**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Duração do período de molhamento em vinhedo de ‘Niagara Rosada’ e sua
relação com a ocorrência de mildio (*Plasmopara viticola*)**

Jorge Lulu

**Tese apresentada, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia. Área de concentração: Física
do Ambiente Agrícola**

**Piracicaba
2008**

Jorge Lulu
Engenheiro Agrícola

Duração do período de molhamento em vinhedo de ‘Niagara Rosada’ e sua relação com a ocorrência de míldio (*Plasmopara viticola*)

Orientador:
Prof. Dr. **PAULO CESAR SENTELHAS**

**Tese apresentada para obtenção do título
de Doutor em Agronomia. Área de concentração:
Física do Ambiente Agrícola**

Piracicaba
2008

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Lulu, Jorge

Duração do período de molhamento em vinhedo de 'Niagara Rosada' e sua relação com a ocorrência de mildio (*Plasmopara viticola*). - - Piracicaba, 2008.
187 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Agrometeorologia 2. Chuva 3. Fungos Fitopatogênicos 4. Mildio 5. Orvalho 6.
Uva I. Título

CDD 634.8
L955d

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Dedicatória

Dedico esta tese às pessoas que eu mais amo no mundo,

meus queridos pais

Azizo e Viviana,

meu grande irmão

André,

e minha doce mulher

Fabiana,

pelo apoio, companheirismo e amor inquestionáveis.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo o que Ele me proporciona desde o momento em que fui concebido.

A Universidade de São Paulo (USP) pela oportunidade concedida para a realização do curso de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Física do Ambiente Agrícola da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq), em Piracicaba, SP, Brasil.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) do Ministério da Educação (MEC), pela bolsa de estudos concedida durante três meses.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) da Secretaria de Ensino Superior do Governo do Estado de São Paulo, pela bolsa de estudos concedida durante 33 meses.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Cesar Sentelhas, pelos ensinamentos transmitidos e pela amizade.

Ao Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Frutas do Instituto Agrônômico (IAC), por ceder uma parcela de seu campo experimental, em Jundiaí, SP, Brasil.

Ao Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Ecofisiologia e Biofísica do Instituto Agrônômico (IAC), por permitir o uso de toda infraestrutura da Seção de Climatologia, em Campinas, SP, Brasil.

Ao Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), por ter gentilmente cedido os sensores de molhamento utilizados nos experimentos de campo.

Ao Prof. Dr. Mário José Pedro Júnior do Instituto Agrônômico (IAC), pelos ensinamentos transmitidos, pelo apoio nos experimentos de campo e pela amizade.

Aos amigos Eduardo Alvarez Santos (University of Guelph, Canadá), José Ricardo Macedo Pezzopane (UFES), José Luiz Hernandez (IAC), Gabriel Constantino Blain (IAC), Glauco de Souza Rolim (IAC), Romilson César Moraes Yamamura (IAC), Anderson da Cruz Pereira (IAC), Valdeir Biudes Hermoso (IAC), Alan Gomes (IAC) e Ricardo Luis dos Santos (IAC), pelo apoio em diversas etapas do experimento.

A todos os colegas do curso de pós-graduação da Esalq/USP, pelo agradável convívio e pela amizade.

**“O homem é mortal por seus temores
e imortal por seus desejos”.**
(Pitágoras)

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
1 INTRODUÇÃO	10
Referências	13
2 VARIABILIDADE ESPACIAL DA DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO EM VINHEDO DE ‘NIAGARA ROSADA’	15
Resumo	15
Abstract	16
2.1 Introdução	17
2.2 Revisão bibliográfica	18
2.2.1 Determinação da DPM	18
2.2.2 Tipos de sensores de molhamento	19
2.2.3 Necessidade de padronização da medida da DPM	21
2.2.4 Variabilidade espacial da DPM em diferentes culturas	22
2.3 Material e métodos	24
2.3.1 Local do experimento	24
2.3.2 Delineamento Experimental	27
2.3.3 Análise dos dados	32
2.4 Resultados e discussão	32
2.5 Conclusões	41
Referências	42
3 ESTIMATIVA DA DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO SOBRE O GRAMADO E EM VINHEDO DE ‘NIAGARA ROSADA’ EM CONDIÇÃO SUBTROPICAL	47
Resumo	47
Abstract	48
3.1 Introdução	49
3.2 Revisão bibliográfica	50
3.2.1 Estimativa da DPM por modelos físicos	50
3.2.2 Estimativa da DPM por modelos empíricos	52
3.3 Material e métodos	55
3.3.1 Local do experimento	55
3.3.2 Delineamento experimental	55
3.3.3 Estimativa da DPM	57
3.3.4 Análise dos dados	62
3.4 Resultados e discussão	63
3.4.1 Relação entre a DPM medida e estimada sobre o gramado	63
3.4.2 Relação entre a DPM estimada sobre o gramado e a DPM medida na cultura	72
3.5 Conclusões	81
Referências	82
4 EPIDEMIOLOGIA DO MÍLDIO EM VINHEDO DE ‘NIAGARA ROSADA’ E SUA RELAÇÃO COM DADOS METEOROLÓGICOS	86
Resumo	86
Abstract	87

4.1 Introdução.....	88
4.2 Revisão bibliográfica.....	91
4.2.1 Aspectos gerais do míldio da videira.....	91
4.2.2 Sintomatologia do míldio da videira	92
4.2.3 Condições favoráveis ao desenvolvimento do míldio da videira	93
4.2.4 Controle preventivo do míldio da videira.....	94
4.2.5 Tratamento químico para o controle do míldio da videira	95
4.2.6 Curvas de progresso da doença	98
4.2.7 Previsão de doenças de plantas e estimativas de infecção em vinhedo de ‘Niagara Rosada’ utilizando variáveis meteorológicas	100
4.3 Material e métodos	101
4.3.1 Local do experimento	101
4.3.2 Delineamento experimental.....	101
4.3.3 Análise dos dados	111
4.4 Resultados e discussão	112
4.4.1 Análise visual do progresso do míldio na videira ‘Niagara Rosada’	112
4.4.2 Modelos para descrição do progresso do míldio na videira ‘Niagara Rosada’	115
4.4.3 Relação entre elementos meteorológicos e míldio na videira ‘Niagara Rosada’	117
4.4.4 Relação entre índices meteorológicos e míldio na videira ‘Niagara Rosada’	121
4.4.5 Relação entre os estádios fenológicos da videira ‘Niagara Rosada’ e míldio	126
4.4.6 Regressões múltiplas utilizando elementos meteorológicos medidos na EMA (MP).....	127
4.4.7 Regressões múltiplas utilizando elementos meteorológicos medidos na EMA (PA)	134
4.4.8 Regressões múltiplas utilizando elementos meteorológicos medidos no vinhedo (MP)....	141
4.4.9 Regressões múltiplas utilizando elementos meteorológicos medidos no vinhedo (PA)	148
4.4.10 Regressões múltiplas utilizando índices meteorológicos medidos na EMA (MP).....	155
4.4.11 Regressões múltiplas utilizando índices meteorológicos medidos na EMA (PA)	162
4.4.12 Regressões múltiplas utilizando índices meteorológicos medidos no vinhedo (MP)	169
4.4.13 Regressões múltiplas utilizando índices meteorológicos medidos no vinhedo (PA)	176
4.5 Conclusões.....	183
Referências	184
5 CONCLUSÕES GERAIS	187

RESUMO

Duração do período de molhamento em vinhedo de ‘Niagara Rosada’ e sua relação com a ocorrência de míldio (*Plasmopara viticola*)

Atualmente, a videira ‘Niagara Rosada’ é a variedade de uva de mesa mais cultivada no Estado de São Paulo, Brasil. Contudo, sua produtividade e custo de produção têm sido afetados pela ocorrência de doenças fúngicas, principalmente o míldio, causado pelo fungo *Plasmopara viticola*. Para o controle dessa doença, têm sido feitas pulverizações com fungicidas, as quais muitas vezes em excesso. Dentre as variáveis meteorológicas que influenciam a ocorrência de doenças fúngicas nas plantas, a duração do período de molhamento (DPM) é uma das mais importantes. A presença de molhamento sobre a superfície das plantas provê a água requerida pelos patógenos para o processo de germinação e infecção do tecido foliar. Visando a subsidiar sistemas agrometeorológicos de alerta fitossanitário, cuja finalidade é possibilitar a racionalização do uso de fungicidas, os objetivos do presente estudo foram: determinar a posição da videira com a DPM mais longa e sua relação com a DPM medida na posição padrão, a 30 cm de altura sobre o gramado; avaliar a estimativa da DPM sobre o gramado por diferentes modelos a partir de dados meteorológicos obtidos em uma estação meteorológica padrão e verificar as relações entre a DPM estimada para o gramado e a DPM medida no vinhedo; e correlacionar a epidemiologia do míldio (*P. viticola*) durante o ciclo da videira ‘Niagara Rosada’, sem controle químico, com as variáveis DPM medida no vinhedo (posição da videira com a DPM mais longa), DPM estimada na posição padrão sobre o gramado pelo melhor modelo, assim como com outras variáveis meteorológicas. A DPM foi medida em posição padrão sobre o gramado e em quatro diferentes posições da videira: topo da planta com a face superior do sensor voltada para sudoeste e nordeste (Topo-SW e Topo-NE) e altura dos cachos de uva com a face superior do sensor voltada para sudoeste e nordeste (Dossel-SW e Dossel-NE). A epidemiologia do míldio foi avaliada sem controle químico, utilizando-se escala de notas de 0 a 4, com nove níveis de severidade, para as folhas e cachos da videira. No estudo da variabilidade espacial da DPM, não houve diferença significativa entre a parte mais alta (1,6 m) e a parte mais baixa (1,0 m) da videira, assim como entre as faces sudoeste e nordeste das plantas. Ao se analisar a relação entre a DPM sobre o gramado e a DPM nas diferentes posições da videira obtida por meio de regressão linear simples, observou-se uma boa correlação, com $R^2 = 0,88$. Na avaliação dos modelos de estimativa da DPM, o modelo CART foi o que teve o melhor desempenho sobre o gramado, sendo que esta estimativa também apresentou uma boa correlação com a DPM medida no interior do vinhedo. Isso permitiu concluir que é possível estimar a DPM no vinhedo de ‘Niagara Rosada’ a partir de medidas ou estimativas da DPM na estação meteorológica padrão. Na modelagem do desenvolvimento do míldio, a DPM esteve presente nas melhores correlações com a severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’, mostrando a grande importância desta variável para a ocorrência de doenças fúngicas nos vinhedos.

Palavras-chave: Uva de mesa; DPM; Orvalho; Chuva; Modelos de estimativa; Epidemiologia

ABSTRACT

Leaf wetness duration in a 'Niagara Rosada' vineyard and its relationships with downy mildew (*Plasmopara viticola*) occurrence

Nowadays, the 'Niagara Rosada' grapevine is the most cultivated table grape variety in the State of São Paulo, Brazil. However, yield and production cost of this grapevine have been affected by fungal diseases, mainly downy mildew, caused by *Plasmopara viticola* fungus. For controlling this disease, producers have been applied an excessive number of sprays with fungicides. Among the meteorological variables that influence the occurrence of fungal plant diseases, leaf wetness duration (LWD) is one of the most important. The wetness presence on plant surface provides the water required by the pathogens to germinate and to infect leaf tissues. Aiming to subsidize the plant disease warning systems, which has as purpose to rationalize the use of fungicides in the vineyards, the objectives of the present study were: to determine the canopy position of the 'Niagara Rosada' table grape with longer LWD and its correlation with measured standard LWD over turfgrass; to estimate LWD over turfgrass considering different models with data from a standard weather station, and to evaluate the correlation between estimated LWD over turfgrass and LWD measured in the vineyard; and to correlate downy mildew occurrence in the vineyard, without chemical control, with measured LWD at the vineyard (canopy position with longer LWD), with estimated LWD in standard condition over turfgrass for the best model, and with other meteorological variables. LWD was measured in standard condition over turfgrass and in four different canopy positions of the vineyard: at the top of the plants, with sensors facing southwest and northeast (Top-SW and Top-NE), and at the grape bunches height, with sensors facing southwest and northeast (Bottom-SW and Bottom-NE). The downy mildew epidemiology during the grapevine cycle was evaluated without chemical control, using scores ranging from 0 to 4, with nine severity levels, for leaves and bunches of grapevine. When the spatial variability of LWD was studied, no significant difference was observed between the top (1.6 m) and the bottom (1.0 m) of the canopy and also between the southwest and northeast face of the plants. The analysis of the relationship between standard LWD over turfgrass and crop LWD in different positions of the grape canopy showed a define correlation ($R^2 = 0.88$). Among the LWD estimative methods, CART was the one with the best performance to estimate LWD over turfgrass. The results from this model also presented a good correlation with measured LWD inside the vineyard, showing that LWD can be estimated for this crop with data from a nearby standard weather station. For the downy mildew modeling, LWD also present the best correlations with disease severity in the 'Niagara Rosada' vineyard, showing the great importance of this variable for fungal diseases occurrence in this crop.

Keywords: Table grape; LWD; Dew; Rain; Estimating model; Epidemiology

1 INTRODUÇÃO

Ocupando atualmente uma área de 7,4 milhões de hectares, a videira é uma das principais fruteiras cultivadas no mundo, com uma produção anual de 69 milhões de toneladas (FAO, 2008), sendo que entre 2006/07 a produção de uvas de mesa foi de cerca de 10,9 milhões de toneladas, ou seja, 15,8% da produção mundial de uvas (FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO, 2008). O Brasil apresenta uma área colhida de videiras em torno de 76,4 mil hectares, com produção média de 1,3 milhões de toneladas (aproximadamente 2% da produção mundial), sendo que em 2006 o país importou 31,9 mil e exportou 62,3 mil toneladas de uva (FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO, 2008). No Estado de São Paulo, a produção de uvas de mesa vem mostrando tendência de crescimento nos últimos anos, sendo que a grande maioria das uvas produzidas (99%) tem como destino o mercado de frutas para mesa. O volume de uva comercializado na Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) em 2006 foi de 62,5 mil toneladas, sendo 17,3 mil toneladas (27,7%) da variedade de mesa ‘Niagara Rosada’ (FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO, 2008).

Historicamente, a viticultura brasileira começou ao redor de 1535, na Capitania de São Vicente, atual Estado de São Paulo, estabelecendo-se alguns anos depois nos Estados da Bahia e Pernambuco. Com o descobrimento do ouro, no final do século XVII, nos Estados de Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás, e com a expansão do café, a viticultura praticamente desapareceu durante o século XVIII e boa parte do século XIX. Por volta de 1830-1840, surgiram as variedades americanas, principalmente Isabel, mais rústicas que as variedades *Vitis vinifera*, as quais, juntamente com a chegada de imigrantes italianos, provocaram o ressurgimento da viticultura no Estado de São Paulo, adquirindo importância econômica na segunda metade do século XIX. No começo do século XX, a variedade Isabel começou a ser substituída pela ‘Niagara Branca’, proveniente dos Estados Unidos. Em 1933, em Jundiaí, SP, como consequência de uma mutação somática em uma planta de ‘Niagara Branca’, surgiu a variedade ‘Niagara Rosada’, que transformou toda a estrutura vitícola do Estado de São Paulo, tornando-o o maior produtor de uvas de mesa do Brasil (POMMER; MAIA, 2003).

De acordo com Pommer et al. (2003), a área cultivada da uva de mesa ‘Niagara Rosada’ teve grande expansão no Estado de São Paulo, praticamente dando origem à viticultura de mesa. Atualmente, é a cultivar de uva de mesa mais plantada no Estado de São Paulo, sendo que a

concentração da produção entre dezembro e fevereiro ocasiona picos de preços em setembro-outubro e março-abril. Contudo, a produtividade desta cultivar e o custo de produção têm sido afetados pela ocorrência de doenças fúngicas, principalmente o míldio, causado pelo fungo *Plasmopara viticola*, as quais são controladas, em média, com dez a dezesseis pulverizações com fungicidas durante o ciclo da cultura (PEDRO JÚNIOR et al., 1999).

A grande maioria das plantas cultivadas nas condições tropicais e subtropicais está sujeita à ação dos agentes fitopatogênicos, os quais irão se estabelecer desde que as condições ambientais sejam propícias para tal. Dentre os elementos meteorológicos que condicionam a infecção causada por patógenos, os principais são: a temperatura do ar, que regula a velocidade das reações metabólicas tanto do patógeno como do hospedeiro; a chuva e a umidade do ar, que condicionam a presença de água na forma líquida sobre as plantas (molhamento foliar), possibilitando a germinação e a penetração dos fungos nas plantas; e o vento, responsável pela secagem do molhamento foliar e também pela dispersão e propagação dos patógenos a grandes distâncias.

A duração do período de molhamento (DPM) é uma das mais importantes variáveis agrometeorológicas a influenciar a epidemiologia de doenças de plantas (SENTELHAS et al., 2004; DALLA MARTA et al., 2005; NEGUSSIE et al., 2005; WU et al., 2005), dado que a presença de um filme de água nas folhas, unido às condições meteorológicas apropriadas, favorecem o desenvolvimento dos patógenos (CICOGNA et al., 2005). Em geral, a presença de molhamento sobre a superfície das plantas provê a água requerida pelos patógenos para o processo de germinação e infecção do tecido foliar. Sendo assim, DPM elevada associada à alta concentração de inóculo são de grande importância para a esporulação fúngica e para os danos subseqüentes (GUYOT et al., 2005). A DPM é usada como dado de entrada em vários sistemas de alerta fitossanitário (HUBER; GILLESPIE, 1992; KIM et al., 2002; KIM et al., 2004), os quais permitem o uso mais racional dos fungicidas (GILLESPIE et al., 1993), e permite também a análise de risco de uma dada doença quando aplicada em modelos de previsão (HIJMANS et al., 2000). A determinação dessa variável torna-se, portanto, fundamental para a identificação do potencial de risco de ocorrência de doenças nas culturas e na tomada de decisão quanto à realização dos controles, sendo uma das áreas mais promissoras da agrometeorologia operacional (HOPPMANN; WITTICH, 1997).

A medida da DPM em diferentes culturas e em diferentes posições no interior de diversos dosséis de culturas mostra que esta variável é afetada não somente pelas condições meteorológicas, mas também pela estrutura, arquitetura e altura da planta, fatores que afetam o microclima da cultura. O padrão de variação da DPM no interior das culturas difere de acordo com estas características (SENTELHAS et al., 2005).

Como na grande maioria das estações meteorológicas, sejam elas convencionais ou automáticas, é raro o uso de sensores de molhamento (KIM et al., 2005), o monitoramento rotineiro do risco de ocorrência de doenças exige a estimativa da DPM a partir de dados meteorológicos. No entanto, essas estimativas apresentam inconsistências principalmente quando as variabilidades existentes nas diferentes culturas e entre essas e as condições microclimáticas impostas por um gramado não são levadas em consideração, o que resulta, normalmente, em erros significativos.

A justificativa para o presente estudo baseou-se na necessidade de racionalização do uso de defensivos agrícolas no cultivo da videira ‘Niagara Rosada’ na região de Jundiaí, SP, Brasil, visando à redução dos custos e da contaminação ambiental, além da produção de frutos mais saudáveis. Nesse sentido, o desenvolvimento de modelos de estimativa da DPM a partir de elementos meteorológicos obtidos em estações padrão, é uma importante contribuição da “Agrometeorologia Operacional” para o monitoramento do risco de ocorrência de doenças e para o desenvolvimento de sistemas de alerta fitossanitário. Desse modo, os objetivos do presente estudo foram:

- Estudar a variabilidade espacial da duração do período de molhamento (DPM) na videira ‘Niagara Rosada’ e estabelecer a relação entre a DPM medida em diferentes posições da cultura e a DPM medida na posição padrão, a 30 cm de altura sobre o gramado;
- Avaliar a estimativa da DPM sobre o gramado e em vinhedo de ‘Niagara Rosada’ por quatro diferentes modelos a partir de dados meteorológicos obtidos em uma estação meteorológica padrão e verificar as relações entre as estimativas e a DPM medida no interior do vinhedo;
- Avaliar a epidemiologia do míldio durante o ciclo da videira, sem controle químico, e correlacionar essas informações com a DPM e outras variáveis meteorológicas.

Referências

- CICOGNA, A.; DIETRICH, S.; GANI, M.; GIOVANARDI, R.; SANDRA, M. Use of meteorological radar to estimate leaf wetness as data input for application of territorial epidemiological model (downy mildew – *Plasmopara viticola*). **Physics and Chemistry of the Earth**, Amsterdam, v.30, n.1/3, p.201-207, 2005.
- DALLA MARTA, A.; DE VINCENZI, M.; DIETRICH, S.; ORLANDINI, S. Neural network for the estimation of leaf wetness duration: application to a *Plasmopara viticola* infection forecasting. **Physics and Chemistry of the Earth**, Amsterdam, v.30, n.1/3, p.91-96, 2005.
- FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Agrianual 2008**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2008. 504p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAOSTAT-Agriculture**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 21 fev.2008.
- GILLESPIE, T.J.; SRIVASTAVA, B.; PITBLADO, R.E. Using operational weather data to schedule fungicide sprays on tomatoes in southern Ontario, Canada. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v.32, n.3, p.567-573, 1993.
- GUYOT, J.; OMANDA, E.N.; PINARD, F. Some epidemiological investigations on Colletotrichum leaf disease on rubber tree. **Crop Protection**, Oxford, v.24, n.1, p.65-77, 2005.
- HIJMANS, R.J.; FORBES, G.A.; WALKER, T.S. Estimating the global severity of potato late blight with GIS-linked disease forecast models. **Plant Pathology**, Hoboken, v.49, n.6, p.697-705, 2000.
- HOPPMANN, D.; WITTICH, K.P. Epidemiology-related modelling of the leaf wetness duration as an alternative to measurements, taking *Plasmopara viticola* as an example. **Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz**, Braunschweig, v.104, p.533-544, 1997.
- HUBER, L.; GILLESPIE, T.J. Modeling leaf wetness in relation to plant disease epidemiology. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.30, p.553-577, 1992.
- KIM, K.S.; TAYLOR, S.E.; GLEASON, M.L. Development and validation of a leaf wetness duration model using a fuzzy logic system. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.127, n.1, p.53-64, 2004.
- KIM, K.S.; TAYLOR, S.E.; GLEASON, M.L.; KOEHLER, K.J. Model to enhance site-specific estimation of leaf wetness duration. **Plant Disease**, Saint Paul, v.86, n.2, p.107-117, 2002.
- KIM, K.S.; TAYLOR, S.E.; GLEASON, M.L.; VILLALOBOS, R.; ARAUZ, L.F. Estimation of leaf wetness duration using empirical models in northwestern Costa Rica. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.129, n.1, p.53-67, 2005.

NEGUSSIE, T.; PRETORIUS, Z.A.; BENDER, C.M. Effect of some environmental factors on *in vitro* germination of urediniospores and infection of lentils by rust. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v.153, n.1, p.43-47, 2005.

PEDRO JÚNIOR, M.J.; PEZZOPANE, J.R.M.; ABRAMIDES, P.L.G.; RIBEIRO, I.J.A.; MARTINS, F.P. Indicação de época de pulverização para controle de doenças fúngicas em videira, cv Niagara Rosada, baseada em sistema fenológico-pluviométrico. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.2, p.235-242, 1999.

POMMER, C.V.; MAIA, M.L. Introdução. In: POMMER, C.V. (Ed.). **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. p.11-35.

POMMER, C.V.; TERRA, M.M.; PIRES, E.J.P. Cultivares, melhoramento e fisiologia. In: POMMER, C.V. (Ed.). **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. p.109-294.

SENTELHAS, P.C.; GILLESPIE, T.J.; GLEASON, M.L.; MONTEIRO, J.E.B.A.; HELLAND, S.T. Operational exposure of leaf wetness sensors. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.126, n.1, p.59-72, 2004.

SENTELHAS, P.C.; GILLESPIE, T.J.; BATZER, J.C.; GLEASON, M.L.; MONTEIRO, J.E.B.A.; PEZZOPANE, J.R.M.; PEDRO JÚNIOR, M.J. Spatial variability of leaf wetness duration in different crop canopies. **International Journal of Biometeorology**, Berlin/Heidelberg, v.49, n.6, p.363-370, 2005.

WU, B.M.; SUBBARAO, K.V.; VAN BRUGGEN, A.H.C. Analyses of the relationships between lettuce downy mildew and weather variables using geographic information system techniques. **Plant Disease**, Saint Paul, v.89, n.1, p.90-96, 2005.

2 VARIABILIDADE ESPACIAL DA DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO EM VINHEDO DE ‘NIAGARA ROSADA’

Resumo

Apesar dos esforços consideráveis para se desenvolver sensores eletrônicos acurados para medir a duração do período de molhamento (DPM), pouca atenção tem sido dada às pesquisas sobre a variabilidade da DPM no interior do dossel das culturas. A fim de se avaliar a influência da estrutura da cobertura vegetal da videira ‘Niagara Rosada’ (*Vitis labrusca*) na variabilidade espacial da DPM, o objetivo do presente estudo foi determinar a posição da videira com a maior DPM e sua relação com a DPM medida na posição padrão sobre o gramado. O experimento foi realizado no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Frutas do IAC, em Jundiaí, SP, Brasil, em vinhedo da uva de mesa ‘Niagara Rosada’, conduzida em sistema de espaldeira, durante o período de 11/11/2005 a 05/03/2006. A DPM foi medida em quatro diferentes posições da videira, com os sensores inclinados em 45° em relação à horizontal: topo da planta com a face superior do sensor voltada para sudoeste e nordeste (Topo-SW e Topo-NE) e altura dos cachos de uva com a face superior do sensor voltada para sudoeste e nordeste (Dossel-SW e Dossel-NE). Os dados diários, considerando todo o período e separando-o em dias com chuva e sem chuva, foram submetidos ao teste “t”. Os dados de DPM obtidos sobre o gramado foram correlacionados, por meio de regressão linear simples, com os dados de DPM obtidos nas diversas posições da cobertura vegetal, determinando-se a diferença média (DM) e a diferença média absoluta (DMA), entre a DPM do gramado e a da cultura e entre as diferentes posições da cultura. Não houve diferença significativa da DPM tanto entre a parte mais alta (1,6 m) e a parte mais baixa (1,0 m) da planta, como entre as faces sudoeste e nordeste das plantas. A relação entre a DPM sobre o gramado e a DPM nas diferentes posições da videira obtida por meio de regressão linear simples mostrou uma correlação bem definida, com valores de R^2 variando de 0,86 a 0,89 para todo o período, de 0,72 a 0,77 para os dias sem chuva e de 0,89 a 0,91 para os dias com chuva.

Palavras-chave: Orvalho; Chuva; Sensor de molhamento de placa plana

SPATIAL VARIABILITY OF LEAF WETNESS DURATION IN A 'NIAGARA ROSADA' VINEYARD

Abstract

Despite considerable efforts to develop accurate electronic sensors to measure leaf wetness duration (LWD), little attention has been given to studies about how is LWD variability in different positions of the crop canopy. In order to evaluate the influence of 'Niagara Rosada' (*Vitis labrusca*) grapevine canopy structure on the spatial variability of LWD, the objective of this study was to determine the canopy position of the 'Niagara Rosada' table grape with longer LWD and its correlation with measured standard LWD over turfgrass. The field trial was done in the Advanced Center of Technological Research of Fruit Agrobusiness (Agronomic Institute - IAC), in Jundiaí, State of São Paulo, Brazil, in a vineyard cultivated in a hedgerow training system, from 11 November 2005 to 5 March 2006. LWD was measured in four different canopy positions of the vineyard (sensors deployed at 45° with the horizontal): at the top of the plants, with sensors facing southwest and northeast (Top-SW and Top-NE), and at the grape bunches height, with sensors facing southwest and northeast (Bottom-SW and Bottom-NE). The daily data, considering the total period and also splitting the days with and without rain, were analyzed by the "t" test. The LWD over turfgrass were correlated by simple linear regression with the LWD in the different positions of the canopy, determining the mean difference (MD) and the mean absolute difference (MAD) between LWD over turfgrass and LWD at the vineyard, and between the different positions of the plant. No significant difference was observed between the top (1.6 m) and the bottom (1.0 m) of the canopy and also between the southwest and northeast face of the plants. The relationship between standard LWD over turfgrass and crop LWD in different positions of the grape canopy showed a define correlation, with R^2 ranging from 0.86 to 0.89 for all period, 0.72 to 0.77 for days without rain, and from 0.89 to 0.91 for rainy days.

Keywords: Dew; Rain; Flat plate wetness sensor

2.1 Introdução

A presença de molhamento na superfície das plantas, causado por orvalho, chuva ou irrigação, provê a água requerida pelos patógenos para o processo de germinação e infecção do tecido foliar (GUYOT et al., 2005). O orvalho é definido como a água condensada sobre a superfície quando a temperatura do ar atinge o ponto de orvalho devido ao resfriamento intenso por perda radiativa de onda longa (PEREIRA et al., 2002). O ponto de orvalho (T_d) de uma parcela de ar com uma dada pressão de vapor (e) é a temperatura na qual esta parcela deve ser resfriada para tornar-se saturada (MONTEITH, 1961).

O orvalho ocorre em superfícies naturais, especialmente nas plantas, onde pode ser originado a partir de dois processos: a “precipitação de orvalho”, quando a condensação do vapor é originada a partir da camada imediatamente superior, adjacente à superfície, e a “destilação de orvalho”, quando a condensação do vapor é originada a partir do solo ou folha, sendo ambos função do gradiente de pressão de vapor (BURRAGE, 1972; SHARMA, 1976). No entanto, de acordo com Raman et al. (1973), a condensação na face inferior da folha é, geralmente, insignificante quando comparada com o processo que promove a condensação na face superior das folhas.

O orvalho na vegetação se forma como resultado da perda radiativa de calor das superfícies das plantas, que se resfriam, fazendo com que haja transferência de calor sensível do ar adjacente para a superfície, processo pelo qual o ar se resfria até que seja atingida a temperatura do ponto de orvalho e o vapor se condense sobre as folhas; porém, a formação de orvalho pode se dar muito antes que a umidade relativa do ar (UR) atinja 100%, desde que haja presença de partículas hidrofílicas no ar. Nesses casos, de acordo com Klemm et al. (2002), a formação de orvalho pode se dar com UR entre 60 e 100%, iniciando-se, em média, duas a três horas após o pôr-do-sol (BAIER, 1966).

Segundo Monteith (1961), o potencial de condensação sobre uma superfície vegetal não depende somente das suas propriedades aerodinâmicas, mas também de outras características da superfície, como estrutura (estágio de desenvolvimento, posição no dossel, ângulo e geometria da folha), tamanho e propriedades térmicas, além das condições micrometeorológicas (SHARMA, 1976; SUTTON et al., 1984). Já a permanência da água sobre as folhas, ou outras partes da planta, irá depender também do ângulo de inclinação e do formato dessas.

Burrage (1972) e Van der Wal (1978) salientam que o período com que a água (orvalho e/ou chuva) permanece sobre as plantas, denominado de duração do período de molhamento (DPM), é muito mais importante que a quantidade total de água armazenada pelas folhas, especialmente com relação ao desenvolvimento de doenças. Assim, a medida ou estimativa dessa variável é de extrema importância nos estudos sobre a epidemiologia de doença de plantas.

Até mesmo quando as medidas são disponíveis, a variabilidade espacial da duração do período de molhamento pode limitar o uso destas medidas em localidades com distância superior a 30 km de uma estação meteorológica (RAO et al., 1998; KIM et al., 2005). Apesar dos esforços consideráveis para se desenvolver sensores eletrônicos acurados para medir a DPM, pouca atenção tem sido dada às pesquisas sobre como é a variabilidade da DPM em diferentes posições das culturas (SENTELHAS et al., 2005). A maioria dos estudos sobre a medida da DPM em culturas foram feitos considerando-se o topo do dossel (WITTICH, 1995; FRANCL; PANIGRAHI, 1997; CHTIOUI et al., 1999) ou ligeiramente abaixo deste (PEDRO; GILLESPIE, 1982a,b; GILLESPIE; BARR, 1984; SENTELHAS et al., 2004a). Enquanto esta escolha é lógica, considerando-se a condição em que a DPM é causada apenas pelo orvalho, por outro lado ainda pouco se conhece sobre como a DPM no interior do dossel se relaciona com as medidas na parte superior deste. Por exemplo, sabe-se que a DPM no interior das culturas pode ser mais longa ou mais curta que no topo, dependendo das características estruturais da cultura e, conseqüentemente, do seu microclima (MONTEITH; UNSWORTH, 1990).

A fim de se avaliar a influência da estrutura da cobertura vegetal da videira ‘Niagara Rosada’ sobre a variabilidade espacial da DPM, o objetivo do presente estudo foi determinar a posição da videira com a maior DPM e a relação entre a DPM medida em quatro diferentes posições da videira e a DPM medida em posição padrão, a 30 cm de altura sobre o gramado em uma estação meteorológica padrão.

2.2 Revisão bibliográfica

2.2.1 Determinação da DPM

Apesar da DPM ser uma variável de difícil observação e registro (WALLIN, 1967; GETZ, 1991), existem diversos tipos de sensores para sua medida. A determinação da DPM pode

ser feita de diversas maneiras, como relatado por Getz (1991), desde medidas diretas, com sensores mecânicos ou automáticos, ou por meio de estimativas baseadas em relações empíricas, normalmente com o número de horas com a umidade relativa acima de um dado valor (CROWE et al., 1978; SENTELHAS et al., 1993; GLEASON et al., 1994), ou com modelos mais complexos, envolvendo o balanço de energia da cultura (PEDRO JÚNIOR; GILLESPIE, 1982a,b), relações mecanísticas entre o solo, a cultura e a atmosfera (NORMAN; CAMPBELL, 1983; WILSON et al., 1999), empregando-se a meteorologia de mesoescala (GLEASON et al., 1997) ou, ainda, o uso de radares meteorológicos (GILLESPIE et al., 1990).

Até agora, a medida da DPM não tem feito parte de um programa de observação padrão pelas agências meteorológicas (DALLA MARTA et al., 2005). Isto ocorre principalmente devido à falta de um projeto de sensor padrão e de um protocolo para utilizar este sensor (SABATINI et al., 2004). Além disso, como muitos dos sensores medem indiretamente a DPM e têm propriedades físicas diferentes das folhas, os sensores necessitam de calibração para representar uma cultura específica (GETZ, 1991). Um cuidado particular deve ser dirigido ao posicionamento do sensor pelo possível reflexo da exposição e inclinação da folha (GOZZINI et al., 1996).

2.2.2 Tipos de sensores de molhamento

Existem três tipos de sensores de molhamento (GILLESPIE; KIDD, 1978; GETZ, 1991; SENTELHAS et al., 2004a): instrumentos de molhamento foliar estáticos, os quais somente fornecem uma indicação das condições de molhamento (com ou sem); instrumentos de molhamento foliar mecânicos, que registram mudanças no comprimento, tamanho ou peso do sensor causadas pelo molhamento; e instrumentos de molhamento foliar eletrônicos, que promovem uma mudança na impedância do sensor.

Os instrumentos de molhamento foliar estáticos são aqueles que possuem partes mecânicas ou eletrônicas, tais como o medidor de orvalho Duvdevani (GETZ, 1991). Estes dispositivos são tipicamente muito rudimentares e provêem pouca informação útil, dado que apresenta uma correlação muito baixa com a duração do orvalho (GETZ, 1991). Os instrumentos de molhamento foliar mecânicos foram utilizados intensivamente para medidas de DPM até 1970

(LOMAS, 1965; LOMAS; SHASHOUA, 1970) e, apesar de suas limitações, estes sensores vem sendo usados até recentemente em vários locais (ZANGVIL, 1996).

Os sensores eletrônicos de molhamento, baseados na mudança da resistência elétrica, passaram a ser desenvolvidos ainda na década de 60. Davis e Hugues (1970) introduziram a idéia do tratamento das grades elétricas da placa plana com pintura cinza a base de água a fim de aumentar o grau de sensibilidade à umidade. Preocupados com esta questão, Gillespie e Kidd (1978) estudaram sensores de folha artificial feitos com grades de impedância elétrica, utilizando cores diferentes de tinta látex e confirmaram que uma pintura cinza muito suave resultou em maior acurácia na sensibilidade ao molhamento inicial e também ao secamento de uma cultura.

Subseqüentemente, diversos autores desenvolveram e/ou compararam o desempenho de diferentes tipos de sensores eletrônicos de molhamento (SMITH; GILPATRICK, 1980; WEISS; LUKENS, 1981; WEISS; HAGEN, 1983; BATHAKUR, 1985; GILLESPIE; DUAN, 1987; WEISS et al., 1988; ARMSTRONG et al., 1993; WEI et al., 1995; GEISLER et al., 1996; MIRANDA et al., 2000; SENTELHAS et al., 2004a; SANTOS, 2006). Em geral, o desempenho dos sensores foi adequado, mas diferenças entre estes sensores foram detectadas, as quais foram dependentes das características de cada um e dos aspectos operacionais de exposição do sensor.

Gillespie e Duan (1987) desenvolveram e testaram um sensor cilíndrico, para simular culturas que possuem folhas desse tipo, tal como a cebola (*Allium cepa* L.). Os autores observaram que os cilindros registraram a formação do orvalho mais tarde e o secamento mais cedo que os sensores de placa plana de largura similar, de modo que se sugere precaução para o monitoramento da DPM de folhas planas com os sensores cilíndricos. Santos (2006), em Piracicaba, SP, Brasil, testou cinco diferentes ângulos de instalação de sensores cilíndricos de medida de molhamento, a 30 cm de altura sobre o gramado, comparando os resultados de DPM obtidos pelos sensores cilíndricos com a DPM padrão obtida por sensor de placa plana a 30 cm de altura sobre o gramado e 45° de inclinação. O autor verificou que a variação do ângulo de instalação não demonstrou ter efeito expressivo sobre a medida dos sensores cilíndricos para as condições locais. Contudo, é recomendável inclinar o sensor cilíndrico, uma vez que trabalhos anteriores demonstram que este sensor pode superestimar a DPM quando instalado na horizontal (SANTOS, 2006). Em Elora, Ontário, Canadá, Sentelhas et al. (2007) também detectaram superestimativas da DPM obtidas por sensor cilíndrico instalado na horizontal em relação ao sensor de placa plana instalado com 45° de inclinação, as quais variaram de 1,1 a 4,2 h

dependendo da cultura (gramado, milho, soja e tomate) e posição do sensor na cultura (topo e interior do dossel). De acordo com os autores, a principal causa das superestimativas foi o acúmulo de grandes gotas de água ao longo da parte inferior dos sensores cilíndricos, o que requer muito mais energia e tempo para evaporar.

Weiss e Lukens (1981) e Weiss e Hagen (1983) também encontraram diferenças entre sensores de molhamento de características diferentes. Os sensores de placa plana foram menos efetivos para medir a DPM do que uma armação com um pedaço de tecido de algodão branco em uma malha de arames, instalado diretamente sobre a folha. Sensores de localização específica também vêm sendo testados (WEISS et al., 1998; BATHAKUR, 1985; ARMSTRONG et al., 1993; GEISLER et al., 1996; MIRANDA et al., 2000). Apesar da aparente vantagem destes sensores devido a essas armações serem feitas diretamente em uma folha, alguns problemas operacionais, tais como contato entre os arames e a folha, tamanho da folha e deterioração da folha, tem feito com que eles tenham menor utilidade para medidas operacionais.

2.2.3 Necessidade de padronização da medida da DPM

Apesar dos esforços para se desenvolver sensores eletrônicos acurados, aspectos operacionais da medida da DPM não têm sido discutidos amplamente. Como relatado por Davis e Hugues (1970), o desempenho do sistema eletrônico para monitorar o molhamento da vegetação depende basicamente da exposição correta do sensor no campo.

Alguns estudos têm se concentrado em aspectos operacionais de monitoramento da DPM para estabelecer a melhor maneira de se fazer esta medida. A primeira tentativa para estabelecer um padrão para medir a DPM foi feita por Gillespie e Kidd (1978). Estes autores encontraram que um ângulo de 20° de inclinação foi o melhor para medir a DPM em um cultivo de cebola, utilizando um sensor de placa plana com um eletrodo com espaçamento de 1 mm. Posteriormente, Wei et al. (1995) desenvolveram um sensor similar adaptado para medir a DPM em frutas no interior de casas de vegetação. Eles concluíram que, por meio deste sensor, com um eletrodo com espaçamento de 0,25 mm, a pintura não foi necessária para obter uma acurácia igual entre a resposta do sensor e as observações visuais do molhamento foliar. Por outro lado, Lau et al. (2000) e Sentelhas et al. (2004b) observaram que a tinta látex foi desejável para os sensores de placa plana comerciais em plantações de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) e algodão

(*Gossypium hirsutum* L.), respectivamente. De acordo com estes autores, o uso de duas ou três mãos de tinta látex branca, com posterior tratamento térmico, foi o suficiente para reduzir a variabilidade entre os sensores. Lau et al. (2000) também observaram que o ângulo de inclinação pode afetar significativamente a acurácia e a precisão das medidas de DPM, pois isto influencia na capacidade de retenção de água pelo sensor, mas que a orientação não teve efeito significativo na resposta à formação e ao secamento do orvalho. Porém, pouco tem sido feito para investigar várias posições de medida da DPM sob condição padrão sobre o gramado em uma estação meteorológica, correlacionando estas medidas com a DPM em diferentes culturas.

Os sensores de molhamento do tipo placa plana, quando tratados corretamente com pintura e aquecimento, podem fornecer medidas precisas e acuradas (SENTELHAS et al., 2004a). Contudo, a posição (altura e ângulo) dos sensores de molhamento tem efeito nas medidas. Segundo os autores, em posições mais elevadas, as medidas de DPM são mais curtas que a 30 cm e em ângulos menores mais longas que em ângulos maiores. Como um padrão para medidas de DPM sobre o gramado em uma estação meteorológica, a disposição do sensor a 30 cm de altura e com ângulo variando de 30 a 45° em relação à horizontal mostrou ser mais satisfatória (SENTELHAS et al, 2004a). De acordo com estes autores, quando os dados de DPM de um sensor de referência (30 cm sobre o gramado e inclinado em um ângulo de 30°) foram correlacionados com medidas de DPM no topo das culturas, boas relações foram obtidas, as quais sugerem que a DPM na cultura pode ser estimada suficientemente bem para diversos fins operacionais a partir de medidas de DPM obtidas em uma estação meteorológica. Como relatado por Sentelhas et al. (2004a), por exemplo, quando os dados de DPM do milho (Elora, Canadá) e do melão (Ames, EUA) foram comparados aos dados de DPM do sensor a 30 cm sobre o gramado (30° sensor em Elora, 45° sensor em Ames), as relações foram muito boas, com valores de coeficiente angular e R^2 de 1,03 e 0,93 para o milho e 1,02 e 0,84 para o melão, respectivamente.

2.2.4 Variabilidade espacial da DPM em diferentes culturas

Pedro (1980), estudando a DPM em folhas de milho e soja sombreadas e expostas ao sol, observou que o molhamento foi cerca de 1 h mais longo nas folhas sombreadas para ambas as culturas. Em contrapartida, Wittich (1995) observou que a DPM foi 2 h mais longa no topo de

uma macieira do que no interior da cultura. Considerando estas diferenças, Huber e Gillespie (1992) sugeriram que pelo menos dois sensores sejam empregados para monitorar a variação espacial do molhamento foliar em dosséis de culturas.

Sentelhas et al. (2005) observaram efeito significativo da posição do dossel na DPM média para as culturas de maçã e milho. A DPM foi reduzida de 8,7 h no topo para 6,8 h na parte inferior de uma macieira e de 14,5 h no topo para 13,5 h no interior do dossel de milho. Essas diferenças nos padrões de variabilidade da DPM entre culturas estão associadas não somente com as estruturas distintas das plantas, mas também com o sistema de plantio, idade da cultura e manejo. Em um pomar maduro e numa plantação de milho bem desenvolvida, somente o topo do dossel está exposto diretamente ao céu e é geralmente o primeiro a exibir molhamento, ambos durante os eventos de orvalho e chuva. A diferença entre a DPM no topo e na parte inferior do dossel foi em torno de 2 h para as macieiras, a qual esteve de acordo com os resultados de Wittich (1995). Para o milho, a DPM no topo do dossel foi 1 h mais longa do que no interior do dossel. Pedro (1980), estudando a DPM em uma cultura de milho, relatou uma diferença de DPM similar entre as folhas expostas e as folhas sombreadas, ambas próximas ao topo do dossel, com as folhas sombreadas obtendo uma DPM mais longa do que as folhas expostas.

Ao contrário dos resultados obtidos para as culturas da maçã e do milho, Sentelhas et al. (2005) verificaram que a DPM em uma plantação de café jovem não variou significativamente do topo para a parte inferior do dossel. Contudo, mesmo sem diferença estatística entre as posições, tendência de aumento da DPM do topo para a parte inferior do dossel foi observada. Segundo os autores, a razão para essa variação oposta em relação aos dosséis de maçã e de milho está associada ao formato cônico do cafeeiro, o qual expõe as folhas de todos os níveis ao céu e promove o início do molhamento quase simultaneamente em todas as posições da planta. Durante o período da manhã, entretanto, o topo das plantas recebe mais radiação solar, está mais sujeito à ação dos ventos do que outras posições, resultando em um secamento mais rápido e por isso uma DPM mais curta. Para as condições deste estudo, a DPM nos cafeeiros foi aproximadamente 1,5 h mais longa na parte inferior do que no topo do dossel.

Santos (2006), em Piracicaba, SP, Brasil, verificou que o padrão de variação da DPM foi distinto para três diferentes culturas: algodão, café e banana. Na cultura do algodão não foram observadas variações expressivas da DPM. Já no cafeeiro a DPM foi em média 1 h mais longa

nas partes baixas da planta, enquanto que na cultura da banana essa foi 1,9 h mais longa no topo da cultura.

Para a cultura da uva ('Niagara Rosada'), conduzida no sistema espaldeira sentido norte-sul, Sentelhas et al. (2005) verificaram que a DPM não diferiu significativamente entre o topo e o interior do dossel. A estrutura da planta, associada com o plantio em espaldeira, provavelmente permitiu que todos os sensores se resfriassem aproximadamente na mesma taxa durante a noite. Durante o período da manhã, da mesma maneira, o espaçamento entre as ruas foi suficiente para que todos os sensores recebessem praticamente a mesma influência da radiação solar e dos ventos. A diferença média observada entre o topo e a parte inferior do dossel para este estudo foi de somente 9 min, com uma DPM média de 8,5 h no topo e de 8,3 h na parte inferior do dossel.

Quando somente os dias com orvalho foram considerados para comparação, padrões similares das diferenças médias da DPM entre diferentes posições foram observados para todas as culturas (SENTELHAS et al., 2005). Para dias chuvosos, contudo, alguns destes padrões notadamente mudaram. As chuvas normalmente molham todo o dossel, especialmente quando é intensa ou ocorre por diversas horas. Para as macieiras, nenhuma diferença significativa foi observada entre as posições do topo e do meio do dossel durante os dias chuvosos, mas na parte inferior do dossel a DPM média ainda foi 1 h menor do que em outras posições. Para os cafeeiros, a DPM média no topo e na parte inferior do dossel não apresentaram diferenças significativas em relação à DPM média obtida nas posições média-alta e média-baixa. Para os dosséis de milho e de uva sob condições de chuva, não houve diferenças entre a DPM média no topo e no interior dessas culturas.

2.3 Material e métodos

2.3.1 Local do experimento

O experimento foi realizado no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Frutas (Instituto Agrônomo - IAC), localizado no município de Jundiaí, SP, Brasil (Lat.: 23° 12' S; Long.: 46° 53' W; Alt.: 715 m), durante o período de 11/11/2005 a 05/03/2006 (115 dias). Segundo Melo e Lombardi Neto (1998), no local predominam os relevos

ondulado e fortemente ondulado, com altitudes variando de 680 a 760 m. A declividade é acentuada, acima de 12% em 80% da área.

O clima de Jundiaí, de acordo com Köppen, é classificado como Cfa para suas regiões mais baixas e Cfb para suas regiões mais altas (SETZER, 1966), ambos considerados climas úmidos. O clima Cfa é definido como subtropical (mesotérmico), com temperatura do mês mais frio entre -3°C e 18°C , sem estação seca bem definida, e temperatura do mês mais quente maior que 22°C . Já o clima Cfb possui as mesmas características, no entanto, com temperatura do mês mais quente inferior a 22°C (PEREIRA et al., 2002).

De acordo com as Normais Climatológicas (período de 1961 a 1990), a temperatura média do mês mais frio (julho) é de $17,1^{\circ}\text{C}$, enquanto que a temperatura média do mês mais quente (fevereiro) é de $24,2^{\circ}\text{C}$, sendo a temperatura média anual de $20,9^{\circ}\text{C}$. Já o total pluviométrico médio do inverno é de 59 mm (junho), enquanto que o do verão é de 227 mm (janeiro), com total médio anual de 1.412 mm. O Balanço Hídrico Normal (1961-1990) para o centro experimental de Jundiaí é apresentado na Figura 2.1. Já as Normais termo-pluviométricas encontram-se na Figura 2.2.

Figura 2.1 – Extrato do balanço hídrico climatológico normal (1961-1990), segundo Thornthwaite e Mather (1955) – CAD = 100 mm, para o Centro de Frutas do IAC, em Jundiaí, SP, Brasil

Fonte: Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Ecofisiologia e Biofísica – IAC.

Figura 2.2 – Normais termo-pluviométricas (1961-1990) para o Centro de Frutas do IAC, em Jundiaí, SP, Brasil

Fonte: Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Ecofisiologia e Biofísica – IAC.

2.3.2 Delineamento Experimental

A parcela experimental foi instalada em vinhedo de ‘Niagara Rosada’, conduzido em sistema de espaldeira, com três fios de arame espaçados de 30 cm, sendo o primeiro fio (mais baixo) a 100 cm do solo. As videiras tinham um espaçamento de 2 m entre linhas (ruas) e de 1 m entre plantas. A poda das videiras ocorreu no dia 20/09/2005. Com a frequência necessária, foi feita a poda verde, constando da eliminação de gavinhas, de ramos axilares (desnetamento) e da parte terminal dos ramos, na altura de 100-120 cm (desponta). A área das entrelinhas foi coberta com ‘mulch’ de capim gordura (*Melinis minutiflora* Pal. Beauv.), com 10 cm de espessura. Uma vista geral da parcela experimental pode ser vista na Figura 2.3.

Figura 2.3 – Vista geral da área experimental de videiras ‘Niagara Rosada’, em Jundiaí, SP, Brasil

No interior do vinhedo, foram instalados 12 sensores eletrônicos de placa de circuito impresso da marca Campbell Scientific (modelo 237), de 1 mm de espessura, com dois pentes de cobre intercalados, pintados com duas mãos de tinta látex branca e tratados termicamente para remoção de componentes higroscópicos, para o monitoramento da duração do período de molhamento (DPM). O sensor de molhamento utilizado pode ser visto na Figura 2.4. Os sensores foram conectados a um sistema de coleta automática de dados da marca Campbell Scientific (modelo CR 23X), programado para efetuar leituras a cada 5 s e armazenar os dados a cada 20 min (Figura 2.5).

Figura 2.4 – Detalhe de um sensor de molhamento de placa de circuito impresso (marca Campbell Scientific, modelo 237)

Fonte: Sentelhas (2004).

