

ESTIMATIVA DA DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO PARA O TRIGO¹

ESTIMATING DEW DURATION IN WHEAT

Paulo Cesar Sentelhas², Mário José Pedro Júnior³ e João Carlos Felício⁴

RESUMO

Foram feitas análises de regressão linear simples e múltiplas entre valores de duração do período de molhamento (*DPM*) obtidos visualmente e os dados meteorológicos (temperatura mínima do ar, velocidade do vento e umidade relativa do ar) obtidos na cultura do trigo e no posto meteorológico padrão, de modo a se determinar equações de estimativa da *DPM* para o trigo. Verificou-se que a *DPM* pôde ser estimada com boa precisão, ao nível da cultura, em função do número de horas com umidade relativa maior ou igual a 85 e 90%. A inclusão de outras variáveis não resultou em melhora significativa do ajuste das equações. Com os dados do posto meteorológico a *DPM* pôde ser estimada em função da velocidade do vento e do número de horas com umidade relativa maior ou igual a 85 e 90%. A temperatura mínima do ar quando incluída nas equações de estimativa não melhorou os níveis de significância estatística.

Palavras-chave: trigo, período de molhamento.

SUMMARY

Simple and multiple linear regression analysis were used to compare dew duration data (*DPM*) obtained visually and meteorological data (minimum temperature, wind velocity and relative humidity) obtained in the wheat

¹ Parte da dissertação do primeiro autor como requisito para a obtenção do grau de mestre em Agrometeorologia (ESALQ/USP).

² Eng^o Agr^o, MS - IPMET / UNESP - Seção de Climatologia Agrícola, Instituto Agrônômico (IAC), Caixa Postal 28, 13020-061, Campinas, SP.

³ Eng^o Agr^o, PhD - Seção de Climatologia Agrícola, IAC. Bolsista do CNPq.

⁴ Eng^o Agr^o - Seção de Arroz e Cereais de Inverno, IAC.

crop and at the meteorological standard station in order to determine equations to estimate *DPM* for wheat. It was verified that *DPM* could be well estimated at crop level, in function of the number of hours with relative humidity equal or higher than 85 and 90%. The inclusion of others variables did not result in significative improvement of the equations. With data obtained at the meteorological standard station, the *DPM* could be estimated in function of wind velocity and the number of hours with relative humidity equal or higher than 85 and 90%. The minimum temperature when included in the equations did not improve the levels of the statistical significance.

Key words: wheat, dew duration.

INTRODUÇÃO

A ocorrência de doenças em plantas resulta de uma complexa interação entre hospedeiro, patógeno e ambiente físico (BURRAGE, 1972; 1978).

Os fatores ambientais influenciam o crescimento e desenvolvimento do hospedeiro e do patógeno e, muitas vezes, dos vetores dos patógenos. Portanto, a observação contínua das condições ambientais onde a cultura e os patógenos se desenvolvem são indispensáveis para o entendimento e quantificação dessas relações (SUTTON *et al*, 1984).

Diversos autores têm evidenciado a importância do orvalho nas relações patógeno-hospedeiro, constatando que apesar de beneficiar as plantas em alguns casos, o orvalho favorece a germinação de esporos de fungos (MELCHING *et al*, 1989; BUTLER & JADHAV, 1991). Segundo BURRAGE (1972) e VAN DER WAL (1978), a duração do período com orvalho (DPM) sobre as plantas é muito mais importante que a quantidade total de água depositada sobre elas, com relação ao desenvolvimento de doenças. Muitos esporos de fungos requerem um período de água livre para que haja sucesso na germinação de esporos e infecção dos hospedeiros (BERTON & MELZER, 1984; HUBAND & BUTLER, 1984). Pois, só assim os apressórios dos fungos conseguem penetrar nos estômatos das folhas.

Atualmente não existe um método padronizado para o registro do orvalho e sua duração (AMADOR, 1987). Apesar do orvalho ser um fenômeno atmosférico de difícil observação, registro e medida, segundo GETZ (1991), existem vários métodos de estimativa, sendo estes muito importantes visto que a disponibilidade de

medidas e registros históricos deste parâmetro são muito raros.

