

Determinação de modelos de associação entre variáveis climáticas e a ocorrência de Oídio e Míldio da videira no Vale do São Francisco

Carlos A. T. Gava
Selma C. C. de H. Tavares
Antonio H. de C. Teixeira

Introdução

A cultura da videira exige vultosos investimentos, principalmente nas áreas de irrigação, conservação pós-colheita e no manejo fitossanitário. Mesmo assim, pragas e doenças estão se tornando problemas cada vez mais sérios. As doenças provocadas por vírus, Oídio, Míldio e morte-descendente (*Lasiodiplodia theobromae*), devido à alta incidência e ao difícil controle, têm sido consideradas como sérios problemas fitossanitários da cultura. Seu manejo tem se tornado cada vez mais complexo devido a fatores como: aumento da área de cultivo; plantas em diferentes fases fenológicas ao longo do ano e; restrição aos produtos fitossanitários disponíveis, impostas por protocolos e normatizações como APCC, EUREP-GAP e PI-Uva.

O Oídio, causado por *Uncinula necator*, e o Míldio, causado por *Plasmopara viticola*, são doenças altamente agressivas. Os danos de necrose irreversível e o desfolhamento provocado por estes fungos causam queda na produtividade, pela redução da área fotossintética e, conseqüentemente, diminuição da produção de carboidratos. O desfolhamento precoce, além dos danos na produção do ciclo alvo, afetará, também, a produção dos ciclos seguintes.

O ataque de patógenos, de forma geral e, particularmente, de Oídio e Míldio da videira, possui estreita interação com o clima. No entanto, as plantas produzem alterações nas variáveis climáticas dentro de seu próprio dossel. Assim, a incidência e a severidade das doenças são influenciadas por este 'microclima', pela suscetibilidade do hospedeiro e pelo inóculo do patógeno.

Os patógenos são comumente controlados pelo uso de fungicidas, mas, na maioria dos casos, sua aplicação não considera as condições ambientais prevalentes ou o manejo de irrigação. Da mesma forma, considerações sobre o estágio fenológico e condições ambientais poderiam determinar quando e se a aplicação de fungicidas é necessária.

Neste trabalho, serão retratadas a complexidade dos patossistemas e suas possíveis interações com o ambiente, principalmente com variáveis climáticas. Finalmente, serão apresentados modelos que se propõem a descrever a associação de variáveis climáticas e a ocorrência de Oídio e Míldio em videira, desenvolvidos a partir de dados climáticos e fenológicos coletados no Vale do São Francisco.

Modelos de Previsão de Doenças

Modelos de previsão da incidência de doenças têm sido desenvolvidos e validados para diversas doenças em fruteiras e olerícolas (Ellis et al, 1984; Grove et al, 1985; Bulger et al, 1987; Mathieu & Kushalapa, 1993; Grove, 2002). Em alguns casos, são desenvolvidos modelos complexos que têm maior interesse acadêmico (Barreto, 2000). No entanto, alguns têm encontrado uso comercial, compondo pacotes de sistemas de alertas de pragas e doenças e são úteis para a redução do número de aplicações de fungicidas ou a maximização de sua eficiência (Ellis et al, 1984).

Existem sistemas para previsão do Míldio e Oídio baseados em variáveis climáticas, os quais têm sido bastante utilizados na Austrália, Alemanha, França, Itália, Suíça e Estados Unidos (Amorin & Kuniuki, 1995). O Sistema de Diagnóstico de Oídio (OiDiag - Weisburg, Alemanha) e o modelo Gubler-Thomas estão em utilização por viticultores nos Estados Unidos, Europa e Austrália e permitem a estimativa da probabilidade de incidência da doença com base no acúmulo de horas de temperatura indutora da germinação dos esporos. Kast (2002) comparando o manejo convencional e o manejo com base nas previsões do OiDiag durante 4 anos consecutivos, na Alemanha, conseguiu reduções na aplicação de fungicidas entre 20 e 50%.

Segundo informações recebidas a partir de consultores e produtores, no Semi-Árido estes sistemas de previsão não têm demonstrado eficiência satisfatória. O modelo Gubler-Thomas (Thomas et al, 1994) foi desenvolvido e validado nas regiões viníferas da Califórnia (USA) e não considera a umidade relativa do ambiente, já que, naquela região próxima ao oceano, a umidade é alta e tem pouca variação ao longo do ano. O OiDiag foi desenvolvido em regiões frias da Europa e considera a variação da umidade relativa e temperatura. No entanto, a incidência de temperaturas elevadas é baixa, principalmente se comparado ao semi-Árido brasileiro. Outros modelos existentes não foram avaliados na região, como o caso do modelo PLASMO (Plasmopara Simulation Model) (Rosa et al., 1993; Orlandini et al., 1993), desenvolvido para a região da Toscana (Itália) e o modelo CIMIS (Snyder et al., 1983), também desenvolvido para a região vinífera da Califórnia. Além dos motivos expostos, todos os modelos citados foram desenvolvidos para a vitivinicultura, com o clássico sistema de condução em espaldeiras adotado na atividade, acarretando em diferenças microclimáticas significativas.