Figura 2.5 – Sistema de coleta automática dos dados de duração do período de molhamento no interior do vinhedo (marca Campbell Scientific, modelo CR 23X), em Jundiaí, SP, Brasil

Na estação meteorológica automática (EMA), pertencente ao campo experimental, localizada a 200 m a leste da área experimental, a DPM foi registrada em uma posição referência por um sensor de molhamento do mesmo modelo, a 30 cm de altura sobre o gramado, inclinado em 30° em relação à horizontal e com a superfície do sensor voltada para o sul (SENTELHAS et al., 2004a). No mesmo local, também foram registrados os dados de temperatura do ar (T), umidade relativa do ar (UR), velocidade do vento a 2 m de altura (U), saldo de radiação (Rn) e precipitação (P). Os sensores de temperatura (termístor) e de umidade (capacitivo) do ar eram da marca Vaisala (modelo HMP45C). A velocidade do vento foi medida com um anemômetro de canecas da marca Engespaço. O saldo de radiação foi medido com um saldo radiômetro de termopilha da marca Kipp & Zonen (modelo NR LITE). A precipitação foi medida com um pluviômetro de báscula da marca Engespaço. Os sensores foram conectados a um sistema de coleta automática de dados da marca Campbell Scientific (modelo CR 10), programado para efetuar leituras a cada 5 s e armazenar as médias e/ou totais a cada 20 min. Uma vista geral da EMA e dos sensores utilizados pode ser observada na Figura 2.6.

Figura 2.6 – Vista geral da estação meteorológica automática (EMA) pertencente ao Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio das Frutas do IAC, em Jundiaí, SP, Brasil

Os sensores de molhamento foram utilizados para avaliar a variabilidade espacial da DPM na videira, verificando-se as diferenças entre a DPM medida em quatro diferentes posições na cultura (com 3 repetições) e a DPM medida em posição padrão, a 30 cm de altura sobre o gramado em uma estação meteorológica padrão, com cada um dos sensores de molhamento montado em secção de tubo de PVC. O sensor de molhamento em posição padrão sobre o gramado pode ser visto na Figura 2.7.

Figura 2.7 – Sensor de molhamento em posição padrão sobre o gramado, em Jundiaí, SP, Brasil

No interior do vinhedo, com área aproximada de 0,2 ha, com a orientação das ruas no sentido NW-SE, os sensores de molhamento foram posicionados em duas diferentes alturas da planta, com um ângulo de 45° em relação à horizontal: topo da planta (1,6 m) e altura dos cachos de uva (1,0 m). As quatro diferentes posições dos sensores de molhamento no interior do vinhedo foram: topo da planta e superfície do sensor voltada para nordeste (Topo-NE), altura dos cachos de uva e superfície do sensor voltada para nordeste (Dossel-NE), topo da planta e superfície do sensor voltada para sudoeste (Topo-SW), e altura dos cachos de uva com superfície do sensor voltada para sudoeste (Dossel-SW) (Figuras 2.8 e 2.9).

Figura 2.8 – Sensores de molhamento no interior do vinhedo, em Jundiaí, SP, Brasil

Figura 2.9 – Esquema das posições dos sensores de molhamento na videira (Topo-NE, Dossel-NE, Topo-SW e Dossel-SW), em Jundiaí, SP, Brasil

2.3.3 Análise dos dados

Os dados diários de DPM, considerando-se o período total e também separando-se os dias com e sem chuva, foram analisados pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade. As relações entre a DPM sobre o gramado e a DPM no interior do vinhedo, obtidas em quatro diferentes posições da videira, foram determinadas por análise de regressão. A diferença média (DM), que descreve a direção da diferença predominante, e a diferença média absoluta (DMA), que indica a magnitude da diferença média, entre a DPM sobre o gramado e a DPM no interior do vinhedo, também foram determinadas, além da DM e da DMA entre as DPMs nas diferentes posições da cultura, considerando todos os dias e apenas os dias com e sem chuva.

2.4 Resultados e discussão

A Tabela 2.1 apresenta os valores médios da DPM nas quatro diferentes posições da videira e também na posição padrão sobre o gramado, considerando todos os dias e apenas os dias com e sem chuva, assim como a análise estatística. Os valores de DM e DMA entre a DPM sobre o gramado e a DPM no interior do vinhedo, e entre as diferentes posições da videira, são apresentados na Tabela 2.2.

Tabela 2.1 – Duração do período de molhamento média diária (DPM) (h) nas quatro diferentes posições da videira (Topo-NE, Dossel-NE, Topo-SW e Dossel-SW) e também na posição padrão sobre o gramado (Gramado-S), considerando-se todos os dias e os dias com e sem chuva, no período de 11/11/2005 a 05/03/2006, em Jundiaí, SP, Brasil

	Topo-NE	Dossel-NE	Topo-SW	Dossel-SW	Gramado-S
DPM média (todos os dias)	11,2 ab	10,7 b	11,9 ab	10,8 b	12,3 a
DPM média (somente dias com chuva)	14,7 a	14,2 a	15,1 a	14,5 a	15,4 a
DPM média (somente dias sem chuva)	8,0 b	7,5 b	9,0 ab	7,5 b	9,5 a

Médias, na linha, seguidas pela mesma letra, não diferem significativamente entre si pelo teste-t a 5% de probabilidade.

Tabela 2.2 – Diferença média (DM) e diferença média absoluta (DMA) da duração do período de molhamento diária (DPM), em horas, entre as quatro diferentes posições da videira (Topo-NE, Dossel-NE, Topo-SW e Dossel-SW) e entre estas e a posição padrão sobre o gramado (Gramado-S), considerando-se todos os dias e os dias com e sem chuva, no período de 11/11/2005 a 05/03/2006, em Jundiaí, SP, Brasil

	Todos os dias		Dias com chuva		Dias sem chuva	
	DM	DMA	DM	DMA	DM	DMA
Topo-SW / Topo-NE	0,67	0,76	0,38	0,50	0,96	1,03
Topo-SW / Dossel-SW	1,07	1,15	0,66	0,81	1,49	1,49
Topo-SW / Dossel-NE	1,20	1,26	0,90	0,94	1,53	1,58
Topo-SW / Gramado-S	-0,42	1,11	-0,22	0,77	-0,45	1,35
Topo-NE / Dossel-SW	0,40	0,74	0,28	0,71	0,54	0,77
Topo-NE / Dossel-NE	0,53	0,70	0,52	0,66	0,57	0,74
Topo-NE / Gramado-S	-1,09	1,31	0,60	0,81	-1,41	1,69
Dossel-SW / Dossel-NE	0,13	0,61	0,24	0,62	0,03	0,64
Dossel-SW / Gramado-S	-1,49	1,54	-0,88	1,01	-1,95	1,96
Dossel-NE / Gramado-S	-1,62	1,70	-1,13	1,27	-1,98	2,04

No interior do vinhedo não houve diferença significativa entre o topo da planta e a altura dos cachos de uva, assim como entre as faces sudoeste e nordeste da cultura (Tabela 2.1). Contudo, a DPM tendeu a ser mais longa no topo da videira com a superfície do sensor de molhamento voltada para sudoeste. Isto provavelmente ocorreu porque o molhamento nesta parte da planta começou mais cedo, sendo esta a parte do dossel mais exposta ao céu, obtendo um saldo de radiação mais negativo que em outras posições do vinhedo. Além disso, as folhas com as faces voltadas para sudoeste, nesta latitude do hemisfério sul, receberam menos radiação solar,

tendo menores temperaturas que na face oposta. Assim, a face sudoeste do vinhedo geralmente tem o início do molhamento mais cedo e o secamento mais tarde que a face nordeste.

Considerando-se todos os dias avaliados (Tabela 2.1), a DPM no interior do vinhedo foi mais longa na posição Topo-SW e mais curta na posição Dossel-NE, com os valores mais elevados de DM e DMA entre estas duas posições da cultura (Tabela 2.2). Resultados semelhantes foram observados por Wittich (1995) para a cultura da maçã. Contudo, no presente experimento, a DPM não diferiu significativamente entre as quatro diferentes posições da planta (Tabela 2.1). O mesmo foi observado por Sentelhas et al. (2005) para a videira ‘Niagara Rosada’, avaliando-se apenas duas posições: topo do dossel e altura dos cachos uva. Por outro lado, a DPM padrão sobre o gramado diferiu significativamente da DPM nas posições Dossel-NE e Dossel-SW da videira (Tabela 2.1). A DM e a DMA entre as posições Dossel-NE e Gramado-S foram de -1,62 e 1,70 h, respectivamente, enquanto entre as posições Dossel-SW e Gramado-S foram de -1,49 e 1,54 h, respectivamente (Tabela 2.2). Dalla Marta et al. (2004) também encontraram diferenças em torno destes valores para um vinhedo na região da Toscana, na Itália. Santos (2006), em Piracicaba, SP, Brasil, também verificou que a exposição do dossel foi um fator determinante para a DPM, encontrando DPM mais longa na face sudoeste em relação à face nordeste da cultura do café (terço médio da planta).

Considerando-se somente os dias sem chuva (Tabela 2.1), a DPM no interior do vinhedo também foi mais longa na posição Topo-SW e mais curta na posição Dossel-NE. Nesta situação, a DPM na posição Topo-SW diferiu significativamente das outras três posições da planta. No entanto, a DPM dessa posição não diferiu da DPM na posição Gramado-S (Tabela 2.1). Valores de DPM maiores no topo da planta em dias sem chuva, também foram observados por Sentelhas et al. (2005) para as culturas de maçã, milho e uva ‘Niagara Rosada’. As DMs entre a posição Topo-SW e as posições Topo-NE, Dossel-NE e Dossel-SW foram respectivamente 0,96, 1,53 e 1,49 h, enquanto que as DMAs foram respectivamente 1,03, 1,58 e 1,49 h (Tabela 2.2). Com exceção da DPM na posição Topo-SW, a DPM nas outras três posições da planta diferiu significativamente da DPM na posição Gramado-S (Tabela 2.1). Assim, observando a Tabela 2.2, a DM e a DMA entre as posições Topo-NE e Gramado-S foram respectivamente -1,41 e 1,69 h. Entre as posições Dossel-NE e Gramado-S, os valores foram de -1,98 e 2,04 h, enquanto que entre as posições Dossel-SW e Gramado-S, os valores foram de -1,95 e 1,96 h.

Considerando-se somente os dias com chuva (Tabela 2.1), não houve diferenças significativas tanto entre as quatro diferentes posições da videira, como entre estas e a posição padrão sobre o gramado. Apesar da falta de significância, houve uma tendência da DPM ser mais longa na posição Topo-SW e mais curta na posição Dossel-NE. Resultados similares foram observados por Sentelhas et al. (2005) para as culturas de maçã, café jovem, milho e uva ‘Niagara Rosada’, em dias com chuva.

A variabilidade espacial da DPM entre as diferentes posições da videira também pode ser vista na Figura 2.10, onde os valores médios são apresentados para cada repetição.

Figura 2.10 – Duração média diária do período de molhamento (DPM) no interior do vinhedo para cada repetição (Plantas 1, 2 e 3), nas diferentes posições: Topo-NE, Dossel-NE, Topo-SW e Dossel-SW, de 11/11/2005 a 05/03/2006, em Jundiaí, SP, Brasil

Uma pequena diferença foi observada no padrão de variabilidade da DPM entre as três plantas (Figura 2.10), mostrando que as médias foram representativas para a análise da variabilidade espacial. A DPM média das três plantas, nas quatro diferentes posições da videira e

também na posição padrão sobre o gramado, para todos os dias e para os dias sem e com chuva são apresentadas na Figura 2.11.

Figura 2.11 – Duração média diária do período de molhamento (DPM) no interior do vinhedo (Topo-NE, Dossel-NE, Topo-SW e Dossel-SW) e na posição padrão sobre o gramado (Gramado-S), considerando todos os dias (a) e os dias sem (b) e com chuva (c), de 11/11/2005 a 05/03/2006, em Jundiaí, SP, Brasil

A DPM no interior do vinhedo foi mais longa na posição Topo-SW e mais curta na posição Dossel-NE. Estas diferenças foram mais pronunciadas nos dias sem chuva (Figura 2.11b). Tal fato mostra que a DPM tendeu a ser mais longa no topo da videira, onde o início do

molhamento ocorre mais cedo, pois é a parte da planta mais exposta ao céu, obtendo um saldo de radiação mais negativo que as demais posições e também com a face das folhas voltadas para sudoeste, a qual recebe menos radiação solar no hemisfério sul ao longo do ano. Na parte mais baixa da videira, menos exposta ao céu, a DPM tendeu a ser mais curta, com o início do molhamento ocorrendo mais tarde.

A DPM medida sobre o gramado na posição padrão foi correlacionada por meio de regressão linear simples com a DPM medida nas quatro diferentes posições da videira, para todos os dias e para os dias sem e com chuva, como pode ser observado nas Figuras 2.12, 2.13 e 2.14.

Figura 2.12 – Relação entre a duração do período de molhamento (DPM) padrão sobre o gramado e a DPM no interior do vinhedo nas diferentes posições da planta: Topo-SW (a), Topo-NE (b), Dossel-SW (c) e Dossel-NE (d), considerando todos os dias do período de 11/11/2005 a 05/03/2006, em Jundiaí, SP, Brasil

Figura 2.13 - Relação entre a duração do período de molhamento (DPM) padrão sobre o gramado e a DPM no interior do vinhedo nas diferentes posições da planta: Topo-SW (a), Topo-NE (b), Dossel-SW (c) e Dossel-NE (d), considerando somente os dias sem chuva do período de 11/11/2005 a 05/03/2006, em Jundiaí, SP, Brasil

Figura 2.14 - Relação entre a duração do período de molhamento (DPM) padrão sobre o gramado e a DPM no interior do vinhedo nas diferentes posições da planta: Topo-SW (a), Topo-NE (b), Dossel-SW (c) e Dossel-NE (d), considerando somente os dias com chuva do período de 11/11/2005 a 05/03/2006, em Jundiaí, SP, Brasil

Considerando todos os dias do período de 11/11/2005 a 05/03/2006 (Figura 2.12), observou-se uma boa correlação entre a DPM padrão sobre o gramado e a DPM no interior do vinhedo nas posições Topo-SW ($R^2 = 0,86$), Topo-NE ($R^2 = 0,88$), Dossel-SW ($R^2 = 0,89$) e Dossel-NE ($R^2 = 0,88$) da videira.

Considerando apenas os dias sem chuva (Figura 2.13), uma maior dispersão dos dados foi observada, resultando numa correlação mais baixa entre a DPM padrão sobre o gramado e a DPM no interior do vinhedo: Topo-SW ($R^2 = 0,71$), Topo-NE ($R^2 = 0,72$), Dossel-SW ($R^2 = 0,77$) e Dossel-NE ($R^2 = 0,75$). Isto ocorreu devido às diferenças entre o microclima sobre o gramado e no interior do vinhedo (diferentes estruturas de planta), afetando a formação e o secamento do molhamento causado por orvalho, resultando em uma maior diferença entre a DPM padrão e a DPM no vinhedo nos dias sem chuva.

Para os dias com chuva (Figura 2.14), observou-se as melhores correlações, com os coeficientes de determinação mais elevados: Topo-SW ($R^2 = 0,90$), Topo-NE ($R^2 = 0,91$), Dossel-SW ($R^2 = 0,89$) e Dossel-NE ($R^2 = 0,88$). Esta menor dispersão dos dados ocorreu porque nos dias com chuva as condições ambientais (microclima) sobre o gramado e no interior do vinhedo tornaram-se similares, já que a chuva tende a molhar todo tipo de vegetação de modo mais uniforme.

A análise geral das correlações entre a DPM medida sobre o gramado e nas diferentes posições da videira por meio de regressão linear simples torna possível afirmar que a dispersão dos dados foi pequena, visto que os coeficientes de determinação (R^2) apresentaram valores elevados e significativos. Considerando-se a correlação feita para o período completo (Figura 2.12), os valores de R^2 variaram de 0,86 a 0,89, mostrando uma correlação definida entre a DPM padrão sobre o gramado e a DPM no interior do vinhedo. Assim, torna-se possível estimar a DPM no interior do vinhedo de ‘Niagara Rosada’ conduzido em sistema de espaldeira a partir da DPM medida em estação meteorológica padrão.

2.5 Conclusões

No interior do vinhedo de ‘Niagara Rosada’ não houve diferença significativa entre o topo da planta e a altura dos cachos de uva, como também entre as faces sudoeste e nordeste do vinhedo. Apesar de não terem sido observadas diferenças significativas da DPM entre as

diferentes posições da videira ‘Niagara Rosada’, a posição Topo-SW foi a que apresentou a DPM mais longa. Esta posição deve ser considerada como um padrão para medidas no interior do vinhedo, levando-se em consideração o uso em sistemas de alerta fitossanitário. A duração do período de molhamento nas diferentes posições da videira pode ser estimada a partir de medidas de DPM obtidas em uma estação meteorológica padrão, em função das altas correlações observadas.

Referências

- ARMSTRONG, R.; BATHAKUR, N.N.; NORRIS, E. A comparative study of three leaf wetness sensors. **International Journal of Biometeorology**, Berlin/Heidelberg, v.37, n.1, p.7-10, 1993.
- BAIER, W. Studies on dew formation under semi-arid conditions. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.3, p.103-112, 1966.
- BATHAKUR, N.N. A comparative study of radiometric and electronic leaf wetness sensors. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.36, n.1, p.83-90, 1985.
- BURRAGE, S.W. Dew on wheat. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.10, p.3-12, 1972.
- CHTIOUI, Y.; PANIGRAHI, S.; FRANCL, L. A generalized regression neural network and its application for leaf wetness prediction to forecast plant disease. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, Amsterdam, v.48, n.1, p.47-58, 1999.
- 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, n.10, p.1482-1487, 1978.
- DALLA MARTA, A.; DE VINCENZI, M.; DIETRICH, S.; ORLANDINI, S. Neural network for the estimation of leaf wetness duration: application to a *Plasmopara viticola* infection forecasting. **Physics and Chemistry of the Earth**, Cambridge, v.30, n.1/3, p.91-96, 2005.
- DALLA MARTA, A.; ORLANDINI, S.; GHIRONI, M.; SABATINI, F. Influence of different sensor positions on leaf wetness duration measurements and their effect on the simulation of grapevine downy mildew (*Plasmopara viticola*). **Időjárás: Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service**, Budapest, v.108, n.4, p.253-263, 2004.
- DAVIS, D.R.; HUGUES, J.E. A new approach to recording the wetting parameter by the use of electrical resistance sensors. **Plant Disease Report**, Saint Paul, v.54, p.474-479, 1970.
- FRANCL, L.J.; PANIGRAHI, S. Artificial neural network models of wheat leaf wetness. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.88, n.1, p.57-65, 1997.

GEISLER, L.J.; HORST, G.L.; YUEN, G.Y. A site-specific sensor for measuring leaf wetness duration within turfgrass canopies. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.81, n.1/2, p.145-156, 1996.

GETZ, R.R. **Report on the measurement of leaf wetness**. Report to WMO, Commission for Instruments and methods of Observation. 1991. 9p.

GILLESPIE, T.J.; BARR, A. Adaptation of a dew estimation scheme to a new crop and site. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.31, n.3/4, p.289-295, 1984.

GILLESPIE, T.J.; BRISCO, B.; BROWN, R.J.; SOFKO, G.J. Radar detection of a dew event in wheat. **Remote Sensing of Environment**, Amsterdam, v.33, n.3, p.151-156, 1990.

GILLESPIE, T.J.; DUAN, R.X. A comparison of cylindrical and flat plate sensors for surface wetness duration. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.40, n.1, p.61-70, 1987.

GILLESPIE, T.J.; KIDD, G.E. Sensing duration of leaf moisture retention using electrical impedance grids. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.58, p.179-187, 1978.

GLEASON, M.L.; PARKER, S.K.; PITBLADO, R.E.; LATIN, R.X.; SPERANZINI, D.; HAZZARD, R.V.; MALETTA, M.J.; COWGILL, W.P.; BIEDERSTEDT, D.L. Validation of a commercial system for remote estimation of wetness duration. **Plant Disease**, Saint Paul, v.81, n.7, p.825-829, 1997.

GLEASON, M.L.; TAYLOR, S.E.; LOUGUIN, T.M.; KOEHLER, K.L. Development and validation of an empirical model to estimate the duration of dew periods. **Plant Disease**, Saint Paul, v.78, n.10, p.1011-1016, 1994.

GOZZINI, B.; ORLANDINI, S.; SEGUI, L. Influenza della vegetazione e dell'orientamento del sensore sulla rilevazione della bagnatura fogliare. **Informatore Fitopatologico**, Bologna, v.4, p.55-59, 1996.

GUYOT, J.; OMANDA, E.N.; PINARD, F. Some epidemiological investigations on Colletotrichum leaf disease on rubber tree. **Crop Protection**, Oxford, v.24, n.1, p.65-77, 2005.

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

KIM, K.S.; TAYLOR, S.E.; GLEASON, M.L.; VILLALOBOS, R.; ARAUZ, L.F. Estimation of leaf wetness duration using empirical models in northwestern Costa Rica. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.129, n.1, p.53-67, 2005.

KLEMM, O.; MILFORD, C.; SUTTON, M.A.; SPINDLER, G.; VAN PUTTEN, E. A climatology of leaf surface wetness. **Theoretical and Applied Climatology**, New York, v.71, n.1/2, p.107-117, 2002.

- LAU, Y.F.; GLEASON, M.L.; ZRIBA, N.; TAYLOR, S.E.; HINZ, P.N. Effects of coating, deployment angle, and compass orientation on performance of electronic wetness sensors during dew periods. **Plant Disease**, Saint Paul, v.84, n.2, p.192-197, 2000.
- LOMAS, J. Note on dew-duration recorders under semi-arid conditions. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.2, p.351-359, 1965.
- LOMAS, J. SHASHOUA, Y. The performance of three types of leaf-wetness recorders. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.7, p.159-166, 1970.
- MELO, A.R.; LOMBARDI NETO, F. Planejamento agroambiental da Estação Experimental de Jundiaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 13., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: SBEA/UFLA, p.339-391, 1998.
- MIRANDA, R.A.C.; DAVIE, T.D.; CORNELL, S.E. A laboratory assessment of wetness sensors for leaf, fruit and trunk surfaces. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.102, n.4, p.263-274, 2000.
- MONTEITH, J.L. Dew: facts and fallacies. In: RUTTER, A.J.; WHITEHEAD, F.H. (Ed.). **The water relations of plants**. London: Blackwell Scientific, 1961. p.35-56.
- MONTEITH, J.L.; UNSWORTH, M.H. **Principles of environmental physics**. 2nd ed. New York: Edward Arnold, 1990. 291p.
- NORMAN, J.M.; CAMPBELL, G. Application of a plant environment model to problems in the environment. **Advances in Irrigation**, New York, v.2, p.155-188, 1983.
- PEDRO JÚNIOR, M.J.; GILLESPIE, T.J. Estimating dew duration. I. Utilizing micrometeorological data. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.25, p.283-296, 1982a.
- PEDRO JÚNIOR, M.J.; GILLESPIE, T.J. Estimating dew duration. II. Utilizing standard weather station data. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.25, p.297-310, 1982b.
- PEDRO, M.J. **Relation of leaf surface wetness duration to meteorological parameters**. 1980. 147p. Dissertation (Ph.D.) - University of Guelph, Guelph, 1980.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.
- RAMAN, C.R.V.; VENKATARAMAN, S.; KRISHNAMURTHY, V. Dew over India and its contribution to winter-crop water balance. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.11, p.17-35, 1973.
- RAO, P.S.; GILLESPIE, T.J.; SCHAAFSMA, A.W. Estimating wetness duration on maize ears from meteorological observations. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.78, n.1, p.149-154, 1998.

SABATINI, F. et al. Review of leaf wetness duration sensors. In: DALLA MARTA, A.; KAJFEZ BOGATAI, F.; MARACCHI, G.; ORLANDINI, S.; ROSSI, F. (Ed.). **Leaf wetness duration: analysis of the agrometeorological requirements and evaluation of new estimation methods**. Bruxelles: COST 718, European Union, 2004. p.19-28.

SANTOS, E.A. **Duração do período de molhamento foliar**: medida com sensores eletrônicos, variabilidade espacial em culturas e estimativa com modelos empíricos. 2006. 56p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração: Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

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

SENTELHAS, P.C.; GILLESPIE, T.J.; BATZER, J.C.; GLEASON, M.L.; MONTEIRO, J.E.B.A.; PEZZOPANE, J.R.M.; PEDRO JÚNIOR, M.J. Spatial variability of leaf wetness duration in different crop canopies. **International Journal of Biometeorology**, Berlin/Heidelberg, v.49, n.6, p.363-370, 2005.

SENTELHAS, P.C.; GILLESPIE, T.J.; GLEASON, M.L.; MONTEIRO, J.E.B.A.; HELLAND, S.T. Operational exposure of leaf wetness sensors. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.126, n.1, p.59-72, 2004a.

SENTELHAS, P.C.; GILLESPIE, T.J.; SANTOS, E.A. Leaf wetness duration measurement: comparison of cylindrical and flat plate sensors under different field conditions. **International Journal of Biometeorology**, Berlin/Heidelberg, v.51, n.4, p.265-273, 2007.

SENTELHAS, P.C.; MONTEIRO, J.E.B.A.; GILLESPIE, T.J. Electronic leaf wetness duration sensor: why it should be painted. **International Journal of Biometeorology**, Berlin/Heidelberg, v.48, n.4, p.202-205, 2004b.

SENTELHAS, P.C.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; FELÍCIO, J.C. Estimativa da duração do período de molhamento para trigo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1, n.1, p.117-122, 1993.

SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Comissão interestadual da bacia do Paraná – Uruguai em colaboração com as centrais elétricas de São Paulo (CESP), 1966. 61p.

SHARMA, M.L. Contribution of dew in the hydrological balance of a semi-arid grassland. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.17, p.321-331, 1976.

SMITH, C.A.; GILPATRICK, J.D. Geneva leaf-wetness detector. **Plant Disease**, Saint Paul, v.64, p.286-288, 1980.

SUTTON, J.C.; GILLESPIE, T.J.; HILDEBRAND, P.D. Monitoring weather factors in relation to plant disease. **Plant Disease**, Saint Paul, v.68, n.1, p.78-84, 1984.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The wather balance. **Publications in Climatology**, Centerton, v.8, n.1, p.1-104. 1955.

VAN DER WAL, A.F. Moisture as a factor in epidemiology and forecasting. In: KOSLOWSKI, T.T. (Ed.). **Water deficits and plant growth – Water and plant disease**. New York: Academic Press, v.5, 1978. p.253-295.

WALLIN, J.R. Agrometeorological aspects of dew. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.42, p.85-102, 1967.

WEI, Y.Q.; BAILEY, B.J.; STENNING, B.C. A wetness sensor for detecting condensation on tomato plants in greenhouses. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Amsterdam, v.61, n.3, p.197-204, 1995.

WEISS, A.; HAGEN, A.F. Further experiments on the measurement of leaf wetness. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.29, p.207-212, 1983.

WEISS, A.; LUKENS, A.F.; STEADMAN, J.R. A sensor for the direct measurement of leaf wetness: construction techniques and testing under controlled conditions. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.43, n.3/4, p.241-249, 1988.

WEISS, A.; LUKENS, D.L. Electronic circuit for detecting leaf wetness and comparison of two sensors. **Plant Disease**, Saint Paul, v.65, n.1, p.41-43, 1981.

WILSON, T.B.; BLAND, W.L.; NORMAN, J.M. Measurement and simulation of dew accumulation and drying in potato canopy. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.93, n.2, p.111-119, 1999.

WITTICH, K.P. Some remarks on dew duration on top an orchard. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.72, n.3/4, p.167-180, 1995.

ZANGVIL, A. Six years of dew observations in the Negev Desert, Israel. **Journal of Arid Environments**, Amsterdam, v.32, n.4, p.361-371, 1996.

3 ESTIMATIVA DA DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO SOBRE O GRAMADO E EM VINHEDO DE ‘NIAGARA ROSADA’ EM CONDIÇÃO SUBTROPICAL

Resumo

A duração do período de molhamento (DPM) é uma variável agrometeorológica de grande importância para a ocorrência de doenças de plantas. Como a DPM é raramente medida nas estações meteorológicas, ela deve ser estimada quando se pretende empregar sistemas de alerta de controle químico. Desse modo, o objetivo do presente estudo foi avaliar a estimativa da DPM sobre o gramado por diferentes modelos a partir de dados meteorológicos obtidos em uma estação meteorológica padrão e verificar as relações entre a DPM estimada para o gramado e a medida em um vinhedo de ‘Niagara Rosada’, conduzido em espaldeira, em Jundiaí, SP, Brasil. Os sensores de molhamento no vinhedo foram instalados no topo das plantas com um ângulo de 45° e com a face superior do sensor voltada para sudoeste, com três repetições. Os quatro modelos de estimativa da DPM foram: número de horas com umidade relativa do ar acima de 90% (NHUR > 90%), depressão do ponto de orvalho (DPO), árvore de classificação e regressão (CART) e o de Penman-Monteith (PM). O modelo CART foi o que estimou melhor a DPM sobre o gramado, apresentando uma boa precisão ($R^2 = 0,82$) e uma ótima exatidão ($d = 0,94$), resultando num bom índice de confiabilidade ($c = 0,85$). Esta estimativa também apresentou uma boa correlação com a DPM medida no interior do vinhedo, com uma precisão razoável ($R^2 = 0,87$) e uma ótima exatidão ($d = 0,96$), resultando num ótimo índice de confiabilidade ($c = 0,93$), o que permitiu concluir que é possível estimar a DPM no vinhedo de ‘Niagara Rosada’ por meio de dados estimados na estação meteorológica padrão.

Palavras-chave: *Vitis labrusca*; Estimativa da DPM; Umidade relativa; Temperatura do ponto de orvalho

ESTIMATING LEAF WETNESS DURATION OVER TURFGRASS, AND IN A 'NIAGARA ROSADA' VINEYARD, IN A SUBTROPICAL ENVIRONMENT

Abstract

Leaf wetness duration (LWD) is a agrometeorological parameter of great importance for plant diseases occurrence. As LWD is seldom measured in a standard weather station, it must be estimated to run warning systems to schedule chemical disease control. The objective of the present study was to estimate LWD over turfgrass considering different models with data from a standard weather station, and to evaluate the correlation between estimated LWD over turfgrass and LWD measured in a 'Niagara Rosada' vineyard, cultivated in a hedgerow training system, in Jundiaí, São Paulo State, Brazil. The wetness sensors inside the vineyard were located at the top of the plants, deployed with an angle of 45° to horizontal and oriented to southwest, with three replications. The methods used to estimate LWD were: number of hours with relative humidity above 90% (NHRH > 90%), dew point depression (DPD), classification and regression tree (CART) and Penman-Monteith (PM). The CART model had the best performance to estimate LWD over turfgrass, with a good precision ($R^2 = 0.82$) and a high accuracy ($d = 0.94$), resulting in a good confidence index ($c = 0.85$). The results from this model also presented a good correlation with measured LWD inside the vineyard, with a good precision ($R^2 = 0.87$) and a high accuracy ($d = 0.96$), resulting in a high confidence index ($c = 0.93$), showing that LWD in a 'Niagara Rosada' vineyard can be estimated by an empirical model with data from a standard weather station.

Keywords: *Vitis labrusca*; LWD estimate; Relative humidity; Dew point temperature

3.1 Introdução

A duração do período de molhamento (DPM) é resultante de vários processos, como a deposição de orvalho, chuva ou irrigação sobre as plantas. A DPM é uma variável extremamente importante na relação patógeno-hospedeiro, sendo o fator crítico para o processo epidemiológico de doenças nas culturas. Isto porque a grande maioria dos patógenos, principalmente fungos e bactérias, requer a presença de água livre sobre as plantas para a germinação dos esporos e para a infecção do tecido. Assim, a determinação dessa variável torna-se fundamental para a identificação do potencial de risco de ocorrência de doenças nas culturas e na tomada de decisão quanto à realização dos controles químicos, sendo esta uma das áreas mais promissoras da agrometeorologia operacional (HOPPMANN; WITTICH, 1997; SENTELHAS, 2004).

A DPM é uma variável difícil de ser medida ou estimada, devido a esta ser regida tanto pelas condições atmosféricas quanto por suas interações com a estrutura e composição da comunidade vegetal (MAGAREY, 1999; MAGAREY et al., 2001; MADEIRA et al., 2002; SENTELHAS et al., 2005). A DPM é raramente medida em estações meteorológicas convencionais ou mesmo nas automáticas. Até mesmo quando as medidas de DPM são disponíveis, estas falham freqüentemente na representação da DPM em locais distantes de uma estação meteorológica, devido à variabilidade espacial da ocorrência do molhamento (RAO et al., 1998). Por outro lado, a existência de molhamento é dependente do balanço de energia de uma superfície e pode ser simulada utilizando aproximações físicas ou empíricas. Alguns modelos, portanto, têm sido desenvolvidos para estimar a DPM utilizando variáveis meteorológicas convencionais, tais como temperatura do ar, pressão de vapor d'água e velocidade do vento, as quais são pouco variáveis no espaço (PEDRO; GILLESPIE, 1982a,b; GLEASON et al., 1994; FRANCL; PANIGRAHI, 1997; CHTIOUI et al., 1999; MADEIRA et al., 2002; KIM et al., 2002).

Apesar dos esforços, a metodologia de estimativa da DPM ainda está em um estágio pouco avançado (MAGAREY, 1999; DALLA MARTA et al., 2005). Por todas estas razões, o uso de modelos de simulação parecem ser uma alternativa útil para determinação da DPM a campo (HOPPMANN; WITTICH, 1997; DALLA MARTA et al., 2005), como por exemplo modelos desenvolvidos para estimar a DPM utilizando equações de balanço de energia, métodos estatísticos ou redes neurais (PEDRO; GILLESPIE, 1982a,b; GLEASON et al., 1994; FRANCL;

PANIGRAHI, 1997; CHTIOUI et al., 1999; MADEIRA et al., 2002; KIM et al., 2002; KIM et al., 2005).

Em vista da escassez de medidas de DPM, tanto na posição padrão no gramado quanto no interior das culturas, o objetivo do presente estudo foi avaliar a estimativa da DPM sobre o gramado por meio de quatro diferentes modelos a partir de dados meteorológicos obtidos em uma estação meteorológica padrão e verificar as relações entre as estimativas e a DPM medida no interior do vinhedo.

3.2 Revisão bibliográfica

3.2.1 Estimativa da DPM por modelos físicos

Existem poucos estudos na literatura que tem correlacionado dados de DPM sobre o gramado, em uma estação meteorológica, com dados obtidos em culturas adjacentes. Por outro lado, os modelos mais acurados e precisos para estimativa da DPM, tais como Pedro e Gillespie (1982a, 1982b), Zhang e Gillespie (1990), Gleason et al. (1994), Rao et al. (1998) e Magarey (1999), utilizam dados de estação meteorológica padrão. As boas correlações obtidas por Sentelhas et al. (2004) entre a DPM a 30 cm sobre o gramado e nas culturas, reforçam a idéia de que adotar modelos físicos para estimar a DPM na altura de 30 cm sobre o gramado é uma alternativa viável para a medida direta. Este procedimento é uma tarefa de modelagem menos complexa que procura considerar todas as diversas características das diferentes culturas.

Os modelos baseados nos princípios do balanço de energia estimam a DPM pelo cálculo do fluxo de calor latente (PEDRO; GILLESPIE, 1982a,b; ANDERSON et al., 2001; MADEIRA et al., 2002). Como esses modelos são representações matemáticas dos princípios físicos envolvidos na deposição e evaporação do orvalho, estes podem ser utilizados em qualquer lugar onde os dados meteorológicos de entrada necessários estejam disponíveis (KIM et al., 2004). A acurácia dos resultados, contudo, é bastante sensível à acurácia dos dados meteorológicos de entrada (MAGAREY, 1999). Esta sensibilidade torna difícil estimar a DPM com acurácia na prática, especialmente em escala micrometeorológica, devido ao dado de entrada ter que ser medido em cada local onde a estimativa da DPM é pretendida (RAO et al., 1998). Outra limitação dos modelos físicos é que a radiação líquida, uma variável de entrada fundamental para

esses modelos, é difícil de ser calculada na escala horária durante as noites quando não há disponibilidade de dados de cobertura de nuvens, o que é comum na maioria das estações meteorológicas. É possível, contudo, substituir certas variáveis utilizadas em modelos físicos (variáveis medidas) por outras variáveis estimadas empiricamente (KIM et al., 2004). Um exemplo adotado para a cultura de milho utiliza a temperatura da folha estimada a partir da temperatura do ar (relação empírica), ao invés de utilizar a temperatura da folha medida, em um modelo físico (PEDRO; GILLESPIE, 1982b; GILLESPIE; BARR, 1984; RAO et al., 1998). Entretanto, este tipo de procedimento pode comprometer a abrangência dos modelos físicos, dado que relações empíricas podem diferir de local para local (KIM et al., 2004).

No passado, muitos modelos físicos de simulação da DPM foram desenvolvidos. Eles foram baseados no balanço de radiação e de energia e utilizam dados meteorológicos padrão e dados micrometeorológicos medidos na escala da cultura (PENMAN, 1948; CHEN, 1948; PEDRO; GILLESPIE, 1982a,b; LECLERC et al., 1986; HUBER; GILLESPIE, 1992; WILSON et al., 1999). Todavia, em muitos casos, o conhecimento incompleto da interação entre todos os elementos meteorológicos e a DPM faz a configuração de um modelo matemático eficiente muito difícil (DALLA MARTA et al., 2005).

Segundo Pedro e Gillespie (1982b) e Madeira et al. (2002), os modelos de balanço de energia estimam a DPM para intervalos de 1 h utilizando dados de entrada medidos em estações meteorológicas padrão. Considerando que esses modelos incluem princípios físicos, as estimativas da DPM podem ser acuradas em qualquer local, contanto que dados de entrada acurados sejam utilizados (SANTOS, 2006; SENTELHAS et al., 2008). Devido aos modelos de balanço de energia utilizarem o saldo de radiação calculado, que inclui a radiação de onda longa incidente, esses modelos necessitam de dados de cobertura de nuvens, os quais são disponíveis somente em poucas estações meteorológicas (KIM et al., 2005). Além disso, os modelos de balanço de energia podem não ser capazes de estimar a DPM com uma acurácia aceitável utilizando estimativas meteorológicas geradas por interpolação espacial ou por modelos meteorológicos de mesoescala, provavelmente devido à sensibilidade dos modelos físicos aos erros destes dados de entrada (MAGAREY, 1999).

Dentre os modelos físicos utilizados para estimar a deposição e a evaporação do molhamento, o que se baseia na equação de Penman-Monteith (MONTEITH; UNSWORTH, 1990) possui algumas vantagens em relação aos modelos baseados em uma aproximação do

balanço de energia (PEDRO; GILLESPIE, 1982a,b). A principal vantagem deste modelo é a eliminação da necessidade da medida da temperatura do ar na mesma altura da cultura (folha). A aproximação de Penman-Monteith assume que a temperatura do ar medida numa determinada altura sobre o gramado em uma estação meteorológica padrão é equivalente a temperatura na mesma altura sobre o topo de um dossel, e que adicionando uma resistência ao modelo é o suficiente para levar em consideração a camada de ar a partir da altura medida sobre o dossel até o nível das folhas (RAO et al., 1998; SENTELHAS et al., 2006). Resultados de Luo e Goudriaan (1999, 2000) em uma região tropical das Filipinas, Jacobs et al. (2002) em uma região Mediterrânea árida, Rao et al. (1998) no sul do Canadá, e Sentelhas et al. (2004) em uma região tropical do Brasil, tem mostrado que as aproximações de Penman-Monteith estimaram muito bem a DPM sob diversas condições climáticas.

3.2.2 Estimativa da DPM por modelos empíricos

Dentre os métodos empíricos de estimativa da DPM, o número de horas com umidade relativa do ar acima de 90% ($NHUR > 90\%$) é o mais comum (SENTELHAS, 2004). Os modelos de DPM empíricos têm sido desenvolvidos e validados como alternativas aos modelos físicos (GLEASON et al., 1994; FRANCL; PANIGRAHI, 1997; CHTIOUI et al., 1999; KIM et al., 2002; KIM et al., 2004), já que são mais simples. Francl e Panigrahi (1997) relataram que um modelo de rede neural estimou a presença e ausência de molhamento em uma superfície com uma acurácia superior a 90% utilizando dados meteorológicos obtidos de uma estação meteorológica padrão. O modelo CART/SLD, o qual estimou a DPM com maior acurácia que o modelo de rede neural, foi desenvolvido utilizando uma aproximação estatística denominada análise da árvore de classificação e regressão (CART), o qual derivou relações empíricas entre a DPM e variáveis meteorológicas (BREIMAN et al., 1984; GLEASON et al., 1994). O modelo CART/SLD/Wind proposto por Kim et al. (2002) melhorou a acurácia do modelo CART/SLD por meio da extrapolação da velocidade do vento para a altura de um sensor de molhamento. O modelo CART/SLD/Wind requer relativamente poucas variáveis de entrada, as quais tornam-se mais fáceis de se obter. Contudo, a natureza empírica do modelo CART/SLD/Wind pode limitar esta abrangência espacial e temporal (KIM et al., 2004).

Os modelos empíricos podem estimar a DPM sem quaisquer dados de nebulosidade ou dados meteorológicos altamente acurados como entrada. No meio-oeste dos EUA, por exemplo, Kim et al. (2002) obtiveram estimativas da DPM razoavelmente acuradas com o modelo CART/SLD/Wind utilizando estimativas meteorológicas de local específico como entradas. O modelo CART/SLD/Wind, contudo, pode não ser abrangente para outras regiões climáticas, dado que o modelo representa relações empíricas derivadas em um clima de zona temperada. Assim, sugere-se que a acurácia da estimativa da DPM pelo modelo CART/SLD/Wind depende, em parte, da localização geográfica (KIM et al., 2004; KIM et al., 2005).

Comparando a DPM medida por sensores e a DPM estimada sobre o gramado pelo modelo NHUR > 90%, Gleason et al. (1994) encontraram um erro 40% maior do que o obtido com o modelo CART, o qual também utiliza, além da umidade relativa do ar (UR), a depressão do ponto de orvalho (DPO) e velocidade do vento (U). Resultados semelhantes também foram obtidos por Franci e Panigrahi (1997), estimando a DPM para a cultura do trigo. Em contrapartida, Rao et al. (1998) encontraram uma acurácia tão boa quanto as estimativas feitas por modelos físicos complexos, estimando a DPM para a cultura do milho com métodos mais simples baseados na UR. Contudo, os modelos empíricos necessitam ser testados e validados para diferentes culturas e locais, enquanto que os modelos baseados nos princípios físicos do processo de molhamento foliar possuem aplicação universal (SENTELHAS, 2004).

Santos (2006), em Piracicaba, SP, Brasil, estimou a DPM sobre o gramado por quatro modelos empíricos: modelo do número de horas com umidade relativa acima de 87% (NHUR > 87%); modelo do limiar estendido de umidade relativa que é baseado no número de horas com umidade relativa acima de 87%, porém com limite variável de acordo com um fator arbitrário de variação da umidade relativa ao longo do tempo; modelo da árvore de classificação e regressão (CART); e, modelo da depressão do ponto de orvalho (DPO). Os modelos NHUR > 87%, CART e DPO forneceram boas estimativas da DPM com erro absoluto médio variando de 1,4 a 2,8 h ao longo das estações seca e chuvosa. Durante a estação seca, os modelos NHUR > 87%, CART e DPO tenderam a subestimar a DPM. O modelo do limiar estendido de umidade relativa foi o que apresentou o pior desempenho entre os modelos avaliados, não sendo recomendável sua aplicação para a estimativa da DPM no gramado na região de Piracicaba, SP, Brasil.

Sentelhas et al. (2008) avaliaram o desempenho de três modelos empíricos baseados na umidade relativa para estimar a DPM sobre o gramado em quatro regiões ao redor do mundo com

diferentes condições climáticas: Ames, IA (EUA); Elora, Ontário (Canadá); Florença, Toscana (Itália); e, Piracicaba, São Paulo (Brasil). Tais modelos empíricos foram: limiar de umidade relativa constante ($RH \geq 90\%$); depressão do ponto de orvalho (DPD); e, limiar estendido de umidade relativa (EXT_RH). Foram observados desempenhos diferentes dos modelos nas quatro localidades. Em Ames, Elora e Piracicaba, os modelos $RH \geq 90\%$ e DPD subestimaram a DPM sobre o gramado, enquanto em Florença estes modelos superestimaram a DPM sobre o gramado, especialmente para períodos curtos de molhamento. Quando o modelo EXT_RH foi utilizado, a DPM foi superestimada para todos os locais, com um aumento significativo nos erros. Em geral, o desempenho do modelo $RH \geq 90\%$ foi melhor. Os autores também concluíram que o modelo EXT_RH foi inadequado para a estimativa da DPM sobre o gramado nas quatro regiões estudadas.

Um sistema de lógica fuzzy pode prover uma estrutura computacional para desenvolver um modelo empírico da DPM que concorda com os princípios do balanço de energia (KIM et al., 2004). Contudo, de acordo com Zadeh (1992), os resultados da lógica fuzzy nem sempre são precisos. Devido à presença de molhamento, especialmente o orvalho é estimado identificando se algum ou nenhum vapor d'água condensará em uma superfície, sendo possível estimar a ocorrência de molhamento pelo cálculo da direção do fluxo de calor latente em lugar do valor escalar do fluxo. É, portanto, razoável utilizar a lógica fuzzy para a formulação empírica das relações entre o fluxo de calor latente e outros fluxos de energia, como calor sensível e radiação líquida, para identificar a ocorrência de molhamento (KIM et al., 2004). É provável que os modelos de DPM baseados na lógica fuzzy possam ser utilizados em diversas regiões geográficas, cujas condições climáticas sejam similares, dado que a lógica fuzzy permite a incorporação de princípios físicos dentro de um modelo empírico (KIM et al., 2005). Kim et al. (2004) mostraram que a modelagem da DPM com um sistema de lógica fuzzy conseguiu estimar essa variável com um erro menor e com grande abrangência espacial em relação ao modelo CART/SLD/Wind no meio-oeste dos EUA. Além disso, o modelo fuzzy pode ser ajustado utilizando um valor peso, denominado fator de correção.

Nos últimos anos, alguns pesquisadores têm aplicado no setor agro-ambiental um tipo particular de modelo matemático: redes neurais artificiais (ANNs) (ARCA et al., 1999; DALLA MARTA et al., 2005). As ANNs consistem de unidades computacionais (neurônios) que possuem uma quantidade pequena de memória. Os neurônios são conectados entre si por meio de canais de

comunicação (sinapses) atravessados por dados numéricos (PATTERSON, 1996; DALLA MARTA et al., 2005). Os modelos ANNs são conduzidos por parâmetros físico-ambientais, os quais são difíceis de se calcular por medida direta. Além disso, as ANNs são aplicadas para melhorar a capacidade de alguns dispositivos reduzirem a influência das quantidades de difusão turbulenta nas medidas (ARCA et al., 1998; BENINCASA et al., 2000). Alguns autores propuseram a neurocognição para estimar a DPM do trigo (FRANCL; PANIGRAHI, 1997; CHTIOUI et al., 1999) e estimar o tempo de molhamento dos carpóforos do cogumelo em condições ambientais controladas (BACCI et al., 2000).

3.3 Material e métodos

3.3.1 Local do experimento

O experimento foi realizado no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Frutas do Instituto Agronômico (IAC), localizado no município de Jundiaí, SP, Brasil (Lat.: 23° 12' S; Long.: 46° 53' W; Alt.: 715 m), durante o período de 11/11/2005 a 05/03/2006 (115 dias). O clima de Jundiaí, de acordo com Köppen, é classificado como Cfa para suas regiões mais baixas e Cfb para suas regiões mais altas (SETZER, 1966), ambos considerados climas úmidos. De acordo com as Normais Climatológicas (período de 1961 a 1990), a temperatura média do mês mais frio (julho) é de 17,1°C, enquanto que a temperatura média do mês mais quente (fevereiro) é de 24,2°C, sendo a temperatura média anual de 20,9°C. O total pluviométrico médio do inverno é de 59 mm (junho), enquanto que o do verão é de 227 mm (janeiro), com total médio anual de 1.412 mm.

3.3.2 Delineamento experimental

A parcela experimental foi instalada em vinhedo da uva de mesa 'Niagara Rosada', conduzido em sistema de espaldeira, com três fios de arame espaçados de 30 cm, sendo o primeiro fio (mais baixo) a 100 cm do solo. As videiras tinham um espaçamento de 2 m entre linhas (ruas) e de 1 m entre plantas. A poda das videiras ocorreu no dia 20/09/2005. Com a

freqüência necessária, foi feita a poda verde, constando da eliminação de gavinhas, de ramos axilares (desnetamento) e da parte terminal dos ramos, na altura de 100-120 cm (desponta). A área das entrelinhas foi coberta com ‘mulch’ de capim gordura (*Melinis minutiflora* Pal. Beauv.), com 10 cm de espessura.

A DPM no interior do vinhedo foi medida utilizando-se sensores eletrônicos de placa de circuito impresso (marca Campbell Scientific, modelo 237), de 1 mm de espessura, com dois pentes de cobre intercalados, pintados com duas mãos de tinta látex branca e tratados termicamente para remoção de componentes higroscópicos. Esses sensores foram instalados no topo das plantas e com a face superior do sensor voltada para sudoeste (Topo-SW), inclinados com um ângulo de 45° em relação à horizontal, com três repetições. Os sensores foram conectados a um sistema de coleta automática de dados (marca Campbell Scientific, modelo CR 23X), programado para efetuar leituras a cada 5 s e armazenar os dados a cada 20 min.

Na estação meteorológica automática (EMA), pertencente ao campo experimental, localizada a 200 m a leste da área experimental, a DPM foi registrada em uma posição referência por um sensor de molhamento do mesmo modelo, a 30 cm de altura sobre o gramado, inclinado em 30° em relação à horizontal e com a superfície do sensor voltada para o sul (SENTELHAS et al., 2004). No mesmo local, também foram registrados os dados de temperatura do ar (T), umidade relativa do ar (UR), velocidade do vento a 2 m de altura (U), saldo de radiação (Rn) e precipitação (P), todos com a mesma freqüência da DPM no vinhedo. Os sensores de temperatura (termistor) e de umidade (capacitivo) do ar foram da marca Vaisala, modelo HMP45C. A velocidade do vento foi medida com um anemômetro de canecas da marca Engespaço. O saldo de radiação foi medido com um saldo radiômetro de termopilha da marca Kipp & Zonen, modelo NR LITE. A precipitação foi medida com um pluviômetro de báscula da marca Engespaço. Os sensores foram conectados a um sistema de coleta automática de dados da marca Campbell Scientific, modelo CR 10, o qual foi programado para efetuar leituras a cada 5 s e armazenar as médias e/ou totais a cada 20 min. Uma vista geral da EMA pode ser observada na Figura 2.6 do Capítulo 2.

