

CLÉVIO LINDOLFO PEREIRA GARÇON

SISTEMA DE PREVISÃO E PROGRESSO DA FERRUGEM DO CAFEEIRO
EM DIFERENTES ALTITUDES

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2001

A Deus Pai e a Jesus Cristo.

Aos meus pais Antônio (*n memoriam*) e Nahir.

À minha esposa Sheila.

Ao meu filho Clévio Júnior.

Aos meus irmãos Clélio e Daniela.

Aos meus Amigos.

AGRADECIMENTO

A **Deus**, pela vida, pela salvação e por sua misericórdia.

Ao meu pai Antônio Garçon, que nos meus 13 primeiros anos de vida ensinou-me a ser um Homem íntegro e de princípios.

À minha mãe Nahir Pereira Garçon e aos meus irmãos Clélio José Pereira Garçon e Daniela Pereira Garçon, pelo incentivo e carinho.

À minha esposa Sheila Maria dos Santos Gabriel Garçon e ao meu filho Clévio Lindolfo Pereira Garçon Júnior, pelo amor e pela compreensão.

Ao Prof. Laércio Zambolim, pela sua disposição e dedicada orientação, por sua valiosa amizade e pelos expressivos ensinamentos de vida.

Aos conselheiros Prof. Francisco Xavier Ribeiro do Vale e Prof. Eduardo Seiti Gomide Mizubuti, pelos esclarecimentos, pelas sugestões e pelo apoio nesse período.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Fitopatologia, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela oportunidade de realizar este curso.

Aos funcionários do Laboratório de Proteção de Plantas, nas pessoas dos funcionários Carla, José Carlos, José Cláudio, João Bosco, Maria do Carmo, Macabeu e Nivaldo Sérgio e dos alunos Antônio Baiano, Carol, Cristiane, Enilton, Fábio, Isabela, Jefferson, Rodrigo Campo, Rodrigo Veras, Suzuki e Toninho, pela amizade e colaboração.

Aos meus amigos pessoais Adalberto, Francisco, Koji, Leandro, Lumpini, Márcio, Odilon, Vilmar e outros amigos, pelo convívio e pela fraternidade.

Aos amigos de curso Adriana, Ernesto, José Marcelo, Marcelo Laia, Marcelo Penalva, Nelson, Patrícia e Raquel, pelo companheirismo e pela fraternidade.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Fitopatologia da UFV, pelo apoio e pela amizade.

Ao Técnico Agrícola Carlos, responsável técnico do Sítio Boa Vista, pela disposição e colaboração.

BIOGRAFIA

CLÉVIO LINDOLFO PEREIRA GARÇON, filho de Antônio Garçon e Nahir Pereira Garçon, nasceu no dia 31 de outubro de 1974, na cidade de Auriflamma – SP.

Em março de 1994, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, no qual se graduou em março de 1999.

Em abril de 1999, iniciou o curso de Mestrado em Fitopatologia na Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em novembro de 2001.

Atualmente trabalha na Fazenda Heringer, no cargo de pesquisador do Centro Experimental de Café Eloy Carlos Heringer, em Martins Soares, Minas Gerais.

ÍNDICE

RESUMO.....	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1. Panorama atual da cafeicultura	1
1.2. A ferrugem do cafeeiro	2
1.3. Influência do clima sobre o desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro.....	2
1.3.1. Efeito da temperatura sobre a doença.....	2
1.3.2. Efeito da luz sobre a doença.....	3
1.3.3. Efeito da umidade sobre a doença.....	4
1.3.4. Influência da chuva sobre a doença	4
1.4. Dispersão dos uredosporos	5
1.5. Influência do inóculo no desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro..	5
1.6. Influência da fisiologia da planta sobre o desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro	6
1.7. Controle químico da ferrugem do cafeeiro.....	6
1.8. Previsão da ferrugem do cafeeiro	7
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9

CAPÍTULO 1	
SISTEMA DE PREVISÃO DA FERRUGEM DO CAFEIEIRO	12
1. INTRODUÇÃO	12
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
2.1. O sistema de previsão da ferrugem do cafeeiro.....	16
2.2. Previsão da ferrugem em cafeeiros com alta carga pendente de frutos	18
2.2.1. Instalação e condução do ensaio	18
2.2.2. Fungicidas utilizados e esquemas de pulverizações	20
2.2.3. Quantificação do progresso da ferrugem do cafeeiro	21
2.3. Previsão da ferrugem em cafeeiros com média carga pendente de frutos	22
2.3.1. Instalação e condução do ensaio	22
2.3.2. Fungicidas utilizados e os esquemas de pulverizações	22
2.2.3. Quantificação do progresso da ferrugem do cafeeiro	24
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
3.1. Validação do sistema de previsão da ferrugem do cafeeiro, em lavoura com alta carga pendente de frutos, Coimbra – MG	25
3.1.1. Progresso da ferrugem do cafeeiro	25
3.1.2. Variáveis meteorológicas.....	30
3.1.3. Previsão da ferrugem do cafeeiro em lavoura com alta carga pendente de frutos.....	30
3.2. Validação de sistema de previsão da ferrugem do cafeeiro, em lavoura com média carga pendente de frutos, Carmo do Paranaíba – MG	32
3.2.1. Progresso da ferrugem do cafeeiro	32
3.2.2. Variáveis meteorológicas.....	37
3.2.3. Previsão da ferrugem do cafeeiro em lavoura com média carga pendente de frutos	37
3.3. Epidemiologia comparativa da incidência da ferrugem do cafeeiro, nos municípios de Coimbra – MG e Carmo do Paranaíba – MG.....	40
4. CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

CAPÍTULO 2	
PROGRESSO DA FERRUGEM DO CAFEEIRO EM DIFERENTES ALTITUDES	48
1. INTRODUÇÃO	48
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	50
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
3.1. Curvas de progresso da ferrugem do cafeeiro.....	52
4. CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
2. CONCLUSÕES GERAIS	66
APÊNDICE	68
APÊNDICE A	69
APÊNDICE B	76

RESUMO

GARÇON, Clévio Lindolfo Pereira, M.S., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2001. **Sistema de previsão e progresso da ferrugem do cafeeiro em diferentes altitudes.** Orientador: Laércio Zambolim. Conselheiros: Francisco Xavier Ribeiro do Vale e Eduardo Seiti Gomide Mizubuti.

O presente trabalho avaliou um sistema de previsão e o comportamento da ferrugem do cafeeiro em diferentes altitudes. O sistema de previsão baseou-se no molhamento foliar e na temperatura média durante o período de molhamento, associados à fisiologia da planta e à intensidade da doença em duas lavouras (Catuaí Vermelho) com alta carga pendente de frutos, com seis anos de idade, localizada no município de Coimbra, a 680 m de altitude, na região da Zona da Mata de Minas Gerais, e com carga média de frutos, com nove anos de idade, localizada no município de Carmo do Paranaíba, a 850 m de altitude, na região do Alto Paranaíba do Estado de Minas Gerais. O sistema de previsão constou do cálculo do valor de severidade da doença (VSD), semelhante ao modelo de Wallin (1962). Na lavoura com alta carga pendente de frutos (101,5 sacas beneficiadas/ha), o melhor resultado do sistema de previsão foi o tratamento que recomendou pulverizações quando a severidade atingia 30 VSDs. Para a lavoura com média carga pendente de frutos (22,4 sacas beneficiadas/ha), o sistema de previsão recomendou apenas

uma única pulverização com fungicida sistêmico, para todos os tratamentos. A incidência final de folhas doentes na colheita (11,0%) não atingiu o nível de dano ao cafeeiro e também não diferiu dos tratamentos baseados no calendário (duas pulverizações com fungicida sistêmico e quatro com fungicida de contato). Portanto, o sistema de previsão foi tão eficiente quanto o calendário no controle da ferrugem do cafeeiro, porém utilizando menor número de pulverizações, em pelo menos um dos locais avaliados (Carmo do Paranaíba – Minas Gerais). Para estudo do efeito da altitude sobre o progresso da ferrugem do cafeeiro foram escolhidas lavouras, com alta carga pendente de frutos, da cultivar Catuaí Vermelho, no espaçamento de 2,8 x 0,7 m, em altitudes variando de 660 a 1.275 m, nos municípios de Simonésia e Alto Caparaó, na região da Zona da Mata de Minas Gerais. Observou-se menor incidência da ferrugem nas lavouras plantadas em altitudes mais elevadas, principalmente naquelas acima de 1.000 m. A incidência máxima da ferrugem em 1998 a 2000 foi registrada de julho a outubro, de acordo com a altitude. Quanto maior a altitude mais a máxima incidência da doença tendeu a se deslocar para os meses de setembro a outubro. A maior incidência da ferrugem ocorreu na altitude de 850 m e a menor a 1.275 m, com incidência máxima de 40% de folhas de café com a doença.