Assim, a partir de 2001, iniciou-se um esforço para a coleta e associação de dados climáticos e a incidência e severidade de Oídio e Míldio, desenvolvidos pelo Laboratório de Controle Biológico, Laboratório de Fitopatologia e o Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Semi-Árido, monitorando áreas de empresas do Vale do São Francisco, inicialmente a Fazenda Vale das Uvas (Petrolina-PE) e a Vitivinícola Santa Maria Ltda (Santa Maria da Boa Vista-PE) e, recentemente, a Fazenda Logus Butiá (Curaçá-BA). Com os dados foram obtidos modelos matemáticos envolvendo as variáveis temperatura, umidade relativa, precipitação e outras derivadas destas. Os modelos obtidos ainda encontram-se em fase de validação em áreas do Campo Experimental da Embrapa Semi-Árido localizado no Projeto de Irrigação de Bebedouro e outras áreas de produção distribuídas na região.

Caracterização dos patossistemas

P. viticola, causador do Míldio da videira, e *U. necator*, causador do Oídio que ocorre no Brasil em sua forma imperfeita *Oidium tuckeri* Shwein. (Hifomiceto, Erysiphales), são patógenos obrigatórios. O Míldio e o Oídio se manifestam em todos os órgãos verdes da planta, incluindo brotos, gavinhas, flores, botões e frutos. Na ausência de controle adequado podem causar elevados prejuízos por ocasião da floração e frutificação.

Após a germinação dos zoósporos de *P. viticola* na superfície, o tubo germinativo penetra nos estômatos e, dentro da câmara subestomática se diferencia em hifas que crescem nos espaços intercelulares, emitindo haustórios que penetram na célula através da invaginação da membrana, absorve os nutrientes e componentes celulares e causa exaustão e morte das células. No caso do Oídio, o patógeno coloniza o hospedeiro superficialmente, por meio de crescimento micelial e nutre-se emitindo haustórios nas células epidérmicas. Cadeias de conídios de *U. necator* são produzidos externamente na superfície colonizada, a partir do micélio (Chelemi & Marois, 1991). Os conídios de *U. necator* são disseminados principalmente pela ação do vento, enquanto os esporangióforos de *P. viticola* podem ser dispersos pelo vento, sob elevada UR, e gotas de chuva (Amorin & Kuniuki, 1997).

Nas folhas novas atacadas por Oídio observam-se clorose, necrose, deformação e murcha do limbo. Quando severamente afetadas, as folhas adquirem cor marrom, tornam-se contorcidas e eventualmente caem. As flores atacadas caem e os frutos, quando em formação, paralisam o desenvolvimento e ocorrem rachaduras, devido à necrose da casca (Simão, 1998). O patógeno causa maiores danos quando ataca órgãos tenros ainda em formação. Tecidos apresentando crescimento excessivamente vigoroso causado por excesso de nitrogênio, ou inadequação do porta-enxerto, são especialmente suscetíveis (Cruz, 2001).

Em regiões sub-temperadas e tropicais, como no Brasil, o ciclo do patógeno é simplificado, pois, a fase sexual, que constitui a estrutura de resistência tipo cleistotécio (ascocarp) praticamente não ocorre e, assim, não são produzidos os ascosporos, principal inóculo inicial em regiões de clima frio, sujeito à congelamento. Na entressafra das regiões onde, como no Vale do São Francisco, a planta apresenta crescimento vegetativo durante todo o ano, o patógeno pode sobreviver na forma de micélio ativo. Caso haja desfolha durante a fase de repouso vegetativo e após a poda, o fungo sobrevive como micélio e conídios em infecções latentes localizadas em gemas dormentes.

O Míldio da videira é de grande importância econômica em regiões ou períodos de elevado índice pluviométrico. Este fungo é um parasita obrigatório, cuja reprodução assexuada ocorre através dos estômatos, com a emissão de esporangióforos que produzem esporângios contendo 1 a 4 zoósporos biflagelados (Pearson & Goheen, 1988). No Semi-Árido do Submédio do Vale do São Francisco, sua ocorrência é mais importante no primeiro semestre do ano, devido à ocorrência de chuvas (Tavares, 2000). É de difícil controle, principalmente quando ocorre durante a fase de floração.

O Míldio inicialmente causa manchas arredondadas de aspecto encharcado ou oleoso que evoluem tornando o tecido de cor pardo-avermelhada. Na face dorsal das folhas, as manchas de cor esbranquiçada correspondem a colônias do fungo (Tavares, 2000).

Os patógenos são muito versáteis e causam elevados prejuízos econômicos na videira em todo o mundo, sendo capazes de desenvolver rapidamente resistência a fungicidas e promover a quebra de resistência varietal. Na Europa, por exemplo, alguns dos híbridos com elevada resistência a Oídio têm sido severamente atacados nos últimos anos (Kast et al., 2002). As causas da quebra da resistência têm sido creditadas a condições ambientais altamente propícias à doença e ao surgimento de genótipos dos patógenos adaptados aos genes de resistência dos híbridos desenvolvidos (Johal et al., 1995). Muito pouco é conhecido a respeito da diversidade genética destes patógenos, embora diferentes ecótipos, de virulência variável a variedades de *Vitis* sp. tenham sido encontrados (Kast et al., 1996a, 1996b). A variabilidade de virulência dos ecótipos têm sido relacionadas a variabilidade genotípica, podendo também estar relacionada a resistência destes à fungicidas (Evans et al., 1997).