3.3.3 Estimativa da DPM

Os dados meteorológicos na posição padrão foram utilizados para estimar a DPM sobre o gramado por quatro diferentes modelos: número de horas com umidade relativa do ar acima de 90% - NHUR > 90% (SENTELHAS, 2004), depressão do ponto de orvalho – DPO (GILLESPIE et al., 1993), árvore de classificação e regressão – CART (GLEASON et al., 1994) e Penman-Monteith – PM (SENTELHAS et al., 2006), conforme descrito a seguir:

- a) NHUR > 90%: a UR = 90% foi considerada como limite para o início da deposição do orvalho (SENTELHAS, 2004). O número de intervalos de 20 min durante um dia (das 12:20 h do dia 1 às 12:00 h do dia 2) com UR acima de 90% dividido por três foi considerado como a DPM (h).
- b) DPO: a diferença entre T e a temperatura do ponto de orvalho (To) foi sugerida como um método de estimativa da DPM por Gillespie et al. (1993), sendo o intervalo de tempo em que a DPO permanece entre dois limites específicos: 2,0°C para a deposição do orvalho e 3,8°C para seu secamento (RAO et al., 1998).
- c) CART: o procedimento não-paramétrico de classificação para estimativa da DPM, sugerido por Gleason et al. (1994), foi adaptado para dados coletados a cada 20 min e aplicado para o intervalo das 12:20h (dia 1) às 12:00h (dia 2). Esse modelo foi desenvolvido para estimar a DPM a partir da DPO, U e UR, utilizando-se uma árvore de classificação binária com nós (categorias) e ramos para verificar se um intervalo de 20 min apresenta ou não molhamento (Figura 3.1), empregando-se as eq. 3.1 e 3.2.

$$(1,6064 T^{0,5} + 0,0036 T^2 + 0,1531 UR - 0,4599 U * DPO - 0,0035 T * UR) > 14,46 \quad (3.1)$$

$$(0,7921 T^{0,5} + 0,0046 UR - 2,3889 U - 0,039 T * U + 1,0613 U * DPO) > 37,00 \quad (3.2)$$

Assim, de acordo com a Figura 3.1, não ocorrerá molhamento se os dados meteorológicos caminharem para as Categorias 1 ou 2. Caso indiquem a Categoria 3, deve-se utilizar a eq. 3.1 e o molhamento ocorrerá somente se o resultado for superior a 14,46. Caso os dados indiquem a

Categoria 4, deve-se utilizar a eq. 3.2 e somente haverá molhamento se o resultado for superior a 37.

Figura 3.1 – Árvore de classificação para a estimativa da DPM

Fonte: Gleason et al. (1994).

d) PM: como apresentado por Sentelhas et al. (2006), esse modelo elimina a necessidade da medida da temperatura do ar na altura da cultura por assumir que a temperatura do ar medida sobre o gramado, em uma estação meteorológica padrão, normalmente entre 1,5 e 2,0 m de altura, representa a temperatura do ar à mesma altura na cultura (gramado, neste caso). Para essa aproximação, uma nova resistência é adicionada ao modelo, a qual foi assumida como a resistência aerodinâmica (r_a , $s\ m^{-1}$), decrita por Monteith e Unsworth (1990):

$$ra = \frac{\ln \left[\frac{(z_T - 0,65z_c)}{(0,13z_c)} \right]}{(0,4u^*)} \quad (3.3)$$

em que: z_c é a altura do gramado ($\sim 0,3$ m), z_T a altura da medida da temperatura ($\sim 1,7$ m) e u^* a velocidade de fricção (m s^{-1}), dada pelo perfil logarítmico do vento (PEDRO JÚNIOR; GILLESPIE, 1982b):

$$u^* = \frac{(0,4U_{z_T})}{\left\{ \ln \left[\frac{(z_T - 0,65z_c)}{(0,13z_c)} \right] \right\}} \quad (3.4)$$

em que: U_{z_T} é a velocidade do vento na altura z_T (m/s).

De acordo com Sentelhas et al. (2006), para a DPM estimada a 30 cm sobre o gramado, o valor de ra é simplificado para:

$$ra = \frac{68.75}{U_{z_T}} \quad (3.5)$$

Usando as relações apresentadas acima, o fluxo de calor latente (LE) para uma folha artificial pode ser estimado para cada intervalo de tempo (20 min, neste caso) empregando-se a equação de Penmam-Monteith (MONTEITH; UNSWORTH, 1990):

$$LE = - \frac{\left\{ sRn + \left[\frac{1200(es_{Ta} - ea)}{(ra + rb)} \right] \right\}}{(s + \gamma^*)} \quad (3.6)$$

em que: s é a tangente à curva de pressão de saturação de vapor ($\text{h Pa } ^\circ\text{C}^{-1}$), es_{Ta} a pressão de saturação de vapor à temperatura do ar medida na EMA, ea a pressão atual de vapor (h Pa), γ^* a constante psicrométrica modificada (assumida como sendo $0,64 \text{ kPa K}^{-1}$ com transferência de umidade e calor para ambos os lados do sensor durante o período com orvalho, e $1,28 \text{ kPa K}^{-1}$

para evaporação a partir de um lado do sensor após a chuva), e r_b a resistência da camada limite para o transporte de calor (s/m), dado por Campbell e Norman (1998) como sendo:

$$r_b = \frac{\left[307 * \left(\frac{d}{U_{zc}} \right)^{\frac{1}{2}} \right]}{2} \quad (3.7)$$

em que: d é a dimensão efetiva da folha artificial (sensor de molhamento de placa plana), igual a 0,07 m, e U_{zc} ($0,651 * U_{zT}$) a velocidade do vento na altura do gramado ($m s^{-1}$).

A máxima capacidade de retenção de água pela folha artificial (sensor) foi considerada igual a 0,8 mm para eventos com orvalho. O modelo admite que quando há ocorrência de chuva, esta inicia ou aumenta o molhamento e, portanto, é adicionada ao valor acumulado de LE (valores positivos) até um máximo de 0,6 mm (RAO et al., 1998).

Seguindo-se o mesmo procedimento adotado por Pedro Júnior e Gillespie (1982a) e Sentelhas et al. (2006), a DPM por esse modelo foi considerada como sendo o intervalo de tempo entre a deposição de molhamento, quando $LE > 0$ (orvalho) ou quando se iniciou uma chuva, e o seu secamento, considerado quando a condensação e/ou chuva acumuladas pelo modelo foram consumidas pela quantidade equivalente de evaporação. O intervalo de tempo considerado para se obter a DPM diária foi entre as 12:20 h (dia n) e as 12:00 h (dia $n+1$).

De acordo com Sentelhas et al. (2006), dois coeficientes W (geral e específico para uva) foram utilizados para converter a DPM estimada sobre o gramado pelo modelo PM em DPM na cultura (vinhedo de ‘Niagara Rosada’, neste caso), conforme descrito a seguir:

$$DPM_c = DPM_r W_g \quad (3.8)$$

$$DPM_c = DPM_r W_s \quad (3.9)$$

em que: DPM_c é a DPM na cultura ajustada (vinhedo de ‘Niagara Rosada’), DPM_r a DPM estimada sobre o gramado (posição de referência, a 30 cm de altura) pelo modelo PM, W_g o coeficiente de molhamento geral e W_s o coeficiente de molhamento específico para uva.

O coeficiente de molhamento geral (W_g) e o coeficiente de molhamento específico para uva (W_s), para converter a DPM estimada sobre o gramado pelo modelo PM (DPM_r) em DPM na cultura (vinhedo de ‘Niagara Rosada’), sugeridos por Sentelhas et al. (2006), são apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Coeficiente de molhamento geral (W_g) e coeficiente de molhamento específico para uva (W_s) para converter a DPM estimada sobre o gramado pelo modelo PM (DPM_r) em DPM na cultura (vinhedo de ‘Niagara Rosada’)

DPM estimada sobre o gramado pelo modelo PM (DPM_r)	Coeficiente de molhamento geral (W_g)	Coeficiente de molhamento específico para uva (W_s)
0	0,00	0,00
1	0,00	0,00
2	0,36	0,07
3	0,56	0,40
4	0,66	0,57
5	0,72	0,67
6	0,75	0,74
7	0,78	0,79
8	0,80	0,82
9	0,82	0,85
10	0,83	0,87
11	0,84	0,89
12	0,85	0,91
13	0,86	0,92
14	0,87	0,93
15	0,87	0,94
16	0,88	0,95
17	0,88	0,95
18	0,89	0,96
19	0,89	0,97
20	0,89	0,97
21	0,89	0,98
22	0,90	0,98
23	0,90	0,99
24	0,90	0,99

Adaptado de Sentelhas et al. (2006).

3.3.4 Análise dos dados

Os dados de DPM estimados pelos quatro diferentes modelos e os medidos pelos sensores eletrônicos foram comparados pela análise de regressão, considerando-se também o coeficiente de determinação – R^2 , o índice de concordância de Willmott – d (WILLMOTT et al., 1985), o índice de confiabilidade de Camargo - c (CAMARGO; SENTELHAS, 1997) e os erros (erro médio – EM e erro absoluto médio – EAM), utilizando-se todo o conjunto de dados e também separando-o em dias com e sem chuva:

$$d = 1,0 - \left\{ \frac{\sum (O_i - P_i)^2}{\sum (|P_i - Om| + |O_i - Om|)^2} \right\} \quad (3.10)$$

$$c = d * \sqrt{R^2} \quad (3.11)$$

$$EM = \frac{\sum (P_i - O_i)}{N} \quad (3.12)$$

$$EAM = \frac{\sum (|P_i - O_i|)}{N} \quad (3.13)$$

em que: P_i é a DPM estimada (h), O_i a DPM medida (h) e Om a DPM média medida (h).

A precisão das estimativas foi avaliada pelo coeficiente de determinação (R^2), o qual indica o grau de dispersão dos dados obtidos em relação à média. A exatidão, matematicamente aproximada pelo índice de concordância “ d ” (WILLMOTT et al., 1985), está relacionada ao afastamento dos valores estimados em relação aos observados. Seus valores variam de zero, para nenhuma concordância, a 1, para a concordância perfeita. Como produto dos dois índices anteriores, um novo índice foi apresentado por Camargo e Sentelhas (1997), denominado índice de confiabilidade “ c ”, o qual reúne em um só os índices de precisão e exatidão das estimativas. O critério adotado para interpretar o desempenho dos modelos de estimativa das médias mensais de

ETp (CAMARGO; SENTELHAS, 1997), pelo índice de confiabilidade “c”, é apresentado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Critério de interpretação do desempenho dos modelos de estimativa da ETp, pelo índice de confiabilidade “c”

Valor de “c”	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,50	Mal
≤ 0,40	Péssimo

Fonte: Camargo e Sentelhas (1997).

3.4 Resultados e discussão

3.4.1 Relação entre a DPM medida e estimada sobre o gramado

Considerando todos os dias do período de coleta de dados (11/11/2005 a 05/03/2006), as relações entre a DPM medida na posição padrão sobre o gramado e a DPM estimada sobre o gramado pelos quatro modelos (PM, NHUR > 90%, DPO e CART), juntamente com os índices R^2 , d e c, são apresentadas na Figura 3.2. Os respectivos valores de EM e EAM são apresentados na Tabela 3.3.

Figura 3.2 – Relação entre a DPM medida na posição padrão sobre o gramado e a DPM estimada sobre o gramado pelos modelos PM (a), NHUR > 90% (b), DPO (c) e CART (d), considerando todos os dias do período de coleta de dados (11/11/2005 a 05/03/2006), em Jundiaí, SP, Brasil

Tabela 3.3 - Erro médio (EM) e erro absoluto médio (EAM) entre a DPM medida na posição padrão sobre o gramado e a DPM estimada pelos modelos PM, NHUR > 90%, DPO e CART, considerando todos os dias do período de coleta de dados (11/11/2005 a 05/03/2006), em Jundiaí, SP, Brasil

DPM medida sobre o gramado x DPM estimada sobre o gramado (período total)		
	EM (h)	EAM (h)
PM	2,30	2,60
NHUR > 90%	-2,78	2,86
DPO	-2,04	2,33
CART	-1,09	1,68

Considerando todos os dias do período de coleta de dados (Figura 3.2), verificou-se que o modelo que melhor estimou a DPM sobre o gramado foi o CART (Figura 3.2d), apresentando uma boa precisão ($R^2 = 0,8225$) e uma ótima exatidão ($d = 0,9363$), resultando num bom índice de confiabilidade ($c = 0,8492$). Essa exatidão (ou acurácia) foi superior à acurácia média obtida por Kim et al. (2004), empregando o modelo CART em 15 localidades dos Estados Unidos, no período de maio a setembro de 1998 e 1999, a qual foi de 0,836. O modelo PM (Figura 3.2a) foi o que apresentou o pior desempenho, mostrando baixa exatidão ($d = 0,8517$) e baixa precisão ($R^2 = 0,6911$), resultando num índice de confiabilidade ruim ($c = 0,7080$). Os modelos NHUR > 90% e DPO (Figuras 3.2b e 3.2c, respectivamente) apresentaram um desempenho um pouco inferior ao modelo CART, no entanto também estimaram muito bem a DPM sobre o gramado. O modelo NHUR > 90% apresentou uma boa precisão ($R^2 = 0,8368$) e uma boa exatidão ($d = 0,8855$), resultando num bom índice de confiabilidade ($c = 0,8100$). Este índice de confiabilidade foi muito próximo aos encontrados por Sentelhas et al. (2008) em quatro regiões ao redor do mundo com diferentes condições climáticas: Ames, IA, EUA ($c = 0,81$), Elora, Ontário, Canadá ($c = 0,77$), Florença, Toscana, Itália ($c = 0,83$) e Piracicaba, SP, Brasil ($c = 0,80$). O modelo DPO também apresentou uma boa precisão ($R^2 = 0,8234$) e uma exatidão um pouco melhor ($d = 0,9111$), resultando num bom índice de confiabilidade, superior ao do modelo NHUR > 90% ($c = 0,8267$). Este índice de confiabilidade também foi muito próximo aos encontrados por Sentelhas et al. (2008): Ames, IA, EUA ($c = 0,81$), Elora, Ontário, Canadá ($c = 0,77$), Florença, Toscana, Itália ($c = 0,83$) e Piracicaba, SP, Brasil ($c = 0,80$).

Com exceção do modelo PM (Figura 3.2a), todos os outros modelos subestimaram a DPM sobre o gramado (Figuras 3.2b, 3.2c e 3.2d, respectivamente). Em média, o modelo PM

superestimou a DPM em torno de 2,6 h. Contudo, para valores mais elevados, essa superestimativa foi menor. Os modelos NHUR > 90%, DPO e CART subestimaram a DPM em torno de 2,9, 2,3 e 1,7 h, respectivamente. Sentelhas et al. (2008) também encontraram subestimativas semelhantes da DPM em Ames, IA (EUA) para os modelos NHUR > 90% (2,6 h) e DPO (2,4 h).

Analisando os erros (Tabela 3.3), o modelo NHUR > 90% apresentou os valores mais elevados de erro médio (EM = -2,8 h) e erro absoluto médio (EAM = 2,9 h), enquanto o modelo CART obteve os erros mais baixos (EM = -1,1 h e EAM = 1,7 h). Para o modelo NHUR > 90%, Sentelhas et al. (2008), em Ames, IA (EUA), encontraram valores semelhantes de EM (-2,3 h) e EAM (2,6 h). Valores similares de EM obtidos para o modelo CART na posição padrão sobre gramado foram obtidos por Kim et al. (2004) para cinco localidades dos Estados Unidos (clima temperado) e Kim et al. (2005) para quatro localidades da Costa Rica (clima tropical). Durante o período de maio a setembro de 1998 e 1999, os valores de EM obtidos por Kim et al. (2004) foram de -1,6 h para Bondville, IL, -0,8 h para Monmouth, IL, -0,6 h para St. Charles, IL, -1,0 h para Sidney, NE e -1,0 h para West Point, NE. Kim et al. (2005), durante os meses de novembro a abril (2000/01), obtiveram valores de EM de -0,4 h para Liberia e -1,2 h para Mojica. Para o mesmo período em 2002/03, os autores obtiveram valores de EM de -0,4 h para Ceiba, -1,6 h para Liberia, -0,9 h para Mojica e -0,5 h para Santa Cruz. Os modelos PM e DPO (Tabela 3.3) obtiveram erros de magnitudes intermediárias: modelo PM com EM = 2,3 h e EAM = 2,6 h, e modelo DPO com EM = -2,0 h e EAM = 2,3 h. Sentelhas (2004) obteve EM = 0,8 h e EAM = 1,1 h, um pouco menores em magnitude, para o modelo PM na posição padrão sobre o gramado. Para o modelo DPO, Sentelhas et al. (2008), em Ames, IA (EUA), encontraram valores semelhantes de EM (-2,0 h) e EAM (2,4 h).

Considerando-se apenas os dias sem chuva, as relações entre a DPM medida na posição padrão sobre o gramado e a DPM estimada sobre o gramado pelos quatro modelos (PM, NHUR > 90%, DPO e CART), juntamente com os índices R^2 , d e c, são apresentadas na Figura 3.3. Os respectivos valores de EM e EAM são apresentados na Tabela 3.4.

Figura 3.3 – Relação entre a DPM medida na posição padrão sobre o gramado e a DPM estimada sobre o gramado pelos modelos PM (a), NHUR > 90% (b), DPO (c) e CART (d), considerando apenas os dias sem chuva do período de coleta de dados (11/11/2005 a 05/03/2006), em Jundiaí, SP, Brasil

Tabela 3.4 - Erro médio (EM) e erro absoluto médio (EAM) entre a DPM medida na posição padrão sobre o gramado e a DPM estimada sobre o gramado pelos modelos PM, NHUR > 90%, DPO e CART, considerando apenas os dias sem chuva do período de coleta de dados (11/11/2005 a 05/03/2006), em Jundiaí, SP, Brasil

DPM medida sobre o gramado x DPM estimada sobre o gramado (dias sem chuva)		
	EM (h)	EAM (h)
PM	2,30	2,60
NHUR > 90%	-2,78	2,86
DPO	-2,04	2,33
CART	-1,09	1,68

Considerando-se apenas os dias sem chuva (Figura 3.3), novamente verificou-se que o modelo que melhor estimou a DPM sobre o gramado foi o CART (Figura 3.3d), apresentando uma baixa precisão ($R^2 = 0,609$), mas uma boa exatidão ($d = 0,8537$), resultando no mais elevado índice de confiabilidade, que, no entanto, foi ruim ($c = 0,6662$). A exatidão (ou acurácia) encontrada foi praticamente idêntica àquela obtida por Kim et al. (2004), para 15 localidades dos Estados Unidos, a qual foi de 0,857. Santos (2006), na estação seca em Piracicaba, SP, Brasil, encontrou um índice de confiabilidade mais elevado, o qual foi de 0,81 para o modelo CART. O modelo PM (Figura 3.3a) mais uma vez apresentou o pior desempenho, mostrando uma baixa exatidão ($d = 0,7798$) e uma baixa precisão ($R^2 = 0,5461$), resultando num índice de confiabilidade ruim ($c = 0,5763$). Os modelos NHUR > 90% (Figura 3.3b) e DPO (Figura 3.3c) apresentaram um desempenho um pouco inferior ao modelo CART. O modelo NHUR > 90% apresentou uma baixa precisão ($R^2 = 0,6451$) e uma baixa exatidão ($d = 0,7727$), resultando num índice de confiabilidade ruim ($c = 0,6206$). O modelo DPO também apresentou uma baixa precisão ($R^2 = 0,6378$) e uma baixa exatidão ($d = 0,8129$), resultando num índice de confiabilidade também ruim, mas levemente superior ao do modelo NHUR > 90% ($c = 0,6492$). Na estação seca em Piracicaba, SP, Brasil, Santos (2006) encontrou um índice de confiabilidade mais elevado para o modelo DPO, o qual foi de 0,72.

Com exceção do modelo PM (Figura 3.13a), todos os outros modelos subestimaram a DPM sobre o gramado (Figuras 3.3b, 3.3c e 3.3d, respectivamente). Em média, o modelo PM superestimou a DPM em torno de 2,6 h. Contudo, para valores mais elevados, essa superestimativa foi menor. Os modelos NHUR > 90%, DPO e CART subestimaram a DPM em torno de 2,9, 2,3 e 1,7 h, respectivamente. Santos (2006) também encontrou subestimativas

semelhantes da DPM na estação seca em Piracicaba, SP, Brasil para os modelos DPO (2,8 h) e CART (2,0 h).

Analisando-se os erros (Tabela 3.4), o modelo NHUR > 90% apresentou os valores mais elevados de erro médio (EM = -3,4 h) e erro absoluto médio (EAM = 3,4 h), enquanto o modelo CART novamente obteve os erros mais baixos (EM = -1,5 h e EAM = 2,2 h). Valores similares de EM obtidos para o modelo CART na posição padrão sobre o gramado também foram obtidos por Kim et al. (2004) para quatro localidades dos Estados Unidos (clima temperado), apenas para os dias sem chuva (somente com orvalho) durante o período de maio a setembro de 1998 e 1999. Os valores de EM obtidos por Kim et al. (2004) foram de -1,8 h para Bondville, IL, -1,2 h para Monmouth, IL, -1,6 h para Sidney, NE e -0,9 h para West Point, NE. Santos (2006), na estação seca em Piracicaba, SP, Brasil, encontrou valores semelhantes de EM (-1,6 h) e EAM (2,0 h) para a estimativa da DPM pelo modelo CART. Os modelos PM e DPO (Tabela 3.4) obtiveram erros de magnitudes intermediárias: modelo PM com EM = 2,0 h e EAM = 2,5 h, e modelo DPO com EM = -2,6 h e EAM = 2,9 h. Para o modelo DPO, Santos (2006), na estação seca em Piracicaba, SP, Brasil, encontrou valores semelhantes de EM (-2,6 h) e EAM (2,8 h).

Considerando-se apenas os dias com chuva, as relações entre a DPM medida na posição padrão sobre o gramado e a DPM estimada sobre o gramado pelos quatro modelos (PM, NHUR > 90%, DPO e CART), juntamente com os índices R^2 , d e c, são apresentadas na Figura 3.4. Os respectivos valores de EM e EAM são apresentados na Tabela 3.5.

Figura 3.4 – Relação entre a DPM medida na posição padrão sobre o gramado e a DPM estimada sobre o gramado pelos modelos PM (a), NHUR > 90% (b), DPO (c) e CART (d), considerando apenas os dias com chuva do período de coleta de dados (11/11/2005 a 05/03/2006), em Jundiaí, SP, Brasil

Tabela 3.5 - Erro médio (EM) e erro absoluto médio (EAM) da relação entre a DPM medida na posição padrão sobre o gramado e a DPM estimada sobre o gramado pelos modelos PM, NHUR > 90%, DPO e CART, considerando apenas os dias com chuva do período de coleta de dados (11/11/2005 a 05/03/2006), em Jundiaí, SP, Brasil

DPM medida sobre o gramado x DPM estimada sobre o gramado (dias com chuva)		
	EM (h)	EAM (h)
PM	2,70	2,70
NHUR > 90%	-2,05	2,14
DPO	-1,33	1,65
CART	-0,59	1,08

Considerando-se apenas os dias com chuva (Figura 3.4), mais uma vez verifica-se que o modelo que melhor estimou a DPM sobre o gramado foi o CART (Figura 3.4d), apresentando uma ótima precisão ($R^2 = 0,9166$) e uma excelente exatidão ($d = 0,9671$), resultando num ótimo índice de confiabilidade ($c = 0,9259$). Esta exatidão (ou acurácia) foi muito superior àquela obtida por Kim et al. (2004), para 15 localidades dos Estados Unidos, apenas para os dias com chuva no período de maio a setembro de 1998 e 1999, a qual foi de 0,796. Santos (2006), na estação chuvosa em Piracicaba, SP, Brasil, encontrou um índice de confiabilidade mais baixo, o qual foi de 0,80 para o modelo CART. O modelo PM (Figura 3.4a) mais uma vez apresentou o pior desempenho, mostrando uma baixa exatidão ($d = 0,6927$) e uma baixíssima precisão ($R^2 = 0,4687$), resultando num índice de confiabilidade muito ruim ($c = 0,4743$). Os modelos NHUR > 90% (Figura 3.4b) e DPO (Figura 3.4c) apresentaram um desempenho um pouco inferior ao modelo CART. O modelo NHUR > 90% apresentou uma boa precisão ($R^2 = 0,8962$) e uma boa exatidão ($d = 0,9039$), resultando num bom índice de confiabilidade ($c = 0,8557$). O modelo DPO também apresentou uma boa precisão ($R^2 = 0,8527$) e uma boa exatidão ($d = 0,9291$), resultando num bom índice de confiabilidade, levemente superior ao modelo NHUR > 90% ($c = 0,8579$). Na estação chuvosa em Piracicaba, SP, Brasil, Santos (2006) encontrou um índice de confiabilidade mais elevado para o modelo DPO, o qual foi de 0,91.

Com exceção do modelo PM (Figura 3.4a), todos os outros modelos subestimaram a DPM sobre o gramado (Figuras 3.4b, 3.4c e 3.4d, respectivamente). Em média, o modelo PM superestimou a DPM em torno de 2,7 h. Contudo, para valores mais elevados, essa superestimativa foi menor. Os modelos NHUR > 90%, DPO e CART subestimaram a DPM em torno de 2,1, 1,7 e 1,1 h, respectivamente, sendo que os dois primeiros apresentaram desvios praticamente sistemáticos, os quais podem ser corrigidos, ou alterando-se os limiares ou

empiricamente. Santos (2006) também encontrou uma subestimativa semelhante da DPM na estação chuvosa em Piracicaba, SP, Brasil para o modelo DPO (1,4 h), porém uma superestimativa em torno de 2,1 h para o modelo CART.

Analisando-se os erros (Tabela 3.5), o modelo PM apresentou os valores mais elevados de erro médio (EM = 2,7 h) e erro absoluto médio (EAM = 2,7 h). O modelo CART novamente obteve os erros mais baixos (EM = -0,6 h e EAM = 1,1 h). Valores próximos de EM obtidos para o modelo CART na posição padrão sobre o gramado também foram obtidos por Kim et al. (2004) para duas localidades dos Estados Unidos (clima temperado), apenas para os dias com chuva durante o período de maio a setembro de 1998 e 1999. Santos (2006), na estação chuvosa em Piracicaba, SP, Brasil, encontrou valores mais elevados de EM (1,7 h) e EAM (2,1 h) para a estimativa da DPM pelo modelo CART. Os valores de EM obtidos por Kim et al. (2004) foram de 0,0 h para Ames, IA e -1,3 h para Monmouth, IL. Os modelos NHUR > 90% e DPO (Tabela 3.5) obtiveram erros de magnitudes intermediárias: modelo NHUR > 90% com EM = -2,1 h e EAM = 2,1 h, e modelo DPO com EM = -1,3 h e EAM = 1,7 h. Para o modelo DPO, Santos (2006), na estação chuvosa em Piracicaba, SP, Brasil, encontrou valores mais baixos de EM (-0,5 h) e EAM (1,4 h).

3.4.2 Relação entre a DPM estimada sobre o gramado e a DPM medida na cultura

Como já foi mencionado anteriormente no Capítulo 2, a DPM tende a ser mais longa na parte mais alta da planta e com a face das folhas voltadas para sudoeste (posição Topo-SW). Em vista disso, escolheu-se esta posição de medida de DPM na videira para se estabelecer as relações entre a DPM estimada sobre o gramado pelos modelos PM, NHUR > 90%, DPO e CART e a DPM medida no interior do vinhedo de ‘Niagara Rosada’.

As relações entre a DPM estimada sobre o gramado pelos quatro modelos (PM, NHUR > 90%, DPO e CART) e a DPM medida no topo da cultura com a face das folhas voltadas para sudoeste (Topo-SW), considerando todos os dias, apenas os dias sem chuva e apenas os dias com chuva (juntamente com os índices R^2 , d e c), são apresentadas nas Figuras 3.5, 3.6 e 3.7, respectivamente. Os respectivos valores de EM e EAM são apresentados nas Tabelas 3.6, 3.7 e 3.8.

Figura 3.5 – Relação entre a DPM estimada sobre o gramado pelos modelos PM (a), NHUR > 90% (b), DPO (c) e CART (d) e a DPM medida no topo do vinhedo de ‘Niagara Rosada’, considerando todos os dias do período de coleta de dados (11/11/2005 a 05/03/2006), em Jundiaí, SP, Brasil

Figura 3.6 – Relação entre a DPM estimada sobre o gramado pelos modelos PM (a), NHUR > 90% (b), DPO (c) e CART (d) e a DPM medida no topo do vinhedo de ‘Niagara Rosada’, considerando apenas os dias sem chuva do período de coleta de dados (11/11/2005 a 05/03/2006), em Jundiaí, SP, Brasil

Figura 3.7 – Relação entre a DPM estimada sobre o gramado pelos modelos PM (a), NHUR > 90% (b), DPO (c) e CART (d) e a DPM medida no topo do vinhedo de ‘Niagara Rosada’, considerando apenas os dias com chuva do período de coleta de dados (11/11/2005 a 05/03/2006), em Jundiaí, SP, Brasil

Tabela 3.6 - Erro médio (EM) e erro absoluto médio (EAM) entre a DPM estimada sobre o gramado pelos modelos PM, NHUR > 90%, DPO e CART e a DPM medida no topo do vinhedo de 'Niagara Rosada', considerando todos os dias do período de coleta de dados (11/11/2005 a 05/03/2006), em Jundiaí, SP, Brasil

DPM estimada sobre o gramado x DPM medida no topo da cultura – SW (período total)		
	EM (h)	EAM (h)
PM	-2,74	2,93
NHUR > 90%	2,34	2,42
DPO	1,60	1,94
CART	0,65	1,61

Tabela 3.7 - Erro médio (EM) e erro absoluto médio (EAM) entre a DPM estimada sobre o gramado pelos modelos PM, NHUR > 90%, DPO e CART e a DPM medida no topo do vinhedo de 'Niagara Rosada', considerando apenas os dias sem chuva do período de coleta de dados (11/11/2005 a 05/03/2006), em Jundiaí, SP, Brasil

DPM estimada sobre o gramado x DPM medida no topo da cultura – SW (dias sem chuva)		
	EM (h)	EAM (h)
PM	-2,57	2,89
NHUR > 90%	2,77	2,84
DPO	2,01	2,32
CART	0,90	1,82

Tabela 3.8 - Erro médio (EM) e erro absoluto médio (EAM) entre a DPM estimada sobre o gramado pelos modelos PM, NHUR > 90%, DPO e CART e a DPM medida no topo do vinhedo de 'Niagara Rosada', considerando apenas os dias com chuva do período de coleta de dados (11/11/2005 a 05/03/2006), em Jundiaí, SP, Brasil

DPM estimada sobre o gramado x DPM medida no topo da cultura – SW (dias com chuva)		
	EM (h)	EAM (h)
PM	-2,95	2,98
NHUR > 90%	1,79	1,88
DPO	1,07	1,46
CART	0,33	1,34

Considerando-se o período completo (Figura 3.5), houve uma boa correlação entre a DPM estimada sobre o gramado e a DPM observada no topo da cultura, com exceção do modelo PM. A DPM estimada sobre o gramado pelo modelo CART obteve um bom desempenho e a melhor correlação com a DPM medida no topo da videira 'Niagara Rosada' (Figura 3.5d), apresentando

uma precisão razoável ($R^2 = 0,8708$) e uma ótima exatidão ($d = 0,9609$), resultando num ótimo índice de confiabilidade ($c = 0,9332$). Sentelhas (2004), em Piracicaba, SP, Brasil, correlacionando a DPM estimada sobre o gramado com a DPM estimada no topo da cultura do algodão durante a safra das águas de 2001/02, também pelo modelo CART, obteve uma precisão similar a do presente trabalho ($R^2 = 0,8796$). A pior correlação com a DPM no interior do vinhedo de ‘Niagara Rosada’ foi obtida com a DPM estimada sobre o gramado pelo modelo PM (Figura 3.5a), apresentando uma baixa precisão ($R^2 = 0,6701$) e uma exatidão razoável ($d = 0,8243$), resultando num baixo índice de confiabilidade ($c = 0,6748$). Sentelhas (2004), para o algodão, obteve uma precisão melhor entre a DPM estimada sobre o gramado e a DPM estimada no topo da cultura pelo modelo PM ($R^2 = 0,8491$).

A DPM estimada sobre o gramado pelos modelos NHUR > 90% e DPO apresentaram correlações intermediárias e boas com a DPM no interior do vinhedo. Para o modelo NHUR > 90%, foram obtidos os seguintes índices estatísticos: $R^2 = 0,9038$; $d = 0,9283$; $c = 0,8825$, enquanto para o modelo DPO estes índices foram: $R^2 = 0,8855$; $d = 0,9471$; $c = 0,8912$. As Figuras 3.5b e 3.5c apresentam estas correlações. Os resultados obtidos com os modelos NHUR > 90% e DPO foram melhores que os obtidos por Sentelhas (2004) para a cultura do algodão, comparando-se a DPM estimada sobre o gramado e a DPM estimada no topo da cultura.

Com exceção do modelo PM (Figura 3.5a), todos os outros modelos subestimaram a DPM no vinhedo por meio da DPM estimada sobre o gramado para todo o período (Figuras 3.5b, 3.5c e 3.5d). Em média, o modelo PM superestimou a DPM no vinhedo em torno de 2,9 h. Os modelos NHUR > 90%, DPO e CART subestimaram a DPM no vinhedo em torno de 2,4, 1,9 e 1,6 h, respectivamente, com desvios praticamente sistemáticos pelos modelos PM, NHUR > 90% e DPO, os quais podem ser corrigidos, ou alterando-se os limiares ou empiricamente.

Analisando os erros para todo o período (Tabela 3.6), o modelo PM apresentou elevados erro médio (EM = -2,7 h) e erro absoluto médio (EAM = 2,9 h). O modelo CART obteve os erros mais baixos (EM = 0,7 h e EAM = 1,6 h), enquanto os modelos NHUR > 90% e DPO obtiveram erros de magnitudes intermediárias (modelo NHUR > 90% com EM = 2,3 h e EAM = 2,4 h, e modelo DPO com EM = 1,6 h e EAM = 1,9 h). Em vista disso, considerando todos os dias do período de coleta de dados, o modelo CART foi o melhor método de estimativa da DPM no vinhedo de ‘Niagara Rosada’ por meio da DPM estimada sobre o gramado, apresentando o melhor índice de confiabilidade “c” e os mais baixos EM e EAM.

Considerando-se apenas os dias sem chuva (Figura 3.6), verifica-se uma maior dispersão dos dados. Com isso, houve uma correlação razoável, porém novamente a melhor, entre a DPM estimada sobre o gramado pelo modelo CART e a DPM medida no topo da videira ‘Niagara Rosada’ (Figura 3.6d), apresentando uma precisão não muito boa ($R^2 = 0,7676$), no entanto uma ótima exatidão ($d = 0,9244$), resultando num índice de confiabilidade razoável, porém o melhor ($c = 0,8099$). A pior correlação com a DPM no interior do vinhedo de ‘Niagara Rosada’ mais uma vez foi obtida com a DPM estimada sobre o gramado pelo modelo PM (Figura 3.6a), apresentando uma baixa precisão ($R^2 = 0,5874$) e uma baixa exatidão ($d = 0,7352$), resultando num índice de confiabilidade bastante baixo ($c = 0,5635$). Correlações intermediárias e razoáveis foram obtidas utilizando os modelos NHUR > 90% ($R^2 = 0,8195$; $d = 0,8620$; $c = 0,7804$) e CART ($R^2 = 0,7946$; $d = 0,8908$; $c = 0,7941$), apresentadas nas Figuras 3.6b e 3.6c, respectivamente.

Com exceção do modelo PM (Figura 3.6a), todos os outros modelos subestimaram a DPM no vinhedo por meio da DPM estimada sobre o gramado apenas para os dias sem chuva (Figuras 3.6b, 3.6c e 3.6d). O modelo PM superestimou a DPM no vinhedo em torno de 2,9 h. Os modelos NHUR > 90%, DPO e CART subestimaram a DPM em torno de 2,8, 2,3 e 1,8 h, respectivamente, com desvios praticamente sistemáticos pelos modelos PM, NHUR > 90% e DPO, os quais podem ser corrigidos, ou alterando-se os limiares ou empiricamente.

Analisando os erros apenas para os dias sem chuva (Tabela 3.7), os valores mais elevados ocorreram para os modelos PM (EM = -2,6 h e EAM = 2,9 h) e NHUR > 90% (EM = 2,8 h e EAM = 2,8). O modelo CART obteve os erros mais baixos (EM = 0,9 h e EAM = 1,8 h), enquanto o modelo DPO obteve erros de magnitudes intermediárias (EM = 2,0 h e EAM = 2,3 h). Assim, considerando apenas os dias sem chuva, novamente o modelo CART foi o melhor método de estimativa da DPM no vinhedo de ‘Niagara Rosada’ por meio da DPM estimada sobre o gramado, apresentando o melhor índice de confiabilidade “c” e os mais baixos EM e EAM.

Considerando-se apenas os dias com chuva (Figura 3.7), houve uma boa correlação entre a DPM estimada sobre o gramado (com exceção do modelo PM) e a DPM medida no topo da videira ‘Niagara Rosada’. Mais uma vez a DPM estimada sobre o gramado pelo modelo CART obteve uma boa, e a melhor correlação com a DPM medida no topo da cultura (Figura 3.7d), apresentando uma boa precisão ($R^2 = 0,8668$) e uma ótima exatidão ($d = 0,9583$), resultando num bom índice de confiabilidade ($c = 0,8922$). Porém, novamente uma correlação ruim com a DPM

no interior do vinhedo de ‘Niagara Rosada’ foi obtida com a DPM estimada sobre o gramado pelo modelo PM (Figura 3.7a), apresentando uma baixa precisão ($R^2 = 0,3499$) e uma baixa exatidão ($d = 0,6200$), resultando num baixíssimo índice de confiabilidade ($c = 0,3667$). A DPM estimada sobre o gramado pelos modelos NHUR $> 90\%$ ($R^2 = 0,9159$; $d = 0,9258$; $c = 0,8860$) e DPO ($R^2 = 0,8804$; $d = 0,9484$; $c = 0,8899$) apresentaram correlações intermediárias e boas com a DPM no interior do vinhedo, como pode ser visto nas Figuras 3.8b e 3.8c, respectivamente.

Considerando-se apenas os dias com chuva, novamente o modelo PM (Figura 3.7a) foi o único que superestimou a DPM no vinhedo por meio da DPM estimada sobre o gramado, ao contrário dos outros modelos (Figuras 3.7b, 3.7c e 3.7d). O modelo PM superestimou a DPM no vinhedo em torno de 3,0 h. Os modelos NHUR $> 90\%$, DPO e CART subestimaram a DPM em torno de 1,9, 1,5 e 1,3 h, respectivamente, com desvios praticamente sistemáticos pelos modelos PM, NHUR $> 90\%$ e DPO, os quais podem ser corrigidos, ou alterando-se os limiares ou empiricamente.

Analizando os erros apenas para os dias com chuva (Tabela 3.8), os valores mais elevados ocorreram para os modelos PM (EM = -2,9 h e EAM = 3,0 h) e NHUR $> 90\%$ (EM = 1,8 h e EAM = 1,9). Os erros mais baixos novamente foram obtidos pelo modelo CART (EM = 0,3 h e EAM = 1,8 h), enquanto o modelo DPO obteve erros de magnitudes intermediárias (EM = 1,1 h e EAM = 1,5 h). Mais uma vez, verifica-se que a melhor estimativa da DPM no vinhedo de ‘Niagara Rosada’, considerando apenas os dias com chuva, foi obtida com a DPM estimada sobre o gramado pelo modelo CART, apresentando o melhor índice de confiabilidade “c” e os mais baixos EM e EAM.

Uma baixa correlação foi obtida entre a DPM medida no interior do vinhedo de ‘Niagara Rosada’ (Topo-SW) e a DPM estimada no vinhedo a partir da DPM estimada sobre o gramado pelo modelo PM multiplicada por W_g , considerando todos os dias do período de coleta de dados (Figura 3.8a), apresentando uma baixa precisão ($R^2 = 0,6698$), exatidão razoável ($d = 0,8692$) e um baixo índice de confiabilidade ($c = 0,7113$), superestimando a DPM no vinhedo em torno de 2,3 h. Sentelhas et al. (2006) obtiveram uma precisão muito superior ($R^2 = 0,9054$) comparando-se a DPM medida no vinhedo e a DPM estimada no vinhedo pela multiplicação por W_g da DPM estimada sobre o gramado pelo modelo PM para quatro diferentes culturas: maçã, algodão, uva e melão. Analisando os erros (Tabela 3.9), a DPM estimada no vinhedo apresentou um elevado

erro médio (EM = 1,8 h) e um elevado erro absoluto médio (EAM = 2,3 h), mais altos que os obtidos por Sentelhas et al. (2006), os quais obtiveram EM = 0,3 h e EAM = 1,3 h.

Figura 3.8 – Relação entre a DPM medida no interior do vinhedo de ‘Niagara Rosada’ (Topo-SW) e a DPM estimada no vinhedo a partir da DPM estimada sobre o gramado pelo modelo PM multiplicada pelo coeficiente de molhamento geral (a) e pelo coeficiente de molhamento específico para uva (b), considerando todos os dias do período de coleta de dados (11/11/2005 a 05/03/2006), em Jundiaí, SP, Brasil

Tabela 3.9 – Erro médio (EM) e erro absoluto médio (EAM) da relação entre a DPM medida no interior do vinhedo de ‘Niagara Rosada’ (Topo-SW) e a DPM estimada no vinhedo a partir da DPM estimada sobre o gramado pelo modelo PM multiplicada pelo coeficiente de molhamento geral (W_g) e pelo coeficiente de molhamento específico para uva (W_s), considerando todos os dias do período de coleta de dados (11/11/2005 a 05/03/2006), em Jundiaí, SP, Brasil

	DPM medida no vinhedo x DPM estimada no vinhedo	
	EM (h)	EAM (h)
W_g	1,78	2,33
W_s	0,88	2,14

Uma correlação um pouco melhor, mas também pobre, foi obtida entre a DPM medida no interior do vinhedo de ‘Niagara Rosada’ (Topo-SW) e a DPM estimada sobre o gramado pelo modelo PM multiplicada por W_s (Figura 3.8b), apresentando uma baixa precisão ($R^2 = 0,6699$),

exatidão razoável ($d = 0,8815$) e baixo índice de confiabilidade ($c = 0,7215$), superestimando a DPM no vinhedo em torno de 2,1 h. Uma precisão muito superior ($R^2 = 0,8967$) foi obtida por Sentelhas et al. (2006) para a DPM estimada no vinhedo comparada com dados independentes de DPM medida no topo do vinhedo (Jundiaí, 2005/06), porém com um conjunto de dados bem menor (54 dias). Analisando os erros (Tabela 3.9), a DPM estimada no vinhedo apresentou $EM = 0,88$ h e $EAM = 2,1$ h, mais elevados que os obtidos por Sentelhas et al. (2006).

De maneira geral, as correlações entre os dados de DPM estimados pelos quatro diferentes modelos e a DPM medida no topo do vinhedo de ‘Niagara Rosada’ por meio de regressão linear simples (Figuras 3.5, 3.6 e 3.7) mostraram que a dispersão dos dados não foi muito acentuada, apresentando bons índices estatísticos, exceto utilizando a DPM estimada sobre o gramado pelo modelo PM. O teste para estimar a DPM no interior do vinhedo de ‘Niagara Rosada’ a partir da DPM estimada sobre o gramado pelo modelo PM multiplicada pelo coeficiente de molhamento geral (W_g) e pelo coeficiente de molhamento específico para uva (W_s) não obteve um bom desempenho, o que pode estar relacionado com a acurácia dos sensores da EMA. Como este modelo requer diversos dados de entrada a partir de variáveis meteorológicas, qualquer problema com a acurácia destes sensores poderá refletir nos valores de DPM. Neste contexto as medidas de saldo de radiação e de umidade relativa do ar representam os principais problemas, como mencionado por Sentelhas e Gillespie (2008).

3.5 Conclusões

Os modelos NHUR > 90%, DPO e CART tiveram um bom desempenho na estimativa da DPM sobre o gramado, com destaque para o modelo CART. Estas estimativas também apresentaram boas correlações com a DPM medida no vinhedo de ‘Niagara Rosada’, mostrando que é possível estimar a DPM na cultura a partir da DPM estimada sobre o gramado. Contudo, o modelo físico PM não estimou bem a DPM, o que pode estar relacionado com a acurácia das medidas obtidas pelos sensores eletrônicos na estação meteorológica automática, especialmente pelo saldo radiômetro e pelo sensor capacitivo de umidade relativa do ar.

Referências

- ANDERSON, M.C.; BLAND, W.L.; NORMAN, J.M.; DIAK, G.D. Canopy wetness and humidity prediction using satellite and synoptic-scale meteorological observations. **Plant Disease**, Saint Paul, v.85, n.9, p.1018-1026, 2001.
- ARCA, B.; BENINCASA, F.; DE VINCENZI, M. Le reti neurali. In: BENINCASA, F.; MARACCHI, G. (Ed.). **Geometria frattale e reti neurali nell'analisi dei sistemi naturali**. Florence: Collana Tecnico-Scientifica INAPA, Quaderno n.4, 1999. p.71-120.
- ARCA, B.; BENINCASA, F.; DE VINCENZI, M.; VENTURA, A. Compensazione termodinamica di telemetri ad ultrasuoni tramite rete neurale. **Rivista di Ingegneria Agraria**, Bologna, v.4, p.239-246, 1998.
- BACCI, L.; BENINCASA, F.; DE VINCENZI, M.; RANA, G.L. Stima dei tempi di bagnatura dei carpofori fungini mediante tecniche neuronali. **Micologia Italiana**, Bologna, v.3, p.3-9, 2000.
- BENINCASA, F.; ARCA, B.; DE VINCENZI, M. Le reti neurali nel monitoraggio agro-ambientale. **Rivista di Irrigazione e Drenaggio**, Bologna, v.3, p.38-45, 2000.
- BREIMAN, L.; FRIEDMAN, J.; STONE, C.J.; OLSHEN, R.A. **Classification and regression trees**. New York: Chapman & Hall/CRC, 1984. 372p.
- CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.
- CAMPBELL, G.S.; NORMAN, J.M. **Introduction to environmental biophysics**. 2nd ed. New York: Springer. 1998. 286p.
- CHEN, J. **Mathematical analysis and simulation of crop micrometeorology**. 1948. 116p. Dissertation (Ph.D.) – Wageningen University, Wageningen, 1948.
- CHTIOUI, Y.; PANIGRAHI, S.; FRANCL, L. A generalized regression neural network and its application for leaf wetness prediction to forecast plant disease. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v.48, n.1, p.47-58, 1999.
- DALLA MARTA, A.; DE VINCENZI, M.; DIETRICH, S.; ORLANDINI, S. Neural network for the estimation of leaf wetness duration: application to a *Plasmopara viticola* infection forecasting. **Physics and Chemistry of the Earth**, Cambridge, v.30, n.1/3, p.91-6, 2005.
- FRANCL, L.J.; PANIGRAHI, S. Artificial neural network models of wheat leaf wetness. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.88, n.1, p.57-65, 1997.

GILLESPIE, T.J.; BARR, A. Adaptation of a dew estimation scheme to a new crop and site. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.31, n.3/4, p.289-295, 1984.

GILLESPIE, T.J.; SRIVASTAVA, B.; PITBLADO, R.E. Using operational weather data to schedule fungicide sprays on tomatoes in southern Ontario, Canada. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v.32, n.3, p.567-573, 1993.

GLEASON, M.L.; TAYLOR, S.E.; LOUGUIN, T.M.; KOEHLER, K.L. Development and validation of an empirical model to estimate the duration of dew periods. **Plant Disease**, Saint Paul, v.78, n.10, p.1011-1016, 1994.

HOPPMANN, D.; WITTICH, K.P. Epidemiology-related modelling of the leaf wetness duration as an alternative to measurements, taking *Plasmopara viticola* as an example. **Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz**, Braunschweig, v.104, n.6, p.533-544, 1997.

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

JACOBS, A.F.G.; HEUSINKVELD, B.G.; BERKOWICZ, S.M. A simple model for potential dewfall in an arid region. **Atmospheric Research**, Amsterdam, v.64, n.1, p.285-295, 2002.

KIM, K.S.; TAYLOR, S.E.; GLEASON, M.L. Development and validation of a leaf wetness duration model using a fuzzy logic system. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.127, n.1, p.53-64, 2004.

KIM, K.S.; TAYLOR, S.E.; GLEASON, M.L.; KOEHLER, K.J. Model to enhance site-specific estimation of leaf wetness duration. **Plant Disease**, Saint Paul, v.86, n.2, p.179-185, 2002.

KIM, K.S.; TAYLOR, S.E.; GLEASON, M.L.; VILLALOBOS, R.; ARAUZ, L.F. Estimation of leaf wetness duration using empirical models in northwestern Costa Rica. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.129, n.1, p.53-67, 2005.

LECLERC, M.Y.; SCHUEPP, P.H.; THURTELL, G.W. Electrochemical simulation of mass transfer from isolated wet spots and droplets on realistic fluttering leaves. **Boundary-Layer Meteorology**, New York, v.34, n.4, p.399-410, 1986.

LUO, W.; GOUDRIAAN, J. Dew formation on rice under varying durations of nocturnal radiative loss. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.104, n.4, p.303-313, 2000.

LUO, W.; GOUDRIAAN, J. Effects of altering water temperature on leaf wetness in paddy rice crops. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.97, n.1, p.33-42, 1999.

MADEIRA, A.C.; KIM, K.S.; TAYLOR, S.E.; GLEASON, M.L. A simple cloud-based energy balance model to estimate dew. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.111, n.1, p.55-63, 2002.

MAGAREY, R.D. **A theoretical standard for estimation of surface wetness duration in grape**. 1999. 208p. Dissertation (Ph.D.) – Cornell University, Ithaca, 1999.

MAGAREY, R.D.; SEEM, R.C.; RUSSO, J.M.; ZACK, J.W.; WRIGHT, K.T.; TRAVIS, J.W.; OUDEMANS, P.V. Site-specific weather information without on-site sensors. **Plant Disease**, Saint Paul, v.85, n.12, p.1216-1226, 2001.

MONTEITH, J.L.; UNSWORTH, M.H. **Principles of environmental physics**. 2nd ed. New York: Edward Arnold, 1990. 291p.

PATTERSON, D.W. **Artificial neural networks: theory and applications**. Singapore: Simon & Schuster, 1996. 477p.

PEDRO JÚNIOR, M.J.; GILLESPIE, T.J. Estimating dew duration. I. Utilizing micrometeorological data. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.25, p.283-296, 1982a.

PEDRO JÚNIOR, M.J.; GILLESPIE, T.J. Estimating dew duration. II. Utilizing standard weather station data. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.25, p.297-310, 1982b.

PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of Royal Society**, section A, v.193, n.1032, p.120-145, 1948.

RAO, P.S.; GILLESPIE, T.J.; SCHAAFSMA, A.W. Estimating wetness duration on maize ears from meteorological observations. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.78, n.1, p.149-154, 1998.

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

SENTELHAS, P.C.; DALLA MARTA, A.; ORLANDINI, S.; SANTOS, E.A.; GILLESPIE, T.J.; GLEASON, M.L. Suitability of relative humidity as an estimator of leaf wetness duration. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.148, n.3, p.392-400, 2008.

SENTELHAS, P.C.; GILLESPIE, T.J. Estimating hourly net radiation for leaf wetness duration modelling by Penman-Monteith equation. **Theoretical and Applied Climatology**, New York, v.91, n.1/4, p.205-215, 2008.