ABSTRACT

GARÇON, Clévio Lindolfo Pereira, M.S., Universidade Federal de Viçosa, November 2001. **Forecast model and progress of coffee leaf rust in different altitudes.** Adviser: Laércio Zambolim. Committee Members: Francisco Xavier Ribeiro do Vale and Eduardo Seiti Gomide Mizubuti.

The thesis was divided into two chapters. The first was concerned with forecast model of coffee leaf rust, and the second the effect of the altitude on the disease progress curve. The forecast model of coffee leaf rust based on climatic variables leaf wetness, temperature during leaf wetness period, plant physiology and disease intensity. Two coffee growing areas were chosen, both in the state of Minas Gerais: Coimbra in the Zona da Mata at 680 m of altitude, six years old, and Carmo do Paranaíba in the Alto Paranaíba at 850 m of altitude, none years old. Coffee growing plants were selected in november of 1999. The experiment contrasted the usual recommendation to control coffee leaf rust based on the calendar, with recommendation based on the disease incidence and recommendation based on the forecast model of the disease. The forecast model developed and tested was based on the calculus of the disease severity value (DSV), taking into consideration temperature and leaf wetness period favorable or not to the disease, from which a matrix was developed, similar to the matrix of Wallin (1962). The DSV obtained daily was taken and tested in the field, in order to determine which one would give

efficient control of the disease. The forecast model associated besides weather data, the initial disease incidence and expectation of coffee berry yield of the plants. In Coimbra, on coffee plantation with expectation of high berry yield, the treatment based on DSV of 29 to 31 was similar to the calendar treatment (two sprays of systemic fungicides). In Carmo do Paranaíba, on coffee plantation with expectation of medium berry yield, the forecast model recommended one application of systemic fungicide. The treatment based on the calendar preconized two applications for the systemic and four application of the protective fungicide. In conclusion, the forecast model developed proved to be efficient on the control of coffee leaf rust fungus. In Carmo do Paranaíba, the forecast model reduced at least one fungicide application. The progress of coffee leaf rust fungus initiated in 1998, in different altitudes from 660 to 1.275 m, on coffee plantations (Catuaí Vermelho 2144) spaced 2,8 x 0,7 m, in the Zona of Mata of Minas Gerais State. The effect of coffee leaf rust on the progress curve showed that, in higher altitudes (above 1.000 m), the disease was less severe. The peak of the disease was obtained from july to october form 1998 to 2000, and varied according to the altitude. The highest incidence of the disease was obtained in the altitude of de 850 m, and the lowest at 1.275 m. The results indicated that different strategies of chemical control of coffee leaf rust should be adopted according to the altitude of the plantation.

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. Panorama atual da cafeicultura

Atualmente, no Brasil, a cultura do café apresenta uma área de 2.276.900 ha, sendo 296.000 ha em formação (com idade abaixo de 3,5 anos) e 1.980.300 ha em produção, a qual produziu, no ano agrícola 1999/2000, 27,2 milhões de sacas beneficiadas, com estimativa de 28,9 milhões para 2000/2001 (ANUÁRIO ESTATÍSTICO, 2001).

As exportações brasileiras de café em 1999 totalizaram 85,2 milhões de sacas beneficiadas, gerando uma receita de 2,4 bilhões de dólares (ANUÁRIO ESTATÍSTICO, 2001).

No início da década de 80, Minas Gerais era o segundo Estado brasileiro produtor de café, com 29,3% da produção nacional (ANUÁRIO ESTATÍSTICO, 2001). Já no ano agrícola 2000/01, Minas Gerais possuía 132.000 ha em formação e 829.000 ha em produção, perfazendo 961.000 ha, o que representa 42% do cafezal brasileiro. Em Minas Gerais, no ano agrícola 1999/2000, foram produzidas 13,9 milhões de sacas beneficiadas (sendo 100% de café arábica), representando 51,2% da produção nacional (ANUÁRIO ESTATÍSTICO, 2001).

O Estado de Minas Gerais apresenta três principais regiões produtoras de café. A maior e mais tradicional é a região do Sul/Oeste, que representa 53,7% das lavouras mineiras; a segunda é a Zona da Mata/Jequitinhonha, com

31,4% da área; e a terceira é o Triângulo/Alto Paranaíba, com 14,9% da área (ANUÁRIO ESTATÍSTICO, 2001).

1.2. A ferrugem do cafeeiro

A ferrugem do cafeeiro é causada por *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., espécie descrita por Berkeley para enquadrar a ferrugem encontrada em *Coffea arabica* L., em 1869, no Sri Lanka (ZAMBOLIM et al., 1997).

No Brasil, foram relatadas 12 raças fisiológicas de *H. vastatrix* em cafeeiros, sendo predominante a raça II (CARDOSO et al., 1988). No mundo são conhecidas 33 raças fisiológicas do fungo (ZAMBOLIM et al., 1997).

Os hábitos de penetração e esporulação através dos estômatos e dos uredosporos reniformes equinulados dorsalmente e lisos ventralmente são as duas características que distinguem o gênero *Hemileia* (GOPALKRISHNAN, 1951).

Os danos causados pela ferrugem são, principalmente, indiretos, através de indução de desfolha por ocasião da colheita. A queda precoce das folhas resulta em menor pegamento da florada, menor vingamento dos chumbinhos e também seca dos ramos plagiotrópicos, comprometendo, em alguns casos em mais de 50%, a produção do cafeeiro (GREE, 1993; ZAMBOLIM et al., 1997).

1.3. Influência do clima sobre o desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro

1.3.1. Efeito da temperatura sobre a doença

A temperatura apresenta efeito marcante na germinação de uredosporos de *H. vastatrix*, sendo a temperatura ótima para que o processo germinativo ocorra de 22,0°C, enquanto abaixo de 15,5°C e acima de 28,5°C esse processo é inibido (NUTMAN e ROBERTS, 1963). Segundo RAYNER (1961), 5% dos uredosporos, sobre folhas de café a 23,0°C, germinaram entre 1,0 e 1,8 hora e 95% entre 5,2 e 9,8 horas. O alongamento do tubo germinativo sempre foi crescente com a temperatura, até 30,0°C (MONTTOYA e CHAVES,

1974), mostrando que, em temperatura adversa, a germinação pode não ser a mesma para o processo germinativo, uma vez iniciado.

A influência da temperatura no processo germinativo dos uredosporos afeta a infecção do cafeeiro pelo patógeno, uma vez que a infectividade máxima de uredosporos de *H. vastatrix*, em mudas, foi observada à temperatura de 24,0°C. As temperaturas máxima e mínima, nas quais não ocorreu infecção, foram de 30,0°C e 15,0°C, respectivamente (MONTROYA e CHAVES, 1974). A curva de progresso da ferrugem do cafeeiro caracteriza-se por queda acentuada da infecção a partir dos meses de abril/maio, decorrente da condição desfavorável da temperatura (VALE et al., 2000).

O período latente da ferrugem do cafeeiro, de acordo com MONTROYA e CHAVES (1974), variou de 35 a 50 dias e esteve relacionado com o grau de infectividade das mudas de cafeeiro. No entanto, o período de incubação e o período latente são mais fortemente influenciados pela temperatura durante os processos pós-infecção.

O período de incubação e o período latente de *H. vastatrix* em mudas de cafeeiro variaram de 29 a 62 dias e de 38 a 70 dias, respectivamente (KUSHALAPPA e MARTINS, 1980). Já, segundo MORAES et al. (1976), o período de incubação variou de 28 a 65 dias. O período latente, em geral, foi maior nos meses de inverno e menor nos de verão.

