

CALIBRAÇÃO DO MÉTODO DA DEPRESSÃO DO PONTO DE ORVALHO (DPO) PARA A ESTIMATIVA DA DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO EM DIFERENTES REGIÕES BRASILEIRAS

VERONA O. MONTONE¹, PAULO C. SENTELHAS²

¹ Eng. Agrônoma, mestranda no Depto. de Agricultural and Biological Engineering, University of Florida, Flórida-USA;

² Eng. Agrônomo, Prof. Associado, Depto. de Eng. de Biosistemas, ESALQ-USP, Piracicaba - SP,

Fone: (19-34294283- ramal 225), pcsentel@esalq.usp.br

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

RESUMO: Um dos principais desafios da agricultura sustentável está relacionado ao uso racional dos insumos. Os sistemas de alerta-fitosanitário são uma das ferramentas que podem auxiliar na otimização da aplicação de fungicidas, sendo a duração do período de molhamento (DPM) uma das variáveis de entrada mais requeridas para sua utilização. Entretanto, a DPM não é normalmente mensurada mesmo nas estações meteorológicas automáticas. Com isso, uma das alternativas para sua obtenção seria por meio de sua estimativa. O modelo que tem apresentado resultados mais satisfatórios é o modelo físico de Penman-Monteith (P-M). Porém, seu uso é restringido pela complexidade de suas variáveis, geralmente de difícil obtenção. Por sua vez, os modelos empíricos requerem variáveis normalmente disponíveis para sua aplicação, mas podem necessitar de calibração para terem um bom desempenho. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi comparar o efeito da calibração no desempenho do modelo empírico de estimativa da DPM da depressão do ponto de orvalho (DPO) para diferentes regiões climáticas brasileiras. Observou-se que, de acordo com a região, o modelo apresenta resultados satisfatórios mesmo sem a calibração, como observado nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul. Porém, há casos em que a calibração se faz necessária, como na região Norte.

PALAVRAS-CHAVE: SISTEMA DE ALERTA-FITOSSANITÁRIO, DOENÇAS FÚNGICAS, TEMPERATURA DO PONTO DE ORVALHO.

CALIBRATION OF DEW POINT DEPRESSION (DPD) MODEL FOR ESTIMATING LEAF WETNESS DURATION IN DIFFERENT BRAZILIAN REGIONS

ABSTRACT: One of the main challenges in sustainable agriculture is to have a rational use of inputs. Disease-warning systems are tools that can optimize fungicide application and leaf wetness duration (LWD) is a variable often required for their use. However, LWD is not commonly measured in weather stations. So, one of the alternatives is to estimate the LWD through modeling. The model which has been showing satisfactory results is the physical model Penman-Monteith (P-M). However, it requires complex input variables, which are not commonly available. On the other hand, empirical models need variables that are easier to be obtained, but they have to be calibrated to improve your performance under certain conditions. Thus, the aim of this study was to compare the differences in the performance of the empirical model dew point depression (DPD) when this model had no calibration and after calibration according to the climatic region. The study showed that depending on the region, the model can work well even without calibration, such as for the Northeast, Southeast and South regions. However, to the North region of Brazil, the model had a great improvement on its performance after the calibration.

KEYWORDS: DISEASE WARNING-SYSTEM, FUNGAL DISEASES, DEW POINT TEMPERATURE.