SENTELHAS, P.C.; GILLESPIE, T.J.; BATZER, J.C.; GLEASON, M.L.; MONTEIRO, J.E.B.A.; PEZZOPANE, J.R.M.; PEDRO JÚNIOR, M.J. Spatial variability of leaf wetness duration in different crop canopies. **International Journal of Biometeorology**, Berlin/Heidelberg, v.49, n.6, p.363-370, 2005.

SENTELHAS, P.C.; GILLESPIE, T.J.; GLEASON, M.L.; MONTEIRO, J.E.B.A.; PEZZOPANE, J.R.M.; 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.

SENTELHAS, P.C.; GILLESPIE, T.J.; GLEASON, M.L.; MONTEIRO, J.E.B.A.; HELLAND, S.T. Operational exposure of leaf wetness sensors. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.126, n.1, p.59-72, 2004.

SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Comissão interestadual da bacia do Paraná – Uruguai em colaboração com as centrais elétricas de São Paulo (CESP), 1966. 61p.

WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, R.E.; FEDDEMA, J.J.; KLINK, K.M.; LEGATES, D.R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C.M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v.90, n.C5, p.8995-9005, 1985.

WILSON, T.B.; BLAND, W.L.; NORMAN, J.M. Measurement and simulation of dew accumulation and drying in potato canopy. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.93, n.2, p.111-119, 1999.

ZADEH, L.A. Knowledge representation in fuzzy logic. In: YAGER, R.R.; ZADEH, L.A. (Ed.). **An introduction to fuzzy logic applications in intelligent systems**. Norwell: Kluwer Academic, 1992. p.1-26.

ZHANG, Y.; GILLESPIE, T.J. Estimating maximum droplet wetness duration on crops from nearby weather station data. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.51, n.2, p.145-158, 1990.

4 EPIDEMIOLOGIA DO MÍLDIO EM VINHEDO DE ‘NIAGARA ROSADA’ E SUA RELAÇÃO COM DADOS METEOROLÓGICOS

Resumo

Um dos principais problemas que afetam a produtividade e elevam o custo de produção da videira ‘Niagara Rosada’ é o controle das doenças fúngicas, principalmente o míldio, doença causada pelo fungo *Plasmopara viticola*. Dentre as variáveis meteorológicas que influenciam a ocorrência de doenças fúngicas nas plantas, a duração do período de molhamento (DPM) é uma das mais importantes. A presença de molhamento sobre a superfície das plantas provê a água requerida pelos patógenos para o processo de germinação e infecção do tecido foliar. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar a epidemiologia do míldio durante o ciclo da videira ‘Niagara Rosada’, correlacionando a severidade da doença em %, a taxa de crescimento da doença e a área sob a curva de progresso da doença (AUDPC) com a DPM medida no interior do vinhedo (topo da planta) e com a DPM estimada sobre gramado pelo modelo CART. Os mesmos dados de doença também foram correlacionados com outras variáveis meteorológicas. O experimento foi conduzido em Jundiaí, SP, Brasil, durante o período de 03/08/2006 a 26/04/2007. A poda das videiras foi realizada em seis diferentes datas: 03/08/2006, 24/08/2006, 22/09/2006, 26/12/2006, 23/01/2007 e 16/02/2007, de modo a condicionar o desenvolvimento das plantas a diferentes condições meteorológicas. A epidemiologia do míldio durante o ciclo da videira foi avaliada sem controle químico, utilizando-se escala de notas de 0 a 4, com nove níveis de severidade, para as folhas e cachos da videira. Para o cálculo das taxas de crescimento da severidade do míldio, fez-se o ajuste do melhor modelo matemático para a descrição do progresso da doença para as folhas e para os cachos, dentre os modelos exponencial, logístico, de Gompertz e monomolecular. Também foi determinada a AUDPC para as folhas e para os cachos da videira. Os dados da severidade do míldio da videira ‘Niagara Rosada’ (%, taxa de crescimento da doença e AUDPC) foram correlacionados com elementos meteorológicos medidos tanto no interior do vinhedo quanto na estação meteorológica padrão e também com índices meteorológicos. As correlações entre os elementos e/ou índices meteorológicos e os dados de severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’ não apresentaram bons resultados fazendo-se regressões apenas com um elemento ou um índice meteorológico. Entretanto, por meio das regressões múltiplas feitas em função dos dados meteorológicos, da severidade do míldio no período anterior (dia n-7) e do estágio fenológico da videira, obteve-se boas estimativas da severidade do míldio nas folhas e nos cachos da videira no período atual (dia n). A DPM esteve presente nas melhores correlações com os dados de severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’, mostrando a grande importância desta variável para a ocorrência de doenças fúngicas nessa cultura.

Palavras-chave: Uva de mesa; *Plasmopara viticola*; Taxa de crescimento da doença; Área sob a curva de progresso da doença

DOWNY MILDEW EPIDEMIOLOGY IN A 'NIAGARA ROSADA' VINEYARD AND ITS RELATIONSHIP WITH WEATHER PARAMETERS

Abstract

One of the main problems that affect the productivity and increase the cost of production of a 'Niagara Rosada' grapevine is the disease control, mainly against downy mildew, caused by the fungus *Plasmopara viticola*. Among the meteorological variables that influence the occurrence of fungal diseases in plants, leaf wetness duration (LWD) is one of the most important. The wetness presence on the surface of the plants provides the water required by the pathogens to germinate and to infect leaf tissues. So, the objective of the present study was to evaluate the downy mildew epidemiology during the cycle of 'Niagara Rosada' grapevine, correlating disease severity in %, disease growth rate and area under disease progress curve (AUDPC) with measured LWD inside the vineyard (plant top) and with estimated LWD over turfgrass by CART model. The same disease data were also correlated with other weather parameters. The field trial was conducted in Jundiaí, State of São Paulo, Brazil, from 03 August 2006 to 26 April 2007. The pruning of grapevines was made in six different dates: 03 August 2006, 24 August 2006, 22 September 2006, 26 December 2006, 23 January 2007 and 16 February 2007, allowing crop development to occur at different climate conditions. The downy mildew epidemiology during the grapevine cycle was evaluated without chemical control, using a score scale, which ranges from 0 to 4, with nine severity levels, for leaves and bunches. For calculation of growth rate of downy mildew severity, the best mathematical model was adjusted for both leaves and bunches, among the following models: exponential, logistic, Gompertz and monomolecular. The AUDPC was also determined for leaves and bunches. The downy mildew severity development data (% disease growth rate and AUDPC) were then correlated with measured weather parameters obtained inside the vineyard and at the standard weather station. The correlations between weather parameters and downy mildew severity inside the 'Niagara Rosada' grapevine did not present good results when linear regressions were obtained with only one parameter. However, when multiple linear regressions with weather parameters, downy mildew severity in the previous period (day n-7) and grapevine phenological phases were considered, good estimates of downy mildew severity for leaves and bunches of grapevine in the current period (day n) were obtained. LWD took part in the best correlations with downy mildew severity in the 'Niagara Rosada' vineyard, showing the great importance of this variable for fungal diseases occurrence in this crop.

Keywords: Table grape; *Plasmopara viticola*; Disease growth rate; Area under disease progress curve

4.1 Introdução

A importância das doenças das plantas é medida pelos danos diretos que causam à produção, pelos custos despendidos nas medidas de controle e pelas limitações impostas ao uso de determinadas variedades. A partir do momento em que as plantas começaram a ser cultivadas, a ocorrência das doenças foi com certeza um obstáculo às necessidades do homem para vestir-se e alimentar-se.

O complexo patógeno-hospedeiro vem tendendo ao equilíbrio pela ação da seleção natural ao longo da evolução. Deste modo, um parasita pode viver sobre uma determinada planta sem que esta seja seriamente afetada. Barreiras naturais como montanhas, desertos, mares e florestas mantiveram, por milênios, as populações tanto de patógenos quanto de hospedeiros, interagindo entre si e isoladas de outras intervenções. Historicamente, o homem causou danos irreparáveis ao transportar os fitopatógenos involuntariamente junto com suas plantas, ao longo de suas rotas de migração, transpondo os obstáculos que impediam sua disseminação natural. As conseqüências disso podem ser ilustradas por muitos exemplos, mostrando quão descuidada foi no passado e quão cuidadosa deveria ser no futuro. Na videira, são exemplos clássicos as introduções do oídio e do míldio na Europa, no século XIX, que lá chegaram junto com as *Vitis* americanas, que haviam sido importadas para servirem de porta-enxertos no controle da filoxera. As conseqüências foram catastróficas, principalmente para a indústria francesa de vinho, que só se recuperou com a descoberta da ação fungicida do cobre (RIBEIRO, 2003).

A videira é cultivada em quase todas as partes do mundo, exceto em alguns locais que não oferecem um mínimo de condições climáticas (térmicas e hídricas) satisfatórias para seu desenvolvimento. O clima, por meio de seus elementos, condiciona vários aspectos do cultivo da uva, para mesa ou vinho, sendo fator preponderante na duração do ciclo, qualidade do produto, na fitossanidade e na produtividade da videira (PEDRO JÚNIOR; SENTELHAS, 2003). Um patógeno pode ser muito mais destrutivo quando introduzido numa região diferente daquela de sua origem, pois as condições climáticas podem ser mais favoráveis ao seu desenvolvimento ou o hospedeiro ser mais susceptível. A variabilidade dos microorganismos torna temerária a disseminação de um patógeno de uma região para outra, onde ele já existe, pois pode dar origem a novas raças, tão prejudiciais como se tratassem de um novo organismo. Verifica-se, portanto, o cuidado que se deve ter no intercâmbio de materiais entre regiões, sendo obrigatória uma intensa

vigilância, além de medidas quarentenárias adequadas para proteger as diferentes culturas contra os patógenos disseminados pelo homem (RIBEIRO, 2003).

A ocorrência de doenças em regiões tropicais pode ser fator limitante à viticultura, caso medidas adequadas de controle não sejam adotadas. Eficiência e capacidade de manter um custo de produção competitivo no mercado são características essenciais a um bom método de controle. Assim, deve-se aliar o uso de material de propagação sadio, o manejo correto da cultura, adubação equilibrada e controle de pragas e plantas invasoras ao uso de fungicidas (NAVES et al., 2006). No Brasil os primeiros relatos sobre a ocorrência de doenças na videira datam do final do século XIX. Doenças como míldio, antracnose e podridões da uva já eram conhecidas nos últimos 12 anos daquele século. Supõe-se que os principais patógenos da videira no Brasil tiveram sua origem nos Estados Unidos e aqui introduzidos pelas castas americanas importadas. Pioneiramente, coube ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) realizar, no ano de 1898, os primeiros ensaios de controle químico do míldio e, no ano de 1943, lançar as bases de um programa de melhoramento da videira, que visou a unir as finas qualidades das viníferas com a rusticidade e resistência das espécies americanas (RIBEIRO, 2003).

As doenças fúngicas constituem-se num dos principais problemas em todas as regiões produtoras de uva do Brasil, sendo que onde as condições climáticas são favoráveis ao desenvolvimento dos patógenos, o controle pode atingir 30% do custo de produção da uva (SÔNEGO; GARRIDO, 2006a). A videira (*Vitis* spp.), quando cultivada em condições climáticas favoráveis (elevada umidade e temperaturas amenas) ao desenvolvimento de fungos, está sujeita a uma série de doenças, as quais poderão acarretar graves prejuízos se não forem devidamente controladas (SÔNEGO, GARRIDO, 2006b). Em vista disso, os conhecimentos sobre os patógenos importantes para as diferentes cultivares de videira, os estádios de maior susceptibilidade da planta às principais doenças, a influência das condições climáticas sobre os patógenos e as plantas e os fungicidas empregados em cada situação, auxiliarão no estabelecimento de um programa de controle racional de doenças, tornando os tratamentos mais eficientes e reduzindo os custos de produção e os riscos de contaminação do ambiente (NAVES et al., 2006; SÔNEGO; GARRIDO, 2006a).

As cultivares de uvas americanas e híbridas em geral, como é o caso da cultivar ‘Niagara Rosada’, são menos susceptíveis às doenças fúngicas que as cultivares de uvas finas, porém em regiões tropicais estão sujeitas a doenças como míldio, antracnose, requeimas, mancha das folhas,

ferrugem, além das viroses. Essas doenças podem afetar a produção causando sérios danos, com destaque para o míldio, requeima das folhas e viroses. Eventualmente, a ocorrência de outras doenças como a antracnose e a mancha das folhas, pode ser registrada (NAVES et al., 2006; MAIA et al., 2006).

Visto isso, um dos principais problemas que afetam a produtividade e elevam o custo de produção da videira ‘Niagara Rosada’ é o controle das doenças fúngicas, principalmente o míldio, doença causada pelo fungo *Plasmopara viticola*, como relatado por Pedro Júnior et al. (1999). O desenvolvimento deste fungo se dá com temperaturas entre 15 e 25°C, e a germinação processa-se com a presença de água nas folhas. A necessidade de pulverização normalmente se dá quando ocorrem as seguintes condições: brotos com 7 a 10 cm de altura; temperatura do ar superior a 10°C e chuva de 10 mm ocorrida em dois ou três dias consecutivos (PEDRO JÚNIOR; SENTELHAS, 2003).

Dentre as variáveis meteorológicas que influenciam a ocorrência de doenças fúngicas nas plantas, a duração do período de molhamento (DPM) é uma das mais importantes (SENTELHAS, 2004). Em geral, a presença de molhamento sobre a superfície das plantas provê a água requerida pelos patógenos para o processo de germinação e infecção do tecido foliar. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar a epidemiologia do míldio (*Plasmopara viticola*), durante o ciclo da videira ‘Niagara Rosada’, sem controle químico, correlacionando a severidade da doença em %, a taxa de crescimento da doença e a área sob a curva de progresso da doença (AUDPC) tanto com a DPM medida no topo da cultura e com a face superior do sensor voltada para sudoeste (DPM mais longa de acordo com os resultados apresentados no Capítulo 2) quanto com a DPM estimada sobre o gramado pelo modelo CART (o qual obteve maior precisão e maior acurácia de acordo com os resultados apresentados no Capítulo 3), sugerido por Gleason et al. (1994). A severidade da doença em %, a taxa de crescimento da doença e a AUDPC também foram correlacionadas com outros dados e índices meteorológicos.

4.2 Revisão bibliográfica

4.2.1 Aspectos gerais do míldio da videira

O fungo *Plasmopara viticola*, causador do míldio da videira, é originário da América do Norte, onde, por milhares de anos, atacou as videiras nativas dessa região. Durante esse tempo, a seleção natural produziu um equilíbrio entre o patógeno e o hospedeiro, de tal modo que o fungo vive sobre essas plantas sem afetá-las com severidade. A filoxera, um pulgão da raiz da videira, também desenvolveu o mesmo tipo de equilíbrio com as *Vitis* americanas cujas raízes são, portanto, pouco afetadas pela praga. Por volta de 1865, a filoxera foi introduzida nos vinhedos franceses, cujas variedades, pertencentes à espécie *Vitis vinifera*, mostraram-se extremamente susceptíveis à praga. O problema foi resolvido com a introdução das videiras americanas, resistentes para servirem de porta-enxerto para as *Vitis* européias. Junto com o material importado, foi introduzido o fungo *P. viticola*, que passou a afetar os vinhedos que estavam começando a se recuperar do surto filoxérico. A severidade do ataque, principalmente em anos úmidos, destruía os vinhedos e, em fins da década de 1870, a uva e a indústria francesa de vinho pareciam condenadas ao desaparecimento, pois os fungicidas ainda eram desconhecidos. Foi então que em 1882 o professor Aléxis Millardet, da Universidade de Bordéus, descobriu casualmente a ação fungicida do cobre ao observar a ausência do míldio nas linhas de videira que limitavam os caminhos. Verificou que elas haviam sido pulverizadas com uma mistura de sulfato de cobre e cal, para evitar que estranhos comessem as uvas, pois pareciam estar envenenadas. Com base nesta observação, Millardet elaborou a calda bordalesa, primeiro fungicida utilizado no controle das enfermidades das plantas.

No Brasil, a primeira constatação do míldio foi em 1891, nas parreiras existentes no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Coube também aos pesquisadores do IAC a realização dos primeiros trabalhos de controle da doença com caldas cúpricas (RIBEIRO, 2003).

O míldio é a principal doença da videira quando cultivada em locais quentes e úmidos, podendo causar perdas de até 100% na produção. Portanto, o míldio chega a constituir-se em fator limitante à cultura da videira em regiões com condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento (precipitação, umidade e temperaturas elevadas). A ausência de chuva na primavera e verão limita a disseminação do patógeno. A doença também é conhecida como

peronóspora, mufa ou mofo (SÔNEGO; GARRIDO, 2006a; NAVES et al., 2006). O míldio também é a principal doença fúngica da cv. ‘Niagara Rosada’ em áreas tropicais, podendo infectar todas as partes verdes da planta, sendo que os danos são maiores quando ataca os frutos (MAIA et al., 2006; SÔNEGO, GARRIDO, 2006b).

4.2.2 Sintomatologia do míldio da videira

O fungo *P. viticola* pode afetar todos os órgãos verdes da videira, tais como folhas, flores, gavinhas, gemas e bagas, antes da maturação, além de ramos não maduros. Durante seu ciclo, a videira não apresenta a mesma sensibilidade à doença, existindo os estádios mais sensíveis. Assim, as folhas muito novas e pequenas não são afetadas, o mesmo ocorrendo com as folhas adultas e maduras (RIBEIRO, 2003).

Quando o míldio incide nas folhas, inicialmente aparecem manchas amareladas, translúcidas contra o sol, denominadas de “mancha de óleo”. Em condições de umidade relativa do ar elevada (acima de 98%), na face inferior da folha, sob a mancha de óleo, observa-se uma eflorescência branca, de aspecto cotonoso (“mofo branco” ou “mancha mofo”), que é a frutificação do fungo. Em seguida, o tecido foliar afetado necrosa, adquire uma coloração castanho-avermelhada e, com a evolução dos sintomas, ocorre a desfolha precoce da planta e, devido à falta de fotossíntese, as bagas e os ramos não amadurecem, resultando em reflexos negativos na produção. A cada novo período de chuva ocorre o aparecimento de novas manchas, culminando na destruição total do vinhedo (RIBEIRO, 2003; SÔNEGO; GARRIDO, 2006a; SÔNEGO; GARRIDO, 2006b; NAVES et al., 2006; MAIA et al., 2006).

A incidência do míldio nos ramos é mais rara. Os ramos são normalmente atacados nos estádios iniciais de crescimento ou em suas extremidades. Os ramos infectados apresentam coloração marrom escura, com aspecto escaldado. Os nós são mais sensíveis que os entrenós. Os ramos, quando atacados, se deformam, adquirindo a forma de uma letra S, vegetam fracamente, perdem suas folhas, secam e morrem. Caso sobrevivam, originam brotos fracos quando podados. Observa-se, no outono, estrias longitudinais negras nos entrenós. Os brotos tenros apresentam uma coloração escura, sobre a qual se desenvolve a eflorescência branca do fungo (RIBEIRO, 2003; SÔNEGO; GARRIDO, 2006a).

Os cachos são atacados desde antes da floração até a compactação dos cachos. Todas as partes do cacho são atacadas: pedúnculos, pedicelos, botões e bagas. Quando o pedúnculo é afetado, as flores secam e caem, pois o micélio que progride impede a circulação da seiva. Se a incidência do fungo ocorrer nas bagas, ainda muito jovens, logo após a fertilização até o estágio de chumbinho, observa-se escurecimento da ráquis e as bagas ficam recobertas inteiramente de um pó acinzentado, formado pelos conidióforos do patógeno, que é a chamada “podridão cinzenta”. Neste caso, o patógeno penetra diretamente pela epiderme, acarretando a queda do frutinho. Nas bagas mais desenvolvidas, com a casca mais espessa, o fungo penetra pelos pedicelos e se desenvolve no seu interior, tornando as bagas escuras, com uma coloração castanha a violeta conforme a variedade, duras, sem o aparecimento das estruturas do patógeno, com superfície deprimida (frutos enrugados), destacando-se facilmente da ráquis. Esse sintoma é denominado de “podridão parda” ou “míldio larvado” ou “peronóspora larvada” ou “grão preto” e é comum quando a produção coincide com o período das chuvas. Sem um bom esquema de tratamento nesta fase, o míldio pode causar perdas de até 100%, com degrana e queda de bagas. Entretanto, a partir do começo da maturação as bagas não são mais susceptíveis (RIBEIRO, 2003; SÔNEGO; GARRIDO, 2006a; SÔNEGO; GARRIDO, 2006b; NAVES et al., 2006; MAIA et al., 2006).

4.2.3 Condições favoráveis ao desenvolvimento do míldio da videira

Todos os fatores que contribuem para aumentar o teor de água no solo, ar e planta favorecem o desenvolvimento da doença. Portanto, a chuva é o principal fator epidemiológico por propiciar tais condições. A temperatura exerce papel moderador, freando ou acelerando as epidemias (SÔNEGO; GARRIDO, 2006a). A temperatura ideal para o desenvolvimento do míldio da videira varia de 15 a 25°C (PEDRO JÚNIOR; SENTELHAS, 2003). A presença de água livre, seja proveniente de chuva, orvalho, nevoeiro ou gutação é indispensável para haver a infecção. O fungo *P. viticola* necessita de água livre nos tecidos por um período mínimo de 1,5 h para haver infecção, a 22°C. As infecções são mais graves se a duração do período de água livre, ou duração do período de molhamento (DPM), for maior do que 3 h. A penetração de *P. viticola* nas folhas se dá pelos estômatos presentes na face inferior destas, pelos estômatos e pedicelos durante a floração e início da frutificação, e pelos pedicelos quando a uva já está mais

desenvolvida (SÔNEGO; GARRIDO, 2006a; SÔNEGO; GARRIDO, 2006b; NAVES et al., 2006; MAIA et al., 2006). O período de incubação varia de acordo com a temperatura e a umidade relativa do ar, podendo ser de 4 a 5 dias em temperatura entre 22 a 25°C e umidade relativa do ar acima de 95%. A esporulação ocorre com umidade relativa do ar elevada. Com 98% de umidade relativa do ar, a esporulação se forma em 10 h a 25°C, em 18 h a 20°C e em 20 h a 13°C (SÔNEGO; GARRIDO, 2006a).

4.2.4 Controle preventivo do míldio da videira

O objetivo principal das medidas preventivas é inibir o desenvolvimento inicial da doença. O tratamento de inverno com calda sulfocálcica seria a primeira medida a ser adotada num esquema de controle. Concomitantemente, devem-se aplicar as práticas culturais preventivas, tais como manter o solo bem drenado, manter o potencial de inóculo sempre em níveis baixos por meio da eliminação dos restos de cultura do ciclo anterior, possibilitar boa circulação de ar por meio do espaçamento e da poda, de modo a criar um microclima menos úmido, diminuindo assim as chances de infecções secundárias (RIBEIRO, 2003).

A boa drenagem do solo prevenirá o seu encharcamento, desfavorecendo a maturação e a germinação dos oósporos. O controle preventivo do míldio da videira (*P. viticola*) deve ser iniciado com a escolha do local adequado para a instalação do parreiral, evitando-se áreas de baixada ou com face sul, somado ao plantio de cultivares menos susceptíveis. Medidas que melhorem a aeração da copa, como espaçamento adequado, boa disposição espacial dos ramos sobre o arameado e poda verde (desbrota, desnetamento, desfolha, desponte, etc.), devem ser adotadas, objetivando diminuir a DPM. Uma adubação equilibrada também é muito importante, evitando excesso de nitrogênio, além da redução das fontes de inóculo responsáveis pelas primeiras infecções dentro do parreiral, por meio da poda das extremidades das brotações contaminadas e sua destruição ou enterrio juntamente com as folhas infectadas caídas no solo (SÔNEGO; GARRIDO, 2006a; SÔNEGO; GARRIDO, 2006b; NAVES et al., 2006; MAIA et al., 2006).

4.2.5 Tratamento químico para o controle do míldio da videira

Onde as condições climáticas são favoráveis ao patógeno *P. viticola*, as medidas preventivas não são suficientes para um controle eficaz da doença, sendo necessária a utilização do controle químico. Dentre os produtos tradicionais, têm-se a calda bordalesa, que é uma mistura de sulfato de cobre e cal virgem. Os tratamentos devem ser iniciados quando aparecerem as primeiras manchas nas folhas. A frequência das aplicações varia com as condições climáticas, com a sensibilidade da cultivar e com o fungicida utilizado. O sucesso do controle químico dependerá da escolha e dose do produto e do momento e da qualidade da aplicação. Segundo a escala fenológica descrita por Terra (2003), os estádios fenológicos de maior susceptibilidade da videira vão de 2 a 15, em cuja escala varia de 1 a 17 (Figura 4.1). As variedades européias de *Vitis vinifera*, por serem mais sensíveis, requerem maior número de tratamentos do que as uvas comuns e os híbridos americanos, como a ‘Niagara Rosada’ (RIBEIRO, 2003; SÔNEGO; GARRIDO, 2006a).

Figura 4.1 – Estádios fenológicos da videira ‘Niagara Rosada’

Fonte: Terra (2003).

No controle químico do míldio da videira, devem ser utilizados fungicidas registrados para a cultura e encontrados nas casas especializadas. Esses produtos podem ter ação protetora ou de contato, ação de profundidade ou ação sistêmica. Os produtos de contato só protegem a

superfície atingida pela aplicação e não têm ação sobre o fungo no interior dos tecidos, sendo necessária, portanto, uma boa e uniforme cobertura durante a pulverização para a eficácia desses produtos. Os produtos com ação de profundidade podem atuar sobre o fungo no interior das folhas até 2 dias após a infecção, porém não circulam na planta e também só protegem as partes pulverizadas. Já os produtos sistêmicos circulam pela seiva da planta, podendo matar o fungo até três dias após a infecção. Devido à capacidade de translocação, os produtos sistêmicos podem atuar em partes da planta que não foram atingidas na aplicação (MAIA et al., 2006; SÔNEGO; GARRIDO, 2006b).

Os fungicidas protetores do grupo dos ditiocarbamatos são efetivos no controle do míldio. Entretanto, têm pouca persistência na planta e são facilmente destruídos por altas temperaturas, radiação solar e lavados pelas chuvas, condições presentes em regiões de clima tropical úmido. Esses produtos podem ser misturados aos cúpricos, não apresentam fitotoxicidade às plantas e requerem aplicações a cada 3 a 4 dias no período chuvoso. Caso ocorram chuvas fortes, porém, há necessidade de repetir a pulverização. Os fungicidas que têm ação de profundidade podem ser usados quando se constata os sintomas iniciais do míldio, porém são mais eficazes quando aplicados preventivamente (MAIA et al., 2006; SÔNEGO; GARRIDO, 2006b).

Em condições climáticas favoráveis, o controle do míldio da videira por meio do uso de fungicidas deve ser realizado desde o início da brotação até a compactação dos cachos. Nos períodos favoráveis a doença, deve ser programada a aplicação de fungicidas sistêmicos em pré-florescimento, deixando-se os de contato ou ação translaminar para o resto do período até a compactação dos cachos (NAVES et al., 2006). Embora sejam mais eficazes que os fungicidas de contato, os fungicidas sistêmicos, por serem mais específicos, não devem ser utilizados em mais de duas ou três aplicações por ciclo vegetativo, diminuindo os riscos do aparecimento de raças resistentes do fungo a estes fungicidas. Deve ser adotado, portanto, um programa de tratamentos com alternância de produtos com diferentes modos de ação, aplicando-se fungicidas sistêmicos nos estádios de maior sensibilidade da videira, ou seja, da pré-floração até o início da maturação. No ciclo de formação de plantas, caso não seja deixada produção na entressafra (“safrinha”), devem ser utilizados apenas produtos com ação de contato (MAIA et al., 2006; SÔNEGO; GARRIDO, 2006b).

Os fungicidas a base de cobre não devem ser usados durante o florescimento e logo após o pegamento dos frutos, pois podem causar fitotoxicidade (MAIA et al., 2006; SÔNEGO;

GARRIDO, 2006b). Assim, até o final da floração, utilizar preferencialmente produtos orgânicos de contato ou sistêmicos e, posteriormente, utilizar os produtos cupro-orgânicos e cúpricos (SÔNEGO; GARRIDO, 2006a). A utilização dos fungicidas cúpricos é recomendada entre os estádios de ‘chumbinho’ até o amolecimento das bagas, e logo após a colheita. Entre os estádios de ervilha até a compactação dos cachos o cobre a ser usado deve ser na formulação de hidróxido de cobre GrDA, objetivando-se não manchar a uva (MAIA et al., 2006). Um maior cuidado no controle do míldio deve ser dispensado durante a floração até o início da maturação, pois é nestes estádios que ocorre a infecção no cacho, causando o “míldio larvado” ou “grão preto”. Os tratamentos devem ser preventivos, pois após o aparecimento do “grão preto” os danos e os prejuízos já foram produzidos (SÔNEGO; GARRIDO, 2006b).

Ribeiro (2003) apenas define os fungicidas como não sistêmicos (controle químico preventivo) e sistêmicos (controle químico curativo). Os fungicidas não sistêmicos que são fungitóxicos à *P. viticola* evitam o aparecimento de raças resistentes ao princípio ativo do defensivo. Somente os órgãos tratados são protegidos e a eficácia do tratamento perdura por 7 a 10 dias em condições de clima seco.

Em outros países, principalmente nos Estados Unidos e na Europa, uma rede de estações de aviso permite um controle racional do míldio da videira e outras doenças. Essas estações, baseadas em sistemas agrometeorológicos de alerta fitossanitário, avisam os viticultores sobre o momento em que deve ser feita a pulverização, obtendo assim a máxima eficiência de controle com um gasto mínimo. Trabalhos nessa área ainda estão em fase inicial no Brasil, onde as pulverizações são baseadas em datas pré-estabelecidas, o que implica excesso de pulverizações e conseqüente elevação do custo de produção e da contaminação ambiental (RIBEIRO, 2003).

4.2.6 Curvas de progresso da doença

De acordo com Bergamin Filho e Amorin (1996), a curva de progresso da doença, usualmente expressa pela plotagem da proporção de doença versus tempo, é a melhor representação de uma epidemia. Ela auxilia na caracterização das interações entre patógeno, hospedeiro e ambiente, na avaliação das estratégias de controle, na previsão de níveis futuros de doença, na avaliação dos modelos de simulação e na avaliação da resistência dos hospedeiros. Pode ser aplicável a qualquer tipo de patossistema, ou seja, diferentes tipos de hospedeiros

(culturas anuais, perenes, semi-perenes, tropicais ou temperadas), diferentes tipos de patógenos (fungos, bactérias ou vírus) e diferentes epidemias, as quais podem ser curtas (dias/meses), médias (anual) ou longas (vários anos). Independentemente da condição considerada, os parâmetros mais importantes da doença podem ser caracterizados, entre eles:

- Época do início da epidemia;
- Quantidade de inóculo inicial;
- Taxa aparente de aumento da doença;
- Forma da curva de progresso da doença;
- Área sob a curva de progresso da doença (AUDPC);
- Quantidade final da doença;
- Duração da epidemia.

Segundo a definição dada por Vanderplank (1963), do ponto de vista epidemiológico, existem dois grupos de doenças: doenças de juro simples e doenças de juro compostos.

Nas doenças de juro simples as plantas infectadas durante o ciclo da cultura não servirão de fonte de inóculo para novas infecções durante o mesmo ciclo (processo monocíclico), como por exemplo: murcha de fusarium, murcha de verticilium, viroses sem vetor, carvão da cana-de-açúcar, etc. Neste caso, a fonte de inóculo está no solo e a doença possui um padrão de distribuição espacial irregular no campo.

Já nas doenças de juro compostos as plantas infectadas durante o ciclo da cultura servirão de fonte de inóculo para novas infecções durante o mesmo ciclo (processo policíclico). A maioria das doenças tem esse tipo de crescimento, como por exemplo: ferrugem do trigo, antracnoses, míldio da videira (*P. viticola*), etc. Nesse tipo de crescimento está implícita a movimentação do patógeno a partir das plantas doentes em direção às plantas saudáveis, sendo que a doença possui um padrão de distribuição espacial regular no campo.

Existem diversos modelos matemáticos para a descrição do progresso de doenças, sendo os modelos exponencial, logístico, de Gompertz e monomolecular os mais utilizados (BERGAMIN FILHO; AMORIM, 1996).

4.2.7 Previsão de doenças de plantas e estimativas de infecção em vinhedo de ‘Niagara Rosada’ utilizando variáveis meteorológicas

De acordo com Reis e Wordell Filho (2004), a maioria dos sistemas de previsão de doenças de plantas existentes baseia-se na previsão da infecção. O processo infeccioso envolve as subfases de germinação dos esporos, de desenvolvimento do tubo germinativo na superfície do hospedeiro, da penetração do hospedeiro e do desenvolvimento pós-penetração, que conduzem ao estabelecimento de uma relação parasitária viável. A água no ambiente e a temperatura do ar são os principais fatores climáticos que influenciam no processo infeccioso. Quando a superfície da planta está molhada, os esporos germinam quando imersos num filme de água ou em gotículas, ou podem estar expostos ao vapor d’água de alto potencial hídrico quando posicionados entre as gotículas d’água. Por outro lado, quando a superfície foliar está seca, os progágulos do patógeno encontram-se expostos ao vapor d’água, com potencial hídrico tão baixo que impede o seu desenvolvimento.

Os estudos sobre as relações entre a água ambiental e a infecção indicam que a maioria dos patógenos, exceto os que causam o oídio, requer água líquida ou o ar próximo à saturação com vapor d’água na superfície da planta para completar o processo de infecção com sucesso (REIS e WORDELL FILHO, 2004). Portanto, a duração do período de molhamento (DPM) e a temperatura média do ar durante esse período têm larga aplicação na previsão de infecções por patógenos foliares. Por este motivo, o componente do ciclo da doença mais usado em previsão é a infecção, sendo que, sem esta, não pode ocorrer a doença propriamente dita. Muitos fatores ambientais podem influenciar na infecção. Para os fungos patogênicos, a temperatura do ar e a DPM são as variáveis mais importantes que controlam o processo, porém o vento e a chuva também exercem papéis fundamentais em algumas doenças. Alguns sistemas utilizam os períodos de umidade relativa do ar (UR) elevada, como por exemplo $UR > 90\%$. Em geral, quando a UR é superior a 90-95%, freqüentemente há presença de água líquida em alguma parte da planta. Assim, um sistema simples de previsão pode tomar como base os registros de temperatura do ar e da UR para se estimar o período de infecção.

Fiorine (2006), em Jundiaí, SP, Brasil, em vinhedo de ‘Niagara Rosada’, estimou por meio de regressões múltiplas a infecção (severidade em %) de quatro importantes doenças desta videira: antracnose (*Elsinoe ampelina*), míldio (*Plasmopara viticola*), mancha das folhas

(*Mycosphaerella personata*) e ferrugem (*Phakopsora euvitis*). As três variáveis independentes destas regressões múltiplas foram a severidade da doença no período anterior (%), a precipitação acumulada medida no vinhedo no período anterior (mm) e a temperatura média do ar medida no vinhedo no período anterior (°C). O autor obteve coeficientes de determinação elevados para antracnose nas folhas e ramos ($R^2 = 0,93$), antracnose nos cachos ($R^2 = 0,86$), míldio nas folhas ($R^2 = 0,77$) e míldio nos cachos ($R^2 = 0,89$). Os coeficientes de determinação foram baixos para mancha das folhas ($R^2 = 0,70$) e ferrugem ($R^2 = 0,59$).

4.3 Material e métodos

4.3.1 Local do experimento

O ensaio foi conduzido no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Frutas do Instituto Agronômico (IAC), localizado no município de Jundiaí, SP, Brasil (Lat.: 23° 12' S; Long.: 46° 53' W; Alt.: 715 m), durante o período de 03/08/2006 a 26/04/2007. O clima de Jundiaí, SP, de acordo com Köppen, é classificado como Cfa para suas regiões mais baixas e Cfb para suas regiões mais altas (SETZER, 1966), ambos considerados climas úmidos. De acordo com as Normais Climatológicas (período de 1961 a 1990), a temperatura média do mês mais frio (julho) é de 17,1°C, enquanto que a temperatura média do mês mais quente (fevereiro) é de 24,2°C, sendo a temperatura média anual de 20,9°C. O total pluviométrico médio do inverno é de 59 mm (junho), enquanto que o do verão é de 227 mm (janeiro), com total médio anual de 1.412 mm.

4.3.2 Delineamento experimental

A parcela experimental foi instalada em vinhedo da uva de mesa 'Niagara Rosada', conduzido em sistema de espaldeira, com três fios de arame espaçados de 30 cm, sendo o primeiro fio (mais baixo) a 100 cm do solo. As videiras tinham um espaçamento de 2 m entre linhas (ruas) e de 1 m entre plantas. Com a frequência necessária, foi feita a poda verde, constando da eliminação de gavinhas, de ramos axilares (desnetamento) e da parte terminal dos

ramos, na altura de 100-120 cm (desponta). A área das entrelinhas foi coberta com ‘mulch’ de capim gordura (*Melinis minutiflora* Pal. Beauv.), com 10 cm de espessura.

A fim de aumentar o período vegetativo das plantas durante o experimento, no período de ago/06 a abr/07, a poda das videiras foi realizada em seis diferentes datas: 03/08/2006 (parcela 1), 24/08/2006 (parcela 2), 22/09/2006 (parcela 3), 26/12/2006 (parcela 4 – nova poda da parcela 1 na altura do segundo fio de arame), 23/01/2007 (parcela 5 - nova poda da parcela 2 na altura do segundo fio de arame) e 16/02/2007 (parcela 6 - nova poda da parcela 3 na altura do segundo fio de arame). Cada parcela foi constituída de três ruas, escolhendo-se 20 plantas ao acaso para o monitoramento da epidemiologia do míldio (*P. viticola*), sendo 5 plantas nas linhas externas e 10 na linha intermediária.

A epidemiologia do míldio durante o ciclo da videira foi avaliada sem controle químico, em intervalos de sete dias, utilizando-se escala de notas de 0 a 4 (Tabela 4.1), levando-se em consideração nove níveis de severidade (0, 0,1, 0,2, 0,5, 0,7, 1, 2, 3 e 4), tanto nas folhas quanto nos cachos da videira, de acordo com a metodologia descrita por Pedro Júnior et al. (1998). Deve-se ressaltar que as notas foram dadas por planta, de acordo com o conjunto de cachos e folhas com os sintomas do míldio, e não por folhas ou cachos individuais.

Tabela 4.1 – Escala de notas para a avaliação da taxa de crescimento do míldio da videira (*P. viticola*), levando-se em consideração nove níveis de severidade, tanto nas folhas quanto nos cachos da uva de mesa ‘Niagara Rosada’, em Jundiaí, SP, Brasil

Nota	Severidade (%)	Severidade média (%)
0	0	0,0
0,1	0,1 a 2,5	1,3
0,2	2,5 a 5	3,8
0,5	5 a 10	7,5
0,7	10 a 20	15,0
1	20 a 25	22,5
2	25 a 50	37,5
3	50 a 75	62,5
4	75 a 100	87,5

Fonte: Pedro Júnior et al. (1998).

Levando-se em consideração os valores contidos na Tabela 4.1, pode-se correlacionar a nota dada para a severidade do míldio com a severidade média em porcentagem (Figura 4.2).

Figura 4.2 – Relação entre a nota dada para a severidade do míldio e a respectiva severidade média (%), tanto para as folhas quanto para os cachos da uva de mesa ‘Niagara Rosada’, em Jundiaí, SP, Brasil

Assim, visto que a correlação entre a nota dada para a severidade do míldio e a severidade média (%) é alta ($R^2 = 0,9941$), utilizou-se neste trabalho a equação $y = 21,115x$ para converter diretamente a nota em severidade (%) do míldio da videira ‘Niagara Rosada’.

Primeiramente, fez-se uma análise visual da severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’ em função dos dias após a poda (DAP), tanto nas folhas quanto nos cachos da videira. Posteriormente, para o cálculo das taxas de crescimento da severidade do míldio, fez-se o ajuste do melhor modelo matemático para a descrição do progresso da doença, também para as folhas e para os cachos da videira, dentre os modelos exponencial, logístico, de Gompertz e monomolecular (BERGAMIN FILHO; AMORIM, 1996), os quais são descritos a seguir:

- Modelo exponencial:

De acordo com Bergamin Filho e Amorim (1996), o modelo exponencial é um dos primeiros e mais simples modelos empregados para o estudo do aumento de populações, o qual pode ser descrito como:

$$\frac{dx}{dt} = r_E x \quad (4.1)$$

em que: dx/dt é a velocidade de aumento da doença, x a quantidade de doença e r_E a taxa de aumento da doença específica para o modelo exponencial. Se, por exemplo, dx/dt representar novas lesões por dia, r_E terá o significado de novas lesões por lesão por dia.

A interpretação biológica da equação 4.1 indica que a velocidade de aumento da doença dx/dt , também chamada de taxa absoluta de aumento da doença, é proporcional à própria quantidade de doença. Isto é o mesmo que dizer que níveis maiores de doença levarão sempre a incrementos maiores de doença. Taxas absolutas de aumento de doença são muito úteis para visualizar como cresce a população. Na prática, entretanto, o que se observa é o nível de doença (x) em diferentes tempos (t). A equação que descreve a variação de x em função de t é obtida pela integração de 4.1:

$$x = x_0 e^{r_E t} \quad (4.2)$$

em que: x_0 é a quantidade de doença no tempo t_0 .

O modelo exponencial, apesar de demasiado simplista, pode ser empregado para as fases iniciais da epidemia, enquanto a quantidade de doença não exceder 5%. Experimentalmente, o valor de r_E pode ser determinado conhecendo-se dois valores de quantidade de doença em tempos diferentes (x e x_0), por meio da equação:

$$r_E = \left(\frac{1}{t} \right) \ln \left(\frac{x}{x_0} \right) \quad (4.3)$$

ou, quando vários valores de x forem conhecidos, por meio da regressão linear entre o logaritmo de x ($\ln(x)$) e o tempo.

- Modelo logístico:

O modelo logístico, originalmente proposto por Verhulst (1838), tem sido o modelo mais empregado para descrever o progresso de epidemias desde que Vanderplank (1963) redescobriu-o em seu clássico livro (BERGAMIN FIHO; AMORIM, 1996). A equação diferencial do modelo logístico pode ser escrita como:

$$\frac{dx}{dt} = r_L x(1-x) \quad (4.4)$$

em que: r_L é a taxa de aumento da doença específica para o modelo logístico e 1 a quantidade máxima de doença. O fator de correção $(1-x)$ representa a quantidade de tecido sadio. Vanderplank (1963) chamou a taxa r_L de taxa aparente de infecção, uma vez que, nas avaliações de doença no campo, o que realmente se determina é o tecido com aparência doente, ou seja, aquele tecido infectado que já passou pelo período de incubação. A taxa r_L tem o significado, caso dx/dt represente novas lesões por dia, de novas lesões por lesão por dia.

A interpretação biológica da equação 4.4 indica que a velocidade de aumento da doença dx/dt é proporcional à própria quantidade de doença x e à quantidade de tecido sadio disponível $(1-x)$. Para quantidades pequenas de doença (abaixo de 5%), o modelo logístico confunde-se com o modelo exponencial. Quando dx/dt é plotado contra o tempo, incrementos crescentes ocorrem no início, com uma taxa absoluta máxima, ou ponto de inflexão, quando $x = 50\%$ (0,5 em proporção), seguidos por incrementos decrescentes que tendem a zero, resultando numa curva que é simétrica em torno de seu ponto de inflexão. A integração da equação 4.4 produz:

$$x = \frac{1}{1 + \left(\left(\frac{1}{x_0} \right) - 1 \right) e^{(-r_L t)}} \quad (4.5)$$

A plotagem de x contra o tempo origina uma curva em forma de S, conhecida como curva logística, simétrica em torno de $x = 0,5$. A equação 4.5 pode ser linearizada (equação 4.6) e r_L pode ser avaliado (equação 4.7).

$$\ln\left(\frac{x}{(1-x)}\right) = \ln\left(\frac{x_0}{(1-x_0)}\right) + r_L t \quad (4.6)$$

$$r_L = \left(\frac{1}{t}\right) \left[\ln\left(\frac{x}{(1-x)}\right) - \ln\left(\frac{x_0}{(1-x_0)}\right) \right] \quad (4.7)$$

Quando várias estimativas de x para diferentes tempos forem conhecidas, a taxa aparente de infecção r_L pode ser calculada por meio de regressão linear, utilizando-se o logito de x ($\ln(x/(1-x))$) contra o tempo.

- Modelo de Gompertz:

Apesar do modelo de Gompertz ter sido introduzido na epidemiologia vegetal algum tempo depois do modelo logístico, sua origem é mais antiga (GOMPERTZ, 1825). Hoje em dia, no domínio das doenças de plantas, ambos os modelos são bastante empregados (BERGER, 1981; WAGGONER, 1986; CAMPBELL; MADDEN, 1990; BERGAMIN FILHO; AMORIM, 1996). A equação diferencial para o modelo de Gompertz pode ser escrita como:

$$\frac{dx}{dt} = r_G x (\ln(1) - \ln(x)) \quad (4.8)$$

que é o mesmo que:

$$\frac{dx}{dt} = r_G x (-\ln(x)) \quad (4.9)$$

em que: r_G é a taxa de aumento da doença específica para o modelo de Gompertz. A plotagem de dx/dt contra o tempo, a exemplo do que acontece com o modelo logístico, mostra incrementos crescentes até que o ponto de inflexão seja atingido, seguindo-se incrementos decrescentes que tendem a zero. O ponto de inflexão, diferentemente do modelo logístico, ocorre no ponto $x = 0,37$

(1/e), fazendo com que a curva de dx/dt seja assimétrica, inclinada para a esquerda. A integração das equações 4.8 e 4.9 produz:

$$x = e^{(-\ln(x_0))e^{(-r_G t)}} \quad (4.10)$$

A plotagem de x contra o tempo origina uma curva também em forma de S, que difere, porém, do S logístico por apresentar um crescimento mais acentuado em seu início. A equação 4.10 pode ser linearizada, transformando-se em:

$$-\ln(-\ln(x)) = -\ln(-\ln(x_0)) + r_G t \quad (4.11)$$

A taxa r_G pode ser determinada, conhecendo-se x e x_0 , por meio da equação:

$$r_G = \left(\frac{1}{t}\right)((-\ln(-\ln(x))) - (-\ln(-\ln(x_0)))) \quad (4.12)$$

Quando várias estimativas de x para diferentes tempos forem conhecidas, a taxa de infecção r_G pode ser calculada por meio de regressão linear, utilizando-se o gompito de x ($-\ln(-\ln(x))$) contra o tempo.

- Modelo monomolecular:

Segundo Bergamin Filho e Amorim (1996), os três modelos que foram examinados até o momento (exponencial, logístico e de Gompertz) têm em comum a proporcionalidade entre a velocidade de aumento da doença (dx/dt) e a própria quantidade de doença (x). Este, porém, não é o caso do modelo monomolecular, no qual a velocidade de aumento da doença é proporcional a quantidade de inóculo inicial (Q) e a uma taxa de infecção (R), consideradas constantes. Assim, têm-se a seguinte equação:

$$\frac{dx}{dt} = r_M (1 - x) \quad (4.13)$$

em que: r_M é a taxa de aumento da doença específica para o modelo monomolecular ($r_M = QR$). A plotagem de dx/dt contra o tempo mostra que os incrementos são sempre decrescentes e que aproximam-se de zero à medida que se esgota o tecido sadio. A integração da equação 4.13 leva a:

$$x = 1 - (1 - x_0)e^{(-r_M t)} \quad (4.14)$$

equação que, plotada contra o tempo, produz uma curva côncava em relação à abscissa, aproximando-se assintoticamente da quantidade máxima de doença. A equação 4.14 pode ser linearizada, fazendo-se:

$$\ln\left(\frac{1}{(1-x)}\right) = \ln\left(\frac{1}{(1-x_0)}\right) + r_M t \quad (4.15)$$

e r_M pode ser avaliado, desde que x e x_0 sejam conhecidos, por meio de:

$$r_M = \left(\frac{1}{t}\right) \left(\ln\left(\frac{1}{(1-x)}\right) - \ln\left(\frac{1}{(1-x_0)}\right) \right) \quad (4.16)$$

Quando várias estimativas de x para diferentes tempos forem conhecidas, r_M pode ser calculado por meio de regressão linear, utilizando-se o monito de x ($\ln(1/(1-x))$) contra o tempo.

Todos os modelos de ajuste apresentados anteriormente foram empregados na descrição do progresso da severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’, tanto nas folhas quanto nos cachos de uva, efetuando-se os seguintes passos:

- Regressão entre a proporção da severidade da doença transformada (expito, logito, gompito e monito) e o tempo. Com estas equações, têm-se as estimativas do expito, logito, gompito e monito em função do tempo;
- Destransformação do expito, logito, gompito e monito estimados, encontrando-se os valores da proporção da severidade da doença estimada por cada modelo (x estimada);

- Regressão entre a proporção da severidade da doença observada (x observada) e a estimada (x estimada) para cada um dos modelos.

Assim, escolheu-se o melhor modelo de ajuste para a descrição do progresso da severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’, tanto nas folhas quanto nos cachos de uva, a fim de possibilitar o cálculo das taxas de crescimento da doença.

Além disso, a partir dos dados de severidade do míldio ao longo do tempo, também foi determinada a área sob a curva de progresso da doença (AUDPC), tanto para as folhas quanto para os cachos de uva, de acordo com a equação 4.17 (LEITE, 2002).

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{n-1} \left[\left\{ \frac{(x_i + x_{i+1})}{2} \right\} (t_{i+1} - t_i) \right] \quad (4.17)$$

em que: $x_i = x(t_i)$, n o número de avaliações, x a proporção da severidade do míldio e $(t_{i+1}-t_i)$ o intervalo entre duas avaliações consecutivas.

Para as medidas micrometeorológicas no interior do vinhedo, foram utilizados três sensores de molhamento do tipo placa plana da marca Campbell Scientific, modelo 237, um sensor de temperatura (termistor) e de umidade (capacitivo) do ar da marca Campbell Scientific, modelo HMP35C, e um pluviômetro de báscula da marca Texas Electronics, modelo TE525. Esses sensores foram conectados a um sistema automático de aquisição de dados da marca Campbell Scientific, modelo CR23X, programado para efetuar leituras a cada 60 s e armazenar as médias e/ou totais a cada 20 min. O conjunto de equipamentos instalados no interior do vinhedo é apresentado na Figura 4.3.

Figura 4.3 – Conjunto de equipamentos instalados no interior do vinhedo de ‘Niagara Rosada’, com pluviômetro, sensor de temperatura e umidade e sensor de molhamento, em Jundiaí, SP, Brasil

Na estação meteorológica automática (EMA), pertencente ao campo experimental, localizada a 200 m a leste do vinhedo, foi instalado um sensor de molhamento do mesmo modelo. No mesmo local, também foram registrados os dados de temperatura do ar (T), umidade relativa do ar (UR), velocidade do vento a 2 m de altura (U), saldo de radiação (R_n) e precipitação (P). Os sensores de temperatura (termistor) e de umidade (capacitivo) do ar foram da marca Vaisala (modelo HMP45C). A velocidade do vento foi medida com um anemômetro de canecas da marca Engespaço. O saldo de radiação foi medido com um saldo radiômetro de termopilha da marca Kipp & Zonen, modelo NR LITE. A precipitação foi medida com um pluviômetro de balança da marca Engespaço. Os sensores foram conectados a um sistema automático de aquisição de dados da marca Campbell Scientific, modelo CR 10, programado para efetuar leituras a cada 5 s e armazenar as médias e/ou totais a cada 20 min.