1.3.2. Efeito da luz sobre a doença

A luz inibe tanto a germinação como o crescimento do tubo germinativo dos uredosporos da ferrugem do cafeeiro não só *in vitro*, mas também em folhas do cafeeiro. No entanto, sob condições de baixa intensidade luminosa (10 lux) o processo germinativo ocorre, porém em menor intensidade que na ausência de luz (NUTMAN e ROBERTS, 1963; SACCAS e CHARPENTIER, 1971).

Normalmente, as condições favoráveis ao processo germinativo dos uredosporos da ferrugem do cafeeiro ocorrem durante a noite, em razão de a germinação ser prejudicada não só pela luz, como também pela evaporação das gotas d'água (RAYNER, 1961).

1.3.3. Efeito da umidade sobre a doença

A infectividade máxima de uredosporos de *H. vastatrix* em mudas de cafeeiro foi observada com 24 horas de água livre sobre a superfície das folhas, e a infecção iniciou-se com aproximadamente seis horas de água livre (AKUTSU, 1981).

A percentagem de germinação dos esporos, o vigor e o desenvolvimento do tubo germinativo foram muito maiores quando os uredosporos, à temperatura ótima, estavam em contato com um filme d'água; em gota pendente, em alguns casos, a germinação chegou a ser interrompida (SACCAS e CHARPENTIER, 1971).

O número de horas favoráveis à infecção (NHFI) do cafeeiro, segundo VALE et al. (2000), é decorrente de molhamento foliar com temperatura entre 20 e 25°C, condições essas que começam a ocorrer em setembro e outubro (em torno de 20 a 40 NHFI mensais) e têm seu máximo de novembro a março (cerca de 60 a 180 NHFI mensais), declinando de forma acentuada a partir de abril a maio.

1.3.4. Influência da chuva sobre a doença

Os esporos formados durante a estação úmida germinavam completamente em 12-14 horas, enquanto os formados no início da época seca precisavam de vários dias para isso, quando colocados em contato com gotas d'água (Ward, 1882, citado por CHAVES et al., 1970).

Até 1960 predominava a idéia de que os uredosporos da ferrugem do cafeeiro, de forma semelhante aos uredosporos da ferrugem dos cereais, eram disseminados principalmente pelo vento. No entanto, segundo RAYNER (1960), os uredosporos destacam-se dos soros e podem depositar-se nas páginas superiores das folhas, sendo daí removidos pela água da chuva. O mesmo autor, realizando observações de campo, verificou a maneira com que os uredosporos da ferrugem chegavam, juntamente com água livre, na superfície inferior das folhas de café e constatou que isso poderia ocorrer de três formas: a primeira, diretamente pelas gotas de chuva, no momento em que

as folhas são agitadas pelo vento; a segunda, pelo escorrimento de água das margens do limbo foliar para a superfície inferior; e a terceira, que julgou ser a principal, pelas gotículas de água proveniente do ricochete de gotas de chuva nas superfícies superiores das folhas inferiores.

1.4. Dispersão dos uredosporos

O modo de dispersão de *Hemileia vastatrix* tem sido intensivamente estudado. Diversos autores mostraram que uredosporos podem ser dispersos por vento (BECKER, 1979; BOCK, 1962; BUREDEKIN, 1960; FIGUEIREDO et al., 1977; MARTINEZ et al., 1975; NUTMAN et al., 1960), chuvas (BECKER, 1979; BOCK, 1962; BUREDEKIN, 1960), insetos, plantas, sacos de colheita e pelo próprio homem (BECKER, 1979). De acordo com BECKER (1979), esses meios de dispersão têm diferentes importâncias, considerando o vento como o mais importante, embora NUTMAN et al. (1960) tenham concluído que epidemias de ferrugem de cafeeiro são quase inteiramente resultantes da dispersão de esporos por respingos d'água.

1.5. Influência do inóculo no desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro

O inóculo residual, presente no fim da estação seca, tem influência fundamental no início do novo ciclo de progresso de *H. vastatrix* em campo, no Quênia (BOCK, 1962).

A concentração de uredosporos viáveis sobre a folha influencia a infecção do cafeeiro por *H. vastatrix*; com 150 uredosporos por gotas de inoculação (10 µL), foram obtidos 90% de infecção, sendo mínima ou nula com 10-20 uredosporos por gota (NUTMAN e ROBERTS, 1963).

1.6. Influência da fisiologia da planta sobre o desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro

Há correlação positiva entre a incidência e a severidade da ferrugem do cafeeiro e a produção, o que provavelmente é decorrente do estresse causado na planta pela carga pendente, debilitando-a e reduzindo sua resistência ao desenvolvimento do patógeno (MIGUEL et al., 1977; ZAMBOLIM et al., 1992).

A germinação de uredosporos da ferrugem do cafeeiro é mais freqüente em folhas novas do que em folhas velhas e mais acentuada nas margens do que próximo à nervura principal (NUTMAN e ROBERTS, 1963). De acordo com BARROS e MAESTRI (1974), o crescimento do cafeeiro é bastante reduzido após fevereiro, mesmo havendo condições de água e temperatura favorável, o que é decorrente da diminuição do fotoperíodo; logo, o número de folhas novas é bastante restrito de março em diante.

1.7. Controle químico da ferrugem do cafeeiro

No início, as aplicações de fungicidas cúpricos no controle de *H. vastatrix*, nos Estados do Espírito Santo e Paraná e na Zona da Mata de Minas Gerais, em outubro, novembro ou dezembro, apresentavam controle estatisticamente semelhante. Isso mostra que não é necessário iniciar as pulverizações, mesmo com fungicida protetor, logo no início da estação de chuva, visto que nessa época a quantidade de inóculo é reduzida (MANSK et al., 1975). Os mesmos autores, estudando o término das pulverizações, observaram que nos tratamentos em que as aplicações foram encerradas em dezembro, janeiro ou fevereiro o controle da doença foi inferior, em comparação com os tratamentos em que as aplicações foram feitas até março ou abril. Também evidenciaram que os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março foram os mais importantes no desenvolvimento da doença, sendo, portanto, recomendadas de três a quatro pulverizações com fungicida cúprico nesse período.

MATIELLO e MANSK (1984), estudando o efeito da carga pendente de frutos na evolução de *H. vastatrix*, verificaram que a incidência foi de 60% para

plantas com cargas acima de 20 sacas beneficiadas por mil pés, de 50% para produção entre 10 e 20 sacas e de apenas 12% para produção de 5-10 sacas. No mesmo trabalho, os autores concluíram que, para anos de baixa carga pendente de frutos, não é necessária a realização de pulverizações de fungicidas para o controle da ferrugem, sendo recomendável apenas uma pulverização com fungicida cúprico para correção nutricional da planta; em anos de média carga pendente, são necessárias apenas duas pulverizações com fungicida cúprico, uma em fevereiro e outra em março; já para anos de alta carga, o controle eficiente da doença (15% de incidência na colheita) foi obtido com três pulverizações com fungicida cúprico (janeiro, fevereiro e março).

A opção pelo controle da doença via foliar pode ser vinculada à incidência da ferrugem nas plantas. Para isso, recomenda-se coletar ao acaso folhas situadas no meio dos ramos nas posições dos pontos cardeais, num total de 10 folhas por plantas. Se a percentagem de folhas doentes estiver em torno de 5%, recomenda-se iniciar o controle da doença com fungicidas de contato (à base de cobre); se ultrapassar 5% e chegar a 12%, recomenda-se a aplicação de fungicidas sistêmicos (ZAMBOLIM et al., 1997).

1.8. Previsão da ferrugem do cafeeiro

Um modelo de previsão da ferrugem da cafeeiro foi proposto por KUSHALAPPA et al. (1983) e baseia-se na razão da sobrevivência líquida para o processo monocíclico, que adotou variáveis importantes dos três vértices do triângulo da doença - o patógeno, o ambiente e o hospedeiro - para explicar a sua evolução. O potencial de inóculo foi quantificado com base na incidência, proporção de folhas com ferrugem (PFF), ou na severidade, proporção de área foliar com ferrugem (PAFF), e designado como razão de sobrevivência básica (RSB). O potencial devido ao ambiente foi quantificado com base na duração diária de água livre e na temperatura horária, enquanto a água livre estiver presente, que foram transformadas por meio de equações em equivalente de infecção para o ambiente (EINFA); a velocidade do vento diária, a quantidade de chuva e a densidade de hospedeiro foram transformadas em equivalente de

disseminação para o ambiente (EDISA); o potencial para o ambiente foi designado como equivalente de processo monocíclico para o ambiente (EPMA = EINFA x EDISA). A influência da produção na epidemia foi quantificada como equivalente de processo monocíclico para hospedeiro (EPMH). O produto da influência do inóculo, do ambiente e do hospedeiro foi designado como razão da sobrevivência líquida para o processo monocíclico (RSLPM = RSB x EPMA x EPMH). A equação de regressão, considerando a taxa de infecção para 28 dias após a infecção, apresentou $r^2 = 0,72$ e $0,49$, quando foi calculada com base na incidência e severidade, respectivamente.