Influência de fatores climáticos na epidemiologia de Oídio e Míldio

De forma geral, as epidemias são dependentes de condições ambientais propícias, existência de hospedeiro suscetível e a existência de inóculo viável e virulento (Agrios, 1997). Os diversos componentes do clima interagem com patógenos, hospedeiros e entre si, criando condições que podem afetar positiva ou negativamente as epidemias (Bebendo, 1995).

A radiação é direta e indiretamente a mais importante variável meteorológica. É a principal fonte de energia para as plantas e os demais fenômenos atmosféricos. Radiação, dos mais diferentes comprimentos de ondas, aquecem a atmosfera e as superfícies do solo, folhas e os patógenos absorvem ou refletem radiação, aquecendo-se no processo. A radiação solar direta, rica em radiação UV, tem efeito negativo em epidemias por causar a morte de micélio e esporos expostos (Aus & Von Hoyningen-Hune, 1994).

O vento é um dos principais agentes de disseminação dos fungos transportando-os a longas distâncias (Campbell & Madden, 1990). *Plasmopara viticola*, por exemplo, foi constatado na França em 1878, depois da introdução de porta-enxertos de origem americana, e cerca de dois anos depois, encontrava-se disseminado por todo o continente europeu, norte da África e Ásia Menor. Os esporângios destacam-se com facilidade na presença de umidade e são facilmente disseminados pelo vento ou respingos de chuva. Além disso, o vento pode causar ferimentos nas plantas, exercendo ação mecânica sobre as folhas e ramos, predispondo-as às doenças (Agrios, 1997). No caso do Oídio, com conídios mais pesados por apresentar elevado teor de água, é necessário vento de maior velocidade para seu transporte a maiores distâncias.

A precipitação pluviométrica é um importante agente de disseminação de patógenos a pequenas distâncias. Para o Míldio, as gotas de chuva, caindo sobre as lesões, levam esporos para outros órgãos

da mesma planta ou para plantas vizinhas através dos respingos, generalizando os processos de infecção (Fitt & MaCartney, 1989). No caso do Oídio, as gotas de chuva rompem o micélio ou transportam os conídios para o solo, reduzindo a severidade do ataque e limitando o inóculo para o próximo ciclo de infecções. O efeito da temperatura sobre o processo patogênico é variável, apresentando condições ótimas ou inadequadas para cada etapa do ciclo vital do patógeno, influenciando o crescimento vegetativo, o tamanho e o número dos esporos (Friesland & Schrödter, 1988). O período entre o início da infecção e a esporulação pode ser ampliado ou reduzido em função da temperatura reinante (Valli, 1966). No caso dos dois patógenos, temperaturas amenas são importantes para o início do processo. Em casos de extremos, a temperatura pode retardar ou interromper o crescimento, mesmo após a infecção. A umidade relativa (UR) é uma variável climática resultante da interação de várias outras e, em alguns casos, da localização do cultivo. Temperatura, vento, precipitação pluviométrica ou irrigação e a presença de massa de água, interferem diretamente sobre sua variação. A UR é uma variável meteorológica à qual *U. necatur* e *P. viticola* respondem de modo diferente, mas, de uma maneira geral, os fungos necessitam de UR elevada para o início de cada ciclo vital. Enquanto *U. necatur* só depende de um período úmido para o período de germinação dos conídios, esporulando independentemente da UR, o *P. viticola* é mais exigente para a germinação e a esporulação. Assim, a ocorrência de epidemias de Oídio são mais comuns nos períodos secos. Contudo, nada impede que, mesmo no período chuvoso, durante um veranico, epidemias ocorram, como nos primeiros meses de 2004 (Lopes, informação pessoal)¹. O mesmo se dá com *P. viticola*, havendo condições promovidas pela formação de filme de água livre na superfície foliar, mesmo em períodos secos, a infecção pode se instalar. Contudo, a epidemia pode ser interrompida se a produção de inóculo secundário for impedida pela baixa UR.

No campo, os fatores meteorológicos agem simultaneamente sobre o hospedeiro e o patógeno. Uma vez que estes fatores interagem uns com os outros é, algumas vezes, muito difícil definir aquele que apresenta o maior efeito sobre o desenvolvimento do processo patogênico (Aus & Von Hoiningen-Huene, 1986). Embora alguns fatores exerçam ação predominante sobre os patógenos, como vento, umidade relativa, temperatura, precipitação e radiação, eles podem ser alterados pelo dossel das plantas, que gera um microclima dependente de seu desenvolvimento. Este microclima, por sua vez, influencia todos os passos do processo desde a chegada de inóculo viável e germinação até a esporulação.

Formação de microclima em cultivo da videira e a incidência de doenças

Toda a troca de energia entre as plantas e o ambiente circundante depende da radiação incidente. A quantidade de radiação que atinge as folhas é determinada pela radiação solar, existência de nuvens, vapor d'água e temperatura. A radiação é a força motriz por traz do aquecimento e evaporação da água

¹ Daniela Biaggione Lopes, Pesquisadora Embrapa Semi-Árido

nas plantas, fornecendo energia para a transpiração. A interrupção da passagem da radiação solar através do dossel formado por uma planta com ramos desenvolvidos é, em primeira instância, o principal responsável pelas diferenças que o ambiente interno adquire.

