (D) de 0,96. Analisando precisão e acurácia conjuntamente, medidas de DPM sobre gramado proporcionaram estimativa muito boa desta variável em macieiras, com índice de confiabilidade (C) igual a 0,84. A forma de condução dos pomares de macieira em estudo não forma copas fechadas, similares a espaldeiras em videiras, assim, a modificação no microclima dos pomares pode ser atenuada favorecendo uma boa relação entre DPM obtida no pomar e medidas obtidas sobre o gramado. Analisando precisão ( $R^2$ ), acurácia (D) e erros absolutos médios (EAM) dos modelos de estimativa de DPM tem-se que: entre os que consideram a umidade relativa as melhores estimativas foram para NHUR>87 e NHUR>90; dentre os modelos de DPO as melhores estimativas foram obtidas com DPO<1,4 e DPO<1,7; para os que envolvem o déficit de saturação as melhores estimativas foram para DPV<1,9 e DPV<2,4 (Tabela 1). Para os modelos de estimativa de DPM em pomares de macieira a relação entre precisão e acurácia (C) variou entre bom, muito bom e ótimo, com exceção dos modelos DPO<1, DPO<2 e DPV<3,1 (Tabela 1), que apresentaram os menores valores de C. Para todos modelos os índices estatísticos e os EAM foram similares quando se considerou todo período e somente dias sem precipitação (Tabela 1). Dentre os modelos de estimativa de DMF em macieiras o melhor desempenho foi daqueles que levam em consideração a duração da umidade relativa do ar superior a um determinado limiar. Para todo o período a melhor estimativa se deu com modelo NHUR>90 e, considerando somente dias sem precipitação, a melhor estimativa foi tanto pelo modelo NHUR>87, como pelo modelo NHUR>90. Desta forma, o modelo NHUR>90 pode ser indicado como melhor modelo de estimativa em qualquer condição.

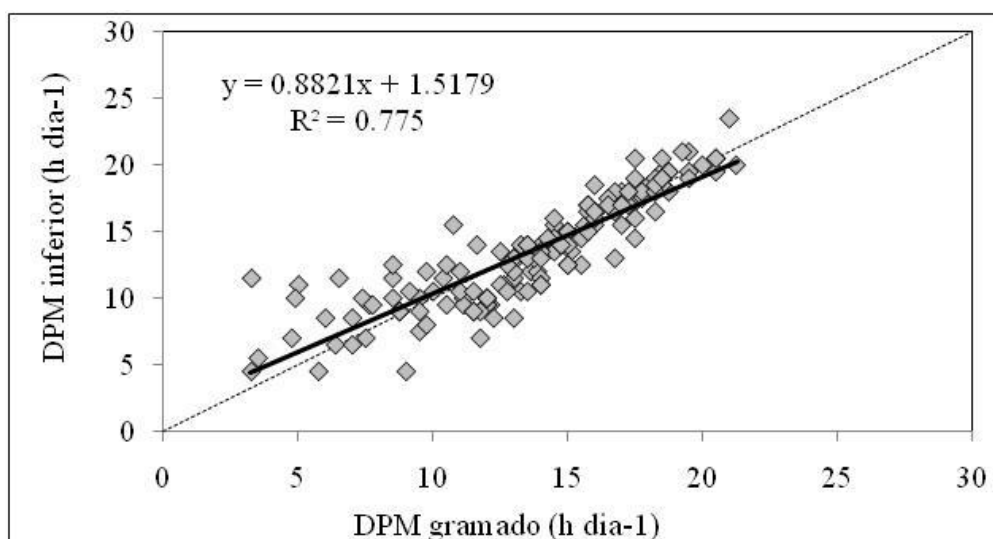


Figura 1. Relação entre a duração do período de molhamento medida sobre gramado (DPM) e a duração do período de molhamento foliar (DMF) medida no terço inferior do dossel de macieiras (Vacaria, RS).