Segundo ACUÑA (1996), há relação efeito-causa da temperatura entre 21-26°C, precipitação e molhamento foliar noturno com o progresso da ferrugem do cafeeiro, sendo estas variáveis meteorológicas as que mais explicaram o desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro no campo. O autor concluiu que um modelo de previsão composto por horas semanais de temperatura entre 21 e 26°C, molhamento foliar noturno e precipitação pluviométrica (semanal), pela sua simplicidade, pode ser empregado para determinar as necessidades de controle químico da doença.

O presente trabalho foi dividido em dois capítulos, tratando o primeiro de um sistema de previsão da ferrugem do cafeeiro e, o segundo, do estudo da influência da altitude na curva de progresso da doença.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACUÑA, R.S. **Epidemiologia e controle químico da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. Viçosa, MG: UFV, 1996. 140p. Dissertação (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- AKUTSU, M. **Relação de funções climáticas e bióticas com a taxa de infecção da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.)**. Viçosa, MG: UFV, 1981. 67p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, 1981.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO CAFÉ. Rio de Janeiro, 6ª ed. 2001. 151p.
- BARROS, R.S., MAESTRI, M. Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo do café (*Coffea arabica* L.). **Revista Ceres**, v.21, p.268-279. 1974.
- BECKER, S. **La propagacion de la roya del cafeto**. Eschborn, Sociedad Alemana de Cooperación Técnica Ltda. (GTZ), 1979. 70p.
- BOCK, K.R. Dispersal of uredospores of *Hemileia vastatrix* under field conditions. **Transactions British Mycological Society**, v.45, p.63-74. 1962.
- BOCK, K.R. Seasonal periodicity of coffee leaf rust and factors affecting the severity of outbreaks in Kenya colony. **Transactions British Mycological Society**, v.45, p.289-300. 1962.
- BUREDEKIN, B.A. Wind and water dispersal of coffee leaf in Tanganika. **Kenya Coffee**, v.25, p.212-213. 1960.

- CARDOSO, R.M.L., ZAMBOLIM, L., CHAVES, G.M. Ocorrência no Brasil da raça XVI de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. coletada do germoplasma de *Coffea arabica* L. no Estado de Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, v.13, p.343-346. 1988.
- CHAVES, G.M., CRUZ FILHO, J., CARVALHO, M.G., MATSUOKA, K., COELHO, D.T., SHIMOYA, C. A ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). Revisão de literatura com observações e comentários sobre a enfermidade no Brasil. **Seiva**, 75 p. 1970. (Edição Especial).
- FIGUEIREDO, P., ALFONSI, R.R., ORTOLANI, A.A., MARIOTO, P.R., PALAZZO, D.A. Presença de uredosporos de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. no ar e sua importância sobre a epidemiologia da ferrugem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 5. **Resumos...** Guarapari – ES, p.87-88. 1977.
- GOPALKRISHNAN, K.S. Notes on the morphology of the Genus *Hemileia*. **Mycologia**, v.43, p.271-283. 1951.
- GREE, G. Epidemiology of coffee leaf rust in the Eastern Highlands. **Newsletter – Coffee Research Institute**, v.2, p.16-20. 1993.
- KUSHALAPPA, A.C., MARTINS, C.P. Incubation and generation periods for *Hemileia vastatrix* on coffee in Viçosa, Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, v.5, p.177-183. 1980.
- KUSHALAPPA, A.C., AKUTSU, M., LUDWIG, A. Application of survival ratio monocyclic process of *Hemileia vastatrix* in predicting coffee rust infection rates. **Phytopathology**, v.73, p.96-103. 1983.
- MANSK, Z., FILHO, F.C., MATIELLO, J.B., MIGUEL, A.E., ALMEIDA, S.R., ANDRADE, I.P.R., ABREU, R.G. Estudo das épocas mais adequadas para o controle da ferrugem do cafeeiro nas principais regiões cafeeiras do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 3. **Resumos...** Curitiba – PR, p.82-85. 1975.
- MARTINEZ, J.A., PALAZZO, D.A., KARAZAWA, M., MONTEIRO, M.V.M., REU, N.R.N. Presença de esporos de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. agente causal da ferrugem do cafeeiro em diferentes altitudes nas principais áreas cafeeiras dos Estados de São Paulo e Paraná. **O Biológico**, v.41, p.77-88. 1975.
- MATIELLO, J.B., MANSK, Z. Estudo de esquemas de controle à ferrugem do cafeeiro em lavouras com alta, média e baixa produção, no Estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11. **Resumos...** Londrina – PR, p. 63-64. 1984.

- MIGUEL, A.E., MATIELLO, J.B., MANSK, Z., ALMEIDA, S.R. Observações sobre os efeitos de três níveis de produção na incidência e controle da ferrugem do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 5. **Resumos...** Guarapari – ES, p.220-221. 1977.
- MONTOYA, R.H., CHAVES, G.M. Influência da temperatura e da luz na germinação, infectividade e período de geração de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. **Experientiae**, v.18, p.239-266. 1974.
- MORAES, S.A., SUGIMORI, M.H., RIBEIRO, I.J.A., ORTOLANI, A.A., PEDRO JR., M.J. Período de incubação de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. Em três regiões do Estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, v.2, p.32-38. 1976.
- NUTMAN, F.J., ROBERTS, F.M., BOCK, K.R. Method of uredosporos dispersal of the coffee leaf-rust fungus, *Hemileia vastatrix*. **Transactions British Mycological Society**, v.43, p.509-515. 1960.
- NUTMAN, F.J., ROBERTS, F.M. Studies on the biology of *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. **Transactions British Mycological Society**, v.46, p.27-48. 1963.
- RAYNER, R.W. Rust disease of coffee. **World Crops**, v.12, p.222-224. 1960.
- RAYNER, R.W. Germination and penetration studies on coffee rust (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). **The Annals of Applied Biology**, v.49, p.497-505. 1961.
- SACCAS, A.M., CHARPENTIER, J. **La rouille des cafeiers due à *Hemileia vastatrix* Berk. & Br.** Paris, I.F.C.C., 1971. (Boletim N^o 10).
- VALE, F.X.R., ZAMBOLIM, L., JESUS Jr., W.C. Efeito de fatores climáticos na ocorrência e no desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1. **Resumos...** Poços de Caldas – MG, p.171-174. 2000.
- VALE, F.X.R., ZAMBOLIM, L., JESUS Jr., W.C. Efeito da temperatura no período latente de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., agente causal da ferrugem do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1. **Resumos...** Poços de Caldas – MG, p. 175-178. 2000.
- ZAMBOLIM, L., ACUÑA, R.S., VALE, F.X.R., CHAVES, G.M. Influência da produção do Cafeeiro sobre o desenvolvimento da ferrugem (*Hemileia vastatrix*). **Fitopatologia Brasileira**, v.17, p.32-35. 1992.
- ZAMBOLIM, L., VALE, F.X.R., PEREIRA, A. A., CHAVES, G.M. Café (*Coffea arabica* L.), controle de doenças causadas por fungos, bactérias e vírus. In: VALE, F.X.R., e ZAMBOLIM, L. (Eds.). **Controle de doenças de plantas**. V.1. Viçosa, 1997. p.83-180.

CAPÍTULO 1

SISTEMA DE PREVISÃO DA FERRUGEM DO CAFEIEIRO

1. INTRODUÇÃO

A ferrugem do cafeeiro é causada por *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., espécie descrita por Berkeley para enquadrar a ferrugem encontrada em *Coffea arabica* L., em 1869, no Sri Lanka (ZAMBOLIM et al., 1997).