Vários estudos têm empregado observações obtidas em estações meteorológicas padrões nos modelos de estimativa da duração do orvalho, para uso em programas de manejo de doenças de plantas (PEDRO JR. & GILLESPIE, 1982). Os primeiros modelos desenvolvidos visavam prever a possibilidade ou não da presença de orvalho (DAVIS, 1957) e em estimar sua quantidade (WALLIN, 1967), sem se preocupar com sua duração. A partir de CIMINO (1976) e de CROWE *et al* (1978), equações de regressão linear de estimativa da *DPM* começaram a ser desenvolvidas, utilizando dados observados em postos meteorológicos: umidade relativa do ar, temperatura mínima do ar e do ponto de orvalho, velocidade do vento e cobertura de nuvens. Essa metodologia foi posteriormente empregada também para diferentes tipos de cultura: feijão (AMADOR, 1987) e videira (PEDRO JR. *et al*, 1991).

Portanto, diante da importância da *DPM* nos processos epidemiológicos e da possibilidade de estimá-la através de dados facilmente disponíveis, o presente trabalho teve por objetivo desenvolver equações de regressão linear simples e múltiplas para estimativa da *DPM* em trigo, para servir de subsídio a estudos epidemiológicos das doenças foliares dessa cultura.

MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi conduzido no Centro Experimental de Campinas do Instituto Agrônomo (latitude: 22°54'S, longitude: 47°05'W e altitude: 669 m). A cultivar de trigo semeada foi a *IAC24*, com espaçamento de 17 cm entre linhas e população final de 1,3 milhões de plantas por hectare. Dentro da área experimental de 2 ha foi marcada uma sub-área de 20x20 metros, onde foram feitas as observações da *DPM* e os registros da temperatura e umidade relativa ao nível da cultura.

O equipamento utilizado para registro da temperatura e umidade relativa do ar foi um termohigrógrafo da marca *R.FUESS*, instalado no centro da sub-área dentro de um microabrigo termométrico. Os dados de velocidade do vento foram obtidos com anemógrafo, instalado no posto meteorológico (distante 2 Km da área do experimento), à 10 metros de altura, e foram cotados para o mesmo período das observações visuais da *DPM*, sempre na faixa das 17 h às 9 h, em *Km* acumulados por 16 horas e transformados posteriormente para velocidade média em *m/s*. Para efeito de análise, a velocidade do vento foi estimada (reduzida) ao nível da cultura (0,8 m) em função da obtida no posto (10 m), de acordo com PANOFSKY (1977).

As observações visuais do horário de início da formação de orvalho e do final de sua duração na cultura

do trigo foram realizadas durante o período de 22 de junho a 25 de agosto de 1990, num total de 15 observações úteis. O critério de amostragem foi semelhante ao usado por PEDRO JR. (1980) e AMADOR (1987), baseando-se na observação da presença (início) ou secamento (fim) do orvalho em cerca de 60% das folhas observadas (20 plantas) situadas no terço superior da cultura.

Posteriormente correlacionou-se através de regressões lineares simples e múltiplas a *DPM* visual com os valores de temperatura mínima do ar, velocidade do vento e umidade relativa do ar, obtidos dentro da cultura e no posto meteorológico de modo a se determinar equações de estimativa da *DPM* para a cultura do trigo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores da *DPM* visual e os dados meteorológicos obtidos na cultura e no posto, utilizados nas correlações, para obtenção de equações de estimativa (Tabelas 2 e 3).

Avaliações a nível microclimático efetuadas dentro da cultura como as equações apresentadas, os valores dos coeficientes de determinação (R^2), o erro padrão da estimativa (*SEE*) e o valor do teste *F* (Tabela 2) permitiram verificar que o parâmetro que melhor se correlacionou para estimativa da *DPM*, através de dados medidos no interior da cultura, foi o número de horas com umidade relativa maior ou igual a 85 e 90% ($NHUR \geq 85$ e 90%), representadas pelas equações 3 e 4, respectivamente. As demais equações, apesar de apresentarem valores de R^2 maiores e *SEE* menores, tiveram seus níveis de significância estatística reduzidos, quando outras variáveis eram incluídas no modelo. Resultados similares foram obtidos por AMADOR (1987), a nível microclimático para a cultura do feijão. Portanto, concluiu-se que o melhor método de estimativa da *DPM* a nível microclimático para a cultura do trigo é através do $NHUR \geq 85$ ou 90%, por ter apresentado bom ajuste e ser de fácil aplicação, sendo essa variável muito utilizada para várias culturas.