INTRODUÇÃO: Um dos principais desafios da agricultura é a racionalização do uso de insumos. Os sistemas de alerta fitossanitário são uma das ferramentas que contribuem para o uso racional de fungicidas. Para sua utilização, as duas principais variáveis necessárias são a temperatura do ar, a qual influencia as fases do desenvolvimento das doenças, e a duração do período de molhamento (DPM), a qual exerce papel fundamental nos processos de infecção (germinação e penetração) e de liberação de esporos (GILLESPIE & SENTELHAS, 2008). Enquanto a temperatura é facilmente obtida, a DPM não é normalmente mensurada mesmo em estações meteorológicas automáticas, fazendo com que a sua estimativa por meio do uso de modelos seja a alternativa para sua obtenção. Em relação aos modelos de estimativa da DPM, aquele proposto por Penman-Monteith, baseado no balanço de energia, tem apresentado resultados bastante satisfatórios (SENTELHAS et al., 2006), porém tem como limitação a maior complexidade de suas variáveis de entrada, como o saldo de radiação e a velocidade do vento. Uma das alternativas para regiões em que essas variáveis não estão disponíveis é o uso de modelos empíricos, sendo um deles o modelo da depressão do ponto de orvalho (DPO). Apesar da maior facilidade de obtenção dos dados no uso desses modelos, eles muitas vezes podem requer calibração local para seu melhor desempenho. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi comparar o desempenho do modelo de estimativa da DPM pelo DPO antes e após sua calibração em diferentes regiões brasileiras.

MATERIAL E MÉTODOS: A estimativa da duração do período de molhamento (DPM) por meio da depressão do ponto de orvalho (DPO) se baseia na diferença entre a temperatura do ar (T) e a temperatura do ponto de orvalho (To). A To é determinada em função da pressão parcial de vapor (ea), pela seguinte expressão:

$$T_o = \frac{(273,3 \times \log ea / 0,611)}{(7,5 - \log ea / 0,611)}$$

A DPM é estimada como sendo o intervalo de tempo em que a depressão do ponto de orvalho (DPO) permanece entre dois limites específicos. O critério considerado foi 2,0 °C para a deposição do orvalho e 3,8 °C para o seu secamento (Gillespie et al., 1993).

Para se obter um valor de referência para a DPM, foi utilizado o modelo físico de Penman-Monteith (SENTELHAS et al., 2006), baseado no fluxo de calor latente (LE) para uma folha artificial, estimado para cada intervalo de tempo por meio da equação:

$$LE = - \frac{\left\{ sRn + \left[\frac{1200(e_s - e_a)}{(ra + rb)} \right] \right\}}{(s + \gamma^*)}$$

em que: s é a tangente à curva de pressão de saturação de vapor, e_{sTa} a pressão de saturação de vapor à temperatura do ar medida na estação meteorológica, ea a pressão atual de vapor, γ^* a constante psicrométrica modificada ($= \gamma rv / rH$), assumida como sendo 0,64 para período com orvalho ($rv = rH$, os dois lados da folha com molhamento), e 1,28 para períodos com chuva ($rv = 2 rH$, apenas um lado da folha com molhamento), e rb a resistência da camada limite para o transporte de calor e ra a resistência aerodinâmica, calculada em função da velocidade do vento.

Por fim, para a estimativa do saldo de radiação (Rn) foi utilizado o seguinte modelo (MONTONE & SENTELHAS, 2010):

$$Rn = 18,7361 + 0,9418 \left[5,67 \times 10^{-8} (273 + T)^4 \right] - 0,2652 (0,77 \times Qg) + 24,2856 \times e_a$$

em que: Rn é o saldo horário de radiação ($W.m^{-2}$); T a temperatura média horária do ar (°C); Qg a irradiância solar global média horária ($W.m^{-2}$); ea a pressão parcial de vapor, sendo:

$$ea = \frac{UR}{100} \times e_s$$

$$e_s = 0,611 \times 10^{\frac{(7,5 \times T)}{(273,3 + T)}}$$

em que: UR é umidade relativa média horária (%); e_s é a pressão de saturação de vapor média horária (kPa).