No Brasil foram relatadas 12 raças fisiológicas de *H. vastatrix* em cafeeiros, sendo predominante a raça II (CARDOSO, 1988). No mundo são conhecidas 33 raças fisiológicas do fungo (ZAMBOLIM et al., 1997).

Os danos causados pela ferrugem são, principalmente, indiretos, através de indução de desfolha por ocasião da colheita. A queda precoce das folhas resulta em menor pagamento da florada, menor vingamento dos chumbinhos e também seca dos ramos plagiotrópicos, comprometendo, em alguns casos em mais de 50%, a produção do cafeeiro (GREE, 1993; ZAMBOLIM et al., 1997).

As lavouras de café no Brasil são constituídas, na sua maioria, por variedades suscetíveis à ferrugem, sendo o controle químico desta doença indispensável para evitar os danos causados pelo patógeno à cultura;

entretanto, o número de pulverizações e a época mais indicada para serem feitas variam, entre outros fatores, em função da carga pendente de frutos (MATIELLO e MANSK, 1984). Estes autores concluíram que, para anos de baixa carga pendente de frutos, não é necessária a realização de pulverizações com fungicidas para o controle da ferrugem, sendo recomendável apenas uma pulverização com cobre para correção nutricional da planta, e que, em anos de média carga, são necessárias apenas duas pulverizações com fungicida cúprico, uma em fevereiro e outra em março; já para anos de alta carga, o controle eficiente (15% de incidência) foi obtido com três pulverizações com fungicida cúprico (janeiro, fevereiro e março).

Considerações sobre o uso de fungicidas na agricultura, como oneração do custo de produção, degradação dos recursos naturais, problemas de intoxicação de aplicadores de defensivos agrícolas, aumento dos riscos da presença de resíduos nos produtos colhidos, assim como o surgimento de raças do fungo resistentes, têm levado a uma procura crescente por práticas de manejo de doenças mais racionais e por fungicidas de menor custo e toxicidade (ZAMBOLIM et al., 1999).

Fazendo-se o monitoramento das variáveis meteorológicas, é possível identificar períodos de condições favoráveis às doenças, permitindo o estabelecimento dos momentos mais apropriados a aplicações de fungicidas. Assim, os agricultores obtêm informações sobre quando devem iniciar as pulverizações, a que intervalos elas devem ser feitas ou, ainda, se devem ser feitas com a mesma frequência em todas as épocas do ano (CAMPBELL e MADDEN, 1990).

As previsões de epidemias causadas por patógenos dispersos pelo ar começaram em 1926, trazendo grandes perspectivas para a otimização do controle de doenças de plantas. Os primeiros trabalhos desenvolvidos visaram doenças como a requeima da batata (*Phytophthora infestans*), o míldio da videira (*Plasmopora viticola*) e a sarna da macieira (*Venturia inaequalis*) (ROTEM, 1994).

No Brasil, trabalhos visando entender a influência do clima e do hospedeiro sobre a ferrugem do cafeeiro vêm sendo realizados de longa data, como o de ALFONSI et al. (1974), os quais estudaram a associação entre número médio de pústulas por folha da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia*

vastatrix), variáveis meteorológicas e área foliar das plantas. A média das temperaturas máximas, a média das temperaturas mínimas e o total de chuvas registradas em períodos de 15, 30 e 45 dias foram correlacionados com o nível de infecção, observado ao final dos respectivos períodos. Os coeficientes de determinação (R^2), obtidos entre o nível de infecção e as três variáveis climáticas, mostraram que a associação com o período de 45 dias expressou melhor a proporção de acréscimos de pústulas.

Um modelo de previsão da ferrugem do cafeeiro foi proposto por KUSHALAPPA et al. (1983) e baseia-se na razão da sobrevivência líquida para o processo monocíclico, que adotou variáveis importantes dos três vértices do triângulo da doença - o patógeno, o ambiente e o hospedeiro - para explicar a evolução da doença. O potencial de inóculo foi quantificado com base na incidência, proporção de folhas com ferrugem (PFF), ou na severidade, proporção de área foliar com ferrugem (PAFF), e designado como razão de sobrevivência básica (RSB). O potencial devido ao ambiente foi quantificado com base na duração diária de água livre e na temperatura horária, enquanto a água livre estiver presente, e foi transformado por meio de equações em equivalente de infecção para o ambiente (EINFA); a velocidade do vento diária, a quantidade de chuva e a densidade de hospedeiro foram transformadas em equivalente de disseminação para o ambiente (EDISA); e o potencial para o ambiente foi designado como equivalente de processo monocíclico para o ambiente (EPMA = EINFA x EDISA). A influência da produção na epidemia foi quantificada como equivalente de processo monocíclico para hospedeiro (EPMH). O produto da influência do inóculo, do ambiente e do hospedeiro foi designado como razão da sobrevivência líquida para o processo monocíclico (RSLPM = RSB x EPMA x EPMH). A equação de regressão, considerando a taxa de infecção para 28 dias após a infecção, apresentou $r^2 = 0,72$ e $0,49$, quando foi calculada com base na incidência e severidade, respectivamente.

A simplicidade é um atributo importante para a aceitação do sistema de previsão, uma vez que, quanto mais simples for o sistema de previsão a ser implementado, maiores serão as chances da sua adoção pelos agricultores (BERGAMIN FILHO e AMORIM, 1995).

Nos últimos anos, as constantes modificações que vêm ocorrendo no clima têm ocasionado alterações na severidade das doenças, bem como

mudanças no início e no pico destas. A ferrugem do cafeeiro atinge o máximo de infecção de acordo com vários fatores: altitude, temperatura, chuva, carga pendente, espaçamento, molhamento foliar, umidade relativa e estado nutricional das plantas. Em razão desses fatores, o pico da doença vem se deslocando de acordo com as regiões onde o cafeeiro é cultivado. No ano agrícola 98/99, a doença atingiu o pico em abril e setembro em Venda Nova do Imigrante e Afonso Cláudio, no Espírito Santo, respectivamente. Na serra do Caparaó, o pico da doença variou de julho a novembro (GARÇON et al., 2000); na região de Viçosa, de maio a setembro; e no Alto Paranaíba, de julho a outubro. O presente trabalho propõe um sistema de previsão da ferrugem o mais simples possível, que permita prever de maneira confiável o desenvolvimento da doença no campo e, assim, determinar o momento mais propício para iniciar o controle químico da doença por meio de pulverizações com fungicida sistêmico, bem como o intervalo entre as aplicações.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. O sistema de previsão da ferrugem do cafeeiro

O sistema de previsão proposto para a previsão da ferrugem do cafeeiro foi construído à semelhança do idealizado por WALLIN (1962) e modificado para a ferrugem do cafeeiro. A avaliação do sistema foi feita por meio de dois ensaios, em duas regiões do Estado de Minas Gerais tradicionais no cultivo do cafeeiro, Zona da Mata e Alto Paranaíba.

As variáveis meteorológicas usadas no sistema de previsão da ferrugem do cafeeiro foram molhamento foliar diário, considerando os dados meteorológicos registrados a partir das 12h do referido dia até às 11h59 do dia seguinte, devido ao fato de o molhamento contínuo ocorrer com mais frequência no período noturno, e a temperatura média durante o período de molhamento foliar, obtida por meio de termoigrógrafo (G. Lufft GmbH & Co), munido de um sensor de molhamento foliar, cujos gráficos de respostas foram coletados semanalmente.

O abrigo meteorológico, que serviu de suporte para o termoigrógrafo, foi instalado entre as plantas de café de cada área experimental, numa altura de 1,5 m, sendo o sensor de molhamento foliar fixado a um suporte de madeira, o qual foi posto entre as folhagens da planta contígua ao abrigo, na altura do terço médio desta.

Quantificou-se a favorabilidade do ambiente (molhamento foliar e temperatura) para o desenvolvimento de *H. vastatrix*, por meio de valores de severidade de doença (VSD). Para isso, utilizaram-se dados de literatura, sendo considerado como condições desfavoráveis a doença: 1- ausência de molhamento foliar, pois, de acordo com SACCAS e CHARPENTIER (1971) e AKUTSU (1981), molhamento foliar na forma de um filme d'água é fundamental para a germinação e infecção do cafeeiro pelo patógeno; e 2- faixas de temperatura não-favoráveis, menores que 16,0 °C e maiores que 30,0°C (NUTMAN e ROBERTS, 1963; AKUTSU, 1981).