A temperatura das folhas, solo e de hifas e esporos dos fungos é influenciada pela temperatura do ar que, por sua vez, é influenciada pela radiação. A temperatura da superfície foliar é uma variável difícil de ser mensurada. O vento e a radiação podem alterar a temperatura interna do pomar. Nos dias que se seguem à poda ou ocorrendo baixa temperatura, vento forte ou baixa radiação, a diferença de temperatura em relação ao ar fora do dossel é insignificante. Nestas condições ou ainda, sob elevada temperatura, porém com boa ventilação e alta transpiração, as folhas podem apresentar temperatura até 3 °C superior ao ambiente externo. Em condições adversas como baixa velocidade do vento ou sendo atingidas por massas de ar quentes e secas, a diferença pode chegar a 5 °C, aumentando ainda mais sob estresse hídrico (Raschke, 1975).

Uma vez que a radiação solar fica impedida de penetrar com a formação de um dossel denso a partir do momento em que os ramos passam a se sobrepor, impedindo ainda a circulação do ar dentro do dossel, a temperatura ao redor das folhas sombreadas cai significativamente (Figura 1B). À noite, as folhas são mais frias que o ambiente, principalmente por perderem calor na forma de ondas longas, principalmente aquelas da parte superior do dossel.

A umidade relativa (UR) dentro do pomar em condições semi-áridas é oriunda, principalmente, da transpiração foliar e evaporação da água de irrigação, o que pode ser potencializado sob manejo ineficiente, que permitam acumular água à superfície do solo. O transporte de vapor d'água para a atmosfera é dependente de vento e limitado pelo dossel, o que torna a umidade interna muito maior (Figura 1C). Em noites de ventos de baixa velocidade, normalmente, há formação de filme de água livre sobre a superfície das folhas nas horas mais frias. É o período de molhamento foliar, que vai ter sua duração determinada pelo estado hídrico da planta, teor de umidade do solo e do gradiente térmico entre o dia e a noite.

Sob o dossel, a evaporação a partir do solo é inferior a transpiração, mesmo após a irrigação normal, por causa da superioridade da área foliar e por receber pouca radiação incidente. Durante a noite, com os estômatos fechados, se a atmosfera e o solo apresentarem baixa umidade, a UR interna permanecerá baixa. Do contrário, se o solo estiver úmido ao redor das raízes, os estômatos estarão abertos e, com o ar saturado de vapor d'água, haverá molhamento foliar. Sua intensidade e duração dependerão, ainda, da interação com a umidade relativa do ar externo.

Embora o vento seja um importante agente dispersante, a sedimentação dos conídios ocorre sob reduzido movimento de ar. Dentro do dossel, uma redução significativa da velocidade do vento pode ser alcançada nas plantas plenamente desenvolvidas.

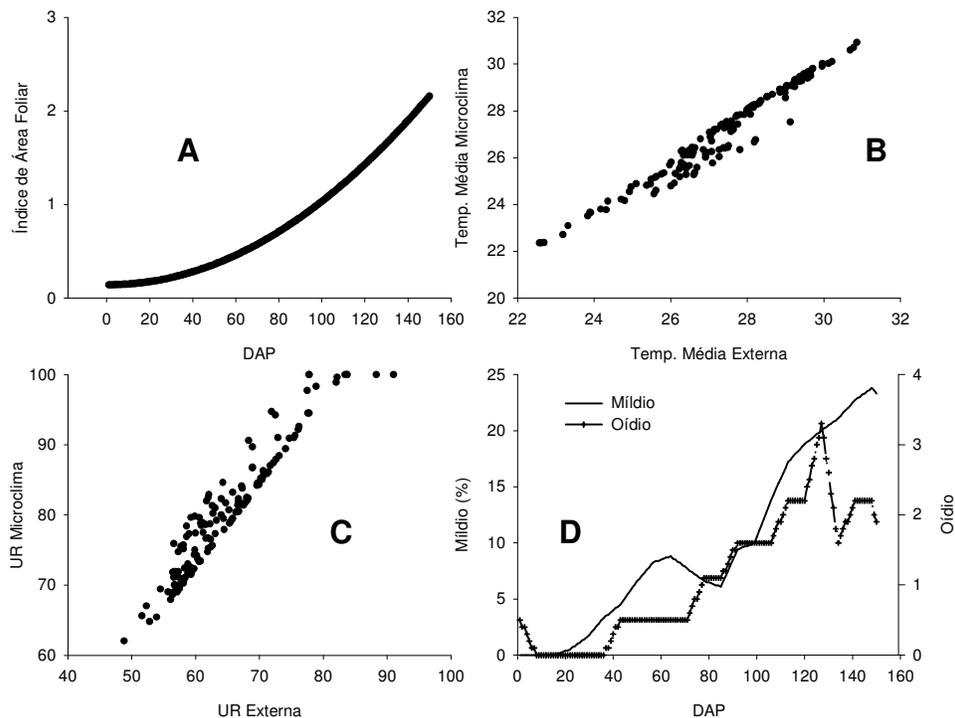


Figura 1. Associação entre o aumento do dossel, expresso pelo IAF (A), e as variáveis Temperatura Média (B), Umidade Relativa (C) e a incidência de Oídio e Míldio (D) em uma latada de uva da variedade Festival em Petrolina, PE.