Tabela 1. Coeficientes de correlação (R) e determinação ( $R^2$ ), índice de concordância de Willmot (D), coeficiente de confiabilidade (C) e erros absolutos médios (EAM) para estimativas da duração do período de molhamento foliar em pomares de macieira através de modelos empíricos que utilizam umidade relativa do ar (NHUR), depressão do ponto de orvalho (DPO) e déficit de pressão de vapor (DPV) medidos em estação meteorológica. Vacaria, RS.

Modelos	Todo período					Dias sem precipitação				
	r	D	C	$R^2$	EAM (h)	r	D	C	$R^2$	EAM (h)
NHUR>85	0,87	0,89	0,78	0,76	2,1	0,88	0,88	0,77	0,77	2,1
NHUR>87	0,90	0,94	0,84	0,81	1,5	0,91	0,94	0,86	0,83	1,4
NHUR>90	0,91	0,94	0,86	0,83	1,4	0,91	0,94	0,85	0,82	1,5
NHUR>92	0,90	0,88	0,79	0,81	2,4	0,89	0,87	0,78	0,80	2,7
DPO<1	0,83	0,83	0,69	0,69	2,5	0,84	0,82	0,69	0,71	2,8
DPO<1,4	0,89	0,94	0,83	0,79	1,5	0,90	0,94	0,84	0,80	1,4
DPO<1,7	0,86	0,91	0,79	0,74	1,8	0,88	0,92	0,81	0,77	1,6
DPO<2	0,85	0,88	0,75	0,73	2,1	0,86	0,87	0,75	0,74	2,2
DPV<1,9	0,85	0,90	0,77	0,72	1,7	0,85	0,90	0,77	0,73	1,7
DPV<2,4	0,85	0,90	0,77	0,72	1,7	0,87	0,89	0,74	0,70	1,8
DPV<2,7	0,85	0,89	0,76	0,73	1,8	0,86	0,87	0,72	0,69	2
DPV<3,1	0,84	0,87	0,73	0,71	2,1	0,84	0,84	0,68	0,67	2,3

**CONCLUSÃO:** A duração do período de molhamento sobre gramado apresenta elevada relação com aquela medida no terço inferior do dossel de pomares de macieiras. O modelo que utiliza umidade relativa do ar igual ou superior a 90% proporciona melhor estimativa da duração do molhamento foliar em pomares de macieiras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARGO, A.P., SENTELHAS, P.C., Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial, no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.1, p. 89-97, 1997.

Gleason, M.L.; Taylor, S.E.; Loughin, T.M.; Koehler, K.J. **Development and validation of an empirical model to estimate the duration of dew periods**. *Plant Disease*, v.78, p. 1011 – 1016, 1994.

HUBER, L., AND GILLESPIE, T. J. Modeling leaf wetness in relation to plant disease epidemiology. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 30, p. 553-577, 1992.

MADEIRA, A.C.; KIM, K.S.; TAYLOR, S.E.; GLEASON, M.L. A simple coupled-based energy balance model to estimate dew. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 111, p. 55-63, 2002.

PAULA, V.A.de, BERGAMASCHI, H., BOSCO, L.C., CARDOSO, L.S., BRAUNER, P.C., CASAMALI, B., SANTOS, V.R.S., MARODIN, F.A., DEL PONTE, E.M.. Duração do molhamento foliar em pomares de macieiras no Sul do Brasil. In: **XIII Reunión Argentina y VI Latinoamericana de Agrometeorología**, Bahía Blanca, 2010.

SANTOS, E.A. **Duração do período de molhamento foliar: medida com sensores eletrônicos, variabilidade espacial em culturas e estimativa com modelos empíricos**. Dissertação (mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, p. 56, 2006.

SENTELHAS, P.C. **Duração do período de molhamento foliar: aspectos operacionais de sua medida, variabilidade espacial em diferentes culturas e sua estimativa a partir do modelo de Penman-Monteith**. 2004. 161 p. Tese (Livre-Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

Sentelhas, P.C.; Gillespie, T.J.; Gleason, M.L.; Monteiro, J.E.B.M.; Pezzopane, J.R.M.; Pedro, M.J. **Evaluation of a Penman–Monteith approach to provide “reference” and crop canopy leaf wetness duration estimates**. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 141, p. 105 – 117, 2006.