A severidade do míldio (*P. viticola*) na videira ‘Niagara Rosada’ (% taxa de crescimento da doença e AUDPC) foi correlacionada com elementos meteorológicos medidos tanto no interior do vinhedo quanto na EMA. Os elementos foram: duração do período de molhamento (DPM), precipitação (P), temperatura média do ar ($T_{\text{méd}}$), temperatura máxima do ar ($T_{\text{máx}}$), temperatura mínima do ar ($T_{\text{mín}}$), umidade relativa média do ar ($UR_{\text{méd}}$) e umidade relativa mínima do ar ($UR_{\text{mín}}$). Também se correlacionou os dados de doença com alguns índices meteorológicos escolhidos em função das condições favoráveis ao desenvolvimento do míldio (*P. viticola*) citadas por alguns autores como Sônego e Garrido (2006a), Sônego e Garrido (2006b), Naves et al. (2006) e Maia et al. (2006). Os índices foram: número de dias com chuva maior ou

igual a 1 mm ($NDC \geq 1$ mm), número de dias com temperatura média superior a 25°C ($NDT_{\text{méd}} > 25^\circ\text{C}$), número de dias com temperatura média inferior a 22°C ($NDT_{\text{méd}} < 22^\circ\text{C}$) e número de dias com DPM superior a 10 h ($NDDPM > 10$ h). Com relação à DPM, foi utilizada a DPM medida no ponto onde ocorreu maior duração no interior do vinhedo, na altura de 1,6 m, sensor inclinado em 45° em relação à horizontal e face superior voltada para sudoeste (Topo-SW), a DPM medida em posição padrão sobre o gramado e a DPM estimada sobre o gramado (30 cm de altura) pelo modelo CART (GLEASON et al., 1994).

Tendo em vista que o período de incubação do míldio da videira (*P. viticola*) varia de 4 a 5 dias (SÔNEGO; GARRIDO, 2006a), a média e/ou totais dos elementos e dos índices meteorológicos foram feitas para 5 dias (12:20 h às 12:00 h). Assim, os dados da última avaliação da doença no campo (dia n) foram correlacionados com a média e/ou totais dos elementos e dos índices meteorológicos feitos para o mesmo período (MP), ou seja, dos 5 dias anteriores à última avaliação da doença no campo, e também com a média e/ou totais dos elementos e dos índices meteorológicos feitos para o período anterior (PA), ou seja, dos 5 dias anteriores à penúltima avaliação da doença no campo (dia n-7, aproximadamente).

Os estádios fenológicos da videira ‘Niagara Rosada’, analisados de acordo com a Figura 4.1 (TERRA, 2003), também foram correlacionados com os dados de míldio nas folhas e nos cachos de uva.

4.3.3 Análise dos dados

Como critério para a escolha do melhor modelo de ajuste para a descrição do progresso da severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’, tanto nas folhas quanto nos cachos de uva, as correlações entre os valores de proporção da doença observados no campo e os estimados pelos modelos (exponencial, logístico, de Gompertz e monomolecular) foram avaliadas pela análise de regressão, analisando-se o índice de confiabilidade de Camargo - c (CAMARGO; SENTELHAS, 1997).

Já as correlações dos elementos meteorológicos (MP e PA), índices meteorológicos (MP e PA) e dos estádios fenológicos da videira ‘Niagara Rosada’ no período atual com o desenvolvimento da severidade do míldio nas folhas e nos cachos de uva (% taxa de crescimento

da doença e AUDPC) também foram avaliadas pela análise de regressão, analisando-se o coeficiente de correlação – R.

4.4 Resultados e discussão

4.4.1 Análise visual do progresso do míldio na videira ‘Niagara Rosada’

A Figura 4.4 apresenta os sintomas do míldio (*P. viticola*) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’, com as manchas amareladas na face superior da folha (“mancha de óleo”) e, na face inferior, sob a mancha de óleo, as eflorescências brancas, com aspecto de algodão (“mofo branco” ou “mancha mofo”), que é a frutificação do fungo.

Figura 4.4 – Sintomas do míldio nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’, com as “manchas de óleo” na face superior (a) e o “mofo branco” na face inferior (b) da folha, em Jundiaí, SP, Brasil

A Figura 4.5 apresenta os sintomas do míldio (*P. viticola*) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’, com as bagas, ainda muito jovens, recobertas inteiramente de um pó acinzentado (a), formado pelos conidióforos do patógeno (“podridão cinzenta”) e, nas bagas mais desenvolvidas, com a casca mais espessa, a coloração castanha (b), formando frutos enrugados e duros (“podridão parda” ou “míldio larvado” ou “peronóspora larvada” ou “grão preto”), comum quando a produção coincide com o período das chuvas.

Figura 4.5 - Sintomas do míldio nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’, com a “podridão cinzenta” nas bagas mais jovens (a) e a “podridão parda” nas bagas mais desenvolvidas (b), em Jundiaí, SP, Brasil

Os valores de severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’ nas folhas e nos cachos de uva em relação aos dias após a poda (para as seis parcelas experimentais) são apresentados nas Figuras 4.6 e 4.7, respectivamente.

Figura 4.6 – Severidade do míldio nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ em relação aos dias após a poda, em Jundiaí, SP, Brasil

Figura 4.7 – Severidade do míldio nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ em relação aos dias após a poda, em Jundiaí, SP, Brasil

Analisando a Figura 4.6, verifica-se visualmente um aumento cada vez mais acentuado da taxa de crescimento da severidade do míldio nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ à medida que as podas das parcelas foram efetuadas em datas mais próximas ao período das chuvas e/ou de elevada UR (propícia à formação de orvalho, resultando num aumento da DPM), levando-se em consideração uma média de aproximadamente 120 dias do ciclo das plantas. Assim, observou-se que a parcela 1 (poda em 03/08/2006) não apresentou um crescimento acentuado da doença nas folhas, visto que praticamente não ocorreu molhamento (por chuva ou orvalho) durante o ciclo. Já observando as curvas da parcela 2 (poda em 24/08/2006), parcela 3 (poda em 22/09/2006), parcela 4 (poda em 26/12/2006), parcela 5 (poda em 23/01/2007) e parcela 6 (poda em 16/02/2007), verificou-se gradativamente um aumento muito mais acelerado do míldio nas folhas.

O mesmo ocorreu com o aumento da severidade do míldio nos cachos (Figura 4.7), sendo muito menos acentuado nas plantas da parcela 1, decorrente do ciclo em período seco, e mais acentuado nas plantas das parcelas 2, 3, 4, 5 e 6, nas quais as plantas se desenvolveram em período mais chuvoso e com UR mais elevada.

4.4.2 Modelos para descrição do progresso do míldio na videira ‘Niagara Rosada’

As Tabelas 4.2 e 4.3 apresentam os valores do índice de confiabilidade de Camargo – c (CAMARGO; SENTELHAS, 1997) obtidos das correlações entre a proporção da severidade do míldio observada e a estimada pelos modelos exponencial, logístico, de Gompertz e monomolecular, respectivamente nas folhas e nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’, para as seis parcelas de plantas, podadas em diferentes datas.

Tabela 4.2 – Valores do índice “c” obtidos das correlações, por análise de regressão, entre a proporção da severidade do míldio observada e a estimada pelos modelos exponencial, logístico, de Gompertz e monomolecular, nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’, para as seis parcelas de plantas podadas em diferentes datas, em Jundiaí, SP, Brasil

Índice c (severidade do míldio nas folhas)						
Modelo	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	Parcela 6
Exponencial	0,924	0,746	0,553	0,593	0,740	0,490
Logístico	0,947	0,965	0,876	0,845	0,967	0,649
Gompertz	0,971	0,987	0,910	0,909	0,974	0,645
Monomolecular	0,864	0,912	0,892	0,943	0,892	0,620

Tabela 4.3 – Valores do índice “c” obtidos das correlações, por análise de regressão, entre a proporção da severidade do míldio observada e a estimada pelos modelos exponencial, logístico, de Gompertz e monomolecular, nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’, para as seis parcelas de plantas podadas em diferentes datas, em Jundiaí, SP, Brasil

Índice c (severidade do míldio nos cachos)						
Modelo	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	Parcela 6
Exponencial	0,895	0,704	0,215	0,444	0,690	0,382
Logístico	0,907	0,940	0,514	0,601	0,832	0,490
Gompertz	0,925	0,977	0,462	0,593	0,867	0,505
Monomolecular	0,949	0,987	0,349	0,559	0,895	0,477

Observando-se a Tabela 4.2, verifica-se que os valores mais elevados de “c” foram obtidos pelas transformações feitas pelo modelo de Gompertz, sendo este, portanto, o melhor modelo de ajuste para a descrição do progresso da severidade do míldio nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’. Assim, as taxas de aumento da severidade do míldio nas folhas foram calculadas pelo modelo de Gompertz (equação 4.12).

Por outro lado, para o míldio dos cachos os valores mais elevados de “c” foram obtidos pelo modelo Monomolecular, na maioria dos casos (Tabela 4.3), sendo este, portanto, o melhor modelo de ajuste para a descrição do progresso da severidade do míldio nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’. Assim, as taxas de aumento da severidade do míldio nos cachos foram calculadas pelo modelo monomolecular (equação 4.15).

4.4.3 Relação entre elementos meteorológicos e míldio na videira ‘Niagara Rosada’

A Tabela 4.4 apresenta os valores dos coeficientes de correlação (R), resultantes da análise de regressão entre a média e/ou totais dos elementos meteorológicos (medidos na EMA e no interior do vinhedo, além da DPM estimada pelo modelo CART), feitas para o mesmo período (MP) e dados de severidade (Sev) do míldio nas folhas (fo) e nos cachos (ca) de uva. Já a Tabela 4.5 apresenta o “ranking” (em ordem decrescente dos valores de R) de todas as correlações.

Tabela 4.4 – Valores dos coeficientes de correlação (R), resultantes da análise de regressão entre os elementos meteorológicos feitos para o mesmo período (MP) e dados de severidade do míldio nas folhas e nos cachos de uva, em Jundiaí, SP, Brasil

Coeficientes de correlação (R) – Elementos meteorológicos x Severidade do míldio - MP						
	Sev fo (%)	Sev ca (%)	Sev fo (r_G)	Sev ca (r_M)	Sev fo (AUDPC)	Sev ca (AUDPC)
P EMA (mm)	0,039	0,041	0,026	0,155	0,017	0,069
P uva (mm)	0,022	0,039	0,014	0,180	0,014	0,073
T_{méd} EMA (°C)	0,263	0,235	0,110	0,130	0,203	0,240
T_{méd} uva (°C)	0,297	0,233	0,176	0,118	0,242	0,254
T_{máx} EMA (°C)	0,178	0,216	0,131	0,063	0,077	0,139
T_{máx} uva (°C)	0,176	0,203	0,187	0,035	0,064	0,101
T_{mín} EMA (°C)	0,294	0,168	0,098	0,228	0,312	0,310
T_{mín} uva (°C)	0,294	0,180	0,084	0,234	0,318	0,329
UR_{méd} EMA (%)	0,204	0,022	0,098	0,259	0,320	0,207
UR_{méd} uva (%)	0,210	0,056	0,102	0,275	0,316	0,229
UR_{mín} EMA (%)	0,097	0,078	0,120	0,259	0,224	0,141
UR_{mín} uva (%)	0,091	0,063	0,130	0,275	0,217	0,163
DPM EMA (h)	0,162	0,005	0,222	0,404	0,285	0,181
DPM uva (h)	0,368	0,227	0,028	0,179	0,439	0,348
DPM CART (h)	0,256	0,137	0,082	0,211	0,352	0,287

Tabela 4.5 - “Ranking” (em ordem decrescente dos valores de R) das relações entre os elementos meteorológicos feitos para o mesmo período (MP) e dados de severidade do míldio nas folhas e nos cachos de uva, em Jundiá, SP, Brasil

Elementos meteorológicos x Severidade do míldio – MP – por ordem decrescente de R						
	Sev fo (%)	Sev ca (%)	Sev fo (r_G)	Sev ca (r_M)	Sev fo (AUDPC)	Sev ca (AUDPC)
1º	DPM uva (h)	T _{méd} EMA (°C)	DPM EMA (h)	DPM EMA (h)	DPM uva (h)	DPM uva (h)
2º	T _{méd} uva (°C)	T _{méd} uva (°C)	T _{máx} uva (°C)	UR _{méd} uva (%)	DPM CART (h)	T _{mín} uva (°C)
3º	T _{mín} uva (°C)	DPM uva (h)	T _{méd} uva (°C)	UR _{mín} uva (%)	UR _{méd} EMA (%)	T _{mín} EMA (°C)
4º	T _{mín} EMA (°C)	T _{máx} EMA (°C)	T _{máx} EMA (°C)	UR _{mín} EMA (%)	T _{mín} uva (°C)	DPM CART (h)
5º	T _{méd} EMA (°C)	T _{máx} uva (°C)	UR _{mín} uva (%)	UR _{méd} EMA (%)	UR _{méd} uva (%)	T _{méd} uva (°C)
6º	DPM CART (h)	T _{mín} uva (°C)	UR _{mín} EMA (%)	T _{mín} uva (°C)	T _{mín} EMA (°C)	T _{méd} EMA (°C)
7º	UR _{méd} uva (%)	T _{mín} EMA (°C)	T _{méd} EMA (°C)	T _{mín} EMA (°C)	DPM EMA (h)	UR _{méd} uva (%)
8º	UR _{méd} EMA (%)	DPM CART (h)	UR _{méd} uva (%)	DPM CART (h)	T _{méd} uva (°C)	UR _{méd} EMA (%)
9º	T _{máx} EMA (°C)	UR _{mín} EMA (%)	T _{mín} EMA (°C)	P uva (mm)	UR _{mín} EMA (%)	DPM EMA (h)
10º	T _{máx} uva (°C)	UR _{mín} uva (%)	UR _{méd} EMA (%)	DPM uva (h)	UR _{mín} uva (%)	UR _{mín} uva (%)
11º	DPM EMA (h)	UR _{méd} uva (%)	T _{mín} uva (°C)	P EMA (mm)	T _{méd} EMA (°C)	UR _{mín} EMA (%)
12º	UR _{mín} EMA (%)	P EMA (mm)	DPM CART (h)	T _{méd} EMA (°C)	T _{máx} EMA (°C)	T _{máx} EMA (°C)
13º	UR _{mín} uva (%)	P uva (mm)	DPM uva (h)	T _{méd} uva (°C)	T _{máx} uva (°C)	T _{máx} uva (°C)
14º	P EMA (mm)	UR _{méd} EMA (%)	P EMA (mm)	T _{máx} EMA (°C)	P EMA (mm)	P uva (mm)
15º	P uva (mm)	DPM EMA (h)	P uva (mm)	T _{máx} uva (°C)	P uva (mm)	P EMA (mm)

Analisando as Tabelas 4.4 e 4.5, observou-se que os elementos meteorológicos DPM e T_{méd}, no mesmo período (MP), obtiveram as melhores correlações com os dados de severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’.

Contudo, as correlações feitas com apenas um elemento meteorológico de cada vez apresentaram valores de R muito baixos, sugerindo, portanto, regressões múltiplas para obter

resultados mais satisfatórios, o que era de se esperar já que as doenças são afetadas por diversos elementos meteorológicos, além de fatores da planta.

A Tabela 4.6 apresenta os valores dos coeficientes de correlação (R), resultantes da análise de regressão entre a média e/ou totais dos elementos meteorológicos feitas para o período anterior (PA) e dados de severidade do míldio nas folhas e nos cachos de uva. Já a Tabela 4.7 apresenta o “ranking” (em ordem decrescente dos valores de R) de todas as correlações.

Tabela 4.6 – Valores dos coeficientes de correlação (R), resultantes da análise de regressão entre os elementos meteorológicos feitos para o período anterior (PA) e dados de severidade do míldio nas folhas e nos cachos de uva, em Jundiaí, SP, Brasil

Coeficientes de correlação (R) – Elementos meteorológicos x Severidade do míldio - PA						
	Sev fo (%)	Sev ca (%)	Sev fo (r_G)	Sev ca (r_M)	Sev fo (AUDPC)	Sev ca (AUDPC)
P EMA (mm)	0,026	0,020	0,112	0,122	0,073	0,026
P uva (mm)	0,010	0,054	0,122	0,129	0,048	0,032
T_{méd} EMA (°C)	0,221	0,114	0,313	0,258	0,272	0,221
T_{méd} uva (°C)	0,277	0,153	0,290	0,252	0,307	0,229
T_{máx} EMA (°C)	0,180	0,089	0,362	0,270	0,204	0,176
T_{máx} uva (°C)	0,206	0,091	0,309	0,251	0,213	0,164
T_{mín} EMA (°C)	0,178	0,144	0,275	0,234	0,262	0,200
T_{mín} uva (°C)	0,179	0,139	0,292	0,250	0,259	0,199
UR_{méd} EMA (%)	0,073	0,052	0,063	0,052	0,117	0,003
UR_{méd} uva (%)	0,070	0,090	0,020	0,052	0,122	0,040
UR_{mín} EMA (%)	0,005	0,035	0,140	0,102	0,028	0,028
UR_{mín} uva (%)	0,010	0,048	0,099	0,080	0,010	0,020
DPM EMA (h)	0,014	0,083	0,032	0,137	0,101	0,042
DPM uva (h)	0,294	0,166	0,109	0,123	0,305	0,120
DPM CART (h)	0,139	0,035	0,022	0,193	0,172	0,002

Tabela 4.7 - “Ranking” (em ordem decrescente dos valores de R) das relações entre os elementos meteorológicos feitos para o período anterior (PA) e dados de severidade do míldio nas folhas e nos cachos de uva, em Jundiaí, SP, Brasil

Elementos meteorológicos x Severidade do míldio – PA – por ordem decrescente de R						
	Sev fo (%)	Sev ca (%)	Sev fo (r_G)	Sev ca (r_M)	Sev fo (AUDPC)	Sev ca (AUDPC)
1º	DPM uva (h)	DPM uva (h)	T _{máx} EMA (°C)	T _{máx} EMA (°C)	T _{méd} uva (°C)	T _{méd} uva (°C)
2º	T _{méd} uva (°C)	T _{méd} uva (°C)	T _{méd} EMA (°C)	T _{méd} EMA (°C)	DPM uva (h)	T _{méd} EMA (°C)
3º	T _{méd} EMA (°C)	T _{mín} EMA (°C)	T _{máx} uva (°C)	T _{méd} uva (°C)	T _{méd} EMA (°C)	T _{mín} EMA (°C)
4º	T _{máx} uva (°C)	T _{mín} uva (°C)	T _{mín} uva (°C)	T _{máx} uva (°C)	T _{mín} EMA (°C)	T _{mín} uva (°C)
5º	T _{máx} EMA (°C)	T _{méd} EMA (°C)	T _{méd} uva (°C)	T _{mín} uva (°C)	T _{mín} uva (°C)	T _{máx} EMA (°C)
6º	T _{mín} uva (°C)	T _{máx} uva (°C)	T _{mín} EMA (°C)	T _{mín} EMA (°C)	T _{máx} uva (°C)	T _{máx} uva (°C)
7º	T _{mín} EMA (°C)	UR _{méd} uva (%)	UR _{mín} EMA (%)	DPM CART (h)	T _{máx} EMA (°C)	DPM uva (h)
8º	DPM CART (h)	T _{máx} EMA (°C)	P uva (mm)	DPM EMA (h)	DPM CART (h)	DPM EMA (h)
9º	UR _{méd} EMA (%)	DPM EMA (h)	P EMA (mm)	P uva (mm)	UR _{méd} uva (%)	UR _{méd} uva (%)
10º	UR _{méd} uva (%)	P uva (mm)	DPM uva (h)	DPM uva (h)	UR _{méd} EMA (%)	P uva (mm)
11º	P EMA (mm)	UR _{méd} EMA (%)	UR _{mín} uva (%)	P EMA (mm)	DPM EMA (h)	UR _{mín} EMA (%)
12º	DPM EMA (h)	UR _{mín} uva (%)	UR _{méd} EMA (%)	UR _{mín} EMA (%)	P EMA (mm)	P EMA (mm)
13º	P uva (mm)	UR _{mín} EMA (%)	DPM EMA (h)	UR _{mín} uva (%)	P uva (mm)	UR _{mín} uva (%)
14º	UR _{mín} uva (%)	DPM CART (h)	DPM CART (h)	UR _{méd} EMA (%)	UR _{mín} EMA (%)	UR _{méd} EMA (%)
15º	UR _{mín} EMA (%)	P EMA (mm)	UR _{méd} uva (%)	UR _{méd} uva (%)	UR _{mín} uva (%)	DPM CART (h)

Analisando as Tabelas 4.6 e 4.7, observou-se que os elementos meteorológicos DPM, T_{máx} e T_{méd}, no período anterior (PA), obtiveram as melhores correlações com os dados de severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’. Fiorine (2006), também em Jundiaí, SP, Brasil, em vinhedo de ‘Niagara Rosada’, testou regressões lineares simples para a estimativa da severidade de míldio (%) nas folhas e nos cachos de uva em função dos seguintes elementos

meteorológicos medidos no interior do vinhedo no período anterior: P uva (mm), $T_{\text{máx}} \text{ uva}$ ($^{\circ}\text{C}$), $T_{\text{mín}} \text{ uva}$ ($^{\circ}\text{C}$) e $T_{\text{méd}} \text{ uva}$ ($^{\circ}\text{C}$), além do número de horas com umidade relativa do ar acima de 90% ($\text{NHUR} > 90\% \text{ uva}$), podendo este último ser comparado com a DPM uva (h) do presente experimento. Comparando-se os resultados da Tabela 4.6, para Sev fo (%), com os obtidos por Fiorine (2006), observa-se que este autor encontrou coeficientes de correlação superiores para todos os elementos meteorológicos: P uva ($R = 0,67$), $T_{\text{máx}} \text{ uva}$ ($R = 0,24$), $T_{\text{mín}} \text{ uva}$ ($R = 0,80$), $T_{\text{méd}} \text{ uva}$ ($R = 0,51$) e $\text{NHUR} > 90\% \text{ uva}$ ($R = 0,63$). Para Sev ca (%), Fiorine (2006) encontrou coeficientes de correlação mais baixos, mas também ligeiramente superiores ao deste estudo para todos os elementos meteorológicos: P uva ($R = 0,28$), $T_{\text{máx}} \text{ uva}$ ($R = 0,14$), $T_{\text{mín}} \text{ uva}$ ($R = 0,17$), $T_{\text{méd}} \text{ uva}$ ($R = 0,22$) e $\text{NHUR} > 90\% \text{ uva}$ ($R = 0,26$).

A obtenção de coeficientes de correlação (R) muito baixos sugere, portanto, que regressões lineares múltiplas podem resultar em relações mais satisfatórias. De acordo com Sentelhas (1992) e Fiorine (2006), o desenvolvimento da doença não deve ser influenciado apenas por uma variável meteorológica isolada (elemento ou índice), mas pela interação entre diferentes variáveis, que certamente influenciam a doença.

4.4.4 Relação entre índices meteorológicos e míldio na videira ‘Niagara Rosada’

A Tabela 4.8 apresenta os valores dos coeficientes de correlação (R), resultantes da análise de regressão entre os índices meteorológicos feitos para o mesmo período (MP) e dados de severidade do míldio nas folhas e nos cachos de uva. Já a Tabela 4.9 apresenta o “ranking” (em ordem decrescente dos valores de R) de todas as correlações.

Tabela 4.8 – Valores dos coeficientes de correlação (R), resultantes da análise de regressão entre os índices meteorológicos feitos para o mesmo período (MP) e dados de severidade do míldio nas folhas e nos cachos de uva, em Jundiaí, SP, Brasil

Coeficientes de correlação (R) – Índices meteorológicos x Severidade do míldio - MP						
	Sev fo (%)	Sev ca (%)	Sev fo (r_G)	Sev ca (r_M)	Sev fo (AUDPC)	Sev ca (AUDPC)
NDC $\geq$ 1 mm (EMA)	0,017	0,001	0,024	0,062	0,010	0,040
NDC $\geq$ 1 mm (uva)	0,028	0,052	0,168	0,122	0,004	0,107
NDTmed $>$ 25°C (EMA)	0,146	0,206	0,333	0,002	0,079	0,200
NDTmed $>$ 25°C (uva)	0,153	0,212	0,173	0,010	0,075	0,165
NDTmed $<$ 22°C (EMA)	0,248	0,240	0,036	0,086	0,156	0,198
NDTmed $<$ 22°C (uva)	0,390	0,300	0,093	0,114	0,326	0,280
NDDPM $\geq$ 10 h (EMA)	0,017	0,207	0,116	0,102	0,074	0,078
NDDPM $\geq$ 10 h (uva)	0,351	0,273	0,094	0,073	0,402	0,356
NDDPM $\geq$ 10 h (CART)	0,289	0,135	0,092	0,222	0,378	0,260

Tabela 4.9 - “Ranking” (em ordem decrescente dos valores de R) das relações entre os índices meteorológicos feitos para o mesmo período (MP) e dados de severidade do míldio nas folhas e nos cachos de uva, em Jundiá, SP, Brasil

Índices meteorológicos x Severidade do míldio – MP – por ordem decrescente de R						
	Sev fo (%)	Sev ca (%)	Sev fo (r_G)	Sev ca (r_M)	Sev fo (AUDPC)	Sev ca (AUDPC)
1°	NDT _{méd} < 22°C (uva)	NDT _{méd} < 22°C (uva)	NDT _{méd} > 25°C (EMA)	NDDPM >= 10 h (CART)	NDDPM >= 10 h (uva)	NDDPM >= 10 h (uva)
2°	NDDPM >= 10 h (uva)	NDDPM >= 10 h (uva)	NDT _{méd} > 25°C (uva)	NDC >= 1 mm (uva)	NDDPM >= 10 h (CART)	NDT _{méd} < 22°C (uva)
3°	NDDPM >= 10 h (CART)	NDT _{méd} < 22°C (EMA)	NDC >= 1 mm (uva)	NDT _{méd} < 22°C (uva)	NDT _{méd} < 22°C (uva)	NDDPM >= 10 h (CART)
4°	NDT _{méd} < 22°C (EMA)	NDT _{méd} > 25°C (uva)	NDDPM >= 10 h (EMA)	NDDPM >= 10 h (EMA)	NDT _{méd} < 22°C (EMA)	NDT _{méd} > 25°C (EMA)
5°	NDT _{méd} > 25°C (uva)	NDDPM >= 10 h (EMA)	NDDPM >= 10 h (uva)	NDT _{méd} < 22°C (EMA)	NDT _{méd} > 25°C (EMA)	NDT _{méd} < 22°C (EMA)
6°	NDT _{méd} > 25°C (EMA)	NDT _{méd} > 25°C (EMA)	NDT _{méd} < 22°C (uva)	NDDPM >= 10 h (uva)	NDT _{méd} > 25°C (uva)	NDT _{méd} > 25°C (uva)
7°	NDC > 1 mm (uva)	NDDPM >= 10 h (CART)	NDDPM >= 10 h (CART)	NDC >= 1 mm (EMA)	NDDPM >= 10 h (EMA)	NDC >= 1 mm (uva)
8°	NDC >= 1 mm (EMA)	NDC >= 1 mm (uva)	NDT _{méd} < 22°C (EMA)	NDT _{méd} > 25°C (uva)	NDC >= 1 mm (EMA)	NDDPM >= 10 h (EMA)
9°	NDDPM >= 10 h (EMA)	NDC >= 1 mm (EMA)	NDC >= 1 mm (EMA)	NDT _{méd} > 25°C (EMA)	NDC >= 1 mm (uva)	NDC >= 1 mm (EMA)

Analisando as Tabelas 4.8 e 4.9, observou-se que os índices meteorológicos NDT_{méd}<22°C (uva), NDT_{méd}>25°C (EMA) e NDDPM>=10h (CART e uva), no mesmo período (MP), obtiveram as melhores correlações com os dados de severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’.

Contudo, estas correlações feitas apenas com um índice meteorológico de cada vez apresentaram valores de R muito baixos, sugerindo, portanto, regressões lineares múltiplas para obter resultados mais satisfatórios.

A Tabela 4.10 apresenta os valores dos coeficientes de correlação (R), resultantes da análise de regressão entre os índices meteorológicos feitos para o período anterior (PA) e dados de severidade do míldio nas folhas e nos cachos de uva. Já a Tabela 4.11 apresenta o “ranking” (em ordem decrescente dos valores de R) de todas as correlações.

Tabela 4.10 – Valores dos coeficientes de correlação (R), resultantes da análise de regressão entre os índices meteorológicos feitos para o período anterior (PA) e dados de severidade do míldio nas folhas e nos cachos de uva, em Jundiaí, SP, Brasil

Coeficientes de correlação (R) – Índices meteorológicos x Severidade do míldio - PA						
	Sev fo (%)	Sev ca (%)	Sev fo (r_G)	Sev ca (r_M)	Sev fo (AUDPC)	Sev ca (AUDPC)
NDC ≥ 1 mm (EMA)	0,144	0,050	0,036	0,006	0,125	0,158
NDC ≥ 1 mm (uva)	0,161	0,066	0,118	0,081	0,153	0,164
NDTmed > 25°C (EMA)	0,197	0,211	0,242	0,199	0,229	0,230
NDTmed > 25°C (uva)	0,271	0,183	0,281	0,281	0,252	0,195
NDTmed < 22°C (EMA)	0,239	0,237	0,197	0,144	0,219	0,192
NDTmed < 22°C (uva)	0,300	0,268	0,164	0,124	0,326	0,276
NDDPM ≥ 10 h (EMA)	0,022	0,071	0,154	0,116	0,004	0,068
NDDPM ≥ 10 h (uva)	0,227	0,102	0,010	0,194	0,287	0,116
NDDPM ≥ 10 h (CART)	0,194	0,049	0,047	0,226	0,217	0,003

Tabela 4.11 - “Ranking” (em ordem decrescente dos valores de R) das relações entre os índices meteorológicos feitos para o período anterior (PA) e dados de severidade do míldio nas folhas e nos cachos de uva, em Jundiaí, SP, Brasil

Índices meteorológicos x Severidade do míldio – PA – por ordem decrescente de R						
	Sev fo (%)	Sev ca (%)	Sev fo (r_G)	Sev ca (r_M)	Sev fo (AUDPC)	Sev ca (AUDPC)
1°	NDT _{méd} < 22°C (uva)	NDT _{méd} < 22°C (uva)	NDT _{méd} > 25°C (uva)	NDT _{méd} > 25°C (uva)	NDT _{méd} < 22°C (uva)	NDT _{méd} < 22°C (uva)
2°	NDT _{méd} > 25°C (uva)	NDT _{méd} < 22°C (EMA)	NDT _{méd} > 25°C (EMA)	NDDPM >= 10 h (CART)	NDDPM >= 10 h (uva)	NDT _{méd} > 25°C (EMA)
3°	NDT _{méd} < 22°C (EMA)	NDT _{méd} > 25°C (EMA)	NDT _{méd} < 22°C (EMA)	NDT _{méd} > 25°C (EMA)	NDT _{méd} > 25°C (uva)	NDT _{méd} > 25°C (uva)
4°	NDDPM >= 10 h (uva)	NDT _{méd} > 25°C (uva)	NDT _{méd} < 22°C (uva)	NDDPM >= 10 h (uva)	NDT _{méd} > 25°C (EMA)	NDT _{méd} < 22°C (EMA)
5°	NDT _{méd} > 25°C (EMA)	NDDPM >= 10 h (uva)	NDDPM >= 10 h (EMA)	NDT _{méd} < 22°C (EMA)	NDT _{méd} < 22°C (EMA)	NDC >= 1 mm (uva)
6°	NDDPM >= 10 h (CART)	NDDPM >= 10 h (EMA)	NDC >= 1 mm (uva)	NDT _{méd} < 22°C (uva)	NDDPM >= 10 h (CART)	NDC >= 1 mm (EMA)
7°	NDC >= 1 mm (uva)	NDC >= 1 mm (uva)	NDDPM >= 10 h (CART)	NDDPM >= 10 h (EMA)	NDC >= 1 mm (uva)	NDDPM >= 10 h (uva)
8°	NDC >= 1 mm (EMA)	NDC >= 1 mm (EMA)	NDC >= 1 mm (EMA)	NDC >= 1 mm (uva)	NDC >= 1 mm (EMA)	NDDPM >= 10 h (EMA)
9°	NDDPM >= 10 h (EMA)	NDDPM >= 10 h (CART)	NDDPM >= 10 h (uva)	NDC >= 1 mm (EMA)	NDDPM >= 10 h (EMA)	NDDPM >= 10 h (CART)

Analisando as Tabelas 4.10 e 4.11, observou-se que os índices meteorológicos NDT_{méd}<22°C (uva) e NDT_{méd}>25°C (uva), no período anterior (PA), obtiveram as melhores correlações com os dados de severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’. Fiorine (2006), em vinhedo de ‘Niagara Rosada’, também testou regressões lineares simples entre a severidade de míldio (%) nas folhas e nos cachos de uva e o índice meteorológico NDC >= 1 mm (uva). Comparando com os resultados obtidos na Tabela 4.10, Fiorine (2006), para Sev fo (%) versus NDC >= 1 mm (uva), encontrou coeficiente de correlação baixo, mas superior ao do presente

trabalho ($R = 0,37$). Para Sev ca (%) versus NDC ≥ 1 mm (uva), Fiorine (2006) encontrou coeficiente de correlação mais baixo ainda, mas também ligeiramente superior ao do presente estudo ($R = 0,20$).

Contudo, estas correlações feitas apenas com um índice meteorológico de cada vez apresentaram valores de R muito baixos, sugerindo, portanto, regressões múltiplas para obter resultados mais satisfatórios. Mais uma vez, isto concorda com Sentelhas (1992) e Fiorine (2006) sobre o fato do desenvolvimento da doença ser influenciado apenas por um parâmetro meteorológico isolado (elemento ou índice), mas pela interação entre diferentes parâmetros.

4.4.5 Relação entre os estádios fenológicos da videira ‘Niagara Rosada’ e míldio

A Tabela 4.12 apresenta os valores dos coeficientes de correlação (R), resultantes da análise de regressão entre os estádios fenológicos da videira ‘Niagara Rosada’, de acordo com a escala fenológica descrita por Terra (2003), e dados de severidade do míldio nas folhas e nos cachos de uva.

Tabela 4.12 - Valores dos coeficientes de correlação (R), resultantes da análise de regressão entre os estádios fenológicos da videira ‘Niagara Rosada’ e dados de severidade do míldio nas folhas e nos cachos de uva, em Jundiaí, SP, Brasil

Coeficientes de correlação (R) – Estádios fenológicos x Severidade do míldio						
	Sev fo (%)	Sev ca (%)	Sev fo (r_G)	Sev ca (r_M)	Sev fo (AUDPC)	Sev ca (AUDPC)
Estádios fenológicos	0,439	0,340	0,229	0,567	0,373	0,153

Analisando a Tabela 4.12, os estádios fenológicos obtiveram correlações positivas, o que mostra basicamente a influência do tempo no aumento da doença, o que era de se esperar. Contudo, visando a obter melhores resultados, deve-se correlacionar os estádios fenológicos, juntamente com elementos e/ou índices meteorológicos, com os dados de severidade do míldio nas folhas e nos cachos de uva, por meio de regressões múltiplas.

4.4.6 Regressões múltiplas utilizando elementos meteorológicos medidos na EMA (MP)

As Tabelas 4.13 a 4.18 apresentam as equações das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA que melhor se correlacionaram individualmente com a severidade do míldio nas folhas e nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ no mesmo período (MP – média e/ou totais dos elementos meteorológicos feitos para os cinco dias anteriores à última avaliação da doença no campo, ou seja, ao dia n), da severidade do míldio no período anterior (penúltima avaliação da doença no campo - dia n-7) e do estágio fenológico da videira no período atual, obtendo-se assim a severidade do míldio no período atual. Deve-se ressaltar que não foram utilizados os elementos meteorológicos UR e DPM numa mesma equação, pois tratam-se de variáveis que possuem uma forte interdependência.

Tabela 4.13 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do mildio (%) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ ($T_{\min}$, $T_{\text{méd}}$ e DPM CART) no mesmo período (MP), da severidade do mildio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, %) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do mildio nas folhas no período atual (Sev fo, %), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = -110,12 - 0,35 * x_1 + 2,56 * x_2 - 0,25 * x_3 + 0,71 * x_4 + 5,39 * x_5$	0,7195
$y = -110,77 + 2,36 * x_2 - 0,33 * x_3 + 0,71 * x_4 + 5,38 * x_5$	0,7194
$y = -109,10 - 0,79 * x_1 + 2,73 * x_2 + 0,71 * x_4 + 5,42 * x_5$	0,7191
$y = -110,35 + 2,19 * x_2 + 0,70 * x_4 + 5,41 * x_5$	0,7181
$y = -88,84 + 1,94 * x_1 - 0,61 * x_3 + 0,72 * x_4 + 5,37 * x_5$	0,7103
$y = -82,12 + 1,16 * x_1 + 0,70 * x_4 + 5,45 * x_5$	0,7074
$y = -63,36 - 0,04 * x_3 + 0,72 * x_4 + 5,50 * x_5$	0,7037
$y = -49,17 + 0,87 * x_1 + 2,40 * x_2 - 0,74 * x_3 + 0,73 * x_4$	0,5619
$y = -47,17 + 2,89 * x_2 - 0,55 * x_3 + 0,73 * x_4$	0,5612
$y = -45,10 - 0,45 * x_1 + 2,92 * x_2 + 0,72 * x_4$	0,5580
$y = -45,90 + 2,62 * x_2 + 0,71 * x_4$	0,5578
$y = -29,36 + 3,02 * x_1 - 1,08 * x_3 + 0,74 * x_4$	0,5538
$y = -15,83 + 1,64 * x_1 + 0,71 * x_4$	0,5447
$y = 13,04 - 0,19 * x_3 + 0,74 * x_4$	0,5375
$y = -128,33 - 0,01 * x_1 + 3,10 * x_2 + 1,80 * x_3 + 5,83 * x_5$	0,2903
$y = -128,36 + 3,10 * x_2 + 1,80 * x_3 + 5,83 * x_5$	0,2903
$y = -102,55 + 2,77 * x_1 + 1,37 * x_3 + 5,81 * x_5$	0,2768
$y = -137,42 + 3,46 * x_1 + 1,79 * x_2 + 5,63 * x_5$	0,2662
$y = -66,20 + 2,21 * x_3 + 5,99 * x_5$	0,2632
$y = -119,50 + 4,72 * x_1 + 5,65 * x_5$	0,2612
$y = -133,09 + 4,22 * x_2 + 5,70 * x_5$	0,2475
$y = -62,89 + 1,32 * x_1 + 2,96 * x_2 + 1,33 * x_3$	0,1059
$y = -59,88 + 3,70 * x_2 + 1,63 * x_3$	0,1043
$y = -38,55 + 3,97 * x_1 + 0,93 * x_3$	0,0936
$y = -71,34 + 3,88 * x_1 + 1,98 * x_2$	0,0925

y = Sev fo (%); x_1 = $T_{\min}$ (°C); x_2 = $T_{\text{méd}}$ (°C); x_3 = DPM CART (h); x_4 = Sev fo – PA (%); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.14 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (%) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ ($T_{\min}$, $T_{\text{méd}}$ e $T_{\max}$) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, %) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, %), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 41,29 + 2,07 * x_1 - 0,34 * x_2 - 2,70 * x_3 + 0,92 * x_4 - 1,40 * x_5$	0,7958
$y = 40,09 + 1,56 * x_1 - 2,54 * x_3 + 0,92 * x_4 - 1,41 * x_5$	0,7958
$y = 39,03 + 0,91 * x_2 - 1,97 * x_3 + 0,92 * x_4 - 1,45 * x_5$	0,7950
$y = 56,64 - 1,43 * x_3 + 0,93 * x_4 - 1,50 * x_5$	0,7908
$y = 27,82 - 2,85 * x_1 + 2,29 * x_2 + 0,91 * x_4 - 1,41 * x_5$	0,7883
$y = 19,01 + 2,84 * x_1 - 0,74 * x_2 - 2,71 * x_3 + 0,86 * x_4$	0,7877
$y = 15,93 + 1,73 * x_1 - 2,36 * x_3 + 0,86 * x_4$	0,7874
$y = 14,64 + 0,97 * x_2 - 1,69 * x_3 + 0,86 * x_4$	0,7861
$y = 22,41 + 0,24 * x_2 + 0,89 * x_4 - 1,20 * x_5$	0,7838
$y = 32,86 - 0,13 * x_1 + 0,90 * x_4 - 1,26 * x_5$	0,7835
$y = 32,65 - 1,10 * x_3 + 0,87 * x_4$	0,7813
$y = 5,39 - 2,10 * x_1 + 1,90 * x_2 + 0,86 * x_4$	0,7801
$y = 3,77 + 0,37 * x_2 + 0,85 * x_4$	0,7776
$y = 11,57 + 0,13 * x_1 + 0,85 * x_4$	0,7767
$y = - 96,98 + 6,70 * x_1 - 1,94 * x_2 - 0,86 * x_3 + 4,75 * x_5$	0,1809
$y = - 100,91 + 5,11 * x_1 - 1,10 * x_2 + 4,73 * x_5$	0,1801
$y = - 104,23 + 3,78 * x_1 + 0,07 * x_3 + 4,70 * x_5$	0,1790
$y = - 104,12 + 3,83 * x_1 + 4,70 * x_5$	0,1790
$y = - 105,74 + 2,09 * x_2 + 1,55 * x_3 + 4,63 * x_5$	0,1719
$y = - 95,74 + 2,68 * x_2 + 4,58 * x_5$	0,1645
$y = - 32,01 + 4,41 * x_1 - 0,52 * x_2 - 0,31 * x_3$	0,0555
$y = - 33,54 + 3,83 * x_1 - 0,22 * x_2$	0,0554
$y = - 34,17 + 3,62 * x_1 - 0,06 * x_3$	0,0554
$y = - 38,88 + 2,13 * x_2 + 1,27 * x_3$	0,0516

y = Sev ca (%); x_1 = $T_{\text{méd}}$ (°C); x_2 = $T_{\max}$ (°C); x_3 = $T_{\min}$ (°C); x_4 = Sev ca – PA (%); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.15 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (rg) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ (DPM, $T_{\text{máx}}$ e $UR_{\text{mín}}$) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, rg) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, rg), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 0,10 - 0,005 * x_1 + 0,002 * x_2 + 0,10 * x_3 - 0,004 * x_4$	0,1172
$y = 0,10 - 0,004 * x_1 + 0,002 * x_2 - 0,004 * x_4$	0,1056
$y = 0,17 - 0,005 * x_1 + 0,10 * x_3 - 0,004 * x_4$	0,1010
$y = 0,17 - 0,004 * x_1 - 0,004 * x_4$	0,0908
$y = 0,04 - 0,01 * x_1 + 0,003 * x_2 + 0,11 * x_3$	0,0808
$y = 0,07 + 0,001 * x_2 - 0,0003 * x_5 + 0,09 * x_3 - 0,004 * x_4$	0,0742
$y = 0,04 + 0,002 * x_2 + 0,08 * x_3 - 0,005 * x_4$	0,0716
$y = 0,12 - 0,0005 * x_5 + 0,10 * x_3 - 0,004 * x_4$	0,0697
$y = 0,04 - 0,005 * x_1 + 0,002 * x_2$	0,0681
$y = 0,06 + 0,002 * x_2 - 0,0001 * x_5 - 0,005 * x_4$	0,0660
$y = 0,05 + 0,002 * x_2 - 0,005 * x_4$	0,0654
$y = 0,11 - 0,01 * x_1 + 0,10 * x_3$	0,0602
$y = 0,12 - 0,0003 * x_5 + 0,005 * x_4$	0,0596
$y = 0,02 + 0,001 * x_2 - 0,0004 * x_5 + 0,10 * x_3$	0,0306
$y = 0,07 - 0,001 * x_5 + 0,11 * x_3$	0,0267
$y = - 0,03 + 0,002 * x_2 + 0,08 * x_3$	0,0237
$y = 0,01 + 0,002 * x_2 - 0,0003 * x_5$	0,0203

y = Sev fo (rg); x_1 = DPM (h); x_2 = $T_{\text{máx}}$ (°C); x_3 = Sev fo – PA (rg); x_4 = Estádio fenológico; x_5 = $UR_{\text{mín}}$ (%).

Tabela 4.16 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (rm) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ (DPM, $UR_{\min}$ e $UR_{\text{méd}}$) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, rm) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, rm), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 0,28 - 0,01 * x_1 + 0,20 * x_2 - 0,01 * x_3$	0,4958
$y = 0,30 - 0,01 * x_1 - 0,01 * x_3$	0,4619
$y = 0,33 + 0,002 * x_4 - 0,003 * x_5 + 0,25 * x_2 - 0,01 * x_3$	0,4050
$y = 0,22 - 0,001 * x_5 + 0,24 * x_2 - 0,01 * x_3$	0,3779
$y = 0,18 - 0,0002 * x_4 + 0,23 * x_2 - 0,01 * x_3$	0,3654
$y = 0,34 + 0,002 * x_4 - 0,003 * x_5 - 0,01 * x_3$	0,3528
$y = 0,24 - 0,001 * x_5 - 0,01 * x_3$	0,3301
$y = 0,20 - 0,0001 * x_4 - 0,01 * x_3$	0,3221
$y = 0,13 - 0,01 * x_1 + 0,32 * x_2$	0,2584
$y = 0,14 - 0,00003 * x_4 - 0,002 * x_5 + 0,36 * x_2$	0,1874
$y = 0,14 - 0,002 * x_5 + 0,36 * x_2$	0,1874
$y = 0,07 - 0,001 * x_4 + 0,35 * x_2$	0,1754
$y = 0,11 - 0,001 * x_4 - 0,001 * x_5$	0,0702

y = Sev ca (rm); x_1 = DPM (h); x_2 = Sev ca – PA (rm); x_3 = Estádio fenológico; x_4 = $UR_{\min}$ (%); x_5 = $UR_{\text{méd}}$ (%).

Tabela 4.17 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (AUDPC) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ ($UR_{méd}$, T_{min} e DPM CART) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, AUDPC) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, AUDPC), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 26,57 + 2,03 * x_1 + 0,48 * x_2 + 0,96 * x_3 - 9,13 * x_4$	0,8327
$y = 30,12 + 2,10 * x_1 + 0,96 * x_3 - 9,19 * x_4$	0,8327
$y = 110,35 + 1,13 * x_5 + 3,30 * x_2 + 0,96 * x_3 - 8,16 * x_4$	0,8305
$y = 97,66 + 4,77 * x_2 + 0,97 * x_3 - 8,29 * x_4$	0,8303
$y = 158,25 + 2,05 * x_5 + 0,97 * x_3 - 8,23 * x_4$	0,8301
$y = - 93,25 + 1,67 * x_1 + 2,03 * x_2 + 0,92 * x_3$	0,8280
$y = - 81,24 + 1,96 * x_1 + 0,93 * x_3$	0,8279
$y = - 5,73 + 1,45 * x_5 + 3,60 * x_2 + 0,93 * x_3$	0,8267
$y = - 24,50 + 5,50 * x_2 + 0,93 * x_3$	0,8263
$y = 45,35 + 2,46 * x_5 + 0,93 * x_3$	0,8262
$y = - 721,50 + 13,62 * x_5 + 16,69 * x_2 + 40,03 * x_4$	0,2552
$y = - 488,65 + 18,51 * x_5 + 40,32 * x_4$	0,2447
$y = - 1068,71 + 4,37 * x_1 + 26,39 * x_2 + 38,61 * x_4$	0,2331
$y = - 926,11 + 35,93 * x_2 + 40,92 * x_4$	0,2217
$y = - 917,06 + 8,46 * x_1 + 37,56 * x_4$	0,2036
$y = - 188,11 + 14,69 * x_5 + 18,11 * x_2$	0,1364
$y = - 665,46 + 6,82 * x_1 + 23,79 * x_2$	0,1261

y = Sev fo (AUDPC); x_1 = $UR_{méd}$ (%); x_2 = T_{min} (°C); x_3 = Sev fo – PA (AUDPC); x_4 = Estádio fenológico; x_5 = DPM CART (h).

Tabela 4.18 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (AUDPC) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ ($T_{\min}$, DPM CART e $T_{\text{méd}}$) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, AUDPC) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, AUDPC), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 645,38 + 20,23 * x_1 - 4,57 * x_2 - 17,39 * x_3 + 0,85 * x_4 - 31,77 * x_5$	0,7780
$y = 635,69 + 12,49 * x_1 - 14,49 * x_3 + 0,84 * x_4 - 29,21 * x_5$	0,7737
$y = 620,53 - 6,01 * x_3 + 0,84 * x_4 - 26,50 * x_5$	0,7671
$y = 431,84 + 3,97 * x_1 - 2,26 * x_2 + 0,82 * x_4 - 25,51 * x_5$	0,7648
$y = 480,49 - 1,07 * x_2 + 0,83 * x_4 - 25,05 * x_5$	0,7639
$y = 445,86 + 1,26 * x_1 + 0,82 * x_4 - 24,69 * x_5$	0,7636
$y = 145,95 + 2,33 * x_1 + 0,36 * x_2 - 2,27 * x_3 + 0,74 * x_4$	0,7197
$y = 143,31 + 2,88 * x_1 - 2,41 * x_3 + 0,74 * x_4$	0,7196
$y = 127,84 + 0,33 * x_1 + 0,57 * x_2 + 0,73 * x_4$	0,7194
$y = 132,41 + 0,67 * x_2 + 0,73 * x_4$	0,7194
$y = 121,58 + 1,01 * x_1 + 0,74 * x_4$	0,7193
$y = 150,89 - 0,59 * x_3 + 0,74 * x_4$	0,7193
$y = - 402,16 + 5,28 * x_1 + 9,94 * x_2 + 13,29 * x_3 + 17,06 * x_5$	0,1329
$y = - 258,81 + 18,11 * x_1 + 8,49 * x_2 + 13,39 * x_5$	0,1247
$y = - 160,56 + 16,09 * x_1 + 7,95 * x_2 + 5,87 * x_3$	0,1115
$y = - 432,09 + 22,61 * x_1 + 8,05 * x_3 + 13,53 * x_5$	0,1108
$y = - 114,67 + 21,36 * x_1 + 7,44 * x_2$	0,1097
$y = - 337,08 + 29,23 * x_1 + 11,50 * x_5$	0,1076
$y = - 49,09 + 14,23 * x_2 + 16,43 * x_5$	0,1058
$y = - 227,31 + 28,68 * x_1 + 2,78 * x_3$	0,0967
$y = - 475,27 + 23,83 * x_3 + 19,09 * x_5$	0,0892

y = Sev ca (AUDPC); x_1 = $T_{\min}$ (°C); x_2 = DPM CART (h); x_3 = $T_{\text{méd}}$ (°C); x_4 = Sev ca – PA (AUDPC); x_5 = Estádio fenológico.

As primeiras equações das Tabelas 4.13 ($R^2 = 0,72$) e 4.14 ($R^2 = 0,80$) estimaram razoavelmente bem respectivamente Sev fo (%) e Sev ca (%) na videira ‘Niagara Rosada’ a partir de elementos meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA (MP) e da severidade do míldio no período anterior (%). Contudo, Fiorine (2006), na mesma região, em vinhedo de ‘Niagara Rosada’, obteve estimativas ligeiramente melhores para Sev fo (%), com R^2 igual a 0,77, e para Sev ca (%), com R^2 igual a 0,89, por meio de regressões múltiplas com três variáveis independentes: severidade do míldio no período anterior (%), precipitação acumulada medida no vinhedo no período anterior (mm) e temperatura média do ar medida no vinhedo no período anterior (°C).