Uma vez que o dossel em uma latada não está significativamente desenvolvido até que os ramos atinjam 10 a 15 cm, um microclima significativo ainda não existirá até este momento. Por outro lado, a formação do dossel poderá reduzir o efeito deletério de variáveis climáticas sobre as epidemias. A sobreposição foliar, pode evitar a influência negativa de variáveis climáticas sobre o inóculo de Oídio como o impacto direto de gotas de chuva e radiação solar, limitando ainda a perda de umidade, garantindo existência contínua dentro do pomar de quantidade significativa de inóculo. Esta sobreposição, protegendo o inóculo de Oídio da remoção, mesmo após chuvas pesadas, pode aumentar a infecção devido à manutenção de elevada UR após as precipitações.

Associação entre variáveis climáticas e a ocorrência de Míldio e Oídio

Os eventos climáticos que dão origem a uma infecção não são aqueles verificados no momento em que os sintomas já podem ser observados. Considerando o fluxograma de eventos ocorridos durante o estabelecimento do processo epidemiológico (Figura 2), vemos que os sintomas só serão percebidos

após um longo período. Na maioria dos casos, apenas no final do período de incubação, quando os danos da infecção primária já foram estabelecidos, será possível tentar evitar o estabelecimento do próximo ciclo.

A formação dos esporangióforos de *P. viticola*, causador de Míldio, requer 95-100% de umidade relativa, pelo menos 4 horas de escuro e ocorre, preferencialmente, com temperaturas na faixa de 18 a 22 °C (Amorin & Kuniuki, 1997). Na região semi-árida, poucas informações existem a respeito do efeito do clima sobre sua epidemiologia. No entanto, no Rio Grande do Sul, se o "ponto de orvalho" for maior que 12 °C, pode-se esperar um elevado índice de incidência da doença (Tavares, 2000). Os esporângios destacam-se com facilidade e são facilmente disseminados pelo vento ou respingos de chuva. Os esporangióforos de *P. viticola* ao alcançar a folha sob condições que permitam a formação de filme de água livre, liberam zoósporos que se deslocam em direção aos estômatos e emitem os tubos germinativos.

O Oídio pode ocorrer entre os 7 e 33 °C com temperaturas ótimas entre 23 e 27 °C (Galli, 1978), portanto, a região semi-árida do Nordeste brasileiro oferece condições climáticas satisfatórias para ocorrência contínua da doença, sendo esta mais expressiva no segundo semestre do ano (Tavares, 2000). Estudos epidemiológicos desenvolvidos em Washington (USA), no entanto, permitiram determinar que a doença é mais importante economicamente durante o estágio vegetativo e durante os estágios iniciais de desenvolvimento do fruto (Pearson & Gadoury, 1992; Gadoury et al, 2001).

Quando um conídio atinge uma superfície foliar, as forças que o mantêm aderido são interações de superfície muito fracas. No caso de conídio de *U. necator*, este fato ainda é agravado por ser hidrofóbico (Aus & Von Hoiningen-Huene, 1986). Assim, para manter-se aderido à superfície da folha, o conídio precisa iniciar o processo de germinação antes que venha a ser removido por gotas d'água de chuva ou irrigação. Por outro lado, para o Míldio, este processo de remoção pode colocar os propágulos do patógeno em contato com novas folhas e acelerar a epidemia.