As condições pouco favoráveis à doença foram: molhamento - água livre com duração de até oito horas (AKUTSU, 1981); e temperatura, de acordo com o mesmo autor, na faixa entre 16 – 18°C e 27 – 29°C. As condições favoráveis à doença foram: molhamento- água livre com duração entre 9 e 17 horas (AKUTSU, 1981); e temperaturas na faixa entre 19 – 20°C e 25 – 26°C (RAYNER, 1961; AKUTSU, 1981). As condições ótimas para a doença foram: molhamento - água livre com duração entre 18 e 24 horas (AKUTSU, 1981); e temperatura na faixa de 21 – 24°C (MONTROYA e CHAVES, 1974; AKUTSU, 1981; NUTMAN e ROBERTS, 1963).

A atribuição do Valor de Severidade da Doença (VSD) diário seguiu os seguintes critérios:

- VSD = 0: quando a temperatura ou o molhamento for desfavorável, ou ambos forem pouco favoráveis.
- VSD = 1: quando a temperatura for favorável e o molhamento pouco favorável, ou vice-versa.
- VSD = 2: quando a temperatura e o molhamento forem favoráveis, ou quando um fator for muito e o outro pouco favorável.
- VSD = 3: quando a temperatura for muito favorável e o molhamento favorável, ou vice-versa.
- VSD = 4: quando ambos forem muito favoráveis.

Desprezaram-se os VSDs obtidos quando em um período de 30 dias não houve acúmulo de no mínimo 5 VSDs, porque o período latente varia de 20

a 30 dias, entre os meses de novembro a março, nos quais ocorre a maioria dos números de horas favoráveis à infecção do cafeeiro pelo patógeno (VALE et al., 2000). Logo, se aquelas condições favoráveis ocorreram anteriormente ao período latente do fungo, os seus VSDs devem ser desconsiderados.

Adotou-se como critério que 24 horas de água livre, em até 48 horas de molhamento sem interrupção, seria a condição ótima para a infecção; se ocorrer 24 horas de água livre e estas estiverem com mais de 48 horas de molhamento sem interrupção, considerou-se que o ambiente foi extremamente chuvoso e predominou água na superfície da folha na forma de gotículas, ambiente este pouco favorável à infecção (Tabela 1).

Os VSDs estipulados para a validação do sistema de previsão foram: 29, 34, 39 e 44, para anos de alta carga pendente de frutos; e 49, 59, 69 e 79, para anos de baixa ou média carga pendente.

2.2. Previsão da ferrugem em cafeeiros com alta carga pendente de frutos

2.2.1. Instalação e condução do ensaio

O ensaio foi conduzido no ano agrícola 1999/00, em lavoura de café do cultivar “Catuaí Vermelho – 44”, localizada no Sítio Boa Vista, no município de Coimbra – MG, na Zona da Mata de Minas Gerais, numa altitude de 680 m, com alta carga pendente de frutos (101,5 sacas beneficiadas/hectare), plantada no espaçamento de 2,5 x 0,75 m, perfazendo uma população de 5.333 plantas/ha com 6,0 anos de idade.

A adubação da lavoura foi feita em outubro de 1999, com 4,0 kg de cama de galinha por planta e 200 g de cloreto de potássio, dividido em duas vezes (100 + 100 g), em novembro de 1999 e fevereiro de 2000.

Os outros tratos culturais foram de acordo com o recomendado para a cultura, exceto a aplicação de fungicida para o controle da ferrugem. A colheita do ensaio foi realizada na semana de 12 a 16 de junho de 2000.

A instalação do abrigo meteorológico e do termoigrógrafo (G. Lufft GmbH & Co), munido de um sensor de molhamento foliar, foi em 26 de

Tabela 1 - Matriz para cálculo dos valores de severidade da ferrugem do café (VSD), com base no período de molhamento foliar e na temperatura média desse período

	Desfavorável	Pouco Favorável	Favorável	Muito Favorável	Favorável	Muito Favorável	Favorável	Pouco Favorável	Desfavorável
Temperatura (°C) → Molhamento foliar (h) ↓	< 16	16 - 18	19 - 20	21 - 24	25 - 26	27 - 29	≥ 30		
Desfavorável	0	0	0	0	0	0	0		
Pouco Favorável	0 < h ≤ 8	0	1	2	1	0	0		
Favorável	8 < h ≤ 17	1	2	3	2	1	0		
Muito Favorável	17 < h ≤ 24	2	3	4	3	2	0		
Pouco Favorável	h = 24 *	0	1	2	1	0	0		

OBS.: Se dentro de 30 dias não houver acumulado mais de 5 VSDs, desconsideram-se os VSDs acumulados até o momento.

* Molhamento foliar diário de 24 horas, porém este dentro de um período de molhamento de mais de 48 horas sem interrupção.

dezembro de 1999, e a coleta dos dados iniciou-se em 29 de dezembro de 1999. O ensaio foi montado em delineamento experimental, em blocos ao acaso, com 11 tratamentos e 4 repetições, sendo as parcelas constituídas de 14 plantas (10 centrais úteis e 2 em cada extremidade, como bordadura).

2.2.2. Fungicidas utilizados e esquemas de pulverizações

Foram utilizados quatro fungicidas no controle da ferrugem do cafeeiro: um de contato (Oxicloreto de cobre 500 g/kg PM) e três sistêmicos (Epoxiconazole 250 g/L SC, Hexaconazole 100 g/L SC e Tetraconazole 100 g/L CE).

Três esquemas de pulverização foram adotados:

Primeiro - Aplicação dos fungicidas para o controle da ferrugem do cafeeiro segundo calendário de pulverização:

- ❖ Oxicloreto de cobre: dezembro, janeiro, fevereiro e março;
- ❖ Epoxiconazole: janeiro e março;
- ❖ Hexaconazole: janeiro e março; e
- ❖ Tetraconazole: janeiro e março.

Segundo - Aplicação dos fungicidas para o controle da ferrugem do cafeeiro quando a incidência de folhas com ferrugem atingiu 10% e 60 dias após a primeira, com os produtos Epoxiconazole e Hexaconazole.

Terceiro - Aplicação de Hexaconazole quando os VSDs atingiu 29, 34, 39 e 44.

O experimento, portanto, constou de 11 tratamentos:

1. Testemunha
2. Oxicloreto de cobre 500 PM (3,0 kg/ha) em dez./99, jan./00, fev./00 e mar/00.
3. Epoxiconazole 250 SC (0,6 e 0,4 L/ha) em jan./00 e mar./00, respectivamente.
4. Tetraconazole 100 CE (0,5 L/ha) em jan./00 e mar./00.
5. Hexaconazole 100 SC (0,5 L/ha) em jan./00 e mar./00.

6. Epoxiconazole 250 SC (0,6 e 0,4 L/ha): pulverizar quando atingir 10% de incidência e 60 dias após a primeira aplicação, respectivamente.
7. Hexaconazole 100 SC (0,5 L/ha): pulverizar quando atingir 10% de incidência e 60 dias após a primeira aplicação.
8. Hexaconazole 100 SC (0,5 L/ha): pulverizar quando atingir VSD 29.
9. Hexaconazole 100 SC (0,5 L/ha): pulverizar quando atingir VSD 34.
10. Hexaconazole 100 SC (0,5 L/ha): pulverizar quando atingir VSD 39.
11. Hexaconazole 100 SC (0,5 L/ha): pulverizar quando atingir VSD 44.

Os fungicidas utilizados no experimento foram aplicados com pulverizador costal motorizado, com bico rotativo, gastando-se, em média, 400 L/ha de volume de calda.

2.2.3. Quantificação do progresso da ferrugem do cafeeiro

A avaliação do progresso da doença no campo foi feita mensalmente, por meio de amostragem destrutiva, começando no dia 15 de dezembro de 1999. Foram retiradas dez folhas ao acaso, nas quatro posições dos pontos cardeais, por planta, na região mediana dos ramos (terceiro ou quarto par de folhas completamente desenvolvidas), no terço inferior das plantas, perfazendo um total de 100 folhas por parcela.