Observando os valores de R^2 , verificou-se que a melhor estimativa da severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’ a partir de elementos meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA (MP) foi de Sev fo (AUDPC), seguida de Sev ca (%), Sev ca (AUDPC), Sev fo (%), Sev ca (rm) e Sev fo (rg) (Tabelas 4.17, 4.14, 4.18, 4.13, 4.16 e 4.15, respectivamente). Isto mostra que a área sob a curva de progresso da doença (AUDPC) e a porcentagem (%) foram as mais adequadas unidades de medida da severidade do míldio respectivamente para as folhas e para os cachos da videira para serem utilizadas nestas regressões múltiplas (Tabelas 4.13 a 4.18), ao contrário das taxas de crescimento da doença (rg e rm). Já os elementos meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA (MP) que obtiveram as melhores correlações com a severidade do míldio foram: $UR_{méd}$, $T_{mín}$ e DPM CART (folhas); $T_{mín}$, $T_{méd}$ e $T_{máx}$ (cachos).

4.4.7 Regressões múltiplas utilizando elementos meteorológicos medidos na EMA (PA)

As Tabelas 4.19 a 4.24 apresentam as equações das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos na EMA que melhor se correlacionaram individualmente com a severidade do míldio nas folhas e nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ no período anterior (PA – média e/ou totais dos elementos meteorológicos feitos para os cinco dias anteriores à penúltima avaliação da doença no campo, ou seja, ao dia n-7), da severidade do míldio no período anterior (penúltima avaliação da doença no campo – dia n-7) e do estágio fenológico da videira no período atual, obtendo-se assim a severidade do míldio no período atual.

Tabela 4.19 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (%) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ ($T_{\text{méd}}$, $T_{\text{máx}}$ e $T_{\text{mín}}$) no período anterior (PA), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, %) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, %), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = -49,94 + 4,09 * x_1 - 2,67 * x_2 - 1,60 * x_3 + 0,72 * x_4 + 5,57 * x_5$	0,7064
$y = -59,57 + 1,11 * x_1 - 1,01 * x_2 + 0,71 * x_4 + 5,56 * x_5$	0,7043
$y = -56,95 - 0,12 * x_2 - 0,20 * x_3 + 0,72 * x_4 + 5,51 * x_5$	0,7039
$y = -60,48 + 0,17 * x_1 - 0,40 * x_3 + 0,72 * x_4 + 5,48 * x_5$	0,7039
$y = -59,00 - 0,28 * x_3 + 0,72 * x_4 + 5,49 * x_5$	0,7039
$y = -58,53 - 0,19 * x_2 + 0,72 * x_4 + 5,52 * x_5$	0,7038
$y = -61,93 - 0,09 * x_1 + 0,72 * x_4 + 5,51 * x_5$	0,7037
$y = 8,37 + 1,41 * x_1 - 0,04 * x_2 - 1,59 * x_3 + 0,74 * x_4$	0,5412
$y = 8,20 + 1,35 * x_1 - 1,57 * x_3 + 0,74 * x_4$	0,5412
$y = 5,74 + 0,83 * x_2 - 1,10 * x_3 + 0,74 * x_4$	0,5409
$y = -1,18 - 1,55 * x_1 + 1,61 * x_2 + 0,74 * x_4$	0,5391
$y = -2,06 + 0,47 * x_2 + 0,73 * x_4$	0,5381
$y = 21,20 - 0,60 * x_3 + 0,74 * x_4$	0,5380
$y = 3,68 + 0,36 * x_1 + 0,73 * x_4$	0,5374
$y = -91,22 + 11,44 * x_1 - 6,51 * x_2 - 0,97 * x_3 + 6,03 * x_5$	0,2498
$y = -97,02 + 9,63 * x_1 - 5,50 * x_2 + 6,03 * x_5$	0,2490
$y = -118,00 + 1,92 * x_1 + 1,99 * x_3 + 5,84 * x_5$	0,2348
$y = -112,31 + 0,63 * x_2 + 3,03 * x_3 + 5,89 * x_5$	0,2301
$y = -111,62 + 3,25 * x_1 + 5,73 * x_5$	0,2287
$y = -101,96 + 3,43 * x_3 + 5,98 * x_5$	0,2284
$y = -90,29 + 1,75 * x_2 + 5,69 * x_5$	0,2086
$y = -29,19 + 8,77 * x_1 - 3,78 * x_2 - 0,94 * x_3$	0,0550
$y = -34,79 + 7,02 * x_1 - 2,80 * x_2$	0,0543
$y = -46,12 + 3,22 * x_1 + 0,81 * x_3$	0,0499
$y = -46,58 + 1,68 * x_2 + 2,14 * x_3$	0,0434

y = Sev fo (%); x_1 = $T_{\text{méd}}$ (°C); x_2 = $T_{\text{máx}}$ (°C); x_3 = $T_{\text{mín}}$ (°C); x_4 = Sev fo – PA (%); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.20 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (%) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ ($T_{\min}$, $T_{\text{méd}}$ e $T_{\max}$) no período anterior (PA), da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, %) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, %), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 47,08 - 0,23 * x_1 + 0,70 * x_2 - 1,02 * x_3 + 0,90 * x_4 - 1,21 * x_5$	0,7859
$y = 46,26 + 0,26 * x_2 - 0,78 * x_3 + 0,90 * x_4 - 1,22 * x_5$	0,7858
$y = 46,57 + 0,03 * x_1 - 0,60 * x_3 + 0,90 * x_4 - 1,25 * x_5$	0,7858
$y = 46,83 - 0,59 * x_3 + 0,90 * x_4 - 1,26 * x_5$	0,7858
$y = 44,47 + 0,30 * x_1 - 0,86 * x_2 + 0,90 * x_4 - 1,32 * x_5$	0,7854
$y = 45,07 - 0,65 * x_2 + 0,91 * x_4 - 1,34 * x_5$	0,7852
$y = 36,31 - 0,34 * x_1 + 0,90 * x_4 - 1,31 * x_5$	0,7839
$y = 32,60 - 0,59 * x_1 + 2,41 * x_2 - 2,12 * x_3 + 0,86 * x_4$	0,7804
$y = 29,88 + 1,30 * x_2 - 1,53 * x_3 + 0,86 * x_4$	0,7800
$y = 28,58 + 0,34 * x_1 - 0,69 * x_3 + 0,86 * x_4$	0,7793
$y = 30,42 - 0,56 * x_3 + 0,86 * x_4$	0,7789
$y = 23,49 + 0,54 * x_1 - 0,84 * x_2 + 0,86 * x_4$	0,7781
$y = 23,83 - 0,44 * x_2 + 0,86 * x_4$	0,7775
$y = 15,69 - 0,08 * x_1 + 0,85 * x_4$	0,7767
$y = - 54,89 + 0,63 * x_1 + 5,83 * x_2 - 3,76 * x_3 + 5,13 * x_5$	0,1537
$y = - 52,67 + 7,06 * x_2 - 4,43 * x_3 + 5,18 * x_5$	0,1533
$y = - 60,00 + 2,81 * x_1 - 0,28 * x_3 + 4,80 * x_5$	0,1477
$y = - 65,35 + 2,58 * x_1 + 0,07 * x_2 + 4,77 * x_5$	0,1473
$y = - 64,70 + 2,64 * x_1 + 4,77 * x_5$	0,1473
$y = - 62,10 + 1,99 * x_2 + 4,65 * x_5$	0,1339
$y = - 41,31 + 0,87 * x_3 + 4,49 * x_5$	0,1210
$y = 0,12 + 2,90 * x_1 - 2,48 * x_2 + 1,74 * x_3$	0,0223
$y = 4,17 + 1,95 * x_1 + 0,27 * x_3$	0,0212
$y = 7,51 + 1,98 * x_1 + 0,19 * x_2$	0,0208
$y = 13,29 + 3,01 * x_2 - 1,18 * x_3$	0,0144

y = Sev ca (%); x_1 = $T_{\min}$ (°C); x_2 = $T_{\text{méd}}$ (°C); x_3 = $T_{\max}$ (°C); x_4 = Sev ca – PA (%); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.21 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (rg) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ ($T_{\text{máx}}$, $T_{\text{méd}}$ e $T_{\text{mín}}$) no período anterior (PA), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, rg) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, rg), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 0,35 - 0,02 * x_1 + 0,03 * x_2 - 0,01 * x_3 + 0,18 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,2896
$y = 0,33 - 0,02 * x_1 + 0,03 * x_2 - 0,01 * x_3 - 0,004 * x_5$	0,2575
$y = 0,30 - 0,02 * x_1 + 0,03 * x_2 - 0,01 * x_3 + 0,18 * x_4$	0,2567
$y = 0,29 - 0,02 * x_1 + 0,03 * x_2 - 0,01 * x_3$	0,2229
$y = 0,30 - 0,01 * x_1 - 0,003 * x_3 + 0,14 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,2044
$y = 0,28 - 0,01 * x_1 + 0,004 * x_2 + 0,14 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,1939
$y = 0,28 - 0,01 * x_1 + 0,14 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,1897
$y = 0,29 - 0,005 * x_1 - 0,003 * x_3 - 0,004 * x_5$	0,1836
$y = 0,27 - 0,01 * x_1 + 0,003 * x_2 - 0,004 * x_5$	0,1739
$y = 0,27 - 0,01 * x_1 - 0,004 * x_5$	0,1703
$y = 0,25 - 0,01 * x_1 - 0,003 * x_3 + 0,14 * x_4$	0,1662
$y = 0,25 - 0,005 * x_2 - 0,002 * x_3 + 0,12 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,1621
$y = 0,23 - 0,01 * x_1 + 0,004 * x_2 + 0,14 * x_4$	0,1567
$y = 0,25 - 0,01 * x_2 + 0,12 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,1557
$y = 0,23 - 0,01 * x_1 + 0,14 * x_4$	0,1517
$y = 0,25 - 0,005 * x_2 - 0,002 * x_3 - 0,004 * x_5$	0,1468
$y = 0,24 - 0,01 + x_1 - 0,003 * x_3$	0,1443
$y = 0,24 - 0,01 * x_2 - 0,004 * x_5$	0,1408
$y = 0,22 - 0,01 * x_1 + 0,004 * x_2$	0,1355
$y = 0,21 - 0,01 * x_3 + 0,10 * x_4 - 0,005 * x_5$	0,1349
$y = 0,21 - 0,01 * x_3 - 0,005 * x_5$	0,1234
$y = 0,20 - 0,01 * x_2 - 0,002 * x_3 + 0,12 * x_4$	0,1193
$y = 0,19 - 0,01 * x_2 + 0,12 * x_4$	0,1135
$y = 0,19 - 0,005 * x_2 - 0,002 * x_3$	0,1033
$y = 0,14 - 0,01 * x_3 + 0,11 * x_4$	0,0875

y = Sev fo (rg); x_1 = $T_{\text{máx}}$ (°C); x_2 = $T_{\text{méd}}$ (°C); x_3 = $T_{\text{mín}}$ (°C); x_4 = Sev fo – PA (rg); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.22 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (rm) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ ($T_{\text{máx}}$, $T_{\text{méd}}$ e $T_{\text{mín}}$) no período anterior (PA), da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, rm) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, rm), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 0,30 - 0,001 * x_1 - 0,003 * x_2 - 0,002 * x_3 + 0,22 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4355
$y = 0,30 - 0,004 * x_2 - 0,002 * x_3 + 0,21 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4352
$y = 0,30 - 0,003 * x_1 - 0,002 * x_3 + 0,24 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4319
$y = 0,30 - 0,0003 * x_1 - 0,004 * x_2 + 0,19 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4299
$y = 0,29 - 0,005 * x_2 + 0,19 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4299
$y = 0,29 - 0,004 * x_1 + 0,21 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4222
$y = 0,32 + 0,001 * x_1 - 0,01 * x_2 - 0,0005 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,3996
$y = 0,32 + 0,001 * x_1 - 0,01 * x_2 - 0,01 * x_5$	0,3992
$y = 0,32 - 0,005 * x_2 - 0,001 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,3991
$y = 0,24 - 0,004 * x_3 + 0,26 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,3988
$y = 0,32 - 0,01 * x_2 - 0,01 * x_5$	0,3986
$y = 0,32 - 0,003 * x_1 - 0,001 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,3858
$y = 0,31 - 0,004 * x_1 - 0,01 * x_5$	0,3832
$y = 0,25 - 0,003 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,3421
$y = 0,17 - 0,01 * x_1 + 0,004 * x_2 - 0,005 * x_3 + 0,40 * x_4$	0,2233
$y = 0,17 - 0,003 * x_1 - 0,004 * x_3 + 0,38 * x_4$	0,2171
$y = 0,15 - 0,002 * x_2 - 0,005 * x_3 + 0,38 * x_4$	0,2046
$y = 0,12 - 0,01 * x_3 + 0,40 * x_4$	0,1922
$y = 0,13 - 0,005 * x_1 + 0,001 * x_2 + 0,35 * x_4$	0,1793
$y = 0,13 - 0,004 * x_1 + 0,34 * x_4$	0,1786
$y = 0,12 - 0,004 * x_2 + 0,33 * x_4$	0,1644
$y = 0,17 - 0,003 * x_1 + 0,0003 * x_2 - 0,003 * x_3$	0,0911
$y = 0,17 - 0,003 * x_1 - 0,003 * x_3$	0,0911
$y = 0,16 - 0,004 * x_2 - 0,003 * x_3$	0,0835
$y = 0,15 - 0,003 * x_1 - 0,001 * x_2$	0,0735

$y = \text{Sev ca (rm)}$; $x_1 = T_{\text{máx}} (^{\circ}\text{C})$; $x_2 = T_{\text{méd}} (^{\circ}\text{C})$; $x_3 = T_{\text{mín}} (^{\circ}\text{C})$; $x_4 = \text{Sev ca – PA (rm)}$; $x_5 = \text{Estádio fenológico}$.

Tabela 4.23 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (AUDPC) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ ($T_{\text{méd}}$, $T_{\text{mín}}$ e $T_{\text{máx}}$) no período anterior (PA), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, AUDPC) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, AUDPC), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 311,62 + 7,45 * x_1 - 5,55 * x_2 - 6,18 * x_3 + 0,99 * x_4 - 10,17 * x_5$	0,8338
$y = 273,98 + 3,69 * x_1 - 5,48 * x_3 + 0,98 * x_4 - 9,63 * x_5$	0,8328
$y = 355,72 - 0,15 * x_2 - 5,34 * x_3 + 0,99 * x_4 - 9,88 * x_5$	0,8319
$y = 352,53 - 5,33 * x_3 + 0,99 * x_4 - 9,86 * x_5$	0,8319
$y = 116,32 + 5,53 * x_1 - 3,25 * x_2 + 0,98 * x_4 - 8,70 * x_5$	0,8301
$y = 106,82 + 3,36 * x_1 + 0,97 * x_4 - 8,47 * x_5$	0,8297
$y = 170,56 + 0,67 * x_2 + 0,98 * x_4 - 8,63 * x_5$	0,8290
$y = 122,86 + 6,84 * x_1 - 3,91 * x_2 - 4,81 * x_3 + 0,94 * x_4$	0,8281
$y = 103,02 + 4,17 * x_1 - 4,36 * x_3 + 0,94 * x_4$	0,8276
$y = 168,28 + 1,02 * x_2 - 4,07 * x_3 + 0,95 * x_4$	0,8265
$y = 187,60 - 4,16 * x_3 + 0,95 * x_4$	0,8264
$y = - 12,21 + 5,37 * x_1 - 2,25 * x_2 + 0,94 * x_4$	0,8258
$y = - 16,52 + 3,86 * x_1 + 0,94 * x_4$	0,8256
$y = 41,39 + 1,55 * x_2 + 0,94 * x_4$	0,8247
$y = - 1270,83 + 12,91 * x_1 + 20,64 * x_2 + 10,30 * x_3 + 42,44 * x_5$	0,2212
$y = - 1200,71 + 30,12 * x_2 + 11,82 * x_3 + 43,14 * x_5$	0,2153
$y = - 975,09 + 16,41 * x_1 + 17,36 * x_2 + 41,36 * x_5$	0,2104
$y = - 1173,18 + 27,61 * x_1 + 8,09 * x_3 + 41,96 * x_5$	0,2066
$y = - 824,61 + 29,27 * x_2 + 42,09 * x_5$	0,2005
$y = - 945,27 + 28,56 * x_1 + 41,15 * x_5$	0,1998
$y = - 657,44 + 10,35 * x_3 + 44,14 * x_5$	0,1505
$y = - 645,30 + 17,76 * x_1 + 18,53 * x_2 + 7,09 * x_3$	0,0886
$y = - 451,20 + 20,11 * x_1 + 16,29 * x_2$	0,0835
$y = - 533,83 + 31,61 * x_2 + 9,11 * x_3$	0,0774
$y = - 563,84 + 30,93 * x_1 + 5,13 * x_3$	0,0769

y = Sev fo (AUDPC); x_1 = $T_{\text{méd}}$ (°C); x_2 = $T_{\text{mín}}$ (°C); x_3 = $T_{\text{máx}}$ (°C); x_4 = Sev fo – PA (AUDPC); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.24 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (AUDPC) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ ($T_{\text{méd}}$, $T_{\text{mín}}$ e $T_{\text{máx}}$) no período anterior (PA), da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, AUDPC) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, AUDPC), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 327,17 - 18,06 * x_1 + 4,30 * x_2 + 16,65 * x_3 + 0,82 * x_4 - 26,22 * x_5$	0,7699
$y = 340,04 - 9,65 * x_1 + 12,17 * x_3 + 0,82 * x_4 - 25,83 * x_5$	0,7695
$y = 335,34 - 2,30 * x_2 + 5,99 * x_3 + 0,82 * x_4 - 24,95 * x_5$	0,7685
$y = 318,28 + 5,07 * x_3 + 0,81 * x_4 - 24,58 * x_5$	0,7681
$y = 363,38 + 7,70 * x_1 - 4,19 * x_2 + 0,81 * x_4 - 24,28 * x_5$	0,7667
$y = 356,89 + 4,61 * x_1 + 0,81 * x_4 - 24,01 * x_5$	0,7659
$y = 437,46 + 1,52 * x_2 + 0,82 * x_4 - 24,42 * x_5$	0,7638
$y = - 6,38 + 9,73 * x_1 - 2,43 * x_2 - 0,93 * x_3 + 0,73 * x_4$	0,7247
$y = - 10,06 + 8,30 * x_1 - 1,95 * x_2 + 0,73 * x_4$	0,7247
$y = - 16,74 + 5,09 * x_1 + 1,52 * x_3 + 0,73 * x_4$	0,7246
$y = - 11,14 + 6,86 * x_1 + 0,73 * x_4$	0,7245
$y = - 20,54 + 1,22 * x_2 + 4,79 * x_3 + 0,73 * x_4$	0,7243
$y = - 14,20 + 5,27 * x_3 + 0,73 * x_4$	0,7241
$y = 67,62 + 4,22 * x_2 + 0,73 * x_4$	0,7212
$y = - 317,29 + 55,11 * x_1 - 5,37 * x_2 - 26,12 * x_3 + 19,62 * x_5$	0,0857
$y = - 334,57 + 44,68 * x_1 - 20,57 * x_3 + 19,21 * x_5$	0,0850
$y = - 388,25 + 14,84 * x_1 + 8,18 * x_2 + 17,36 * x_5$	0,0777
$y = - 381,03 + 20,98 * x_1 + 17,14 * x_5$	0,0743
$y = - 360,21 + 15,21 * x_2 + 6,44 * x_3 + 16,83 * x_5$	0,0720
$y = - 250,72 + 19,33 * x_2 + 17,43 * x_5$	0,0665
$y = - 74,33 + 36,97 * x_1 - 0,11 * x_2 - 14,27 * x_3$	0,0540
$y = - 74,80 + 36,76 * x_1 - 14,16 * x_3$	0,0540
$y = - 265,94 + 12,72 * x_3 + 15,62 * x_5$	0,0523
$y = - 131,33 + 14,97 * x_1 + 7,35 * x_2$	0,0515
$y = - 128,88 + 13,85 * x_2 + 7,46 * x_3$	0,0475

y = Sev ca (AUDPC); x_1 = $T_{\text{méd}}$ (°C); x_2 = $T_{\text{mín}}$ (°C); x_3 = $T_{\text{máx}}$ (°C); x_4 = Sev ca – PA (AUDPC); x_5 = Estádio fenológico.

As primeiras equações das Tabelas 4.19 ($R^2 = 0,71$) e 4.20 ($R^2 = 0,79$) estimaram razoavelmente bem respectivamente Sev fo (%) e Sev ca (%) na videira ‘Niagara Rosada’ a partir de elementos meteorológicos medidos na EMA (PA) e da severidade do míldio no período anterior (%). Contudo, Fiorine (2006), na mesma região em Jundiaí, SP, Brasil, em vinhedo de ‘Niagara Rosada’, obteve estimativas ligeiramente melhores para Sev fo (%), com R^2 igual a 0,77, e para Sev ca (%), com R^2 igual a 0,89, por meio de regressões múltiplas com três variáveis

independentes: severidade do míldio no período anterior (%), precipitação acumulada medida no vinhedo no período anterior (mm) e temperatura média do ar medida no vinhedo no período anterior (°C).

Observando os valores de R^2 , verificou-se que a melhor estimativa da severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’ a partir de elementos meteorológicos medidos na EMA (PA) foi de Sev fo (AUDPC), seguida de Sev ca (%), Sev ca (AUDPC), Sev fo (%), Sev ca (rm) e Sev fo (rg) (Tabelas 4.23, 4.20, 4.24, 4.19, 4.22 e 4.21, respectivamente). Isto mostra que a área sob a curva de progresso da doença (AUDPC) e a porcentagem (%) foram as mais adequadas unidades de medida da severidade do míldio respectivamente para as folhas e para os cachos da videira para serem utilizadas nestas regressões múltiplas (Tabelas 4.19 a 4.24), ao contrário das taxas de crescimento da doença (rg e rm). Já os elementos meteorológicos medidos na EMA (PA) que obtiveram as melhores correlações com a severidade do míldio foram: $T_{\min}$, $T_{\text{méd}}$ e $T_{\max}$ (folhas e cachos).

4.4.8 Regressões múltiplas utilizando elementos meteorológicos medidos no vinhedo (MP)

As Tabelas 4.25 a 4.30 apresentam as equações das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram individualmente com a severidade do míldio nas folhas e nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ no mesmo período (MP – média e/ou totais dos elementos meteorológicos feitos para os cinco dias anteriores à última avaliação da doença no campo, ou seja, ao dia n), da severidade do míldio no período anterior (penúltima avaliação da doença no campo – dia n-7) e do estágio fenológico da videira no período atual, obtendo-se assim a severidade do míldio no período atual.

Tabela 4.25 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (%) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ (DPM, $T_{\text{méd}}$ e $T_{\text{mín}}$) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, %) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, %), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = -122,33 + 1,10 * x_1 + 4,20 * x_2 - 2,52 * x_3 + 0,67 * x_4 + 5,35 * x_5$	0,7288
$y = -120,51 + 0,57 * x_1 + 2,40 * x_2 + 0,67 * x_4 + 5,39 * x_5$	0,7228
$y = -119,54 + 3,34 * x_2 - 0,95 * x_3 + 0,70 * x_4 + 5,36 * x_5$	0,7210
$y = -119,28 + 2,59 * x_2 + 0,69 * x_4 + 5,38 * x_5$	0,7198
$y = -81,42 + 0,57 * x_1 + 0,74 * x_3 + 0,68 * x_4 + 5,49 * x_5$	0,7105
$y = -71,02 + 0,77 * x_1 + 0,68 * x_4 + 5,50 * x_5$	0,7094
$y = -84,67 + 1,26 * x_3 + 0,70 * x_4 + 5,48 * x_5$	0,7082
$y = -62,70 + 1,14 * x_1 + 5,13 * x_2 - 2,96 * x_3 + 0,68 * x_4$	0,5723
$y = -60,08 + 0,52 * x_1 + 3,01 * x_2 + 0,68 * x_4$	0,5640
$y = -59,69 + 4,23 * x_2 - 1,33 * x_3 + 0,72 * x_4$	0,5639
$y = -59,07 + 3,18 * x_2 + 0,70 * x_4$	0,5615
$y = -10,65 + 0,49 * x_1 + 1,02 * x_3 + 0,70 * x_4$	0,5450
$y = -13,58 + 1,47 * x_3 + 0,71 * x_4$	0,5432
$y = 4,07 + 0,77 * x_1 + 0,70 * x_4$	0,5427
$y = -158,03 + 3,42 * x_1 + 5,36 * x_2 - 2,19 * x_3 + 5,60 * x_5$	0,3607
$y = -156,38 + 2,95 * x_1 + 3,79 * x_2 + 5,63 * x_5$	0,3561
$y = -106,26 + 2,78 * x_1 + 1,99 * x_3 + 5,78 * x_5$	0,3308
$y = -78,37 + 3,36 * x_1 + 5,82 * x_5$	0,3222
$y = -153,98 + 2,57 * x_2 + 3,26 * x_3 + 5,67 * x_5$	0,2766
$y = -126,94 + 4,94 * x_3 + 5,76 * x_5$	0,2690
$y = -156,45 + 5,25 * x_2 + 5,62 * x_5$	0,2612
$y = -96,32 + 3,51 * x_1 + 6,35 * x_2 - 2,64 * x_3$	0,1893
$y = -93,91 + 2,95 * x_1 + 4,46 * x_2$	0,1826
$y = -32,26 + 2,76 * x_1 + 2,32 * x_3$	0,1470
$y = -91,33 + 3,50 * x_2 + 2,95 * x_3$	0,1006

y = Sev fo (%); x_1 = DPM (h); x_2 = $T_{\text{méd}}$ (°C); x_3 = $T_{\text{mín}}$ (°C); x_4 = Sev fo – PA (%); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.26 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (%) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ ($T_{\text{méd}}$, DPM e $T_{\text{máx}}$) no mesmo período, da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, %) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, %), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 32,81 - 2,34 * x_1 - 0,20 * x_2 + 1,91 * x_3 + 0,92 * x_4 - 1,69 * x_5$	0,7892
$y = 30,05 - 2,86 * x_1 + 2,30 * x_3 + 0,92 * x_4 - 1,63 * x_5$	0,7889
$y = 31,42 - 0,50 * x_2 + 0,25 * x_3 + 0,92 * x_4 - 1,57 * x_5$	0,7871
$y = 38,82 + 0,02 * x_1 - 0,52 * x_2 + 0,92 * x_4 - 1,58 * x_5$	0,7867
$y = 39,19 - 0,52 * x_2 + 0,92 * x_4 - 1,58 * x_5$	0,7867
$y = 19,74 + 0,34 * x_3 + 0,89 * x_4 - 1,23 * x_5$	0,7840
$y = 32,86 - 0,13 * x_1 + 0,90 * x_4 - 1,26 * x_5$	0,7834
$y = 6,20 - 1,50 * x_1 + 0,03 * x_2 + 1,39 * x_3 + 0,85 * x_4$	0,7787
$y = 6,53 - 1,40 * x_1 + 1,32 * x_3 + 0,85 * x_4$	0,7787
$y = 6,58 - 0,18 * x_2 + 0,32 * x_3 + 0,85 * x_4$	0,7778
$y = 3,98 + 0,35 * x_3 + 0,85 * x_4$	0,7774
$y = 11,94 + 0,21 * x_1 - 0,22 * x_2 + 0,86 * x_4$	0,7774
$y = 16,29 - 0,20 * x_2 + 0,86 * x_4$	0,7772
$y = 11,74 + 0,12 * x_1 + 0,85 * x_4$	0,7767
$y = - 123,26 + 0,18 * x_1 + 2,40 * x_2 + 2,28 * x_3 + 5,07 * x_5$	0,2352
$y = - 123,20 + 2,43 * x_2 + 2,41 * x_3 + 5,07 * x_5$	0,2352
$y = - 116,22 + 3,01 * x_1 + 2,02 * x_2 + 5,21 * x_5$	0,2316
$y = - 53,09 + 2,39 * x_2 + 5,26 * x_5$	0,2016
$y = - 102,09 + 7,45 * x_1 - 2,94 * x_3 + 4,95 * x_5$	0,1836
$y = - 109,52 + 4,07 * x_1 + 4,63 * x_5$	0,1742
$y = - 83,31 + 2,32 * x_3 + 4,34 * x_5$	0,1466
$y = - 59,68 - 2,60 * x_1 + 2,25 * x_2 + 4,63 * x_3$	0,0994
$y = - 59,15 + 1,89 * x_2 + 2,79 * x_3$	0,0966
$y = - 41,39 + 3,14 * x_1 + 1,44 * x_2$	0,0842
$y = - 41,31 + 4,27 * x_1 - 0,32 * x_3$	0,0542

y = Sev ca (%); x_1 = $T_{\text{méd}}$ (°C); x_2 = DPM (h); x_3 = $T_{\text{máx}}$ (°C); x_4 = Sev ca – PA (%); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.27 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (rg) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ ($T_{\text{máx}}$, $T_{\text{méd}}$ e UR_{min}) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, rg) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, rg), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 0,02 + 0,002 * x_1 + 0,001 * x_2 - 0,0001 * x_3 + 0,08 * x_4 - 0,005 * x_5$	0,0945
$y = 0,01 + 0,003 * x_1 - 0,0001 * x_3 + 0,08 * x_4 - 0,005 * x_5$	0,0942
$y = - 0,0002 + 0,004 * x_1 + 0,0001 * x_2 + 0,08 * x_4 - 0,005 * x_5$	0,0940
$y = - 0,0001 + 0,004 * x_1 + 0,08 * x_4 - 0,005 * x_5$	0,0940
$y = 0,04 + 0,004 * x_2 - 0,0003 * x_3 + 0,09 * x_4 - 0,005 * x_5$	0,0935
$y = 0,01 + 0,003 * x_1 + 0,001 * x_2 - 0,00003 * x_3 - 0,005 * x_5$	0,0874
$y = 0,003 + 0,003 * x_1 + 0,001 * x_2 - 0,005 * x_5$	0,0874
$y = - 0,001 + 0,004 * x_1 + 0,00004 * x_3 - 0,005 * x_5$	0,0872
$y = 0,01 + 0,004 * x_2 + 0,06 * x_4 - 0,005 * x_5$	0,0872
$y = 0,01 + 0,004 * x_1 - 0,005 * x_5$	0,0871
$y = 0,03 + 0,004 * x_2 - 0,0002 * x_3 - 0,005 * x_5$	0,0862
$y = 0,01 + 0,004 * x_2 - 0,005 * x_5$	0,0829
$y = 0,13 - 0,0005 * x_3 + 0,10 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,0742
$y = 0,13 - 0,0004 * x_3 - 0,005 * x_5$	0,0632
$y = - 0,01 - 0,0004 * x_1 + 0,004 * x_2 - 0,0004 * x_3 + 0,09 * x_4$	0,0469
$y = - 0,01 + 0,003 * x_2 - 0,0004 * x_3 + 0,09 * x_4$	0,0468
$y = - 0,04 + 0,003 * x_1 - 0,0002 * x_3 + 0,09 * x_4$	0,0445
$y = - 0,07 + 0,004 * x_1 + 0,0001 * x_2 + 0,08 * x_4$	0,0421
$y = - 0,07 + 0,004 * x_1 + 0,08 * x_4$	0,0421
$y = - 0,02 - 0,0001 * x_1 + 0,004 * x_2 - 0,0003 * x_3$	0,0380
$y = - 0,02 + 0,004 * x_2 - 0,0003 * x_3$	0,0380
$y = - 0,05 + 0,003 * x_1 - 0,0001 * x_3$	0,0356
$y = - 0,07 + 0,003 * x_1 + 0,001 * x_2$	0,0355
$y = - 0,06 + 0,004 * x_2 + 0,06 * x_4$	0,0353
$y = 0,07 - 0,001 * x_3 + 0,11 * x_4$	0,0294

$y = \text{Sev fo (rg)}$; $x_1 = T_{\text{máx}}$ (°C); $x_2 = T_{\text{méd}}$ (°C); $x_3 = UR_{\text{min}}$ (%); $x_4 = \text{Sev fo} - \text{PA (rg)}$; $x_5 = \text{Estádio fenológico}$.

Tabela 4.28 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (rm) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ ($UR_{méd}$, UR_{min} e T_{min}) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, rm) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, rm), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 0,32 - 0,002 * x_1 + 0,001 * x_2 - 0,003 * x_3 + 0,27 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4259
$y = 0,27 - 0,0003 * x_1 - 0,004 * x_3 + 0,27 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4213
$y = 0,25 - 0,0001 * x_2 - 0,005 * x_3 + 0,27 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4196
$y = 0,25 - 0,005 * x_3 + 0,27 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4188
$y = 0,35 - 0,003 * x_1 + 0,002 * x_2 + 0,26 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4174
$y = 0,24 - 0,001 * x_1 + 0,24 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,3906
$y = 0,19 - 0,0004 * x_2 + 0,23 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,3727
$y = 0,32 - 0,002 * x_1 + 0,001 * x_2 - 0,002 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,3650
$y = 0,35 - 0,003 * x_1 + 0,001 * x_2 - 0,01 * x_5$	0,3607
$y = 0,27 - 0,0003 * x_1 - 0,003 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,3605
$y = 0,26 - 0,0001 * x_2 - 0,004 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,3592
$y = 0,27 - 0,004 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,3586
$y = 0,25 - 0,001 * x_1 - 0,01 * x_5$	0,3405
$y = 0,21 - 0,0003 * x_2 - 0,01 * x_5$	0,3277
$y = 0,10 + 0,001 * x_1 - 0,001 * x_2 - 0,01 * x_3 + 0,38 * x_4$	0,2375
$y = 0,14 - 0,001 * x_2 - 0,005 * x_3 + 0,39 * x_4$	0,2342
$y = 0,17 - 0,001 * x_1 - 0,004 * x_3 + 0,40 * x_4$	0,2252
$y = 0,15 - 0,002 * x_1 + 0,0001 * x_2 + 0,37 * x_4$	0,1986
$y = 0,14 - 0,002 * x_1 + 0,37 * x_4$	0,1985
$y = 0,12 - 0,01 * x_3 + 0,40 * x_4$	0,1980
$y = 0,07 - 0,001 * x_2 + 0,35 * x_4$	0,1854
$y = 0,07 + 0,002 * x_1 - 0,002 * x_2 - 0,01 * x_3$	0,1094
$y = 0,13 - 0,001 * x_2 - 0,003 * x_3$	0,1012
$y = 0,16 - 0,001 * x_1 - 0,002 * x_3$	0,0870
$y = 0,12 - 0,001 * x_1 - 0,0005 * x_2$	0,0781

y = Sev ca (rm); x_1 = $UR_{méd}$ (%); x_2 = UR_{min} (%); x_3 = T_{min} (°C); x_4 = Sev ca – PA (rm); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.29 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (AUDPC) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ (DPM, $T_{\min}$ e $UR_{\text{méd}}$) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, AUDPC) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, AUDPC), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 102,65 + 4,57 * x_1 + 0,92 * x_2 + 0,94 * x_3 - 7,16 * x_4$	0,8338
$y = 116,80 + 4,80 * x_1 + 0,94 * x_3 - 7,21 * x_4$	0,8338
$y = 23,12 + 0,66 * x_2 + 1,87 * x_5 + 0,96 * x_3 - 8,79 * x_4$	0,8332
$y = 29,01 + 1,96 * x_5 + 0,96 * x_3 - 8,88 * x_4$	0,8331
$y = - 5,30 + 5,04 * x_1 + 1,41 * x_2 + 0,91 * x_3$	0,8310
$y = 15,29 + 5,40 * x_1 + 0,91 * x_3$	0,8309
$y = 87,63 + 5,05 * x_2 + 0,97 * x_3 - 8,03 * x_4$	0,8305
$y = - 102,53 + 2,39 * x_2 + 1,62 * x_5 + 0,92 * x_3$	0,8288
$y = - 85,65 + 1,92 * x_5 + 0,93 * x_3$	0,8286
$y = - 36,81 + 6,09 * x_2 + 0,93 * x_3$	0,8268
$y = - 786,44 + 22,17 * x_1 + 13,79 * x_2 + 40,26 * x_4$	0,3214
$y = - 585,54 + 25,98 * x_1 + 40,24 * x_4$	0,3126
$y = - 1109,85 + 28,56 * x_2 + 3,80 * x_5 + 40,05 * x_4$	0,2440
$y = - 989,26 + 37,78 * x_2 + 42,06 * x_4$	0,2328
$y = - 906,92 + 7,72 * x_5 + 38,55 * x_4$	0,2083
$y = - 227,72 + 23,52 * x_1 + 13,70 * x_2$	0,2009
$y = - 641,90 + 25,08 * x_2 + 5,78 * x_5$	0,1276

y = Sev fo (AUDPC); x_1 = DPM (h); x_2 = $T_{\min}$ (°C); x_3 = Sev fo - PA (AUDPC); x_4 = Estádio fenológico; x_5 = $UR_{\text{méd}}$ (%).

Tabela 4.30 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (AUDPC) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ (DPM, $T_{\min}$ e $T_{\text{méd}}$) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, AUDPC) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, AUDPC), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 644,80 - 1,25 * x_1 + 13,66 * x_2 - 16,23 * x_3 + 0,84 * x_4 - 27,64 * x_5$	0,7724
$y = 630,94 + 11,93 * x_2 - 15,27 * x_3 + 0,83 * x_4 - 26,92 * x_5$	0,7720
$y = 600,91 + 1,27 * x_1 - 6,29 * x_3 + 0,83 * x_4 - 25,37 * x_5$	0,7668
$y = 612,20 - 5,88 * x_3 + 0,84 * x_4 - 25,96 * x_5$	0,7664
$y = 446,50 + 0,59 * x_1 + 0,54 * x_2 + 0,81 * x_4 - 24,31 * x_5$	0,7637
$y = 453,99 + 0,72 * x_1 + 0,81 * x_4 - 24,29 * x_5$	0,7637
$y = 447,62 + 1,03 * x_2 + 0,82 * x_4 - 24,58 * x_5$	0,7636
$y = 159,79 + 3,24 * x_1 + 3,98 * x_2 - 5,47 * x_3 + 0,72 * x_4$	0,7246
$y = 158,56 + 3,91 * x_1 - 2,67 * x_3 + 0,72 * x_4$	0,7241
$y = 108,55 + 3,72 * x_1 - 0,40 * x_2 + 0,72 * x_4$	0,7235
$y = 102,75 + 3,62 * x_1 + 0,72 * x_4$	0,7235
$y = 163,04 + 8,20 * x_2 - 7,40 * x_3 + 0,73 * x_4$	0,7220
$y = 90,65 + 2,84 * x_2 + 0,73 * x_4$	0,7200
$y = 161,56 - 1,07 * x_3 + 0,74 * x_4$	0,7193
$y = - 517,36 + 15,17 * x_1 + 6,09 * x_2 + 13,17 * x_3 + 19,04 * x_5$	0,1820
$y = - 534,29 + 16,26 * x_1 + 17,55 * x_3 + 19,95 * x_5$	0,1809
$y = - 374,67 + 13,98 * x_1 + 17,11 * x_2 + 17,26 * x_5$	0,1759
$y = - 160,11 + 18,85 * x_1 + 19,49 * x_5$	0,1541
$y = - 225,21 + 13,16 * x_1 + 13,84 * x_2 + 7,14 * x_3$	0,1525
$y = - 159,91 + 12,59 * x_1 + 19,67 * x_2$	0,1507
$y = - 232,43 + 15,56 * x_1 + 17,03 * x_3$	0,1464
$y = - 451,89 + 28,65 * x_2 + 3,34 * x_3 + 14,14 * x_5$	0,1249
$y = - 414,84 + 31,14 * x_2 + 13,77 * x_5$	0,1245
$y = - 233,94 + 32,30 * x_2 - 0,30 * x_3$	0,1081
$y = - 530,19 + 26,85 * x_3 + 17,71 * x_5$	0,0916

y = Sev ca (AUDPC); x_1 = DPM (h); x_2 = $T_{\min}$ (°C); x_3 = $T_{\text{méd}}$ (°C); x_4 = Sev ca - PA (AUDPC); x_5 = Estádio fenológico.

As primeiras equações das Tabelas 4.25 ($R^2 = 0,73$) e 4.26 ($R^2 = 0,79$) estimaram razoavelmente bem respectivamente Sev fo (%) e Sev ca (%) na videira ‘Niagara Rosada’ a partir de elementos meteorológicos medidos no vinhedo (MP) e da severidade do míldio no período anterior (%). Contudo, Fiorine (2006), na mesma região em Jundiaí, SP, Brasil, em vinhedo de ‘Niagara Rosada’, obteve estimativas ligeiramente melhores para Sev fo (%), com R^2 igual a 0,77, e para Sev ca (%), com R^2 igual a 0,89, por meio de regressões múltiplas com três variáveis

independentes: severidade do míldio no período anterior (%), precipitação acumulada medida no vinhedo no período anterior (mm) e temperatura média do ar medida no vinhedo no período anterior (°C).

Observando os valores de R^2 , verificou-se que a melhor estimativa da severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’ a partir de elementos meteorológicos medidos no vinhedo (MP) foi de Sev fo (AUDPC), seguida de Sev ca (%), Sev ca (AUDPC), Sev fo (%), Sev ca (rm) e Sev fo (rg) (Tabelas 4.29, 4.26, 4.30, 4.25, 4.28 e 4.27, respectivamente). Isto mostra que a área sob a curva de progresso da doença (AUDPC) e a porcentagem (%) foram as mais adequadas unidades de medida da severidade do míldio respectivamente para as folhas e para os cachos da videira para serem utilizadas nestas regressões múltiplas (Tabelas 4.25 a 4.30), ao contrário das taxas de crescimento da doença (rg e rm). Já os elementos meteorológicos medidos no vinhedo (MP) que obtiveram as melhores correlações com a severidade do míldio foram: DPM, $T_{\min}$ e $UR_{\text{méd}}$ (folhas); $T_{\text{méd}}$, DPM e $T_{\text{máx}}$ (cachos).

4.4.9 Regressões múltiplas utilizando elementos meteorológicos medidos no vinhedo (PA)

As Tabelas 4.31 a 4.36 apresentam as equações das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram individualmente com a severidade do míldio nas folhas e nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ no período anterior (PA – média e/ou totais dos elementos meteorológicos feitos para os cinco dias anteriores à penúltima avaliação da doença no campo, ou seja, ao dia n-7), da severidade do míldio no período anterior (penúltima avaliação da doença no campo – dia n-7) e do estágio fenológico da videira no período atual, obtendo-se assim a severidade do míldio no período atual.

Tabela 4.31 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (%) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ (DPM, $T_{\text{méd}}$ e $T_{\text{máx}}$) no período anterior (PA), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, %) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, %), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = -74,91 + 0,41 * x_1 + 1,85 * x_2 - 1,16 * x_3 + 0,69 * x_4 + 5,54 * x_5$	0,7089
$y = -78,37 + 0,67 * x_1 + 0,39 * x_2 + 0,69 * x_4 + 5,46 * x_5$	0,7083
$y = -71,26 + 3,11 * x_2 - 2,11 * x_3 + 0,70 * x_4 + 5,61 * x_5$	0,7082
$y = -75,35 + 0,72 * x_1 + 0,17 * x_3 + 0,69 * x_4 + 5,46 * x_5$	0,7081
$y = -70,44 + 0,70 * x_1 + 0,70 * x_4 + 5,48 * x_5$	0,7080
$y = -75,68 + 0,57 * x_2 + 0,71 * x_4 + 5,46 * x_5$	0,7044
$y = -63,22 - 0,02 * x_3 + 0,72 * x_4 + 5,51 * x_5$	0,7036
$y = -36,77 + 1,58 * x_1 - 3,80 * x_2 + 3,94 * x_3 + 0,69 * x_4$	0,5528
$y = -34,57 + 0,95 * x_1 + 1,24 * x_3 + 0,69 * x_4$	0,5493
$y = -22,06 + 0,70 * x_1 + 1,21 * x_2 + 0,70 * x_4$	0,5461
$y = 3,39 + 0,79 * x_1 + 0,71 * x_4$	0,5426
$y = -20,17 + 0,96 * x_2 + 0,36 * x_3 + 0,72 * x_4$	0,5419
$y = -19,14 + 1,40 * x_2 + 0,71 * x_4$	0,5418
$y = -17,96 + 1,00 * x_3 + 0,72 * x_4$	0,5415
$y = -141,68 + 2,42 * x_1 + 3,50 * x_2 - 0,03 * x_3 + 5,53 * x_5$	0,3006
$y = -141,77 + 2,43 * x_1 + 3,46 * x_2 + 5,53 * x_5$	0,3006
$y = -142,73 + 3,02 * x_1 + 2,49 * x_3 + 5,37 * x_5$	0,2978
$y = -122,63 + 11,35 * x_2 - 5,87 * x_3 + 5,97 * x_5$	0,2750
$y = -71,88 + 2,82 * x_1 + 5,78 * x_5$	0,2700
$y = -137,50 + 4,46 * x_2 + 5,57 * x_5$	0,2455
$y = -96,55 + 1,97 * x_3 + 5,59 * x_5$	0,2099
$y = -103,56 + 3,59 * x_1 - 2,14 * x_2 + 5,06 * x_3$	0,1449
$y = -102,18 + 3,23 * x_1 + 3,53 * x_3$	0,1438
$y = -85,03 + 2,47 * x_1 + 4,30 * x_2$	0,1339
$y = -69,52 + 9,27 * x_2 - 3,33 * x_3$	0,0865

y = Sev fo (%); x_1 = DPM (h); x_2 = $T_{\text{méd}}$ (°C); x_3 = $T_{\text{máx}}$ (°C); x_4 = Sev fo – PA (%); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.32 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (%) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ (DPM, $T_{\text{méd}}$ e $T_{\text{mín}}$) no período anterior (PA), da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, %) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, %), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 40,97 - 0,19 * x_1 - 0,38 * x_2 + 0,04 * x_3 + 0,91 * x_4 - 1,36 * x_5$	0,7845
$y = 40,93 - 0,18 * x_1 - 0,35 * x_2 + 0,91 * x_4 - 1,36 * x_5$	0,7845
$y = 37,51 - 0,13 * x_1 - 0,28 * x_3 + 0,91 * x_4 - 1,37 * x_5$	0,7843
$y = 40,11 - 0,20 * x_2 - 0,28 * x_3 + 0,90 * x_4 - 1,33 * x_5$	0,7842
$y = 38,13 - 0,42 * x_3 + 0,90 * x_4 - 1,34 * x_5$	0,7842
$y = 33,40 - 0,23 * x_1 + 0,90 * x_4 - 1,35 * x_5$	0,7841
$y = 40,07 - 0,44 * x_2 + 0,90 * x_4 - 1,29 * x_5$	0,7841
$y = 20,65 - 0,05 * x_1 - 0,44 * x_2 + 0,22 * x_3 + 0,86 * x_4$	0,7770
$y = 20,57 - 0,38 * x_2 + 0,13 * x_3 + 0,86 * x_4$	0,7770
$y = 20,31 + 0,003 * x_1 - 0,27 * x_2 + 0,86 * x_4$	0,7769
$y = 20,31 - 0,27 * x_2 + 0,86 * x_4$	0,7769
$y = 16,65 + 0,02 * x_1 - 0,14 * x_3 + 0,85 * x_4$	0,7768
$y = 16,51 - 0,13 * x_3 + 0,85 * x_4$	0,7768
$y = 14,68 - 0,03 * x_1 + 0,85 * x_4$	0,7767
$y = - 76,70 + 1,72 * x_1 + 2,32 * x_2 - 0,87 * x_3 + 4,86 * x_5$	0,1725
$y = - 76,00 + 1,51 * x_1 + 1,69 * x_2 + 4,90 * x_5$	0,1717
$y = - 57,01 + 1,37 * x_1 + 1,11 * x_3 + 4,97 * x_5$	0,1655
$y = - 41,42 + 1,76 * x_1 + 4,94 * x_5$	0,1620
$y = - 73,71 + 0,75 * x_2 + 2,11 * x_3 + 4,78 * x_5$	0,1491
$y = - 66,53 + 2,63 * x_3 + 4,83 * x_5$	0,1482
$y = - 75,10 + 2,59 * x_2 + 4,57 * x_5$	0,1406
$y = - 10,89 + 1,56 * x_1 + 3,30 * x_2 - 1,99 * x_3$	0,0438
$y = - 8,02 + 1,07 * x_1 + 1,86 * x_2$	0,0394
$y = 19,53 + 1,06 * x_1 + 0,82 * x_3$	0,0296
$y = - 9,18 + 1,86 * x_2 + 0,74 * x_3$	0,0245

y = Sev ca (%); x_1 = DPM (h); x_2 = $T_{\text{méd}}$ (°C); x_3 = $T_{\text{mín}}$ (°C); x_4 = Sev ca – PA (%); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.33 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (rg) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ ($T_{\text{máx}}$, $T_{\text{mín}}$ e $T_{\text{méd}}$) no período anterior (PA), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, rg) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, rg), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 0,32 - 0,02 * x_1 - 0,02 * x_2 + 0,03 * x_3 + 0,14 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,2606
$y = 0,31 - 0,02 * x_1 - 0,02 * x_2 + 0,03 * x_3 - 0,004 * x_5$	0,2398
$y = 0,28 - 0,02 * x_1 - 0,02 * x_2 + 0,03 * x_3 + 0,15 * x_4$	0,2316
$y = 0,27 - 0,02 * x_1 - 0,02 * x_2 + 0,03 * x_3$	0,2091
$y = 0,30 - 0,004 * x_1 - 0,004 * x_2 + 0,14 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,1880
$y = 0,29 - 0,004 * x_1 - 0,004 * x_2 - 0,004 * x_5$	0,1669
$y = 0,26 - 0,004 * x_2 - 0,004 * x_3 + 0,12 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,1585
$y = 0,27 - 0,004 * x_1 - 0,002 * x_3 + 0,14 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,1548
$y = 0,27 - 0,01 * x_1 + 0,14 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,1528
$y = 0,25 - 0,005 * x_1 - 0,004 * x_2 + 0,15 * x_4$	0,1508
$y = 0,22 - 0,01 * x_2 + 0,10 * x_4 - 0,005 * x_5$	0,1461
$y = 0,26 - 0,01 * x_3 + 0,13 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,1445
$y = 0,25 - 0,004 * x_2 - 0,003 * x_3 - 0,005 * x_5$	0,1430
$y = 0,22 - 0,01 * x_2 - 0,005 * x_5$	0,1353
$y = 0,26 - 0,004 * x_1 - 0,002 * x_3 - 0,004 * x_5$	0,1339
$y = 0,25 - 0,01 * x_1 - 0,004 * x_5$	0,1320
$y = 0,24 - 0,004 * x_1 - 0,004 * x_2$	0,1277
$y = 0,25 - 0,01 * x_3 - 0,004 * x_5$	0,1263
$y = 0,23 - 0,01 * x_1 - 0,002 * x_3 + 0,15 * x_4$	0,1193
$y = 0,22 - 0,01 * x_1 + 0,15 * x_4$	0,1183
$y = 0,20 - 0,003 * x_2 - 0,005 * x_3 + 0,13 * x_4$	0,1144
$y = 0,21 - 0,01 * x_3 + 0,14 * x_4$	0,1034
$y = 0,19 - 0,004 * x_2 - 0,004 * x_3$	0,0975
$y = 0,21 - 0,004 * x_1 - 0,002 * x_3$	0,0965
$y = 0,15 - 0,01 * x_2 + 0,10 * x_4$	0,0964

y = Sev fo (rg); x_1 = $T_{\text{máx}}$ (°C); x_2 = $T_{\text{mín}}$ (°C); x_3 = $T_{\text{méd}}$ (°C); x_4 = Sev fo – PA (rg); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.34 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (rm) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ ($T_{\text{méd}}$, $T_{\text{máx}}$ e $T_{\text{mín}}$) no período anterior (PA), da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, rm) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, rm), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 0,30 - 0,001 * x_1 - 0,001 * x_2 - 0,004 * x_3 + 0,16 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4319
$y = 0,30 - 0,002 * x_1 - 0,003 * x_3 + 0,16 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4318
$y = 0,30 - 0,001 * x_2 - 0,004 * x_3 + 0,16 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4318
$y = 0,28 - 0,005 * x_3 + 0,15 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4275
$y = 0,29 - 0,01 * x_1 + 0,003 * x_2 + 0,17 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4267
$y = 0,29 - 0,005 * x_1 + 0,19 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4204
$y = 0,32 - 0,0003 * x_1 - 0,001 * x_2 - 0,005 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,4127
$y = 0,32 - 0,001 * x_2 - 0,01 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,4127
$y = 0,32 - 0,001 * x_1 - 0,005 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,4126
$y = 0,31 - 0,01 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,4107
$y = 0,31 - 0,01 * x_1 + 0,004 * x_2 - 0,01 * x_5$	0,4024
$y = 0,26 - 0,003 * x_2 + 0,22 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,3970
$y = 0,32 - 0,01 * x_1 - 0,01 * x_5$	0,3883
$y = 0,28 - 0,003 * x_2 - 0,01 * x_5$	0,3543
$y = 0,16 + 0,01 * x_1 - 0,01 * x_2 - 0,01 * x_3 + 0,31 * x_4$	0,1927
$y = 0,15 - 0,003 * x_2 - 0,001 * x_3 + 0,33 * x_4$	0,1763
$y = 0,14 - 0,0002 * x_1 - 0,004 * x_2 + 0,35 * x_4$	0,1718
$y = 0,14 - 0,004 * x_2 + 0,35 * x_4$	0,1717
$y = 0,12 - 0,004 * x_1 - 0,0002 * x_3 + 0,33 * x_4$	0,1610
$y = 0,12 - 0,004 * x_1 + 0,33 * x_4$	0,1609
$y = 0,08 - 0,003 * x_3 + 0,31 * x_4$	0,1429
$y = 0,18 + 0,02 * x_1 - 0,01 * x_2 - 0,01 * x_3$	0,1154
$y = 0,17 - 0,003 * x_2 - 0,003 * x_3$	0,0861
$y = 0,14 - 0,003 * x_1 - 0,002 * x_3$	0,0711
$y = 0,15 - 0,003 * x_1 - 0,002 * x_2$	0,0670

$y = \text{Sev ca (rm)}$; $x_1 = T_{\text{méd}} (^{\circ}\text{C})$; $x_2 = T_{\text{máx}} (^{\circ}\text{C})$; $x_3 = T_{\text{mín}} (^{\circ}\text{C})$; $x_4 = \text{Sev ca – PA (rm)}$; $x_5 = \text{Estádio fenológico}$.