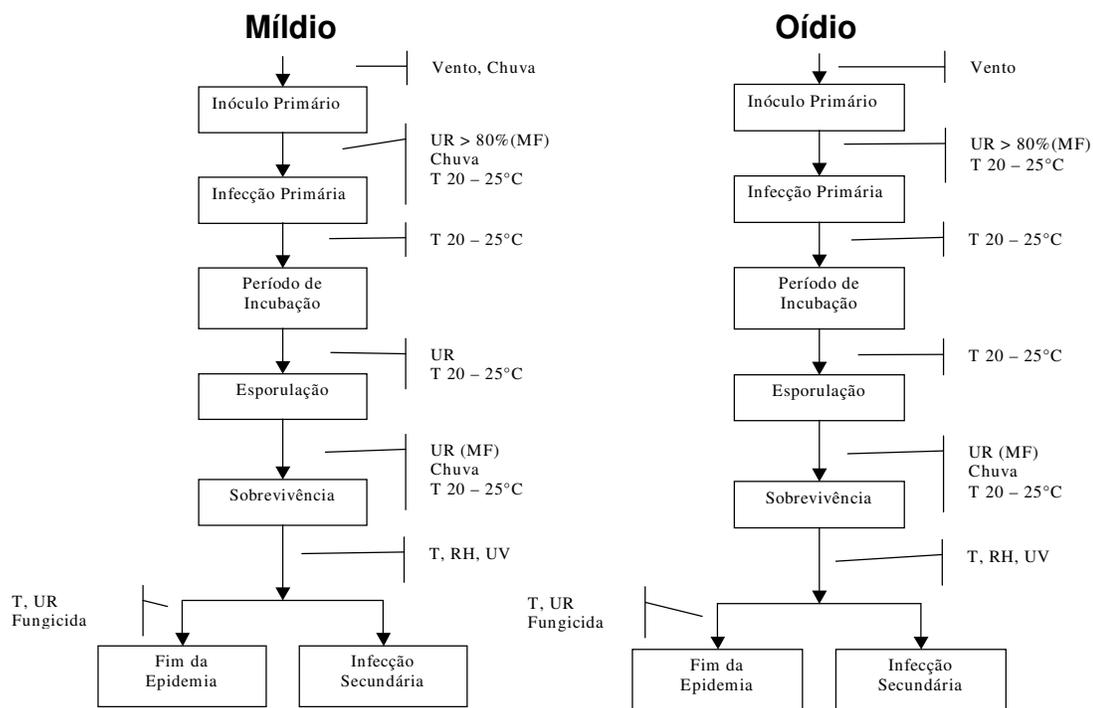


Figura 2. Fluxograma com os pontos nos quais as variáveis climáticas podem interferir durante uma epidemia de Míldio e Oídio da videira.

Nas condições de desenvolvimento deste modelo, não foi possível determinar o momento de chegada do inóculo aos tecidos suscetíveis, o que se pretende com a instalação de coletores de esporos. Os dados foram submetidos aos procedimentos de Análise de Séries Temporais e os resultados obtidos demonstram que aos cinco dias antes da observação dos sintomas o número de horas com UR superior a 80% e o número de horas com temperatura entre 20 e 25 °C apresentaram o maior coeficiente de correlação. Os baixos valores absolutos destes coeficientes, no entanto, indicaram haver uma interação entre as variáveis climáticas, resultando na epidemia.

Utilizando um procedimento de Regressão Multivariada verificou-se que um modelo polinomial, a partir das variáveis número de horas ininterruptas diárias com temperatura entre 20 e 25 °C e horas ininterruptas diárias com UR superior a 80%, foi o que melhor explicou a incidência de Míldio (Figura 3). Na figura 3A, verifica-se que dias com mais de 8 horas entre 20 e 25 °C e mais de 6 horas consecutivas de umidade relativa superior a 80% apresentaram as maiores incidências de Míldio.

Considerando o somatório de horas consecutivas ao longo de 5 dias, verificou-se que o somatório de horas ininterruptas diárias com temperatura entre 20 e 25 °C e UR superior a 80% apresentaram alto nível de associação com a incidência da doença (Figura 3B).

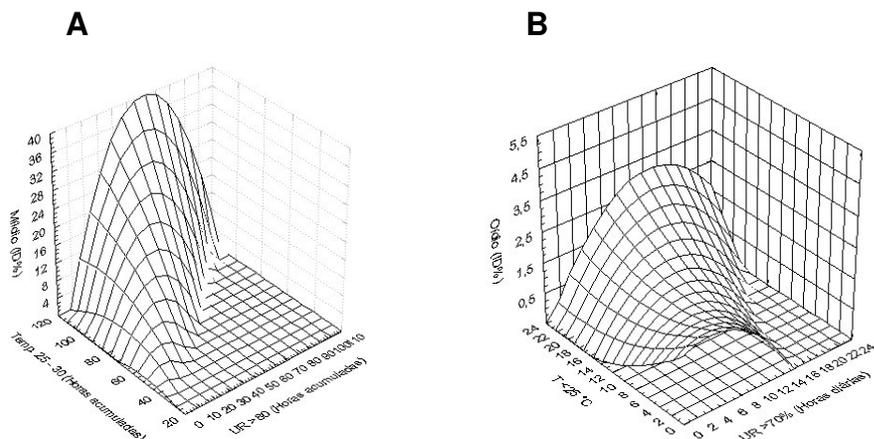


Figura 3. Associação entre a ocorrência de mídio e o número de horas diárias com a ocorrência de temperaturas entre 20 e 25 °C e umidade relativa superior a 80% (A) e o somatório destas variáveis para o período de 6 dias consecutivos (B).

A temperatura é a variável mais importante para o desenvolvimento de Oídio, com ótimo entre 20 e 27 °C tanto para a germinação dos conídios quanto para o crescimento micelial. Como pode ser observado na Figura 4A, o maior número de ocorrências de incidência de Oídio, em um período compreendendo 4 ciclos de observação de videira em Petrolina, concentrou-se em dias com 6 a 12 horas consecutivas de temperatura entre 20 e 25 °C. Mesmo nesse intervalo, é possível verificar ocorrência significativa de pontos com baixa incidência, o que pode estar associado a ocorrência de períodos com outras variáveis climáticas influenciando negativamente à doença. É sabido que a 25 °C o conídio germina em torno de 5 horas e que sob esta temperatura o período de incubação é de 5 a 6 dias. No entanto, as colônias podem ser eliminadas se expostas a temperaturas de 36 °C por 10 horas ou a 39 °C por 6 horas. Temperaturas acima de 35 °C são comuns fora do dossel ou nas folhas superiores, o que pode impedir a germinação ou determinar a morte dos conídios.