As estimativas a nível macroclimático (posto) mostraram também bons resultados, porém com níveis de significância estatística menores que as estimativas ao nível microclimático. Isso foi devido, principalmente, às diferenças na posição dos equipamentos dentro da cultura e no posto a 1,7 metros de altura.

As equações com os dados obtidos no posto meteorológico, juntamente com os valores de R^2 , *SEE* e *F* (Tabela 3), indicaram que as melhores estimativas foram as que se relacionaram com a velocidade do vento (*VENTO 10 M*) e o $NHUR \geq 85$ e 90%, respectivamente equações 9 e 10, que apresentaram R^2 elevado, *SEE* baixo e valores de *F* altos, indicando alta significância estatística. Nesse caso somente a temperatura mínima não

indicou melhora nos ajustes das equações, quando incluídas nos modelos, fato também verificado para a cultura do trigo por CROWE *et al* (1978) nos EUA. A influência da velocidade do vento nessa estimativa da *DPM* foi devida, provavelmente, ao fato que ventos com velocidade excessivamente elevadas diminuem a possibilidade de formação de orvalho, devido às fortes advecções que misturam o ar modificando o gradiente de temperatura (MONTEITH, 1957).

Apesar das boas estimativas da *DPM* tanto a nível macro como microclimático, o uso generalizado desses modelos é restrito, portanto sendo necessário, segundo GILLESPIE & BARR (1984), que sejam testados para utilização em diferentes locais e culturas.

Tabela 1 - Duração do período de molhamento visual (*DPMV*) e parâmetros meteorológicos observados no posto e na cultura do trigo durante o período de 22/06 a 24/08/90.

TRIGO						
DATA	DPMV horas	NHUR>= (horas)			TMIN °C	VENTO 0.8 m m/s
		85%	90%	95%		
22/06	18,2	17,0	14,0	13,0	5,4	0,17
23/06	18,3	17,0	16,0	13,0	5,0	0,17
24/06	18,1	18,0	18,0	14,0	8,0	0,16
30/06	16,3	15,0	13,0	8,0	13,6	0,39
01/07	14,5	16,0	13,5	5,0	14,8	0,36
02/07	16,7	19,0	17,0	16,0	14,6	0,30
15/07	12,0	18,0	11,0	7,0	15,3	0,20
20/07	19,2	20,0	20,0	0,0	10,2	0,33
01/08	13,4	15,0	10,0	5,0	10,3	0,38
02/08	16,7	18,0	12,0	6,0	10,1	0,25
03/08	16,4	17,0	15,0	5,0	10,0	0,20
05/08	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4	0,60
11/08	13,3	16,0	11,0	7,0	10,0	0,24
23/08	0,0	0,0	0,0	0,0	13,7	0,61
24/08	0,0	1,0	0,0	0,0	12,4	0,53

POSTO METEOROLÓGICO					
DATA	NHUR>= (horas)			TMIN °C	VENTO 10 m m/s
	80%	85%	90%		
22/06	12,0	10,0	9,0	5,8	1,8
23/06	7,0	5,0	4,0	5,8	1,8
24/06	10,0	1,0	1,0	9,6	1,7
30/06	13,0	12,0	10,0	13,4	4,1
01/07	14,0	13,0	11,0	14,0	3,8
02/07	13,0	12,0	9,0	14,0	3,2
15/07	11,0	4,0	0,0	14,4	2,1
20/07	19,0	15,0	11,0	10,2	3,5
01/08	14,0	12,0	10,0	10,4	4,0
02/08	14,0	12,0	12,0	10,8	2,6
03/08	11,0	2,0	0,0	12,0	2,1
05/08	5,0	2,0	0,0	13,4	6,3
11/08	11,0	10,0	10,0	11,4	2,5
23/08	6,0	0,0	0,0	12,4	6,4
24/08	12,0	4,0	0,0	11,4	5,6

TMIN - temperatura mínima;
VENTO 0.8 m - velocidade do vento a 0,8 metros (topo da cultura do trigo);
VENTO 10 m - velocidade do vento a 10 metros (posto meteorológico);
NHUR>= - número de horas com unidade relativa do ar maior ou igual a.