Tabela 4.35 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (AUDPC) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ ($T_{\text{méd}}$, DPM e $T_{\text{mín}}$) no período anterior (PA), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, AUDPC) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, AUDPC), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 79,92 + 9,64 * x_1 - 2,82 * x_2 - 4,31 * x_3 + 0,99 * x_4 - 9,34 * x_5$	0,8340
$y = 83,16 + 6,56 * x_1 - 3,97 * x_2 + 0,99 * x_4 - 9,15 * x_5$	0,8336
$y = 65,39 + 12,35 * x_1 - 8,70 * x_3 + 0,98 * x_4 - 9,20 * x_5$	0,8331
$y = 171,92 - 4,67 * x_2 + 3,69 * x_3 + 1,00 * x_4 - 9,18 * x_5$	0,8319
$y = 226,84 - 3,49 * x_2 + 1,01 * x_4 - 9,46 * x_5$	0,8313
$y = 56,06 + 5,55 * x_1 + 0,97 * x_4 - 8,36 * x_5$	0,8307
$y = - 58,24 + 9,24 * x_1 - 2,59 * x_2 - 3,08 * x_3 + 0,95 * x_4$	0,8291
$y = 195,01 - 0,65 * x_3 + 0,98 * x_4 - 8,81 * x_5$	0,8290
$y = - 53,90 + 7,03 * x_1 - 3,42 * x_2 + 0,95 * x_4$	0,8289
$y = - 69,76 + 11,74 * x_1 - 7,14 * x_3 + 0,93 * x_4$	0,8283
$y = 32,28 - 4,37 * x_2 + 4,57 * x_3 + 0,96 * x_4$	0,8272
$y = - 67,19 + 6,11 * x_1 + 0,93 * x_4$	0,8266
$y = 95,26 - 2,89 * x_2 + 0,96 * x_4$	0,8262
$y = 59,18 + 0,46 * x_3 + 0,94 * x_4$	0,8246
$y = - 1100,84 + 44,12 * x_1 + 20,28 * x_2 - 21,29 * x_3 + 37,35 * x_5$	0,2715
$y = - 1099,19 + 29,20 * x_1 + 14,81 * x_2 + 38,87 * x_5$	0,2628
$y = - 732,82 + 12,83 * x_2 + 16,06 * x_3 + 41,04 * x_5$	0,2266
$y = - 1105,06 + 25,88 * x_1 + 12,21 * x_3 + 41,04 * x_5$	0,2210
$y = - 1107,83 + 35,83 * x_1 + 40,52 * x_5$	0,2160
$y = - 505,15 + 18,29 * x_2 + 40,54 * x_5$	0,2145
$y = - 849,48 + 29,53 * x_3 + 42,65 * x_5$	0,2028
$y = - 658,01 + 53,91 * x_1 + 24,28 * x_2 - 31,38 * x_3$	0,1706
$y = - 628,51 + 32,09 * x_1 + 16,32 * x_2$	0,1514
$y = - 143,66 + 15,47 * x_2 + 14,04 * x_3$	0,1020
$y = - 609,71 + 32,81 * x_1 + 8,32 * x_3$	0,0967

y = Sev fo (AUDPC); x_1 = $T_{\text{méd}}$ (°C); x_2 = DPM (h); x_3 = $T_{\text{mín}}$ (°C); x_4 = Sev fo – PA (AUDPC); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.36 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três elementos meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (AUDPC) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ ($T_{\text{méd}}$, $T_{\text{mín}}$ e $T_{\text{máx}}$) no período anterior (PA), da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, AUDPC) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, AUDPC), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 301,24 - 32,07 * x_1 + 6,14 * x_2 + 28,68 * x_3 + 0,85 * x_4 - 30,71 * x_5$	0,7811
$y = 307,28 - 19,34 * x_1 + 22,13 * x_3 + 0,84 * x_4 - 29,86 * x_5$	0,7805
$y = 289,95 - 6,32 * x_2 + 10,95 * x_3 + 0,83 * x_4 - 27,69 * x_5$	0,7778
$y = 234,42 + 8,36 * x_3 + 0,81 * x_4 - 25,87 * x_5$	0,7744
$y = 322,32 + 15,64 * x_1 - 11,10 * x_2 + 0,82 * x_4 - 25,59 * x_5$	0,7732
$y = 316,13 + 6,39 * x_1 + 0,81 * x_4 - 24,01 * x_5$	0,7674
$y = 469,92 - 0,18 * x_2 + 0,82 * x_4 - 24,72 * x_5$	0,7635
$y = - 41,75 + 19,35 * x_1 - 8,08 * x_2 - 3,71 * x_3 + 0,73 * x_4$	0,7276
$y = - 54,20 + 13,12 * x_1 - 5,71 * x_2 + 0,73 * x_4$	0,7274
$y = - 63,63 + 3,46 * x_1 + 4,23 * x_3 + 0,73 * x_4$	0,7264
$y = - 57,81 - 0,16 * x_2 + 6,71 * x_3 + 0,73 * x_4$	0,7262
$y = - 58,68 + 6,65 * x_3 + 0,73 * x_4$	0,7261
$y = - 45,11 + 8,29 * x_1 + 0,73 * x_4$	0,7258
$y = 81,14 + 3,34 * x_2 + 0,73 * x_4$	0,7205
$y = - 344,49 + 100,58 * x_1 - 23,73 * x_2 - 50,56 * x_3 + 23,79 * x_5$	0,1063
$y = - 380,18 + 52,70 * x_1 - 26,14 * x_3 + 21,41 * x_5$	0,0965
$y = - 425,75 + 16,51 * x_1 + 7,79 * x_2 + 17,29 * x_5$	0,0793
$y = - 429,01 + 23,18 * x_1 + 16,60 * x_5$	0,0764
$y = - 350,33 + 16,84 * x_2 + 4,63 * x_3 + 17,21 * x_5$	0,0711
$y = - 270,50 + 19,34 * x_2 + 18,26 * x_5$	0,0685
$y = - 84,23 + 66,78 * x_1 - 13,39 * x_2 - 28,65 * x_3$	0,0635
$y = - 120,60 + 40,53 * x_1 - 15,53 * x_3$	0,0602
$y = - 182,09 + 18,69 * x_1 + 5,06 * x_2$	0,0536
$y = - 141,15 + 14,22 * x_2 + 7,32 * x_3$	0,0463
$y = - 224,81 + 11,69 * x_3 + 14,33 * x_5$	0,0445

y = Sev ca (AUDPC); x_1 = $T_{\text{méd}}$ (°C); x_2 = $T_{\text{mín}}$ (°C); x_3 = $T_{\text{máx}}$ (°C); x_4 = Sev ca – PA (AUDPC); x_5 = Estádio fenológico.

As primeiras equações das Tabelas 4.31 ($R^2 = 0,71$) e 4.32 ($R^2 = 0,78$) estimaram razoavelmente bem respectivamente Sev fo (%) e Sev ca (%) na videira ‘Niagara Rosada’ a partir de elementos meteorológicos medidos no vinhedo (PA) e da severidade do míldio no período anterior (%). Contudo, Fiorine (2006), na mesma região em Jundiaí, SP, Brasil, em vinhedo de ‘Niagara Rosada’, obteve estimativas ligeiramente melhores para Sev fo (%), com R^2 igual a 0,77, e para Sev ca (%), com R^2 igual a 0,89, por meio de regressões múltiplas com três variáveis

independentes: severidade do míldio no período anterior (%), precipitação acumulada medida no vinhedo no período anterior (mm) e temperatura média do ar medida no vinhedo no período anterior (°C).

Observando os valores de R^2 , verificou-se que a melhor estimativa da severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’ a partir de elementos meteorológicos medidos no vinhedo (PA) foi de Sev fo (AUDPC), seguida de Sev ca (%), Sev ca (AUDPC), Sev fo (%), Sev ca (rm) e Sev fo (rg) (Tabelas 4.35, 4.32, 4.36, 4.31, 4.34 e 4.33, respectivamente). Isto mostra que a área sob a curva de progresso da doença (AUDPC) e a porcentagem (%) foram as mais adequadas unidades de medida da severidade do míldio respectivamente para as folhas e para os cachos da videira para serem utilizadas nestas regressões múltiplas (Tabelas 4.31 a 4.36), ao contrário das taxas de crescimento da doença (rg e rm). Já os elementos meteorológicos medidos no vinhedo (PA) que obtiveram as melhores correlações com a severidade do míldio foram: $T_{\text{méd}}$, DPM e $T_{\text{mín}}$ (folhas e cachos).

4.4.10 Regressões múltiplas utilizando índices meteorológicos medidos na EMA (MP)

As Tabelas 4.37 a 4.42 contém as equações das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA que melhor se correlacionaram individualmente com a severidade do míldio nas folhas e nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ no mesmo período (MP – índices meteorológicos feitos para os cinco dias anteriores à última avaliação da doença no campo, ou seja, ao dia n), da severidade do míldio no período anterior (penúltima avaliação da doença no campo – dia n-7) e do estágio fenológico da videira no período atual, obtendo-se assim a severidade do míldio no período atual.

Tabela 4.37 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (%) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ (NDDPM ≥ 10 h (CART), NDTmed $< 22^\circ\text{C}$ e NDTmed $> 25^\circ\text{C}$) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, %) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, %), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = -52,65 - 1,60 * x_1 - 3,07 * x_2 + 0,85 * x_3 + 0,73 * x_4 + 5,47 * x_5$	0,7308
$y = -52,59 - 1,61 * x_1 - 3,10 * x_2 + 0,73 * x_4 + 5,48 * x_5$	0,7307
$y = -56,37 - 2,45 * x_2 + 1,16 * x_3 + 0,70 * x_4 + 5,43 * x_5$	0,7243
$y = -56,32 - 2,48 * x_2 + 0,70 * x_4 + 5,44 * x_5$	0,7240
$y = -63,24 - 0,34 * x_1 + 2,31 * x_3 + 0,72 * x_4 + 5,49 * x_5$	0,7050
$y = -63,65 + 2,32 * x_3 + 0,71 * x_4 + 5,48 * x_5$	0,7046
$y = -63,32 - 0,34 * x_1 + 0,73 * x_4 + 5,52 * x_5$	0,7040
$y = 21,48 - 1,27 * x_1 - 3,13 * x_2 + 2,48 * x_3 + 0,74 * x_4$	0,5668
$y = 22,00 - 1,30 * x_1 - 3,21 * x_2 + 0,74 * x_4$	0,5657
$y = 18,04 - 2,64 * x_2 + 2,71 * x_3 + 0,71 * x_4$	0,5627
$y = 18,51 - 2,72 * x_2 + 0,72 * x_4$	0,5613
$y = 10,92 + 0,02 * x_1 + 3,98 * x_3 + 0,73 * x_4$	0,5399
$y = 10,95 + 3,98 * x_3 + 0,73 * x_4$	0,5399
$y = 11,33 + 0,02 * x_1 + 0,73 * x_4$	0,5370
$y = -42,18 + 3,37 * x_1 - 2,36 * x_2 + 6,87 * x_3 + 5,59 * x_5$	0,2884
$y = -41,47 + 3,36 * x_1 - 2,57 * x_2 + 5,66 * x_5$	0,2798
$y = -50,47 + 4,29 * x_1 + 7,94 * x_3 + 5,61 * x_5$	0,2730
$y = -50,49 + 4,37 * x_1 + 5,69 * x_5$	0,2613
$y = -31,84 - 3,80 * x_2 + 6,79 * x_3 + 5,72 * x_5$	0,2543
$y = -31,17 - 4,00 * x_2 + 5,79 * x_5$	0,2459
$y = -42,36 + 8,81 * x_3 + 5,81 * x_5$	0,2068
$y = 33,68 + 3,75 * x_1 - 2,42 * x_2 + 8,59 * x_3$	0,1171
$y = 35,77 + 3,74 * x_1 - 2,68 * x_2$	0,1036
$y = 25,35 + 4,69 * x_1 + 9,69 * x_3$	0,1010
$y = 47,11 - 4,02 * x_2 + 8,54 * x_3$	0,0748

y = Sev fo (%); x_1 = NDDPM ≥ 10 h (CART); x_2 = NDTmed $< 22^\circ\text{C}$; x_3 = NDTmed $> 25^\circ\text{C}$; x_4 = Sev fo – PA (%); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.38 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (%) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ (NDTmed < 22°C, NDDPM ≥ 10 h e NDTmed > 25°C) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, %) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, %), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 34,63 - 0,72 * x_1 - 1,43 * x_2 - 2,04 * x_3 + 0,88 * x_4 - 0,95 * x_5$	0,7936
$y = 34,64 - 0,66 * x_1 - 1,51 * x_2 + 0,87 * x_4 - 0,94 * x_5$	0,7924
$y = 35,58 - 1,70 * x_2 - 1,71 * x_3 + 0,89 * x_4 - 1,08 * x_5$	0,7915
$y = 35,52 - 1,76 * x_2 + 0,88 * x_4 - 1,06 * x_5$	0,7907
$y = 23,76 - 0,91 * x_1 - 1,53 * x_2 - 1,98 * x_3 + 0,84 * x_4$	0,7898
$y = 29,94 - 1,03 * x_1 - 2,52 * x_3 + 0,89 * x_4 - 1,03 * x_5$	0,7892
$y = 23,87 - 0,84 * x_1 - 1,61 * x_2 + 0,83 * x_4$	0,7888
$y = 29,61 - 0,97 * x_1 + 0,88 * x_4 - 1,02 * x_5$	0,7874
$y = 23,04 - 1,90 * x_2 - 1,54 * x_3 + 0,85 * x_4$	0,7865
$y = 23,17 - 1,95 * x_2 + 0,84 * x_4$	0,7858
$y = 17,77 - 1,25 * x_1 - 2,49 * x_3 + 0,85 * x_4$	0,7848
$y = 30,00 - 2,16 * x_3 + 0,91 * x_4 - 1,25 * x_5$	0,7847
$y = 17,49 - 1,19 * x_1 + 0,84 * x_4$	0,7830
$y = 14,43 - 2,02 * x_3 + 0,86 * x_4$	0,7778
$y = 0,24 - 2,97 * x_1 - 3,46 * x_2 + 8,54 * x_3 + 4,75 * x_5$	0,2357
$y = - 1,47 - 3,37 * x_1 - 3,17 * x_2 + 4,98 * x_5$	0,2144
$y = - 12,25 - 3,78 * x_1 + 7,66 * x_3 + 4,72 * x_5$	0,2094
$y = 2,61 - 4,74 * x_2 + 10,46 * x_3 + 4,47 * x_5$	0,1998
$y = - 12,85 - 4,07 * x_1 + 4,93 * x_5$	0,1922
$y = 0,85 - 4,59 * x_2 + 4,71 * x_5$	0,1670
$y = - 15,43 + 9,89 * x_3 + 4,30 * x_5$	0,1451
$y = 62,80 - 2,37 * x_1 - 3,35 * x_2 + 10,95 * x_3$	0,1123
$y = 61,72 - 4,38 * x_2 + 12,38 * x_3$	0,0893
$y = 50,29 - 3,15 * x_1 + 10,08 * x_3$	0,0877
$y = 64,54 - 2,84 * x_1 - 2,96 * x_2$	0,0768

y = Sev ca (%); x_1 = NDTmed < 22°C; x_2 = NDDPM ≥ 10 h; x_3 = NDTmed > 25°C; x_4 = Sev ca – PA (%); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.39 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (rg) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ (NDTmed > 25°C, NDDPM ≥ 10 h e NDDPM ≥ 10 h (CART)) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, rg) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, rg), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 0,10 + 0,03 * x_1 + 0,005 * x_2 + 0,04 * x_3 - 0,01 * x_4$	0,2073
$y = 0,10 + 0,03 * x_1 + 0,005 * x_2 - 0,01 * x_4$	0,2053
$y = 0,11 + 0,03 * x_1 - 0,002 * x_5 + 0,08 * x_3 - 0,01 * x_4$	0,1901
$y = 0,11 + 0,03 * x_1 + 0,06 * x_3 - 0,01 * x_4$	0,1850
$y = 0,12 + 0,03 * x_1 - 0,001 * x_5 - 0,01 * x_4$	0,1832
$y = 0,12 + 0,03 * x_1 - 0,01 * x_4$	0,1807
$y = 0,04 + 0,03 * x_1 - 0,003 * x_5 + 0,10 * x_3$	0,1293
$y = 0,02 + 0,03 * x_1 + 0,003 * x_2 + 0,05 * x_3$	0,1259
$y = 0,02 + 0,03 * x_1 + 0,003 * x_2$	0,1231
$y = 0,04 + 0,03 * x_1 - 0,002 * x_5$	0,1196
$y = 0,04 + 0,03 * x_1 + 0,06 * x_3$	0,1152
$y = 0,10 + 0,005 * x_2 + 0,05 * x_3 - 0,01 * x_4$	0,0796
$y = 0,10 + 0,005 * x_2 - 0,01 * x_4$	0,0768
$y = 0,11 - 0,002 * x_5 + 0,09 * x_3 - 0,005 * x_4$	0,0640
$y = 0,11 - 0,001 * x_5 - 0,005 * x_4$	0,0553
$y = 0,05 - 0,003 * x_5 + 0,11 * x_3$	0,0196
$y = 0,03 + 0,003 * x_2 + 0,06 * x_3$	0,0171

y = Sev fo (rg); x_1 = NDTmed > 25°C; x_2 = NDDPM ≥ 10 h; x_3 = Sev fo - PA (rg); x_4 = Estádio fenológico; x_5 = NDDPM ≥ 10 h (CART).

Tabela 4.40 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (rm) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ (NDDPM ≥ 10 h (CART), NDTmed $< 22^\circ\text{C}$ e NDDPM ≥ 10 h) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, rm) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, rm), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 0,19 - 0,004 * x_1 + 0,002 * x_2 + 0,25 * x_3 - 0,01 * x_4$	0,4224
$y = 0,19 - 0,004 * x_1 + 0,26 * x_3 - 0,01 * x_4$	0,4173
$y = 0,19 - 0,0002 * x_5 + 0,004 * x_2 + 0,21 * x_3 - 0,01 * x_4$	0,3984
$y = 0,19 + 0,004 * x_2 + 0,21 * x_3 - 0,01 * x_4$	0,3984
$y = 0,21 - 0,002 * x_1 + 0,003 * x_2 - 0,01 * x_4$	0,3723
$y = 0,18 + 0,001 * x_5 + 0,22 * x_3 - 0,01 * x_4$	0,3662
$y = 0,21 - 0,0003 * x_5 + 0,004 * x_2 - 0,01 * x_4$	0,3609
$y = 0,21 + 0,004 * x_2 - 0,01 * x_4$	0,3607
$y = 0,21 - 0,004 * x_1 - 0,01 * x_4$	0,3599
$y = 0,20 + 0,001 * x_5 - 0,01 * x_4$	0,3238
$y = 0,04 - 0,01 * x_1 - 0,002 * x_2 + 0,40 * x_3$	0,1914
$y = 0,03 - 0,01 * x_1 + 0,39 * x_3$	0,1868
$y = 0,03 - 0,003 * x_5 + 0,002 * x_2 + 0,34 * x_3$	0,1326
$y = 0,02 + 0,002 * x_2 + 0,35 * x_3$	0,1196
$y = 0,03 - 0,002 * x_5 + 0,35 * x_3$	0,1195
$y = 0,04 - 0,004 * x_1 - 0,001 * x_2$	0,0500
$y = 0,04 - 0,004 * x_5 + 0,003 * x_2$	0,0264

y = Sev ca (rm); x_1 = NDDPM ≥ 10 h (CART); x_2 = NDTmed $< 22^\circ\text{C}$; x_3 = Sev ca - PA (rm); x_4 = Estádio fenológico; x_5 = NDDPM ≥ 10 h.

Tabela 4.41 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (AUDPC) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ (NDDPM ≥ 10 h (CART), NDTmed $< 22^\circ\text{C}$ e NDTmed $> 25^\circ\text{C}$) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, AUDPC) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, AUDPC), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 175,12 + 8,07 * x_1 + 7,74 * x_2 - 29,14 * x_3 + 0,98 * x_4 - 10,49 * x_5$	0,8375
$y = 173,27 + 4,86 * x_1 - 30,62 * x_3 + 0,97 * x_4 - 8,43 * x_5$	0,8346
$y = 174,88 + 8,68 * x_1 + 8,21 * x_2 + 0,97 * x_4 - 10,85 * x_5$	0,8341
$y = 186,27 + 3,99 * x_2 - 31,40 * x_3 + 1,00 * x_4 - 9,52 * x_5$	0,8340
$y = 182,26 - 31,77 * x_3 + 0,99 * x_4 - 8,45 * x_5$	0,8330
$y = 45,98 + 6,83 * x_1 + 4,68 * x_2 - 30,87 * x_3 + 0,94 * x_4$	0,8317
$y = 172,89 + 5,29 * x_1 + 0,96 * x_4 - 8,68 * x_5$	0,8308
$y = 61,37 + 4,89 * x_1 - 31,62 * x_3 + 0,94 * x_4$	0,8305
$y = 186,91 + 4,19 * x_2 + 0,99 * x_4 - 9,83 * x_5$	0,8300
$y = 65,86 + 1,70 * x_2 - 32,68 * x_3 + 0,96 * x_4$	0,8291
$y = 70,19 - 32,78 * x_3 + 0,96 * x_4$	0,8289
$y = 40,98 + 7,42 * x_1 + 5,06 * x_2 + 0,93 * x_4$	0,8278
$y = 57,52 + 5,33 * x_1 + 0,93 * x_4$	0,8265
$y = 62,39 + 1,83 * x_2 + 0,95 * x_4$	0,8248
$y = - 334,15 + 33,15 * x_1 - 7,63 * x_2 + 20,22 * x_3 + 37,77 * x_5$	0,2456
$y = - 337,48 + 32,90 * x_1 - 8,06 * x_2 + 38,36 * x_5$	0,2439
$y = - 337,28 + 36,62 * x_1 + 22,20 * x_3 + 36,18 * x_5$	0,2427
$y = - 341,14 + 36,56 * x_1 + 36,72 * x_5$	0,2407
$y = - 326,78 - 25,23 * x_2 + 14,37 * x_3 + 45,93 * x_5$	0,1823
$y = - 329,18 - 25,44 * x_2 + 46,31 * x_5$	0,1814
$y = 148,37 + 44,02 * x_1 + 3,14 * x_2 + 38,35 * x_3$	0,1495
$y = 158,67 + 42,70 * x_1 + 37,82 * x_3$	0,1490
$y = 156,40 + 43,85 * x_1 + 2,63 * x_2$	0,1435
$y = - 337,03 + 20,30 * x_3 + 42,70 * x_5$	0,1408
$y = 307,87 - 18,67 * x_2 + 35,58 * x_3$	0,0294

y = Sev fo (AUDPC); x_1 = NDDPM ≥ 10 h (CART); x_2 = NDTmed $< 22^\circ\text{C}$; x_3 = NDTmed $> 25^\circ\text{C}$; x_4 = Sev fo - PA (AUDPC); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.42 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (AUDPC) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ (NDDPM ≥ 10 h (CART), NDTmed $> 25^\circ\text{C}$ e NDTmed $< 22^\circ\text{C}$) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, AUDPC) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, AUDPC), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 480,11 - 0,40 * x_1 - 25,73 * x_2 + 7,56 * x_3 + 0,87 * x_4 - 27,16 * x_5$	0,7740
$y = 479,30 - 25,68 * x_2 + 7,75 * x_3 + 0,87 * x_4 - 27,19 * x_5$	0,7740
$y = 472,21 - 3,74 * x_1 - 26,20 * x_2 + 0,85 * x_4 - 24,63 * x_5$	0,7698
$y = 485,62 - 0,11 * x_1 + 7,72 * x_3 + 0,85 * x_4 - 27,67 * x_5$	0,7692
$y = 485,40 + 7,77 * x_3 + 0,85 * x_4 - 27,68 * x_5$	0,7691
$y = 460,15 - 25,75 * x_2 + 0,84 * x_4 - 24,20 * x_5$	0,7684
$y = 477,65 - 3,51 * x_1 + 0,83 * x_4 - 25,09 * x_5$	0,7648
$y = 143,19 - 1,99 * x_1 - 30,43 * x_2 - 0,48 * x_3 + 0,77 * x_4$	0,7263
$y = 141,53 - 1,76 * x_1 - 30,42 * x_2 + 0,77 * x_4$	0,7263
$y = 137,35 - 30,20 * x_2 + 0,45 * x_3 + 0,76 * x_4$	0,7260
$y = 138,54 - 30,18 * x_2 + 0,76 * x_4$	0,7260
$y = 142,26 - 1,68 * x_1 - 0,47 * x_3 + 0,74 * x_4$	0,7195
$y = 140,65 - 1,46 * x_1 + 0,74 * x_4$	0,7194
$y = 137,33 + 0,32 * x_3 + 0,74 * x_4$	0,7192
$y = 87,70 + 16,64 * x_1 + 53,39 * x_2 - 11,82 * x_3 + 14,94 * x_5$	0,1233
$y = 90,02 + 22,56 * x_1 + 56,30 * x_2 + 11,94 * x_5$	0,1126
$y = 282,92 + 19,00 * x_1 + 62,54 * x_2 - 7,92 * x_3$	0,1058
$y = 55,18 + 16,87 * x_1 - 13,17 * x_3 + 18,25 * x_5$	0,1007
$y = 256,38 + 22,90 * x_1 + 63,30 * x_2$	0,1006
$y = 108,34 + 54,14 * x_2 - 20,92 * x_3 + 17,74 * x_5$	0,1001
$y = 55,79 + 23,52 * x_1 + 15,07 * x_5$	0,0873
$y = 75,64 - 22,42 * x_3 + 21,13 * x_5$	0,0768
$y = 349,97 + 65,42 * x_2 - 17,73 * x_3$	0,0747
$y = 295,85 + 19,91 * x_1 - 8,53 * x_3$	0,0735
$y = 131,86 + 61,86 * x_2 + 12,83 * x_5$	0,0539

y = Sev ca (AUDPC); x_1 = NDDPM ≥ 10 h (CART); x_2 = NDTmed $> 25^\circ\text{C}$; x_3 = NDTmed $< 22^\circ\text{C}$; x_4 = Sev ca - PA (AUDPC); x_5 = Estádio fenológico.

As primeiras equações das Tabelas 4.37 ($R^2 = 0,73$) e 4.38 ($R^2 = 0,79$) estimaram razoavelmente bem respectivamente Sev fo (%) e Sev ca (%) na videira ‘Niagara Rosada’ a partir de índices meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA (MP) e da severidade do míldio no período anterior (%). Contudo, Fiorine (2006), na mesma região em Jundiaí, SP, Brasil, em vinhedo de ‘Niagara Rosada’, obteve estimativas ligeiramente melhores para Sev fo (%), com R^2

igual a 0,77, e para Sev ca (%), com R^2 igual a 0,89, por meio de regressões múltiplas com três variáveis independentes: severidade do míldio no período anterior (%), precipitação acumulada medida no vinhedo no período anterior (mm) e temperatura média do ar medida no vinhedo no período anterior (°C).

Observando os valores de R^2 , verificou-se que a melhor estimativa da severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’ a partir de índices meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA (MP) foi de Sev fo (AUDPC), seguida de Sev ca (%), Sev ca (AUDPC), Sev fo (%), Sev ca (rm) e Sev fo (rg) (Tabelas 4.41, 4.38, 4.42, 4.37, 4.40 e 4.39, respectivamente). Isto mostra que a área sob a curva de progresso da doença (AUDPC) e a porcentagem (%) foram as mais adequadas unidades de medida da severidade do míldio respectivamente para as folhas e para os cachos da videira para serem utilizadas nestas regressões múltiplas (Tabelas 4.37 a 4.42), ao contrário das taxas de crescimento da doença (rg e rm). Já os índices meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA (MP) que obtiveram as melhores correlações com a severidade do míldio foram: NDDPM ≥ 10 h (CART), NDTmed $< 22^\circ\text{C}$ e NDTmed $> 25^\circ\text{C}$ (folhas); NDTmed $< 22^\circ\text{C}$, NDDPM ≥ 10 h e NDTmed $> 25^\circ\text{C}$ (cachos).

4.4.11 Regressões múltiplas utilizando índices meteorológicos medidos na EMA (PA)

As Tabelas 4.43 a 4.48 apresentam as equações das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA que melhor se correlacionaram individualmente com a severidade do míldio nas folhas e nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ no período anterior (PA – índices meteorológicos feitos para os cinco dias anteriores à penúltima avaliação da doença no campo, ou seja, ao dia n-7), da severidade do míldio no período anterior (penúltima avaliação da doença no campo – dia n-7) e do estágio fenológico da videira no período atual, obtendo-se assim a severidade do míldio no período atual.

Tabela 4.43 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (%) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ (NDDPM ≥ 10 h (CART), NDTmed $< 22^\circ\text{C}$ e NDTmed $> 25^\circ\text{C}$) no período anterior (PA), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, %) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, %), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = -63,79 - 0,51 * x_1 - 1,10 * x_2 + 0,62 * x_3 + 0,71 * x_4 + 5,53 * x_5$	0,7064
$y = -63,38 - 0,49 * x_1 + 0,63 * x_3 + 0,70 * x_4 + 5,48 * x_5$	0,7062
$y = -65,71 - 0,90 * x_2 + 0,78 * x_3 + 0,71 * x_4 + 5,53 * x_5$	0,7056
$y = -65,29 + 0,78 * x_3 + 0,71 * x_4 + 5,49 * x_5$	0,7055
$y = -61,95 - 0,70 * x_1 - 1,13 * x_2 + 0,71 * x_4 + 5,53 * x_5$	0,7053
$y = -61,51 - 0,68 * x_1 + 0,71 * x_4 + 5,49 * x_5$	0,7051
$y = -64,12 - 0,86 * x_2 + 0,72 * x_4 + 5,54 * x_5$	0,7038
$y = 11,06 - 0,56 * x_1 + 5,49 * x_2 + 0,69 * x_3 + 0,71 * x_4$	0,5462
$y = 9,01 + 5,70 * x_2 + 0,86 * x_3 + 0,71 * x_4$	0,5453
$y = 13,17 - 0,77 * x_1 + 5,45 * x_2 + 0,71 * x_4$	0,5449
$y = 10,87 + 5,76 * x_2 + 0,72 * x_4$	0,5430
$y = 11,95 - 0,69 * x_1 + 0,67 * x_3 + 0,72 * x_4$	0,5408
$y = 14,00 - 0,89 * x_1 + 0,72 * x_4$	0,5395
$y = 9,44 + 0,89 * x_3 + 0,73 * x_4$	0,5394
$y = -36,88 - 2,92 * x_1 + 5,69 * x_2 + 2,18 * x_3 + 5,55 * x_5$	0,2606
$y = -38,63 - 3,09 * x_1 + 2,18 * x_3 + 5,77 * x_5$	0,2549
$y = -29,73 - 3,64 * x_1 + 5,70 * x_2 + 5,56 * x_5$	0,2471
$y = -31,48 - 3,80 * x_1 + 5,79 * x_5$	0,2415
$y = -46,92 + 7,14 * x_2 + 3,18 * x_3 + 5,56 * x_5$	0,2353
$y = -49,88 + 3,26 * x_3 + 5,85 * x_5$	0,2262
$y = -39,19 + 7,75 * x_2 + 5,59 * x_5$	0,2030
$y = 38,25 - 2,97 * x_1 + 12,31 * x_2 + 2,25 * x_3$	0,0993
$y = 45,85 - 3,71 * x_1 + 12,34 * x_2$	0,0850
$y = 28,25 + 13,80 * x_2 + 3,27 * x_3$	0,0731
$y = 41,23 - 3,35 * x_1 + 2,26 * x_3$	0,0715

y = Sev fo (%); x_1 = NDTmed $< 22^\circ\text{C}$; x_2 = NDTmed $> 25^\circ\text{C}$; x_3 = NDDPM ≥ 10 h (CART); x_4 = Sev fo - PA (%); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.44 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do mildio (%) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ (NDTmed < 22°C, NDTmed > 25°C e NDDPM >= 10 h) no período anterior (PA), da severidade do mildio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, %) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do mildio nos cachos no período atual (Sev ca, %), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 26,39 - 1,39 * x_1 - 2,26 * x_2 + 1,24 * x_3 + 0,89 * x_4 - 1,04 * x_5$	0,7910
$y = 31,33 - 1,28 * x_1 - 2,50 * x_2 + 0,89 * x_4 - 1,00 * x_5$	0,7882
$y = 24,71 - 0,56 * x_1 + 1,41 * x_3 + 0,89 * x_4 - 1,23 * x_5$	0,7875
$y = 25,11 - 0,74 * x_2 + 1,09 * x_3 + 0,91 * x_4 - 1,25 * x_5$	0,7870
$y = 14,85 - 1,70 * x_1 - 2,77 * x_2 + 1,16 * x_3 + 0,86 * x_4$	0,7865
$y = 24,60 + 1,23 * x_3 + 0,90 * x_4 - 1,28 * x_5$	0,7864
$y = 29,58 - 1,07 * x_2 + 0,90 * x_4 - 1,19 * x_5$	0,7848
$y = 19,92 - 1,57 * x_1 - 2,98 * x_2 + 0,85 * x_4$	0,7841
$y = 30,19 - 0,32 * x_1 + 0,89 * x_4 - 1,20 * x_5$	0,7838
$y = 10,05 - 0,70 * x_1 + 1,36 * x_3 + 0,85 * x_4$	0,7809
$y = 10,38 - 0,96 * x_2 + 0,95 * x_3 + 0,87 * x_4$	0,7803
$y = 9,15 + 1,13 * x_3 + 0,86 * x_4$	0,7792
$y = 14,84 - 1,24 * x_2 + 0,86 * x_4$	0,7786
$y = 15,63 - 0,46 * x_1 + 0,85 * x_4$	0,7775
$y = - 4,46 - 5,02 * x_1 - 2,60 * x_2 - 0,14 * x_3 + 4,64 * x_5$	0,1863
$y = - 5,04 - 5,03 * x_1 - 2,57 * x_2 + 4,63 * x_5$	0,1862
$y = - 6,43 - 4,06 * x_1 + 0,05 * x_3 + 4,43 * x_5$	0,1815
$y = - 6,22 - 4,05 * x_1 + 4,43 * x_5$	0,1815
$y = - 11,32 + 3,11 * x_2 - 0,80 * x_3 + 4,24 * x_5$	0,1316
$y = - 14,81 + 3,37 * x_2 + 4,23 * x_5$	0,1304
$y = - 9,95 - 1,46 * x_3 + 4,52 * x_5$	0,1199
$y = 54,23 - 4,13 * x_1 + 0,24 * x_2 + 0,01 * x_3$	0,0717
$y = 54,26 - 4,13 * x_1 + 0,24 * x_2$	0,0717
$y = 54,67 - 4,22 * x_1 - 0,01 * x_3$	0,0717
$y = 44,36 + 4,81 * x_2 - 0,56 * x_3$	0,0341

y = Sev ca (%); x_1 = NDTmed < 22°C; x_2 = NDTmed > 25°C; x_3 = NDDPM >= 10 h; x_4 = Sev ca - PA (%); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.45 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (rg) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ (NDTmed > 25°C, NDTmed < 22°C e NDDPM >= 10 h) no período anterior (PA), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, rg) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, rg), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 0,07 - 0,02 * x_1 + 0,003 * x_2 + 0,003 * x_3 + 0,16 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,1555
$y = 0,08 - 0,02 * x_1 + 0,004 * x_2 + 0,17 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,1479
$y = 0,07 - 0,02 * x_1 + 0,004 * x_3 + 0,14 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,1363
$y = 0,08 - 0,02 * x_1 + 0,003 * x_2 + 0,003 * x_3 - 0,004 * x_5$	0,1313
$y = 0,02 - 0,02 * x_1 + 0,003 * x_2 + 0,003 * x_3 + 0,17 * x_4$	0,1268
$y = 0,09 - 0,02 * x_1 + 0,004 * x_2 - 0,004 * x_5$	0,1213
$y = 0,03 - 0,02 * x_1 + 0,004 * x_2 + 0,18 * x_4$	0,1176
$y = 0,08 - 0,02 * x_1 + 0,005 * x_3 - 0,004 * x_5$	0,1168
$y = 0,10 - 0,02 * x_1 + 0,15 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,1145
$y = 0,02 - 0,03 * x_1 + 0,005 * x_3 + 0,15 * x_4$	0,1080
$y = 0,09 + 0,004 * x_2 + 0,002 * x_3 + 0,09 * x_4 - 0,005 * x_5$	0,1042
$y = 0,10 + 0,004 * x_2 + 0,10 * x_4 - 0,005 * x_5$	0,0990
$y = 0,02 - 0,02 * x_1 + 0,003 * x_2 + 0,004 * x_3$	0,0990
$y = 0,09 + 0,003 * x_2 + 0,003 * x_3 - 0,005 * x_5$	0,0958
$y = 0,10 - 0,02 * x_1 - 0,004 * x_5$	0,0933
$y = 0,10 + 0,004 * x_2 - 0,005 * x_5$	0,0890
$y = 0,04 - 0,02 * x_1 + 0,004 * x_2$	0,0868
$y = 0,03 - 0,02 * x_1 + 0,005 * x_3$	0,0852
$y = 0,04 - 0,03 * x_1 + 0,16 * x_4$	0,0836
$y = 0,09 + 0,004 * x_3 + 0,06 * x_4 - 0,005 * x_5$	0,0774
$y = 0,09 + 0,004 * x_3 - 0,005 * x_5$	0,0731
$y = 0,02 + 0,004 * x_2 + 0,003 * x_3 + 0,09 * x_4$	0,0558
$y = 0,03 + 0,004 * x_2 + 0,10 * x_4$	0,0493
$y = 0,02 + 0,003 * x_2 + 0,003 * x_3$	0,0473
$y = 0,02 + 0,005 * x_3 + 0,06 * x_4$	0,0281

y = Sev fo (rg); x_1 = NDTmed > 25°C; x_2 = NDTmed < 22°C; x_3 = NDDPM >= 10 h; x_4 = Sev fo - PA (rg); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.46 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do mildio (rm) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ (NDDPM ≥ 10 h (CART), NDTmed $> 25^\circ\text{C}$ e NDTmed $< 22^\circ\text{C}$) no período anterior (PA), da severidade do mildio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, rm) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do mildio nos cachos no período atual (Sev ca, rm), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 0,21 - 0,003 * x_1 + 0,005 * x_2 + 0,003 * x_3 + 0,16 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4361
$y = 0,20 - 0,003 * x_1 + 0,002 * x_3 + 0,16 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4320
$y = 0,21 - 0,005 * x_1 + 0,003 * x_2 + 0,15 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4181
$y = 0,21 - 0,004 * x_1 + 0,15 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4165
$y = 0,23 - 0,004 * x_1 + 0,005 * x_2 + 0,002 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,4154
$y = 0,22 - 0,004 * x_1 + 0,002 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,4117
$y = 0,19 + 0,004 * x_2 + 0,004 * x_3 + 0,22 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4091
$y = 0,18 + 0,004 * x_3 + 0,22 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4065
$y = 0,23 - 0,01 * x_1 + 0,003 * x_2 - 0,01 * x_5$	0,4011
$y = 0,22 - 0,01 * x_1 - 0,01 * x_5$	0,3996
$y = 0,21 + 0,003 * x_2 + 0,004 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,3677
$y = 0,20 + 0,004 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,3661
$y = 0,18 + 0,0001 * x_2 + 0,22 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,3641
$y = 0,20 - 0,001 * x_2 - 0,01 * x_5$	0,3218
$y = 0,03 - 0,002 * x_1 - 0,01 * x_2 + 0,001 * x_3 + 0,31 * x_4$	0,1592
$y = 0,03 - 0,002 * x_1 - 0,01 * x_2 + 0,30 * x_4$	0,1537
$y = 0,02 - 0,01 * x_2 + 0,002 * x_3 + 0,34 * x_4$	0,1516
$y = 0,02 - 0,002 * x_1 + 0,002 * x_3 + 0,33 * x_4$	0,1426
$y = 0,02 - 0,01 * x_2 + 0,33 * x_4$	0,1373
$y = 0,01 + 0,003 * x_3 + 0,35 * x_4$	0,1342
$y = 0,03 - 0,003 * x_1 + 0,31 * x_4$	0,1335
$y = 0,04 - 0,003 * x_1 - 0,01 * x_2 + 0,001 * x_3$	0,0811
$y = 0,04 - 0,004 * x_1 - 0,01 * x_2$	0,0799
$y = 0,04 - 0,004 * x_1 + 0,001 * x_3$	0,0545
$y = 0,03 - 0,01 * x_2 + 0,002 * x_3$	0,0516

y = Sev ca (rm); x_1 = NDDPM ≥ 10 h (CART); x_2 = NDTmed $> 25^\circ\text{C}$; x_3 = NDTmed $< 22^\circ\text{C}$; x_4 = Sev ca - PA (rm); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.47 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (AUDPC) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ (NDTmed > 25°C, NDTmed < 22°C e NDDPM >= 10 h (CART)) no período anterior (PA), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, AUDPC) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, AUDPC), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 227,69 + 57,86 * x_1 + 3,52 * x_2 - 7,45 * x_3 + 1,01 * x_4 - 12,29 * x_5$	0,8475
$y = 234,85 + 56,39 * x_1 - 8,52 * x_3 + 1,00 * x_4 - 11,90 * x_5$	0,8467
$y = 199,17 + 57,81 * x_1 + 5,72 * x_2 + 0,99 * x_4 - 11,72 * x_5$	0,8441
$y = 204,62 + 55,16 * x_1 + 0,97 * x_4 - 10,87 * x_5$	0,8419
$y = 67,13 + 50,91 * x_1 + 2,30 * x_2 - 6,58 * x_3 + 0,95 * x_4$	0,8391
$y = 75,25 + 50,08 * x_1 - 7,31 * x_3 + 0,95 * x_4$	0,8388
$y = 48,42 + 51,15 * x_1 + 4,30 * x_2 + 0,94 * x_4$	0,8365
$y = 60,98 + 49,49 * x_1 + 0,93 * x_4$	0,8352
$y = 206,46 + 1,89 * x_2 - 7,42 * x_3 + 1,01 * x_4 - 9,81 * x_5$	0,8334
$y = 210,64 - 8,00 * x_3 + 1,01 * x_4 - 9,63 * x_5$	0,8332
$y = 178,06 + 4,08 * x_2 + 0,99 * x_4 - 9,25 * x_5$	0,8301
$y = 77,19 + 1,05 * x_2 - 6,72 * x_3 + 0,97 * x_4$	0,8280
$y = 80,86 - 7,05 * x_3 + 0,96 * x_4$	0,8279
$y = 58,15 + 3,09 * x_2 + 0,95 * x_4$	0,8252
$y = - 294,52 + 65,62 * x_1 - 16,20 * x_2 + 16,20 * x_3 + 38,84 * x_5$	0,2179
$y = - 249,25 + 66,03 * x_1 - 22,03 * x_2 + 39,51 * x_5$	0,2011
$y = - 346,03 + 72,94 * x_1 + 22,12 * x_3 + 38,64 * x_5$	0,2008
$y = - 320,38 - 18,12 * x_2 + 16,31 * x_3 + 41,83 * x_5$	0,1998
$y = - 274,96 - 24,00 * x_2 + 42,52 * x_5$	0,1829
$y = - 382,02 + 23,04 * x_3 + 41,98 * x_5$	0,1783
$y = - 303,96 + 77,74 * x_1 + 39,58 * x_5$	0,1649
$y = 245,74 + 95,89 * x_1 - 15,67 * x_2 + 18,01 * x_3$	0,1097
$y = 193,20 + 102,82 * x_1 + 23,73 * x_3$	0,0937
$y = 306,57 + 96,93 * x_1 - 22,15 * x_2$	0,0889
$y = 269,51 - 18,51 * x_2 + 18,39 * x_3$	0,0697

y = Sev fo (AUDPC); x_1 = NDTmed > 25°C; x_2 = NDTmed < 22°C; x_3 = NDDPM >= 10 h (CART); x_4 = Sev fo - PA (AUDPC); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.48 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos na EMA que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (AUDPC) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ (NDTmed > 25°C, NDTmed < 22°C e NDC >= 1 mm) no período anterior (PA), da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, AUDPC) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, AUDPC), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 556,69 + 59,80 * x_1 + 5,48 * x_2 - 17,20 * x_3 + 0,81 * x_4 - 31,01 * x_5$	0,7957
$y = 544,01 + 54,25 * x_1 - 16,06 * x_3 + 0,80 * x_4 - 29,04 * x_5$	0,7925
$y = 523,07 + 46,98 * x_1 + 3,59 * x_2 + 0,82 * x_4 - 30,00 * x_5$	0,7790
$y = 516,06 + 43,83 * x_1 + 0,81 * x_4 - 28,72 * x_5$	0,7776
$y = 480,02 + 1,80 * x_2 - 12,06 * x_3 + 0,82 * x_4 - 24,69 * x_5$	0,7724
$y = 478,07 - 11,83 * x_3 + 0,81 * x_4 - 24,20 * x_5$	0,7720
$y = 467,15 + 0,98 * x_2 + 0,82 * x_4 - 24,94 * x_5$	0,7636
$y = 161,49 + 28,63 * x_1 - 0,96 * x_2 - 15,20 * x_3 + 0,71 * x_4$	0,7361
$y = 159,15 + 29,30 * x_1 - 15,39 * x_3 + 0,72 * x_4$	0,7360
$y = 163,57 - 2,22 * x_2 - 12,67 * x_3 + 0,73 * x_4$	0,7301
$y = 158,08 - 12,98 * x_3 + 0,73 * x_4$	0,7295
$y = 143,12 + 18,16 * x_1 - 2,44 * x_2 + 0,72 * x_4$	0,7230
$y = 136,43 + 19,57 * x_1 + 0,73 * x_4$	0,7223
$y = 146,59 - 3,13 * x_2 + 0,73 * x_4$	0,7204
$y = 218,82 + 72,18 * x_1 - 13,01 * x_2 - 23,78 * x_3 + 10,95 * x_5$	0,1207
$y = 368,29 + 85,93 * x_1 - 11,23 * x_2 - 24,96 * x_3$	0,1118
$y = 237,01 + 86,61 * x_1 - 26,91 * x_3 + 7,70 * x_5$	0,1015
$y = 344,80 + 95,25 * x_1 - 27,46 * x_3$	0,0969
$y = 167,74 + 54,56 * x_1 - 15,87 * x_2 + 12,91 * x_5$	0,0886
$y = 123,22 - 17,61 * x_2 - 17,62 * x_3 + 18,95 * x_5$	0,0867
$y = 342,47 + 69,88 * x_1 - 13,92 * x_2$	0,0762
$y = 101,27 - 18,98 * x_2 + 18,95 * x_5$	0,0679
$y = 182,15 + 69,77 * x_1 + 9,15 * x_5$	0,0592
$y = 387,15 - 15,80 * x_2 - 17,63 * x_3$	0,0558
$y = 121,88 - 20,39 * x_3 + 16,56 * x_5$	0,0487

y = Sev ca (AUDPC); x_1 = NDTmed > 25°C; x_2 = NDTmed < 22°C; x_3 = NDC >= 1 mm; x_4 = Sev ca - PA (AUDPC); x_5 = Estádio fenológico.

As primeiras equações das Tabelas 4.43 ($R^2 = 0,71$) e 4.44 ($R^2 = 0,79$) estimaram razoavelmente bem respectivamente Sev fo (%) e Sev ca (%) na videira ‘Niagara Rosada’ a partir de índices meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA (PA) e da severidade do míldio no período anterior (%). Contudo, Fiorine (2006), na mesma região em Jundiaí, SP, Brasil, em vinhedo de ‘Niagara Rosada’, obteve estimativas ligeiramente melhores para Sev fo (%), com R^2

igual a 0,77, e para Sev ca (%), com R^2 igual a 0,89, por meio de regressões múltiplas com três variáveis independentes: severidade do míldio no período anterior (%), precipitação acumulada medida no vinhedo no período anterior (mm) e temperatura média do ar medida no vinhedo no período anterior (°C).