Com a coleta mensal de folhas, determinou-se a percentagem de folhas com ferrugem (incidência), com base na qual se calculou a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), com o auxílio do programa de computador AVACPD (TORRES e VENTURA, 1991).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas) (EUCLIDES, 1983), por meio da comparação das médias da AACPD, pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade.

2.3. Previsão da ferrugem em cafeeiros com média carga pendente de frutos

2.3.1. Instalação e condução do ensaio

O ensaio foi conduzido no ano agrícola 1999/00, em lavoura de café do cultivar “Catuaí Vermelho – 44”, localizada na fazenda Santa Fé, no município de Carmo do Paranaíba – MG, no Alto Paranaíba, em Minas Gerais, numa altitude de 850 m, com média carga pendente de frutos (22,4 sacas beneficiadas/hectare), plantada no espaçamento de 3,0 x 1,0 m, perfazendo uma população de 3.333 plantas/ha com 9,0 anos de idade.

Na adubação da lavoura foram aplicados 1.200 kg/ha da formulação 20-05-20, divididos em três vezes de 400 kg/ha (120 g/planta/aplicação), em novembro/99, janeiro/00 e março/00.

Foram feitas quatro pulverizações foliares com 0,6% de sulfato de zinco (2,4 kg/ha/aplicação) e 0,4% de ácido bórico (1,6 kg/ha/vez), em dezembro de 1999, janeiro de 2000, fevereiro de 2000 e março de 2000.

Os outros tratamentos culturais foram de acordo com o recomendado para a cultura, exceto a aplicação de fungicida para controle da ferrugem. A colheita do ensaio foi realizada nos dias 26 e 27 de junho de 2000.

A instalação do abrigo meteorológico e do termoigrógrafo (G. Lufft GmbH & Co), munido de um sensor de molhamento foliar, deu-se em 29 de dezembro de 1999.

O ensaio foi montado num delineamento experimental em blocos ao acaso, com 11 tratamentos e 4 repetições, sendo as parcelas constituídas de 14 plantas (10 centrais úteis e 2 em cada extremidade como bordadura), além de uma linha de plantas de cada lado.

2.3.2. Fungicidas utilizados e os esquemas de pulverizações

Foram utilizados quatro fungicidas no controle de ferrugem do cafeeiro: um de contato (Oxicloreto de cobre 500 g/kg PM) e três sistêmicos (Epoconazole 250 g/L SC, Hexaconazole 100 g/L SC e Tetraconazole 100 g/L CE).

Três esquemas de pulverização foram adotados:

Primeiro - Aplicação dos fungicidas para controle da ferrugem do cafeeiro segundo calendário de pulverização:

- ❖ Oxiclóreto de cobre: dezembro, janeiro, fevereiro e março;
- ❖ Epoxiconazole: janeiro e março;
- ❖ Hexaconazole: janeiro e março; e
- ❖ Tetraconazole: janeiro e março.

Segundo - Aplicação dos fungicidas para o controle da ferrugem do cafeeiro quando a incidência de folhas com ferrugem atingiu 10% e 60 dias após a primeira aplicação, com os produtos Epoxiconazole e Hexaconazole.

Terceiro - Aplicação de Hexaconazole quando os VSDs atingiram 49, 59, 69 e 79.

O experimento, portanto, constou de 11 tratamentos:

1. Testemunha
2. Oxiclóreto de cobre 500 PM (3,0 kg/ha) em dez./99, jan./00, fev./00 e mar./00.
3. Epoxiconazole 250 SC (0,6 e 0,4 L/ha) em jan./00 e mar./00, respectivamente.
4. Tetraconazole 100 CE (0,5 L/ha) em jan./00 e mar./00.
5. Hexaconazole 100 SC (0,5 L/ha) em jan./00 e mar./00.
6. Epoxiconazole 100 SC (0,6 e 0,4 L/ha): pulverizar quando atingir 10% de incidência e 60 dias após a primeira pulverização, respectivamente.
7. Hexaconazole 100 SC (0,5 L/ha): pulverizar quando atingir 10% de incidência e 60 dias após a primeira pulverização, respectivamente.
8. Hexaconazole 100 SC (0,5 L/ha): pulverizar quando atingir VSD 49.
9. Hexaconazole 100 SC (0,5 L/ha): pulverizar quando atingir VSD 59.
10. Hexaconazole 100 SC (0,5 L/ha): pulverizar quando atingir VSD 69.
11. Hexaconazole 100 SC (0,5 L/ha): pulverizar quando atingir VSD 79.

Os fungicidas utilizados no experimento foram aplicados com pulverizador costal motorizado, com bico rotativo, gastando-se, em média, 600 L/ha de volume de calda.

2.2.3. Quantificação do progresso da ferrugem do cafeeiro

A avaliação do progresso da doença no campo foi feita mensalmente por meio de amostragem destrutiva, começando no dia 20/12/1999. Foram retiradas dez folhas ao acaso, nas quatro posições dos pontos cardeais, por planta, na região mediana dos ramos (terceiro ou quarto par de folhas completamente desenvolvidas), no terço inferior das plantas, perfazendo um total de 100 folhas por parcela.

Com a coleta mensal de folhas, determinou-se a percentagem de folhas com ferrugem (incidência), com base na qual se calculou a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), com o auxílio do programa de computador AVACPD (TORRES e VENTURA, 1991).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas) (EUCLIDES, 1983), por meio da comparação das médias da AACPD, pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Validação do sistema de previsão da ferrugem do cafeeiro, em lavoura com alta carga pendente de frutos, Coimbra – MG

3.1.1. Progresso da ferrugem do cafeeiro

As epidemias de ferrugem iniciaram-se em dezembro de 1999 e alcançaram os valores máximos em maio – junho de 2000 (Figura 1). Na curva de progresso da doença, notou-se na parcela testemunha uma fase inicial do progresso da ferrugem, entre os meses de dezembro a janeiro; uma fase log, a qual ocorreu entre os meses de janeiro e abril; e a fase estacionária, de abril a junho. A fase inicial da curva de progresso da ferrugem na testemunha iniciou-se com 11,5% de incidência de folhas com ferrugem; isso se deve ao fato de não ter havido controle químico da doença no ano agrícola anterior, o qual, mesmo apresentando baixa carga pendente de frutos, deixou fonte residual de inóculo para o ciclo da doença do ano em que foi feito o ensaio.

A fase log da curva de progresso da doença para o tratamento testemunha foi de janeiro de 2000 a abril de 2000, porém as infecções que surgiram a partir de abril de 2000 foram decorrentes de condições ocorridas anteriormente. Duas são as explicações para o fato: a primeira é a influência do clima no progresso da ferrugem do cafeeiro - o número de horas favoráveis à infecção (NHFI) do cafeeiro por *H. vastatrix* é decorrente da condição de

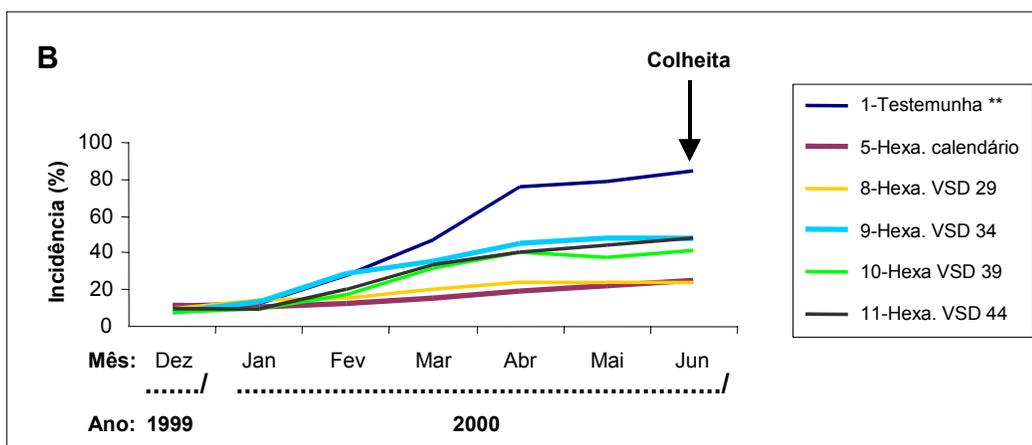
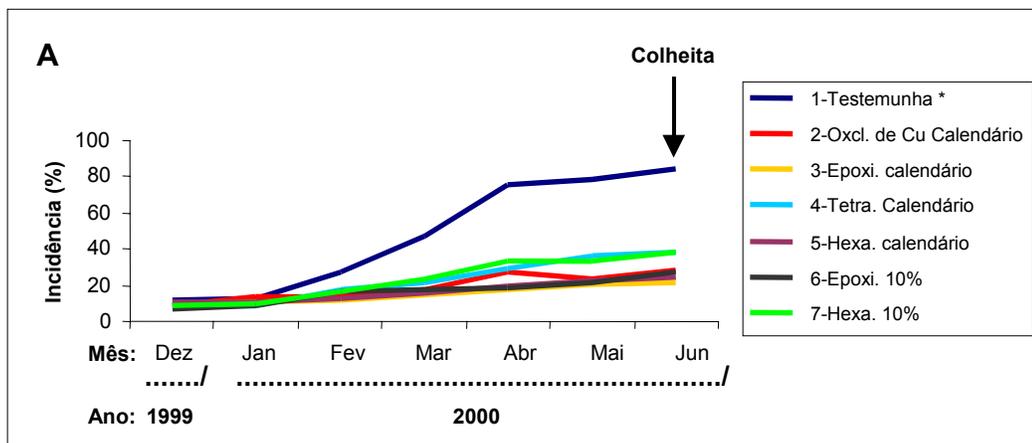