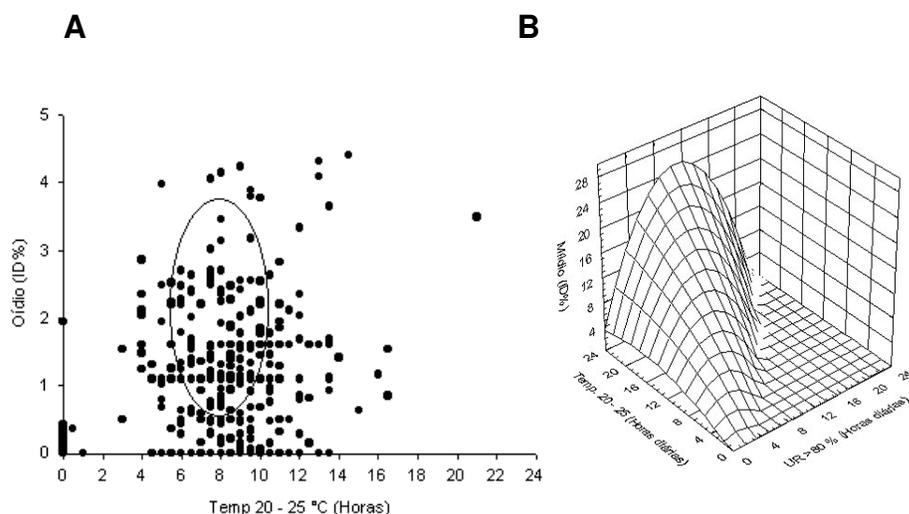


Figura 4. Associação entre a ocorrência de Oídio e o número de horas diárias com a ocorrência de temperaturas entre 20 e 25 °C (A) e um modelo polinomial considerando o número de horas diárias com a ocorrência de temperaturas entre 20 e 25 °C e umidade relativa superior a 80%.

Para o Oídio, as variáveis que permitiram o melhor ajuste do modelo polinomial para eventos climáticos diários foram as variáveis soma das horas com temperatura menor que 25 °C e o tempo acumulado de umidade relativa acima de 70%. Como pode ser observado na superfície de resposta gerada por um modelo polinomial de segunda ordem (Figura 4B), a associação destas variáveis promoveram o maior índice de doença em períodos superiores a 6 horas com UR >70% e 12 horas com temperatura menor que 25 °C.

A umidade relativa excessiva tem efeito deletério sobre a germinação de conídios de *U. necator*. Embora a germinação possa ocorrer entre 40 e 100% de UR, a formação de filme de água pode causar alterações no tubo germinativo ou completo colapso do conídio (Pearson & Goheen, 1988). Apesar de interferir pouco na germinação, uma vez que o conídio armazena muita água, interfere significativamente na produção de conídios. Um maior número deles será formado nos conidióforos em períodos com UR mais elevada (Pearson & Goheen, 1988). Assim, o modelo proposto considerando o efeito da umidade relativa sobre a ocorrência de Oídio considera a produção de inóculo para os ciclos infectivos posteriores à infecção primária. Mesmo nos períodos mais secos do ano, as epidemias serão mais importantes se coincidirem com períodos de elevada umidade relativa e temperaturas entre 20 e 25 °C.

Referências Bibliográficas

AGRIOS, G. N. Plant pathology. 4th ed. New York: Academic Press, 1997. 635 p.

AMORIN, L. ; KUNIYUKI, H. Doenças da videira, In: KIMATI H. ; AMORIN, L. ; BERGAMIN FILHO. ; CAMARGO, L. ; REZENDE, J.A. M. **Manual de Fritopatologia**: doenças de plantas cultivadas. 3. ed, São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1997. v. 2, Cap. 67, p. 736-757

AMORIN, L. ; BERGAMIN FILHO, A. Sistema de previsão e avisos, In: BERGAMIN FILHO, ; KIMATI, H. ; AMORIN, L. (Ed). **Manual de Fitopatologia**, v.1: princípios e conceitos. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1, Cap. 31 p. 627-646

AUS, H. J. ; VON HOYNINGEN-HUENE, J. Microclimate in relation to epidemics of powdery mildew. **Annul Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 24, p 491 – 510, 1993.

BARRETO M. ; SCALOPPI E. A. G. Sistemas de previsão de doenças de Pplantas, In: ZAMBOLIM, L. (Ed). **Manejo integrado** – doenças, pragas e plantas daninhas. Viçosa, UFV, Departamento de Fitopatologia, 2000. 496 p.

BEBENDO, I. P. Ambiente e doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H. ; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia**: princípios e conceitos.3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1, p. 331-341.

BULGER, M. A.; ELLIS, M. A. ; MADDEN, L. V. Influence of temperature and wetness duration on infection of strawberry flower by *Botrytis cinerea* and disease incidence of fruit originating from infected flowers. **Phytopathology**, St. Paul, v. 77, p. 1225 - 1230, 1987.

CAMPBELL C. L.; MADDEN, L. V. Introduction to plant disease epidemiology. New York: J. Wiley, 1990. v.4, p. 43-73.

CHELLEMI D. O.; MAROIS J. J. Sporulation of *Uncinula necator* on grape leaves as influenced by temperature and cultivar. **Phytopathology**, St. Paul, v. 81, p. 197 - 201, 1991.

STADNIK, M. J. ; RIVEIRA, M. C. **Oídios**. Jaguariúna: Embrapa Meio ambiente, 2001.

ELLIS, M. A.; MADDEN, L. V. ; WILSON, L. L. Evaluation of an electronic apple scab predictor for scheduling fungicides with curative activity. **Plant Disease**, St. Paul, v. 68, p. 1055 - 1057, 1984.