Foram utilizados dados meteorológicos provenientes das estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) das seguintes localidades: Região Centro-Oeste – Águas Emendadas (DF), Carlinda (MT), Catalão (GO), Juti (MS); Região Nordeste / clima seco – Acarau (CE), Cabaceiras (PB), Mossoró (RN), Paranaíba (PI); Região Nordeste – Arapiraca (AL), Chapadinha (MA), Garanhuns (PE), Itabaianinha (SE), Serrinha (BA); Região Norte – Presidente Figueiredo (AM), Salinópolis (PA), Tartarugalzinho (AP); Região Sudeste – Águas Vermelhas (MG), Nova Venêcia (ES), Rancharia (SP), Resende (RJ); Região Sul – Clevelândia (PR), São Miguel do Oeste (SC), São Gabriel (RS). O período considerado foi de janeiro a dezembro de 2010. Apenas a Região Nordeste apresentou clima úmido-seco, considerando-se uma precipitação anual abaixo de 1000 mm para o clima ser classificado como seco. As demais regiões foram classificadas como clima úmido. O período considerado foi de janeiro a dezembro de 2010. Os dados dos vinte primeiros dias de cada mês foram utilizados para observar o desempenho do modelo sem calibração, sendo os dez últimos utilizados para se fazer o teste de melhoria da estimativa da DPM após a calibração para cada região.

Para a comparação do desempenho do modelo do $NHUR \geq 90\%$ antes e após a calibração, foram analisados os índices estatísticos: índice de concordância de Willmott (D) (WILLMOTT et al., 1985), o coeficiente de determinação (R^2), o coeficiente de confiança (c) proposto por Camargo & Sentelhas (1997), o erro médio (EM), o erro absoluto médio (EAM) e o erro máximo (EMAX).

RESULTADOS E DISCUSSÕES: O processo de calibração do modelo da DPO para cada região resultou em valores específicos para serem considerados para o início e o fim do molhamento (Tabela 1). Ao se comparar os valores do início e do fim do molhamento para cada região com o padrão de 2,0 °C e 3,8 °C, nota-se que nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul ambos os valores aumentaram, enquanto nas demais regiões houve um decréscimo desses valores. Apesar dessa variação nos limites, mesmo antes da calibração o modelo demonstrou bons resultados, com R^2 variando de 0,58 (Norte) a 0,78 (Sul) (Figura 1g e k). Após a calibração, o R^2 ficou entre 0,63 (Sudeste) e 0,85 (Norte) (Figura 1j e h). Além disso, a partir da Figura 1, também é possível de ser observar que antes da calibração, a região Centro-Oeste tendeu a subestimar a DPM, ao passo que nas regiões Nordeste, clima seco e úmido, e Norte, houve tendência de superestimativa. Tais tendências foram amenizadas após a calibração, resultando numa maior proximidade da linha de tendência de cada região com a linha 1:1. Na Tabela 2, são apresentados os índices estatísticos, sendo observadas grandes melhorias após a calibração. Inicialmente, o erro médio (EM) oscilava entre -2,7 h (Centro-Oeste) e 2,4 h (Norte) antes da calibração, decrescendo para a faixa de 0,0 h (Centro-Oeste) a 0,9 h (Norte) após a calibração. Além disso, o erro absoluto médio (EAM) apresentou valores menores de 2 h após a calibração para todas as regiões, exceto na região Centro-Oeste, indicando bom desempenho do modelo. Por fim, a partir do índice de confiança “c”, nota-se que houve um melhor desempenho após a calibração, enfatizando-se a região Norte, a qual teve o índice “c” passando de 0,67 (bom) para 0,89 (ótimo). Em relação às demais regiões, antes da calibração o índice “c” variou de 0,65 (mediano – Centro-Oeste) a 0,82 (muito bom – Sul), passando após a calibração a oscilar entre 0,70 (bom – Sudeste) a 0,84 (muito bom – Sul).

Tabela 1: Caracterização climática e valores calibrados dos limites da DPO nas diferentes regiões do Brasil.