Observando os valores de R^2 , verificou-se que a melhor estimativa da severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’ a partir de índices meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA (PA) foi de Sev fo (AUDPC), seguida de Sev ca (AUDPC), Sev ca (%), Sev fo (%), Sev ca (rm) e Sev fo (rg) (Tabelas 4.47, 4.48, 4.44, 4.43, 4.46 e 4.45, respectivamente). Isto mostra que a área sob a curva de progresso da doença (AUDPC) foi a mais adequada unidade de medida da severidade do míldio tanto para as folhas quanto para os cachos da videira para serem utilizadas nestas regressões múltiplas (Tabelas 4.43 a 4.48), ao contrário da porcentagem e das taxas de crescimento da doença (rg e rm). Já os índices meteorológicos medidos e/ou estimados na EMA (PA) que obtiveram as melhores correlações com a severidade do míldio foram: $NDT_{med} > 25^{\circ}C$, $NDT_{med} < 22^{\circ}C$ e $NDDPM \geq 10$ h (CART) (folhas); $NDT_{med} > 25^{\circ}C$, $NDT_{med} < 22^{\circ}C$ e $NDC \geq 1$ mm (cachos).

4.4.12 Regressões múltiplas utilizando índices meteorológicos medidos no vinhedo (MP)

As Tabelas 4.49 a 4.54 apresentam as equações das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram individualmente com a severidade do míldio nas folhas e nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ no mesmo período (MP – índices meteorológicos feitos para os cinco dias anteriores à última avaliação da doença no campo, ou seja, ao dia n), da severidade do míldio no período anterior (penúltima avaliação da doença no campo – dia n-7) e do estágio fenológico da videira no período atual, obtendo-se assim a severidade do míldio no período atual.

Tabela 4.49 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (%) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ (NDTmed < 22°C, NDDPM ≥ 10 h e NDTmed > 25°C) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, %) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, %), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = -56,03 - 2,37 * x_1 + 1,06 * x_2 + 0,43 * x_3 + 0,67 * x_4 + 5,16 * x_5$	0,7301
$y = -55,17 - 2,52 * x_1 + 1,05 * x_2 + 0,67 * x_4 + 5,15 * x_5$	0,7300
$y = -52,05 - 2,80 * x_1 + 0,32 * x_3 + 0,68 * x_4 + 5,14 * x_5$	0,7268
$y = -51,43 - 2,91 * x_1 + 0,68 * x_4 + 5,13 * x_5$	0,7268
$y = -67,99 + 1,62 * x_2 + 2,45 * x_3 + 0,68 * x_4 + 5,42 * x_5$	0,7207
$y = -67,39 + 1,83 * x_2 + 0,68 * x_4 + 5,45 * x_5$	0,7146
$y = -64,94 + 2,88 * x_3 + 0,71 * x_4 + 5,46 * x_5$	0,7124
$y = 20,13 - 4,16 * x_1 + 0,84 * x_2 - 0,78 * x_3 + 0,67 * x_4$	0,5892
$y = 18,92 - 3,88 * x_1 + 0,86 * x_2 + 0,67 * x_4$	0,5888
$y = 23,00 - 4,49 * x_1 - 0,86 * x_3 + 0,68 * x_4$	0,5872
$y = 21,74 - 4,20 * x_1 + 0,68 * x_4$	0,5866
$y = 5,28 + 1,83 * x_2 + 2,79 * x_3 + 0,69 * x_4$	0,5592
$y = 6,42 + 2,08 * x_2 + 0,69 * x_4$	0,5511
$y = 9,33 + 3,29 * x_3 + 0,73 * x_4$	0,5484
$y = -34,59 - 4,54 * x_1 + 4,02 * x_2 - 1,24 * x_3 + 5,16 * x_5$	0,3438
$y = -37,00 - 4,09 * x_1 + 4,06 * x_2 + 5,20 * x_5$	0,3427
$y = -57,05 + 5,24 * x_2 + 2,63 * x_3 + 5,67 * x_5$	0,3087
$y = -56,39 + 5,47 * x_2 + 5,70 * x_5$	0,3016
$y = -16,38 - 6,49 * x_1 - 1,83 * x_3 + 5,06 * x_5$	0,2938
$y = -19,67 - 5,86 * x_1 + 5,11 * x_5$	0,2914
$y = -44,25 + 4,24 * x_3 + 5,84 * x_5$	0,2114
$y = 41,47 - 6,33 * x_1 + 3,80 * x_2 - 2,44 * x_3$	0,2032
$y = 37,83 - 5,47 * x_1 + 3,88 * x_2$	0,1989
$y = 57,29 - 8,14 * x_1 - 2,98 * x_3$	0,1586
$y = 19,75 + 5,53 * x_2 + 3,00 * x_3$	0,1323

y = Sev fo (%); x_1 = NDTmed < 22°C; x_2 = NDDPM ≥ 10 h; x_3 = NDTmed > 25°C; x_4 = Sev fo - PA (%); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.50 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (%) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ (NDTmed < 22°C, NDDPM $\geq$ 10 h e NDTmed > 25°C) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, %) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, %), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 39,95 - 1,65 * x_1 - 0,94 * x_2 - 0,42 * x_3 + 0,90 * x_4 - 1,52 * x_5$	0,7904
$y = 39,00 - 1,50 * x_1 - 0,93 * x_2 + 0,90 * x_4 - 1,50 * x_5$	0,7903
$y = 32,42 - 1,22 * x_1 - 0,33 * x_3 + 0,88 * x_4 - 1,20 * x_5$	0,7879
$y = 31,75 - 1,11 * x_1 + 0,88 * x_4 - 1,18 * x_5$	0,7878
$y = 31,15 - 0,38 * x_2 + 0,87 * x_3 + 0,90 * x_4 - 1,31 * x_5$	0,7847
$y = 28,68 + 0,75 * x_3 + 0,89 * x_4 - 1,18 * x_5$	0,7842
$y = 31,55 - 0,26 * x_2 + 0,90 * x_4 - 1,33 * x_5$	0,7836
$y = 18,29 - 1,32 * x_1 - 0,26 * x_2 - 0,07 * x_3 + 0,84 * x_4$	0,7820
$y = 18,20 - 1,29 * x_1 - 0,26 * x_2 + 0,84 * x_4$	0,7820
$y = 17,32 - 1,20 * x_1 - 0,06 * x_3 + 0,83 * x_4$	0,7817
$y = 17,24 - 1,18 * x_1 + 0,83 * x_4$	0,7817
$y = 13,53 + 0,12 * x_2 + 0,95 * x_3 + 0,84 * x_4$	0,7782
$y = 13,83 + 1,00 * x_3 + 0,85 * x_4$	0,7781
$y = 13,68 + 0,26 * x_2 + 0,85 * x_4$	0,7769
$y = - 36,89 - 1,46 * x_1 + 4,14 * x_2 + 2,25 * x_3 + 5,12 * x_5$	0,2514
$y = - 44,59 + 4,64 * x_2 + 3,39 * x_3 + 5,30 * x_5$	0,2469
$y = - 32,57 - 2,29 * x_1 + 4,12 * x_2 + 5,05 * x_5$	0,2464
$y = - 44,67 + 5,19 * x_2 + 5,37 * x_5$	0,2309
$y = - 8,43 - 3,63 * x_1 + 2,15 * x_3 + 4,32 * x_5$	0,1958
$y = - 4,40 - 4,41 * x_1 + 4,26 * x_5$	0,1912
$y = - 21,35 + 5,54 * x_3 + 4,57 * x_5$	0,1621
$y = 41,76 - 3,02 * x_1 + 2,55 * x_2 + 1,43 * x_3$	0,1146
$y = 43,85 - 3,53 * x_1 + 2,56 * x_2$	0,1126
$y = 31,17 + 3,50 * x_2 + 3,80 * x_3$	0,0947
$y = 52,38 - 4,28 * x_1 + 1,45 * x_3$	0,0921

y = Sev ca (%); x_1 = NDTmed < 22°C; x_2 = NDDPM $\geq$ 10 h; x_3 = NDTmed > 25°C; x_4 = Sev ca - PA (%); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.51 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (%) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ (NDTmed > 25°C, NDC >= 1 mm e NDDPM >= 10 h) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, rg) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, rg), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 0,11 + 0,004 * x_1 - 0,01 * x_2 + 0,004 * x_3 + 0,08 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,1464
$y = 0,11 + 0,003 * x_1 - 0,01 * x_2 + 0,005 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,1401
$y = 0,11 - 0,01 * x_2 + 0,005 * x_3 + 0,07 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,1385
$y = 0,12 - 0,01 * x_2 + 0,01 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,1337
$y = 0,11 + 0,01 * x_1 - 0,005 * x_2 + 0,12 * x_4 - 0,005 * x_5$	0,1183
$y = 0,12 + 0,01 * x_1 - 0,004 * x_2 - 0,005 * x_5$	0,1036
$y = 0,12 - 0,01 * x_2 + 0,11 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,0980
$y = 0,10 + 0,01 * x_1 + 0,001 * x_3 + 0,07 * x_4 - 0,005 * x_5$	0,0909
$y = 0,10 + 0,01 * x_1 + 0,08 * x_4 - 0,005 * x_5$	0,0875
$y = 0,10 + 0,01 * x_1 + 0,002 * x_3 - 0,005 * x_5$	0,0865
$y = 0,12 - 0,005 * x_2 - 0,01 * x_5$	0,0851
$y = 0,04 + 0,004 * x_1 - 0,01 * x_2 + 0,004 * x_3 + 0,08 * x_4$	0,0844
$y = 0,11 + 0,01 * x_1 - 0,005 * x_5$	0,0797
$y = 0,04 + 0,004 * x_1 - 0,01 * x_2 + 0,004 * x_3$	0,0774
$y = 0,04 - 0,01 * x_2 + 0,004 * x_3 + 0,07 * x_4$	0,0731
$y = 0,04 - 0,01 * x_2 + 0,005 * x_3$	0,0679
$y = 0,11 + 0,002 * x_3 + 0,05 * x_4 - 0,005 * x_5$	0,0657
$y = 0,04 + 0,01 * x_1 - 0,004 * x_2 + 0,12 * x_4$	0,0639
$y = 0,11 + 0,002 * x_3 - 0,005 * x_5$	0,0636
$y = 0,04 + 0,01 * x_1 - 0,004 * x_2$	0,0496
$y = 0,05 - 0,005 * x_2 + 0,11 * x_4$	0,0407
$y = 0,03 + 0,01 * x_1 + 0,001 * x_3 + 0,07 * x_4$	0,0399
$y = 0,03 + 0,01 * x_1 + 0,09 * x_4$	0,0378
$y = 0,03 + 0,01 * x_1 + 0,001 * x_3$	0,0347
$y = 0,04 + 0,002 * x_3 + 0,05 * x_4$	0,0114

y = Sev fo (rg); x_1 = NDTmed > 25°C; x_2 = NDC >= 1 mm; x_3 = NDDPM >= 10 h; x_4 = Sev fo - PA (rg); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.52 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (rm) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ (NDC ≥ 1 mm, NDTmed $< 22^\circ\text{C}$ e NDDPM ≥ 10 h) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, rm) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, rm), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 0,19 - 0,001 * x_1 - 0,000004 * x_2 - 0,003 * x_3 + 0,25 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,3940
$y = 0,19 - 0,001 * x_1 - 0,003 * x_3 + 0,25 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,3940
$y = 0,20 - 0,0002 * x_2 - 0,003 * x_3 + 0,25 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,3922
$y = 0,20 - 0,003 * x_3 + 0,25 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,3921
$y = 0,18 - 0,002 * x_1 + 0,002 * x_2 + 0,24 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,3816
$y = 0,18 - 0,003 * x_1 + 0,24 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,3758
$y = 0,18 + 0,002 * x_2 + 0,22 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,3711
$y = 0,21 - 0,0005 * x_1 + 0,0003 * x_2 - 0,002 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,3418
$y = 0,22 - 0,0004 * x_1 - 0,003 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,3417
$y = 0,22 + 0,0002 * x_2 - 0,003 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,3415
$y = 0,22 - 0,003 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,3414
$y = 0,20 - 0,002 * x_1 + 0,002 * x_2 - 0,01 * x_5$	0,3332
$y = 0,20 + 0,002 * x_2 - 0,01 * x_5$	0,3285
$y = 0,20 - 0,002 * x_1 - 0,01 * x_5$	0,3273
$y = 0,02 - 0,004 * x_1 + 0,002 * x_2 - 0,0003 * x_3 + 0,38 * x_4$	0,1511
$y = 0,02 - 0,004 * x_1 + 0,002 * x_2 + 0,37 * x_4$	0,1509
$y = 0,03 - 0,003 * x_1 - 0,001 * x_3 + 0,38 * x_4$	0,1453
$y = 0,03 - 0,004 * x_1 + 0,38 * x_4$	0,1414
$y = 0,02 + 0,001 * x_2 - 0,002 * x_3 + 0,37 * x_4$	0,1311
$y = 0,03 - 0,002 * x_3 + 0,37 * x_4$	0,1283
$y = 0,02 + 0,002 * x_2 + 0,35 * x_4$	0,1252
$y = 0,03 - 0,003 * x_1 + 0,003 * x_2 + 0,001 * x_3$	0,0272
$y = 0,03 - 0,003 * x_1 + 0,002 * x_2$	0,0258
$y = 0,04 - 0,003 * x_1 - 0,001 * x_3$	0,0156
$y = 0,03 + 0,002 * x_2 - 0,0003 * x_3$	0,0131

y = Sev ca (rm); x_1 = NDC ≥ 1 mm; x_2 = NDTmed $< 22^\circ\text{C}$; x_3 = NDDPM ≥ 10 h; x_4 = Sev ca - PA (rm); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.53 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (AUDPC) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ (NDDPM ≥ 10 h, NDTmed $< 22^\circ\text{C}$ e NDTmed $> 25^\circ\text{C}$) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, AUDPC) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, AUDPC), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 174,13 + 10,10 * x_1 - 9,58 * x_2 - 17,07 * x_3 + 0,93 * x_4 - 7,49 * x_5$	0,8445
$y = 142,65 + 12,60 * x_1 - 10,23 * x_3 + 0,94 * x_4 - 7,54 * x_5$	0,8416
$y = 72,34 + 10,88 * x_1 - 9,66 * x_2 - 16,10 * x_3 + 0,90 * x_4$	0,8414
$y = 138,10 + 11,04 * x_1 - 3,19 * x_2 + 0,93 * x_4 - 6,83 * x_5$	0,8396
$y = 130,36 + 12,01 * x_1 + 0,94 * x_4 - 6,98 * x_5$	0,8392
$y = 39,89 + 13,41 * x_1 - 9,20 * x_3 + 0,91 * x_4$	0,8384
$y = 226,67 - 14,63 * x_2 - 19,10 * x_3 + 0,96 * x_4 - 8,63 * x_5$	0,8383
$y = 46,67 + 11,71 * x_1 - 3,59 * x_2 + 0,90 * x_4$	0,8370
$y = 35,77 + 12,81 * x_1 + 0,90 * x_4$	0,8364
$y = 112,73 - 15,17 * x_2 - 18,15 * x_3 + 0,92 * x_4$	0,8340
$y = 191,46 - 7,92 * x_2 + 0,96 * x_4 - 8,01 * x_5$	0,8321
$y = 194,30 - 7,98 * x_3 + 0,99 * x_4 - 9,22 * x_5$	0,8304
$y = 87,01 - 8,73 * x_2 + 0,92 * x_4$	0,8284
$y = 70,98 - 6,52 * x_3 + 0,95 * x_4$	0,8256
$y = - 335,39 + 33,87 * x_1 - 28,44 * x_2 - 14,42 * x_3 + 39,74 * x_5$	0,3143
$y = - 365,22 + 34,64 * x_1 - 23,01 * x_2 + 40,24 * x_5$	0,3108
$y = - 447,69 + 42,26 * x_1 + 6,40 * x_3 + 41,14 * x_5$	0,2879
$y = - 442,55 + 42,77 * x_1 + 41,00 * x_5$	0,2869
$y = - 197,38 - 48,41 * x_2 - 21,43 * x_3 + 40,33 * x_5$	0,2394
$y = - 237,51 - 40,93 * x_2 + 41,10 * x_5$	0,2316
$y = 239,13 + 34,66 * x_1 - 32,87 * x_2 - 20,47 * x_3$	0,1976
$y = 206,86 + 35,77 * x_1 - 25,20 * x_2$	0,1905
$y = 132,16 + 44,43 * x_1 + 3,48 * x_3$	0,1621
$y = - 358,33 + 17,89 * x_3 + 43,51 * x_5$	0,1467
$y = 389,12 - 53,37 * x_2 - 27,74 * x_3$	0,1192

y = Sev fo (AUDPC); x_1 = NDDPM ≥ 10 h; x_2 = NDTmed $< 22^\circ\text{C}$; x_3 = NDTmed $> 25^\circ\text{C}$; x_4 = Sev fo - PA (AUDPC); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.54 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (AUDPC) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ (NDDPM ≥ 10 h, NDTmed $< 22^\circ\text{C}$ e NDTmed $> 25^\circ\text{C}$) no mesmo período (MP), da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, AUDPC) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, AUDPC), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 552,75 + 0,67 * x_1 - 12,61 * x_2 - 25,71 * x_3 + 0,83 * x_4 - 28,14 * x_5$	0,7809
$y = 558,37 - 13,01 * x_2 - 25,85 * x_3 + 0,84 * x_4 - 28,35 * x_5$	0,7809
$y = 476,33 + 5,34 * x_1 - 16,44 * x_3 + 0,83 * x_4 - 25,84 * x_5$	0,7742
$y = 509,04 - 14,92 * x_3 + 0,85 * x_4 - 27,34 * x_5$	0,7717
$y = 449,87 + 2,68 * x_1 - 1,67 * x_2 + 0,80 * x_4 - 23,66 * x_5$	0,7648
$y = 442,28 + 3,44 * x_1 + 0,81 * x_4 - 23,53 * x_5$	0,7646
$y = 470,43 - 3,06 * x_2 + 0,81 * x_4 - 24,46 * x_5$	0,7643
$y = 134,30 + 8,93 * x_1 - 5,17 * x_2 - 13,42 * x_3 + 0,72 * x_4$	0,7323
$y = 116,07 + 10,65 * x_1 - 9,86 * x_3 + 0,72 * x_4$	0,7312
$y = 113,73 + 9,32 * x_1 + 0,34 * x_2 + 0,71 * x_4$	0,7276
$y = 114,92 + 9,17 * x_1 + 0,71 * x_4$	0,7276
$y = 169,19 - 10,25 * x_2 - 14,18 * x_3 + 0,73 * x_4$	0,7263
$y = 149,06 - 4,65 * x_2 + 0,73 * x_4$	0,7210
$y = 141,07 - 5,83 * x_3 + 0,75 * x_4$	0,7206
$y = - 64,92 + 31,38 * x_1 - 6,76 * x_2 + 8,31 * x_3 + 20,80 * x_5$	0,1733
$y = - 37,40 + 31,06 * x_1 - 10,40 * x_2 + 19,86 * x_5$	0,1716
$y = - 104,25 + 33,80 * x_1 + 13,19 * x_3 + 21,89 * x_5$	0,1714
$y = - 89,57 + 36,09 * x_1 + 21,10 * x_5$	0,1649
$y = 259,32 + 27,49 * x_1 - 13,22 * x_2 + 0,95 * x_3$	0,1383
$y = 260,86 + 27,47 * x_1 - 13,62 * x_2$	0,1383
$y = 213,51 + 32,05 * x_1 + 10,20 * x_3$	0,1305
$y = 155,22 - 27,15 * x_2 + 4,73 * x_3 + 15,24 * x_5$	0,0978
$y = 169,67 - 29,12 * x_2 + 14,74 * x_5$	0,0973
$y = 380,24 - 30,13 * x_2 - 0,52 * x_3$	0,0784
$y = 38,15 + 28,85 * x_3 + 18,73 * x_5$	0,0572

y = Sev ca (AUDPC); x_1 = NDDPM ≥ 10 h; x_2 = NDTmed $< 22^\circ\text{C}$; x_3 = NDTmed $> 25^\circ\text{C}$; x_4 = Sev ca - PA (AUDPC); x_5 = Estádio fenológico.

As primeiras equações das Tabelas 4.49 ($R^2 = 0,73$) e 4.50 ($R^2 = 0,79$) estimaram razoavelmente bem respectivamente Sev fo (%) e Sev ca (%) na videira ‘Niagara Rosada’ a partir de índices meteorológicos medidos no vinhedo (MP) e da severidade do míldio no período anterior (%). Contudo, Fiorine (2006), na mesma região em Jundiaí, SP, Brasil, em vinhedo de ‘Niagara Rosada’, obteve estimativas ligeiramente melhores para Sev fo (%), com R^2 igual a

0,77, e para Sev ca (%), com R^2 igual a 0,89, por meio de regressões múltiplas com três variáveis independentes: severidade do míldio no período anterior (%), precipitação acumulada medida no vinhedo no período anterior (mm) e temperatura média do ar medida no vinhedo no período anterior (°C).

Observando os valores de R^2 , verificou-se que a melhor estimativa da severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’ a partir de índices meteorológicos medidos no vinhedo (MP) foi de Sev fo (AUDPC), seguida de Sev ca (%), Sev ca (AUDPC), Sev fo (%), Sev ca (rm) e Sev fo (rg) (Tabelas 4.53, 4.50, 4.54, 4.49, 4.52 e 4.51, respectivamente). Isto mostra que a área sob a curva de progresso da doença (AUDPC) e a porcentagem (%) foram as mais adequadas unidades de medida da severidade do míldio respectivamente para as folhas e para os cachos da videira para serem utilizadas nestas regressões múltiplas (Tabelas 4.49 a 4.54), ao contrário das taxas de crescimento da doença (rg e rm). Já os índices meteorológicos medidos no vinhedo (MP) que obtiveram as melhores correlações com a severidade do míldio foram: NDDPM ≥ 10 h, NDTmed $< 22^\circ\text{C}$ e NDTmed $> 25^\circ\text{C}$ (folhas e cachos).

4.4.13 Regressões múltiplas utilizando índices meteorológicos medidos no vinhedo (PA)

As Tabelas 4.55 a 4.60 apresentam as equações das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram individualmente com a severidade do míldio nas folhas e nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ no período anterior (PA – índices meteorológicos feitos para os cinco dias anteriores à penúltima avaliação da doença no campo, ou seja, ao dia n-7), da severidade do míldio no período anterior (penúltima avaliação da doença no campo – dia n-7) e do estágio fenológico da videira no período atual, obtendo-se assim a severidade do míldio no período atual.

Tabela 4.55 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (%) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ (NDTmed < 22°C e NDTmed > 25°C e NDDPM >= 10 h) no período anterior (PA), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, %) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, %), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = -61,14 - 0,66 * x_1 + 0,36 * x_2 - 0,03 * x_3 + 0,70 * x_4 + 5,44 * x_5$	0,7054
$y = -61,24 - 0,65 * x_1 + 0,36 * x_2 + 0,70 * x_4 + 5,44 * x_5$	0,7054
$y = -60,89 - 0,80 * x_1 - 0,04 * x_3 + 0,70 * x_4 + 5,47 * x_5$	0,7053
$y = -61,07 - 0,78 * x_1 + 0,70 * x_4 + 5,47 * x_5$	0,7053
$y = -63,29 + 1,02 * x_2 + 0,13 * x_3 + 0,71 * x_4 + 5,41 * x_5$	0,7047
$y = -62,90 + 1,04 * x_2 + 0,71 * x_4 + 5,41 * x_5$	0,7047
$y = -64,28 + 0,19 * x_3 + 0,71 * x_4 + 5,51 * x_5$	0,7037
$y = 9,79 + 0,17 * x_1 + 3,97 * x_2 - 0,28 * x_3 + 0,72 * x_4$	0,5514
$y = 10,43 + 3,80 * x_2 - 0,31 * x_3 + 0,71 * x_4$	0,5514
$y = 8,74 + 0,28 * x_1 + 4,04 * x_2 + 0,71 * x_4$	0,5512
$y = 9,66 + 3,75 * x_2 + 0,71 * x_4$	0,5511
$y = 16,64 - 1,42 * x_1 - 0,51 * x_3 + 0,72 * x_4$	0,5420
$y = 14,90 - 1,26 * x_1 + 0,71 * x_4$	0,5413
$y = 11,58 - 0,09 * x_3 + 0,74 * x_4$	0,5370
$y = -41,40 - 3,45 * x_1 + 0,94 * x_2 + 2,81 * x_3 + 5,68 * x_5$	0,2866
$y = -40,74 - 3,82 * x_1 + 2,76 * x_3 + 5,75 * x_5$	0,2861
$y = -52,34 + 4,53 * x_2 + 3,73 * x_3 + 5,54 * x_5$	0,2686
$y = -28,25 - 4,82 * x_1 + 0,26 * x_2 + 5,63 * x_5$	0,2651
$y = -28,13 - 4,92 * x_1 + 5,65 * x_5$	0,2650
$y = -56,51 + 4,16 * x_3 + 5,98 * x_5$	0,2486
$y = -38,82 + 5,67 * x_2 + 5,37 * x_5$	0,2246
$y = 33,06 - 2,64 * x_1 + 4,72 * x_2 + 2,59 * x_3$	0,1186
$y = 23,19 + 7,41 * x_2 + 3,31 * x_3$	0,1080
$y = 41,33 - 4,55 * x_1 + 2,33 * x_3$	0,1052
$y = 44,54 - 3,91 * x_1 + 4,06 * x_2$	0,1002

y = Sev fo (%); x_1 = NDTmed < 22°C; x_2 = NDTmed > 25°C; x_3 = NDDPM >= 10 h; x_4 = Sev fo - PA (%); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.56 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (%) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ ($NDT_{med} < 22^\circ C$ e $NDT_{med} > 25^\circ C$ e $NDDPM \geq 10$ h) no período anterior (PA), da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, %) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, %), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 43,83 - 2,01 * x_1 - 2,49 * x_2 - 1,64 * x_3 + 0,91 * x_4 - 1,48 * x_5$	0,7972
$y = 42,71 - 1,06 * x_1 - 1,65 * x_3 + 0,91 * x_4 - 1,69 * x_5$	0,7928
$y = 37,54 - 0,49 * x_2 - 1,14 * x_3 + 0,92 * x_4 - 1,60 * x_5$	0,7897
$y = 38,13 - 1,21 * x_3 + 0,92 * x_4 - 1,65 * x_5$	0,7894
$y = 24,83 - 2,19 * x_1 - 3,13 * x_2 - 1,15 * x_3 + 0,86 * x_4$	0,7890
$y = 31,33 - 1,28 * x_1 - 2,50 * x_2 + 0,89 * x_4 - 1,00 * x_5$	0,7882
$y = 29,58 - 1,07 * x_2 + 0,90 * x_4 - 1,19 * x_5$	0,7848
$y = 19,92 - 1,57 * x_1 - 2,98 * x_2 + 0,85 * x_4$	0,7841
$y = 30,19 - 0,32 * x_1 + 0,89 * x_4 - 1,20 * x_5$	0,7838
$y = 19,97 - 0,98 * x_1 - 1,07 * x_3 + 0,85 * x_4$	0,7817
$y = 16,25 - 0,99 * x_2 - 0,56 * x_3 + 0,87 * x_4$	0,7800
$y = 16,18 - 0,68 * x_3 + 0,86 * x_4$	0,7788
$y = 14,84 - 1,24 * x_2 + 0,86 * x_4$	0,7786
$y = 15,63 - 0,46 * x_1 + 0,85 * x_4$	0,7775
$y = - 12,49 - 4,50 * x_1 - 2,58 * x_2 + 1,06 * x_3 + 4,85 * x_5$	0,1901
$y = - 5,04 - 5,03 * x_1 - 2,57 * x_2 + 4,63 * x_5$	0,1862
$y = - 13,66 - 3,52 * x_1 + 1,06 * x_3 + 4,64 * x_5$	0,1854
$y = - 6,22 - 4,05 * x_1 + 4,43 * x_5$	0,1815
$y = - 28,77 + 1,99 * x_2 + 2,30 * x_3 + 4,80 * x_5$	0,1518
$y = - 31,79 + 2,65 * x_3 + 5,05 * x_5$	0,1471
$y = - 14,81 + 3,37 * x_2 + 4,23 * x_5$	0,1304
$y = 56,00 - 4,35 * x_1 + 0,19 * x_2 - 0,40 * x_3$	0,0723
$y = 56,31 - 4,42 * x_1 - 0,40 * x_3$	0,0723
$y = 54,26 - 4,13 * x_1 + 0,24 * x_2$	0,0717
$y = 39,54 + 4,57 * x_2 + 0,82 * x_3$	0,0365

y = Sev ca (%); x_1 = $NDT_{med} < 22^\circ C$; x_2 = $NDT_{med} > 25^\circ C$; x_3 = $NDDPM \geq 10$ h; x_4 = Sev ca - PA (%); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.57 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (rg) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ (NDTmed > 25°C, NDTmed < 22°C e NDC >= 1 mm) no período anterior (PA), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, rg) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, rg), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 0,12 - 0,01 * x_1 - 0,002 * x_2 - 0,01 * x_3 + 0,10 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,1666
$y = 0,11 - 0,01 * x_1 - 0,005 * x_3 + 0,11 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,1625
$y = 0,13 - 0,01 * x_1 - 0,002 * x_2 - 0,01 * x_3 - 0,004 * x_5$	0,1557
$y = 0,12 - 0,01 * x_1 - 0,01 * x_3 - 0,004 * x_5$	0,1500
$y = 0,10 - 0,01 * x_1 - 0,0005 * x_2 + 0,13 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,1323
$y = 0,10 - 0,01 * x_1 + 0,13 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,1321
$y = 0,06 - 0,01 * x_1 - 0,002 * x_2 - 0,005 * x_3 + 0,11 * x_4$	0,1282
$y = 0,06 - 0,01 * x_1 - 0,004 * x_3 + 0,12 * x_4$	0,1245
$y = 0,11 - 0,01 * x_1 - 0,001 * x_2 - 0,004 * x_5$	0,1156
$y = 0,07 - 0,01 * x_1 - 0,002 * x_2 - 0,01 * x_3$	0,1154
$y = 0,11 - 0,01 * x_1 - 0,004 * x_5$	0,1149
$y = 0,06 - 0,01 * x_1 - 0,005 * x_3$	0,1101
$y = 0,05 - 0,01 * x_1 - 0,0005 * x_2 + 0,13 * x_4$	0,0984
$y = 0,05 - 0,01 * x_1 + 0,13 * x_4$	0,0982
$y = 0,10 + 0,003 * x_2 - 0,003 * x_3 + 0,08 * x_4 - 0,005 * x_5$	0,0965
$y = 0,11 + 0,003 * x_2 - 0,003 * x_3 - 0,005 * x_5$	0,0895
$y = 0,10 + 0,004 * x_2 + 0,10 * x_4 - 0,004 * x_5$	0,0836
$y = 0,05 - 0,01 * x_1 - 0,001 * x_2$	0,0799
$y = 0,12 - 0,004 * x_3 + 0,05 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,0744
$y = 0,10 + 0,003 * x_2 - 0,005 * x_5$	0,0729
$y = 0,12 - 0,004 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,0715
$y = 0,04 + 0,004 * x_2 - 0,003 * x_3 + 0,09 * x_4$	0,0471
$y = 0,03 + 0,004 * x_2 + 0,11 * x_4$	0,0386
$y = 0,04 + 0,003 * x_2 - 0,003 * x_3$	0,0386
$y = 0,05 - 0,003 * x_3 + 0,06 * x_4$	0,0172

y = Sev fo (rg); x_1 = NDTmed > 25°C; x_2 = NDTmed < 22°C; x_3 = NDC >= 1 mm; x_4 = Sev fo - PA (rg); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.58 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (rm) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ (NDTmed > 25°C, NDDPM >= 10 h e NDTmed < 22°C) no período anterior (PA), da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, rm) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, rm), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 0,21 - 0,01 * x_1 - 0,005 * x_2 - 0,002 * x_3 + 0,20 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4577
$y = 0,21 - 0,004 * x_1 - 0,004 * x_2 + 0,20 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4520
$y = 0,22 - 0,01 * x_2 + 0,0003 * x_3 + 0,18 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4373
$y = 0,22 - 0,01 * x_2 + 0,18 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4370
$y = 0,24 - 0,01 * x_1 - 0,01 * x_2 - 0,002 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,4259
$y = 0,23 - 0,004 * x_1 - 0,005 * x_2 - 0,01 * x_5$	0,4202
$y = 0,23 - 0,004 * x_1 - 0,005 * x_2 - 0,01 * x_5$	0,4202
$y = 0,18 - 0,01 * x_1 + 0,00004 * x_3 + 0,23 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4096
$y = 0,18 - 0,01 * x_1 + 0,23 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,4096
$y = 0,24 - 0,01 * x_2 + 0,0001 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,4093
$y = 0,24 - 0,01 * x_2 - 0,01 * x_5$	0,4093
$y = 0,18 + 0,003 * x_3 + 0,22 * x_4 - 0,01 * x_5$	0,3850
$y = 0,20 - 0,01 * x_1 + 0,0003 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,3633
$y = 0,20 - 0,01 * x_1 - 0,01 * x_5$	0,3631
$y = 0,20 + 0,003 * x_3 - 0,01 * x_5$	0,3432
$y = 0,05 - 0,01 * x_1 - 0,003 * x_2 - 0,003 * x_3 + 0,34 * x_4$	0,2145
$y = 0,03 - 0,01 * x_1 - 0,002 * x_3 + 0,36 * x_4$	0,2010
$y = 0,03 - 0,01 * x_1 - 0,002 * x_2 + 0,35 * x_4$	0,1996
$y = 0,03 - 0,01 * x_1 + 0,36 * x_4$	0,1939
$y = 0,03 - 0,003 * x_2 + 0,001 * x_3 + 0,34 * x_4$	0,1426
$y = 0,03 - 0,003 * x_2 + 0,34 * x_4$	0,1400
$y = 0,02 + 0,002 * x_3 + 0,35 * x_4$	0,1284
$y = 0,06 - 0,01 * x_1 - 0,003 * x_2 - 0,004 * x_3$	0,1082
$y = 0,04 - 0,01 * x_1 - 0,002 * x_2$	0,0907
$y = 0,04 - 0,01 * x_1 - 0,002 * x_3$	0,0854
$y = 0,04 - 0,003 * x_2 + 0,001 * x_3$	0,0390

y = Sev ca (rm); x_1 = NDTmed > 25°C; x_2 = NDDPM >= 10 h; x_3 = NDTmed < 22°C; x_4 = Sev ca - PA (rm); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.59 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (AUDPC) nas folhas da videira ‘Niagara Rosada’ (NDTmed < 22°C, NDDPM >= 10 h e NDTmed > 25°C) no período anterior (PA), da severidade do míldio nas folhas no período anterior (Sev fo – PA, AUDPC) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nas folhas no período atual (Sev fo, AUDPC), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 199,41 + 3,85 * x_1 - 6,49 * x_2 + 14,34 * x_3 + 1,00 * x_4 - 10,16 * x_5$	0,8347
$y = 209,41 - 7,40 * x_2 + 10,60 * x_3 + 1,00 * x_4 - 9,80 * x_5$	0,8342
$y = 170,21 + 6,59 * x_1 + 15,73 * x_3 + 0,99 * x_4 - 9,76 * x_5$	0,8323
$y = 213,47 - 2,07 * x_1 - 7,22 * x_2 + 1,00 * x_4 - 9,30 * x_5$	0,8319
$y = 207,80 - 6,57 * x_2 + 1,01 * x_4 - 9,42 * x_5$	0,8317
$y = 181,39 + 9,00 * x_3 + 0,97 * x_4 - 8,96 * x_5$	0,8308
$y = 182,13 + 0,37 * x_1 + 0,98 * x_4 - 8,75 * x_5$	0,8290
$y = 68,99 + 2,16 * x_1 - 5,85 * x_2 + 11,78 * x_3 + 0,96 * x_4$	0,8289
$y = 77,31 - 6,38 * x_2 + 9,71 * x_3 + 0,95 * x_4$	0,8287
$y = 89,97 - 2,66 * x_1 - 6,51 * x_2 + 0,96 * x_4$	0,8270
$y = 47,26 + 4,70 * x_1 + 13,13 * x_3 + 0,94 * x_4$	0,8270
$y = 80,55 - 5,66 * x_2 + 0,96 * x_4$	0,8266
$y = 62,75 + 8,37 * x_3 + 0,93 * x_4$	0,8262
$y = 68,20 - 0,42 * x_1 + 0,94 * x_4$	0,8246
$y = - 290,86 - 24,27 * x_1 + 19,36 * x_2 + 7,88 * x_3 + 38,66 * x_5$	0,2471
$y = - 282,55 - 27,50 * x_1 + 18,92 * x_2 + 39,07 * x_5$	0,2463
$y = - 375,40 + 26,37 * x_2 + 32,21 * x_3 + 38,14 * x_5$	0,2277
$y = - 222,76 - 34,43 * x_1 + 3,12 * x_3 + 39,85 * x_5$	0,2247
$y = - 220,04 - 35,64 * x_1 + 40,01 * x_5$	0,2246
$y = - 395,69 + 29,81 * x_2 + 40,58 * x_5$	0,2041
$y = - 322,87 + 40,93 * x_3 + 39,71 * x_5$	0,1787
$y = 236,99 - 22,47 * x_1 + 22,25 * x_2 + 18,99 * x_3$	0,1386
$y = 271,32 - 30,32 * x_1 + 21,26 * x_2$	0,1337
$y = 152,16 + 28,72 * x_2 + 41,40 * x_3$	0,1220
$y = 334,45 - 34,14 * x_1 + 13,89 * x_3$	0,1089

y = Sev fo (AUDPC); x_1 = NDTmed < 22°C; x_2 = NDDPM >= 10 h; x_3 = NDTmed > 25°C; x_4 = Sev fo - PA (AUDPC); x_5 = Estádio fenológico.

Tabela 4.60 – Equações (em ordem decrescente dos valores de R^2) das regressões múltiplas obtidas em função dos três índices meteorológicos medidos no vinhedo que melhor se correlacionaram com a severidade do míldio (AUDPC) nos cachos da videira ‘Niagara Rosada’ (NDTmed < 22°C, NDTmed > 25°C e NDC >= 1 mm) no período anterior (PA), da severidade do míldio nos cachos no período anterior (Sev ca – PA, AUDPC) e do estágio fenológico no período atual, obtendo a severidade do míldio nos cachos no período atual (Sev ca, AUDPC), em Jundiaí, SP, Brasil

Equação	R^2
$y = 530,61 - 9,34 * x_1 - 9,77 * x_2 - 26,05 * x_3 + 0,81 * x_4 - 24,10 * x_5$	0,8032
$y = 525,84 - 5,24 * x_1 - 23,91 * x_3 + 0,81 * x_4 - 25,22 * x_5$	0,8016
$y = 523,27 + 1,32 * x_2 - 23,17 * x_3 + 0,83 * x_4 - 26,20 * x_5$	0,7990
$y = 523,69 - 23,40 * x_3 + 0,83 * x_4 - 26,15 * x_5$	0,7989
$y = 467,28 - 0,37 * x_1 + 8,23 * x_2 + 0,81 * x_4 - 25,02 * x_5$	0,7662
$y = 467,26 + 8,63 * x_2 + 0,81 * x_4 - 25,11 * x_5$	0,7662
$y = 466,85 - 3,71 * x_1 + 0,81 * x_4 - 23,99 * x_5$	0,7649
$y = 237,24 - 16,78 * x_1 - 20,44 * x_2 - 27,10 * x_3 + 0,72 * x_4$	0,7642
$y = 196,88 - 8,51 * x_1 - 22,49 * x_3 + 0,72 * x_4$	0,7566
$y = 173,77 - 0,83 * x_2 - 21,71 * x_3 + 0,74 * x_4$	0,7494
$y = 173,07 - 21,56 * x_3 + 0,74 * x_4$	0,7494
$y = 159,62 - 7,74 * x_1 - 2,12 * x_2 + 0,72 * x_4$	0,7241
$y = 156,30 - 6,91 * x_1 + 0,72 * x_4$	0,7240
$y = 134,82 + 6,13 * x_2 + 0,73 * x_4$	0,7206
$y = 204,05 - 38,26 * x_1 - 23,02 * x_2 - 27,60 * x_3 + 18,77 * x_5$	0,1445
$y = 190,13 - 28,79 * x_1 - 22,55 * x_3 + 16,48 * x_5$	0,1353
$y = 452,29 - 34,05 * x_1 - 14,13 * x_2 - 26,75 * x_3$	0,1154
$y = 423,82 - 28,28 * x_1 - 23,56 * x_3$	0,1117
$y = 135,79 - 28,87 * x_1 - 4,01 * x_2 + 17,95 * x_5$	0,1030
$y = 135,49 - 27,28 * x_1 + 17,52 * x_5$	0,1027
$y = 375,50 - 25,11 * x_1 + 3,95 * x_2$	0,0763
$y = 143,42 + 24,24 * x_2 - 15,15 * x_3 + 13,36 * x_5$	0,0682
$y = 110,48 + 28,81 * x_2 + 13,68 * x_5$	0,0542
$y = 330,81 + 26,95 * x_2 - 15,53 * x_3$	0,0530
$y = 141,09 - 19,36 * x_3 + 15,40 * x_5$	0,0475

y = Sev ca (AUDPC); x_1 = NDTmed < 22°C; x_2 = NDTmed > 25°C; x_3 = NDC >= 1 mm; x_4 = Sev ca - PA (AUDPC); x_5 = Estádio fenológico.

As primeiras equações das Tabelas 4.55 ($R^2 = 0,71$) e 4.56 ($R^2 = 0,80$) estimaram razoavelmente bem respectivamente Sev fo (%) e Sev ca (%) na videira ‘Niagara Rosada’ a partir de índices meteorológicos medidos no vinhedo (PA) e da severidade do míldio no período anterior (%). Contudo, Fiorine (2006), na mesma região em Jundiaí, SP, Brasil, em vinhedo de ‘Niagara Rosada’, obteve estimativas ligeiramente melhores para Sev fo (%), com R^2 igual a

0,77, e para Sev ca (%), com R^2 igual a 0,89, por meio de regressões múltiplas com três variáveis independentes: severidade do míldio no período anterior (%), precipitação acumulada medida no vinhedo no período anterior (mm) e temperatura média do ar medida no vinhedo no período anterior (°C).

Observando os valores de R^2 , verificou-se que a melhor estimativa da severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’ a partir de índices meteorológicos medidos no vinhedo (PA) foi de Sev fo (AUDPC), seguida de Sev ca (AUDPC), Sev ca (%), Sev fo (%), Sev ca (rm) e Sev fo (rg) (Tabelas 4.59, 4.60, 4.56, 4.55, 4.58 e 4.57, respectivamente). Isto mostra que a área sob a curva de progresso da doença (AUDPC) foi a mais adequada unidade de medida da severidade do míldio tanto para as folhas quanto para os cachos da videira para serem utilizadas nestas regressões múltiplas (Tabelas 4.55 a 4.60), ao contrário da porcentagem e das taxas de crescimento da doença (rg e rm). Já os índices meteorológicos medidos no vinhedo (PA) que obtiveram as melhores correlações com a severidade do míldio foram: $NDT_{med} < 22^{\circ}C$, $NDDPM \geq 10$ h e $NDT_{med} > 25^{\circ}C$ (folhas); $NDT_{med} < 22^{\circ}C$, $NDT_{med} > 25^{\circ}C$ e $NDC \geq 1$ mm (cachos).

4.5 Conclusões

Verificou-se um baixo grau de relação entre os elementos e/ou índices meteorológicos e os dados de severidade do míldio (*Plasmopara viticola*) na videira ‘Niagara Rosada’ fazendo-se regressões apenas com um elemento ou um índice meteorológico. Entretanto, foi possível obter graus elevados de relação entre as variáveis lançando-se mão de regressões lineares múltiplas, utilizando-se os melhores elementos e índices meteorológicos para o mesmo período (MP – média e/ou totais dos cinco dias anteriores à última avaliação da doença no campo, ou seja, ao dia n) e para o período anterior (PA – média e/ou totais dos cinco dias anteriores à penúltima avaliação da doença no campo, ou seja, ao dia n-7) já correlacionados individualmente com os dados da doença, inserindo-se também o estágio fenológico da videira. Assim, por meio das regressões múltiplas feitas em função dos dados meteorológicos, da severidade do míldio no período anterior (dia n-7) e do estágio fenológico da videira, obteve-se boas estimativas da severidade do míldio nas folhas e nos cachos da videira no período atual (dia n). De maneira geral, a área sob a curva de progresso da doença (AUDPC) foi a mais adequada unidade de

medida da severidade do míldio tanto para as folhas quanto para os cachos da videira ‘Niagara Rosada’ para serem utilizadas como dados de entrada (e de saída) nos modelos agrometeorológicos de estimativa da severidade do míldio por meio destas regressões múltiplas. O desempenho dos modelos foi ligeiramente superior com a utilização de dados meteorológicos medidos no período anterior (PA). Contudo, o desempenho foi semelhante com a utilização de dados meteorológicos medidos na estação meteorológica automática (EMA) e no interior do vinhedo. A duração do período de molhamento (DPM) esteve presente nas melhores correlações com os dados de severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’, mostrando a grande importância desta variável para a ocorrência de doenças fúngicas nessa cultura.

Referências

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1996. 299p.

BERGER, R.D. Comparison of the Gompertz and logistic equations to describe plant disease progress. **Phytopathology**, Saint Paul, v.71, n.7, p.716-719, 1981.

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

CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley, 1990. 532p.

FIORINE, R.A. **Sistemas agrometeorológicos de recomendação de época de pulverização para controle de doenças fúngicas da videira ‘Niagara Rosada’**. 2006. 60p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical, Área de Concentração: Tecnologia da Produção Agrícola) – Instituto Agronômico, Campinas, 2006.

GLEASON, M.L.; TAYLOR, S.E.; LOUGUIN, T.M.; KOEHLER, K.L. Development and validation of an empirical model to estimate the duration of dew periods. **Plant Disease**, Saint Paul, v.78, n.10, p.1011-1016, 1994.

GOMPERTZ, B. On the nature of the function expressive of the law of human mortality and on a new mode of determining the value of life contingencies. **Philosophical Transactions of the Royal Society A**, London, v.115, n.1, p.513-585, 1825.

LEITE, R.M.V.B.C. **Avaliação de danos e efeitos de variáveis ambientais na mancha de alternaria (*Alternaria helianthi*) em girassol**. 2002. 107p. Tese (Doutorado em Agronomia, Área de Concentração: Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MAIA, J.D.G.; NAVES, R.L.; GARRIDO, R.L.; SÔNEGO, O.R.; KUHN, G.B. **Doenças e seus controles**. Disponível em:
<<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/UvaNiagaraRosadaRegioesTropicais/doenca.htm>>. Acesso em: 13 set. 2006.

NAVES, R.L.; GARRIDO, R.L.; SÔNEGO, O.R.; KUHN, G.B. **Doenças e seu controle**. Disponível em:
<<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/UvasRusticasParaProcessamento/doencas.htm>>. Acesso em: 13 set. 2006.

PEDRO JÚNIOR, M.J.; PEZZOPANE, J.R.M.; ABRAMIDES, P.L.G.; RIBEIRO, I.J.A.; MARTINS, F.P. Indicação de época de pulverização para controle de doenças fúngicas em videira, cv Niagara Rosada, baseada em sistema fenológico-pluviométrico. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.2, p.235-242, 1999.

PEDRO JUNIOR, M.J.; RIBEIRO, I.J.A.; MARTINS, F.P. Microclima condicionado pela remoção de folhas e ocorrência de antracnose, míldio e mancha-das-folhas na videira ‘Niagara Rosada’. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.151-156, 1998.

PEDRO JÚNIOR, M.J.; SENTELHAS, P.C. Clima e produção. In: POMMER, C.V. (Ed.). **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. p.63-107.

REIS, E.M.; WORDELL FILHO, J.A. Previsão de doenças de plantas. In: REIS, E.M. (Ed.). **Previsão de doenças de plantas**. Passo Fundo: UPF, 2004. p.65-99.

RIBEIRO, I.J.A. Doenças e pragas. In: POMMER, C.V. (Ed.). **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. p.525-633.

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

SENTELHAS, P.C. **Ocorrência de helmintosporiose (*Helminthosporium sativum*) e de oídio (*Erysiphe graminis*) na cultura do trigo (*Triticum aestivum*, L.) sob diferentes condições microclimáticas**. 1992. 103p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração: Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.

SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Comissão interestadual da bacia do Paraná – Uruguai em colaboração com as centrais elétricas de São Paulo (CESP), 1966. 61p.

SÔNEGO, O.R.; GARRIDO, L.R. **Doenças fúngicas da videira e seu controle**. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/UvaAmericanaHibridaClimaTemperado/doenca.htm>>. Acesso em: 11 dez. 2006a.

SÔNEGO, O.R.; GARRIDO, L.R. **Doenças fúngicas e medidas de controle**. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/UvaAmericanaHibridaClimaTemperado/doenca.htm>>. Acesso em: 13 set. 2006b.

TERRA, M.M. Nutrição, calagem e adubação. In: POMMER, C.V. (Ed.). **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. p.405-475.

VANDERPLANK, J.E. **Plant diseases: epidemic and control**. New York: Academic Press, 1963. 349p.

VERHULST, P.F. Notice sur la loi que la population poursuit dans son accroissement. **Correspondance Mathématique et Physique**, Bruxelles, v.10, p.113-121, 1838.

WAGGONER, P.E. Progress curves of foliar diseases: their interpretation and use. In: LEONARD, K.J.; FRY, W.E. (Ed.). **Plant disease epidemiology**. New York: Macmillan, 1986. p.3-37: v1 - Population dynamics and management.

5 CONCLUSÕES GERAIS

Apesar de não terem sido observadas diferenças significativas da DPM entre as diferentes posições da videira ‘Niagara Rosada’, a posição Topo-SW foi a que apresentou a DPM mais longa. Esta posição deve ser considerada como uma referência para medidas dessa variável no interior do vinhedo, levando-se em consideração seu uso em sistemas de alerta fitossanitário.

Os modelos NHUR > 90%, DPO e CART tiveram um bom desempenho na estimativa da DPM sobre o gramado, com destaque para o modelo CART. Essas estimativas também apresentaram boas correlações com a DPM medida no vinhedo de ‘Niagara Rosada’, mostrando que é possível estimar a DPM na cultura a partir da DPM estimada sobre o gramado. O modelo físico PM não estimou bem a DPM.

As estimativas da severidade do míldio nas folhas e nos cachos da videira no período atual (dia n) apresentaram resultados satisfatórios por meio das regressões múltiplas feitas em função dos dados meteorológicos, da severidade do míldio no período anterior (dia n-7) e do estágio fenológico da videira. A área sob a curva de progresso da doença (AUDPC) foi a unidade de medida da severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’ mais adequada por meio destas regressões múltiplas, ressaltando-se que os modelos de estimativa da doença não foram testados com dados independentes. O desempenho dos modelos de estimativa da severidade do míldio foi ligeiramente superior com a utilização de dados meteorológicos medidos no período anterior (PA). A DPM esteve presente nas melhores correlações com os dados de severidade do míldio na videira ‘Niagara Rosada’, mostrando a grande importância desta variável para a ocorrência de doenças fúngicas nessa cultura.