Tabela 2 - Regressões lineares simples e múltiplas entre a duração do período de molhamento visual (Y) e os parâmetros meteorológicos observados dentro da cultura (X) e estatísticas para avaliar o ajustamento das equações.

Equação de regressão	R ²	SEE	F
1. $Y = 24,12 - 1,01 X_1$	0,22	6,38	3,72ns
2. $Y = 25,61 - 39,06 X_2$	0,73	3,72	36,05 *
3. $Y = -0,19 + 0,95 X_3$	0,93	1,90	175,00 *
4. $Y = 1,05 + 1,04 X_4$	0,94	1,81	195,04 *
5. $Y = 7,24 + 0,85 X_5$	0,44	5,41	10,20 *
6. $Y = 4,22 - 0,24 X_1 + 0,99 X_4$	0,95	1,72	109,27 *
7. $Y = 4,82 - 0,38 X_1 + 0,89 X_3$	0,96	1,52	140,52 *
8. $Y = 6,04 - 9,16 X_2 + 0,86 X_4$	0,95	1,67	116,51 *
9. $Y = 1,07 - 2,14 X_2 + 0,91 X_3$	0,93	1,97	81,41 *
10. $Y = 23,97 - 36,25 X_2 + 0,11 X_5$	0,74	3,85	16,93 *
11. $Y = 25,35 + 0,04 X_1 - 39,48 X_2$	0,74	3,87	16,65 *
12. $Y = 6,74 - 0,14 X_1 - 6,92 X_2 + 0,88 X_4$	0,95	1,69	76,09 *
13. $Y = -0,01 - 0,56 X_1 + 12,3 X_2 + 1,1 X_3$	0,97	1,37	116,53 *
14. $Y = 23,74 + 0,03 X_1 - 36,6 X_2 + 0,1 X_5$	0,74	4,02	10,36 *

X₁ = temperatura mínima - °C;

X₂ = velocidade do vento - m/s;

X₃ = NHUR>=85% - horas;

X₄ = NHUR>=90% - horas;

X₅ = NHUR>=95% - horas.

(*) - significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns - não significativo estatisticamente.

Tabela 3 - Regressões lineares simples e múltiplas entre a duração do período de molhamento visual (Y) e os parâmetros meteorológicos observados no posto meteorológico (X), e estatísticas para avaliar o ajustamento das equações.

Equação de regressão	R ²	SEE	F
1. $Y = 23,90 - 0,98 X_1$	0,14	6,70	2,14ns
2. $Y = 25,61 - 3,71 X_2$	0,73	3,75	35,41**
3. $Y = 0,46 + 1,08 X_3$	0,30	6,04	5,65 *
4. $Y = 7,29 + 0,73 X_4$	0,29	6,08	5,40 *
5. $Y = 8,26 + 0,80 X_5$	0,34	5,90	6,55 *
6. $Y = 17,8 - 0,82 X_1 + 0,75 X_5$	0,43	5,67	4,58 *
7. $Y = 18,2 - 0,97 X_1 + 0,73 X_4$	0,43	5,68	4,55 *
8. $Y = 11,8 - 1,03 X_1 + 1,11 X_3$	0,46	5,53	5,12 *
9. $Y = 21,0 - 3,30 X_2 + 0,55 X_5$	0,88	2,61	44,02**
10. $Y = 20,4 - 3,39 X_2 + 0,54 X_4$	0,88	2,57	45,57**
11. $Y = 16,5 - 3,31 X_2 + 0,68 X_3$	0,84	3,00	31,82**
12. $Y = 25,5 + 0,02 X_1 - 3,72 X_2$	0,73	3,90	16,34**
13. $Y = 20,8 + 0,03 X_1 - 3,3 X_2 + 0,6 X_5$	0,88	2,72	26,92**
14. $Y = 21,1 - 0,08 X_1 - 3,3 X_2 + 0,5 X_4$	0,88	2,67	28,04**
15. $Y = 17,6 - 0,17 X_1 - 3,2 X_2 + 0,7 X_3$	0,84	3,10	19,91**

X₁ = temperatura mínima - °C;

X₂ = velocidade do vento - m/s;

X₃ = NHUR>=80% - horas;

X₄ = NHUR>=85% - horas;

X₅ = NHUR>=90% - horas.