EVANS, K. J. ; WHISSON, D. L.; STUMMER, B.E.; SCOTT, E. S. DNA markers identify variation in australian populations of *Uncinula necator*. **Mycological Research**, v. 101, p. 923 - 932, 1997.

FITT, B. D; MCCARTNEY, H. A. The role of rain in dispersal of pathogen inoculum. **Annual Review of**

Phytopatology, Palo Alto, v. 27, p.241-270, 1989.

FRIESLAND, H.; SCHRÖDTER, H. The analysis of weather factors in epidemiology. In: KRANZ, J; ROTEM, J.; (Ed.). **Experimental techniques in plant disease epidemiology**. Berlim:Springer Verlag, 1988.p 76-84.

GADOURI, D. M.; SEEM, R. C.; FICKE, A. ; WICOX, W. The epidemiology of powdery mildew on concord grapes. **Phytopathology**, St. Paul, v. 91, p 948 - 953, 2001.

GALLI, F. **Manual de fitopatologia**: princípios e conceitos. São Paulo: Agronômica Ceres, v. 1, 1978.

GROVE, G. G. Influence of temperature and wetness period on infection of cherry and peach foliage by *Wilsonomyces carpophilus*. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Guelph, v. 24, p. 40 - 45, 2002.

GROVE, G. G.; MADDEN, L. V.; ELLIS, M. A. ; SCHMITTHENNER, A. F. Influences of temperature and wetness duration on infection of strawberry fruit by *Phitophthora cactorum*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 75, p. 165 – 169, 1985.

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

JOHAL, G. S.; GRAY, J.; GRUIS, D.; BRIGGS, S. P. Convergent insights into mechanisms determining disease and resistance response in plant-fungal interactions. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, v. 73, p. 5468-5474, 1995. Supplement 1..

KAST, W. K. About genetic host-parasite interactions between *Plasmopara viticola* and resistant hybrid varieties. *Proceeding of the 4th, International Symposium of Cool Climate Viticulture & Enology*, vol VIII, p. 42, 1996a.

KAST, W. K. Ist die Resistenz zusammengebrochen? **Der Deutsche Weinbau**, n. 1, p. 22-24, 1996b.

Kast, W. K. Experience About the OiDiag-System Against Powdery Mildew (*Uncinula necator*) in 1994 to 1997. In: 10th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit Growing and Viticulture. Weisberg, 2002. Disponível em: <<http://www.infodienst-mlr.bwl.de/la/lvwo/Veroeff/OidiagSystem.htm>> Acessado em 28 de maio de 2004.

MATHIEU, D. ; KUSHALAPPA, A. C. Effect of temperatre and leaf wetness duration on the infection of celery by *Septoria apiicola*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 83, p. 1036 - 1040, 1993

ORLANDINI, S.; GOZZINI, B.; ROSA, M.; EGGER, E.; STORCHI, P. PLASMO: a simulation model for control of *Plasmopara viticola* on grapevine. **Bulletin OEPP/EPPO**, v. 23 p. 619 – 626, 1993.

PEARSON, R. C. ; GADOURY, D. M. Grape powdery mildew. In: KUMAR, J.; CHAUBE, H. S.; SINGH, U. S.; MUKHOPADHYAY, A. N. (Ed.), **Plant diseases of international importance: diseases of fruit crops**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1992. v. 3, p. 90-128.

PEARSON, R. C.; GOHEEN, A. C. (Ed.), 1988. **Compendium of Grape Diseases**. Palo Alto: American Phytopathological Society, 92 p.

PONTE, J. J. da . **Fitopatologia: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 1980. 249 p .

RASCHKE, K. Stomatal action. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, v. 26, p. 309 – 340, 1975.

ROSA , M.; GENESIO, R.; GOZZINI, B.; MARACCHI, G. ; ORLANDINI, S. PLASMO: a computer program for grapevine downy mildew development forecasting. **Comp. & Elet. In Agric.**, v. 53, p. 273-281, 1993.

PERNAMBUCO. SECRETARIA DE AGRICULTURA. Proposta para criação do Centro Tecnológico de Vitivinicultura do Sertão do São Francisco. Recife, 2001. 44 p.

SILVEIRA, V. D. Micologia: 4. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1981. 332 p. il.

SIMÃO S. Tratado de fruticultura. Videira. Piracicaba: FEALQ, 1998. 760 p. il.

SNYDER, R. L.; LA VINE, P. D.; SALL, M. A., WRYSINSKI, J. E.; SHICK, F. J. Grape mildew control in the Central Valley of California using the Powdery Mildew index. U. C. Cooperative Extension Leaflet v. 21342. California, USA. Abril de 1983.

TAVARES, S. C. C. H.; LIMA, M. F.; MELO, N. F. Principais doenças da videira e alternativas de controle. In: LEÃO, P. C. de S.; SOARES, J. M. (Ed.). **A Viticultura no Semi-Árido Brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000. p. 246-296.

THOMAS, C. S.; GUBLER, W. D.; LEAVITT, G. Field testing of a powdery mildew disease forecast model on grapes in California. **Phytopathology**, Palo Alto, v. 84, p. 1070, 1994.

VALLI, V. J. Weather and plant diseases: a review. USDC, Technical Note 36 - AGMET - 3. 1966.