Região	Clima	Calibração (°C)	
		início	fim
Centro-Oeste	Úmido	4,7	4,2
Nordeste	Seco	1,9	2,6
Nordeste	Úmido	1,9	2,1
Norte	Úmido	1,7	2,3
Sudeste	Úmido	3,4	3,5
Sul	Úmido	3,2	3,1

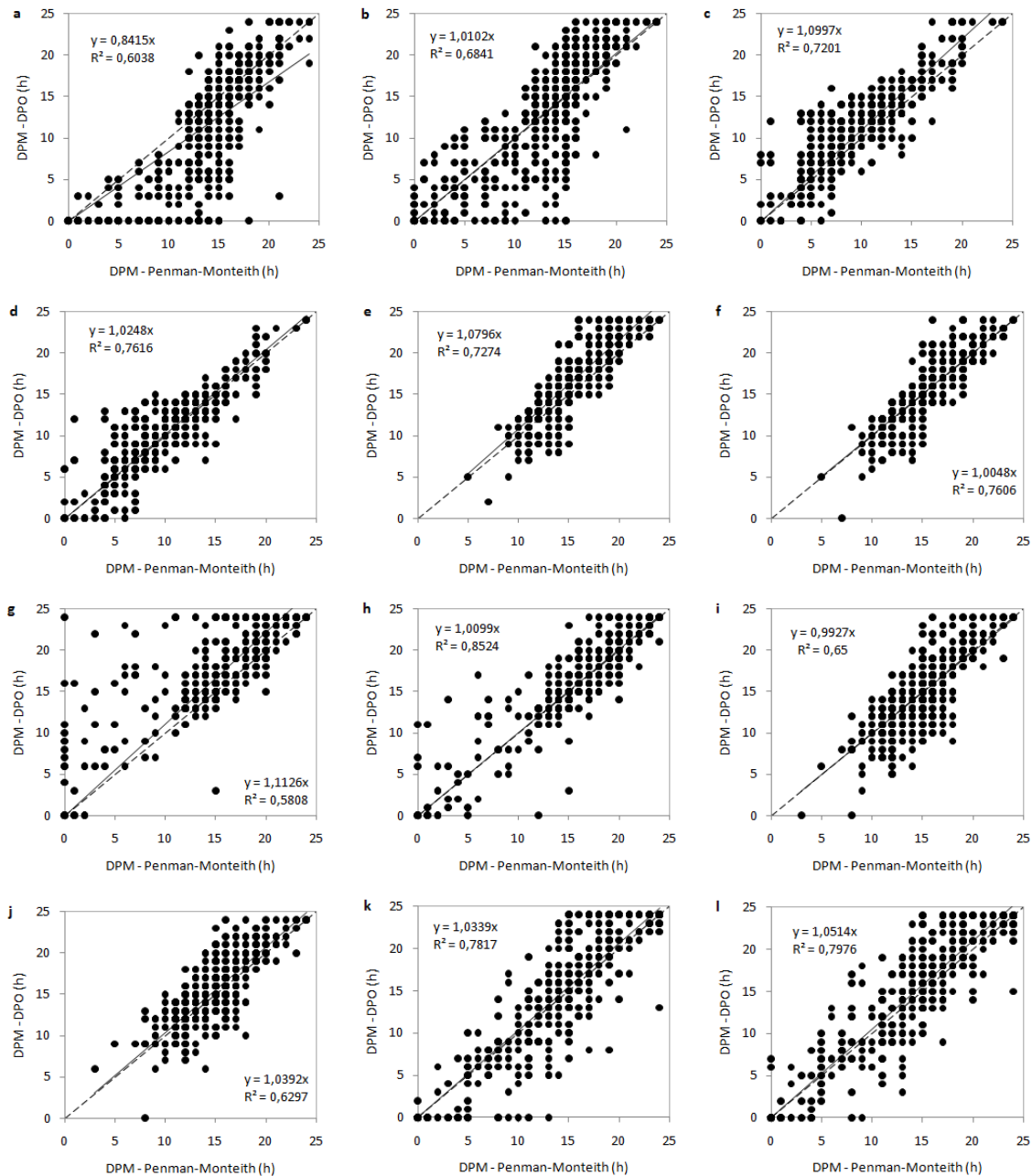


Figura 1: Relação entre a DPM diária obtida pelo método de Penman-Monteith e pelo modelo a depressão do ponto de orvalho (DPO) antes e após a calibração, respectivamente, para as regiões Centro-Oeste (a,b), Nordeste / clima seco (c, d), Nordeste (e, f), Norte (g, h), Sudeste (i, j) e Sul (k, l).