(*) significativo ao nível de 5% de probabilidade.

(**) significativo ao nível de 1% de probabilidade.

(ns) não significativo estatisticamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMADOR, P.A. **Duração do período de molhamento por orvalho: estimativa baseada em parâmetros meteorológicos e comparação do desempenho de instrumentos de medida.** Piracicaba, 1987. 69p.
Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós/USP, 1987.
- BERTON, O., MELZER, R. Controle da sarna da macieira pelo sistema de MILLS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 10, p. 1211-1217, 1984.
- BURRAGE, S. W. Dew on wheat. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 10, p. 3-12, 1972.
- BURRAGE, S.W. Monitoring the environment in relation to epidemiology. In: SCOTT, P.R. e BAINBRIDGE, A. ed. **Plant disease epidemiology**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1978. p. 93-110.
- BUTLER, D.R., JADHAV, D.R. Requirements of leaf wetness and temperature for infection of groundnut by rust. **Plant Pathology**, Londres, v 40, p. 395-400, 1991.
- CIMINO, N.P. **An aid to agricultural dew forecasting**. Fortworth: NOAA, 1976. 11p. Technical Memorandum NWS SR 87.
- CROWE, M.J., COAKLEY, S.M., EMGE, R.G. Forecasting dew duration at Pendleton, Oregon, using simple weather observations. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v. 17, p. 1482-1487, 1978.
- DAVIS, P.A. An investigation of method for predicting dew duration. **Arch. Meteorol. Geophys. Bioklimatol.**, Série A, v. 10, p. 66-95, 1957.
- GETZ, R.R. **Report on the measurement of leaf wetness**. Genebra: WMO/Comission for Instruments and Methods of Observation. 1991. 10p.
- GILLESPIE, T.J., BARR, A. A adaptation of dew estimation scheme to a new crop and site. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 31, p. 289-295, 1984.
- HUBAND, N.D.S., BUTLER, D.R. A comparison of wetness sensors for use with computer or microprocessor systems designed for disease forecasting. In:
BRITISH CROP PROTECTION CONFERENCE - PESTS AND DISEASES, I, 1984, Oxford, **Anais...**, Oxford, Oxford University, 1984. 834 p. p. 633-638.
- MELCHING, J.S., DOWLER, W.M., KOOGLE, D.L. *et al* Effects of duration, frequency and temperature of leaf wetness periods on soybean rust. **Plant Disease**, St.Paul, v. 73, p. 117-122, 1989.

-
- MONTEITH, J.L. Dew. **Quartely Journal Royal of the Meteorology Society**, Londres, v. 83, n.357, p. 322-341, 1957.
- PANOFSKY, H.A. Wind structure in strong winds below 150m. **Wind Engineering**, Pennsylvania, v. 1, n. 2, p. 91-103, 1977.
- PEDRO JR., M.J. **Relation of leaf surface wetness duration to meteorological parameters**. Ontario, 1980. 147p. Tese (PhD em Micrometeorologia), University of Guelph, 1980.
- PEDRO JR., M.J., GILLESPIE, T.J. Estimating dew duration. II. Utilizing standard weather station data. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 25, p. 297-310, 1982.
- PEDRO JR., M.J., PEZZOPANE, J.E.M., ALFONSI, R.R. *et al* Duração do período de molhamento em videira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, VII. Viçosa, MG, **Anais...**, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa/Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1991. 314p., p.151-153.
- SUTTON, J.C., GILLESPIE, T.J., HILDE-BRAND, P.D. Monitoring weather factors in relation to plant disease. **Plant Disease**, St.Paul, v. 68, n. 1, p. 78-84, 1984.
- VAN DER WAL, A.F. Moisture as a factor in epidemiology and forecasting. In: KOSLOWSKI, T.T. **Water Deficits and Plant Growth - Water and Plant Disease**. New York: Academic Press, 1978. v. 5, p. 253-295p.
- WALLIN, J. R. Agrometeorological aspects of dew. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 4, p. 85-102, 1967.