Tabela 2: Índices estatísticos: coeficiente de determinação (R^2), de correlação (R), índice de concordância (D), de confiança (c), erro médio (EM), erro absoluto médio (EAM) e erro máximo (EMAX) em horas (h) comparando o modelo da DPO com o método de Penman-Monteith antes e após a calibração do modelo da depressão do ponto de orvalho (DPO) para as regiões Centro-Oeste, Nordeste clima seco (S), Nordeste clima úmido (Ú), Norte, Sudeste e Sul.

Índices	Centro-Oeste		Nordeste (S)		Nordeste (Ú)		Norte		Sudeste		Sul	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
R^2	0,60	0,68	0,72	0,76	0,73	0,76	0,58	0,85	0,65	0,63	0,78	0,80
R	0,78	0,83	0,85	0,87	0,85	0,87	0,76	0,92	0,81	0,79	0,88	0,89
D	0,84	0,89	0,91	0,93	0,90	0,93	0,88	0,96	0,88	0,88	0,93	0,94
c	0,65	0,74	0,77	0,82	0,76	0,81	0,67	0,89	0,71	0,70	0,82	0,84
EM (h)	-2,7	0,0	1,3	0,5	1,2	0,1	2,4	0,3	-0,1	0,6	0,4	0,9
EAM (h)	3,6	2,9	2,0	1,5	1,8	1,2	2,9	1,6	1,7	1,7	2,5	2,3
EMAX(h)	18,0	15,0	11,0	11,0	9,0	8,0	24,0	12,0	9,0	8,0	13,0	10,0

CONCLUSÃO: A partir deste estudo, pode-se concluir que o modelo empírico do DPO apresenta elevado potencial para a estimativa da DPM nas regiões de estudo quando calibrado, apresentando erro absoluto médio menor do que 2 horas para todas as regiões, exceto nas regiões Centro-Oeste e Sul, onde os valores de EAM foram iguais a 2,9 e 2,3 h, respectivamente. Assim, esse modelo pode ser empregado quando há a limitação de dados meteorológicos mais complexos para a utilização de modelos físicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Camargo, A.P.; Sentelhas, P.C. **Avaliação de modelos para a estimativa da evapotranspiração potencial mensal, em base diária para Campinas e Ribeirão Preto, SP.** In: IX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Resumos. Campina Grande, 1995. p. 415 - 417.
- Gillespie, T. J., Srivastava, B., & Pitblado, R. E. . **Using operational weather data to schedule fungicide sprays on tomatoes in Southern Ontario.** J App Meteorol, 32: 567-573, 1993.
- Gillespie, T. J., Sentelhas, P. C. **Agrometeorology and plant disease management - a happy marriage.** Scientia Agricola, v. 65, special issue, p. 71-75, 2008.
- Montone, V.O. ; Sentelhas, P. C. **Modelos de estimativa do saldo horário de radiação (Rn) para Piracicaba, SP.** In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2010, Belém. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Rio de Janeiro : Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2010. v. 1.
- Sentelhas, P. C., Gillespie, T. J., Gleason, M. L., Monteiro, J. E., Pezzopane, J. R., & Pedro Júnior, M. J. . **Evaluation of a Penman-Monteith approach to provide reference and crop canopy leaf wetness duration estimates.** Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam, v. 141, n. 2-4, p. 105-117, 2006.
- Willmott, C.J. **On the validation of models.** Physical Geography, v.2, p. 1984 – 194. 1981.