Figura 1 - Progresso da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*), medido pela incidência de folhas de café com ferrugem, para lavoura com alta carga pendente de frutos, no ano agrícola 99/00, em Coimbra – MG. **(A)*** 1 - Testemunha; 2 - Oxicloreto de cobre 500 PM calendário; 3 - Epoxiconazole 250 SC calendário; 4 - Tetraconazole 100 CE calendário; 5 - Hexaconazole 100 SC calendário; 6 - Epoxiconazole 250 SC quando atinge 10% de incidência; e 7 - Hexaconazole 100 SC, quando atinge 10% de incidência. **(B)**** 1 - Testemunha; 5 - Hexaconazole 100 SC calendário; 8 - Hexaconazole 100 SC, quando VSD atinge 29; 9 - Hexaconazole 100 SC, quando VSD atinge 34; 10 - Hexaconazole 100 SC, quando VSD atinge 39; e 11 - Hexaconazole 100 SC, quando VSD atinge 44. Os tratamentos 1 - Testemunha e 5 - Hexaconazole 100 SC calendário foram incluídos nas duas figuras para efeito de comparação.

molhamento foliar com temperatura entre 20 e 25°C (VALE et al., 2000). A partir de abril de 2000 as condições de temperatura média durante o período de molhamento foliar foram desfavoráveis à ocorrência de novas infecções, uma vez que 64,81% das horas de molhamento foliar deste período apresentaram temperaturas inferiores a 16°C, o que está de acordo com os resultados de VALE et al. (2000). A segunda razão é a redução de formação de folhas no cafeeiro a partir de março (BARROS e MAESTRI, 1974), devido à diminuição do fotoperíodo. De acordo com NUTMAN e ROBERTS (1963), a germinação foi mais freqüente em folhas novas do que em folhas velhas e mais acentuada na margem do que próximo à nervura principal. MAHLOW e MORAES (1983) também verificaram a influência da idade da folha de café no processo infectivo da ferrugem, concluindo que o primeiro e o segundo par de folhas são mais suscetíveis à infecção por *H. vastatrix*, provavelmente devido a alterações quantitativas e qualitativas de compostos fenólicos nas folhas de maior idade; logo, esses fatos limitam novas infecções a partir de abril.

Nos tratamentos 2 (Oxicloreto de cobre 500 PM calendário), 3 (Epoconazole 250 SC calendário), 5 (Hexaconazole 100 SC calendário) e 6 (Epoconazole 250 SC, quando atinge 10% de incidência), a incidência final de ferrugem ficou entre 22,0 e 28,5%; já a incidência final nos tratamentos 4 (Tetraconazole 100 CE calendário) e 7 (Hexaconazole 100 SC, quando atinge 10% de incidência) foi de 38,5 e 38,0%, respectivamente, enquanto na testemunha foi de 84,5% (Figura 1A).

Nos tratamentos 5 (Hexaconazole 100 SC calendário) e 8 (Hexaconazole 100 SC, baseado no sistema de previsão, quando os VSDs atingiram 29), a incidência final de folhas de café com ferrugem foi de 25,0 e 24,5%, respectivamente. Os demais tratamentos baseados no sistema de previsão - tratamento 9 (Hexaconazole 100 SC baseado no sistema de previsão, quando os VSDs atingiram 34), 10 (Hexaconazole 100 SC, baseado no sistema de previsão, quando os VSDs atingiram 39) e 11 (Hexaconazole 100 SC, baseado no sistema de previsão, quando os VSDs atingiram 44) - apresentaram uma incidência de 48,5, 41,0 e 48,0%, respectivamente, contra incidência final de ferrugem na testemunha de 84,5%.

Na Figura 1 estão representadas as curvas de progresso da ferrugem do cafeeiro dos 11 tratamentos, as quais são decorrentes da média das

parcelas; no entanto, para se realizar a análise estatística, com o intuito de distinguir a eficiência de controle desses tratamentos, foi calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para cada parcela (Tabela 2).

Tabela 2 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), com base na incidência de ferrugem do cafeeiro para o município de Coimbra – MG

Tratamentos	AACPD (Média) *	Incidência (Junho/2000)
3 – Epoxiconazole 250 SC (Calendário)	2813,75 a	22,00
5 – Hexaconazole 100 SC (Calendário)	3023,88 a	25,00
6 - Epoxiconazole 250 SC (10% incidência)	3084,0 a	27,00
2 – Oxicloreto de Cobre 500 PM (Calendário)	3477,50 a	28,50
8 - Hexaconazole 100 SC (VSD = 29)	3528,50 a	24,50
4 – Tetraconazole 100 CE (Calendário)	4167,50 b	38,50
7 - Hexaconazole 100 SC (10% incidência)	4251,25 b	38,00
10 - Hexaconazole 100 SC (VSD = 39)	4872,25 b	41,00
11 - Hexaconazole 100 SC (VSD = 44)	5402,38 b	48,00
9 - Hexaconazole 100 SC (VSD = 34)	6042,75 c	48,50
1 - Testemunha	8807,50 d	84,50

* Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

O teste de agrupamento de Scott-Knott permitiu separar quatro grupos de tratamentos distintos quanto à AACPD, com base na incidência de folhas de café com ferrugem. O grupo que apresentou menor AACPD - portanto maior eficiência no controle da doença - foi o dos tratamentos 3 (Epoxiconazole 250 SC calendário), 5 (Hexaconazole 100 SC calendário), 6 (Epoxiconazole 250 SC, quando atinge 10% de incidência), 2 (Oxicloreto de Cobre 500 PM

calendário) e 8 (Hexaconazole 100 SC, baseado no sistema de previsão, quando o VSD atingiu 29). Um segundo grupo foi formado pelos tratamentos 4 (Tetraconazole 100 CE calendário), 7 (Hexaconazole 100 SC, quando atinge 10% de incidência), 10 (Hexaconazole 100 SC, baseado no sistema de previsão, quando o VSD atingiu 39) e 11 (Hexaconazole 100 SC, baseado no sistema de previsão, quando o VSD atingiu 44). Um terceiro grupo, com AACPD menor apenas que a testemunha, foi o tratamento 9 (Hexaconazole 100 SC, baseado no sistema de previsão, quando o VSD atingiu 34). O quarto grupo, com AACPD maior que os demais, foi formado pelo tratamento testemunha.

A metodologia de controle químico da ferrugem baseada no calendário de aplicações de fungicidas sistêmico e de contato, com exceção do tratamento 4 (Tetraconazole 100 CE calendário), foi eficiente para a lavoura com alta carga pendente de frutos, no ano agrícola 1999/2000.

MATIELLO et al. (1995), realizando ensaios de comparação de princípios ativos para o controle de *H. vastatrix*, observaram que, em Rio Preto – RJ, a incidência de folhas de café com ferrugem por ocasião da colheita, em julho de 1995, foi de 32,5, 6,5 e 91,4% para os fungicidas Hexaconazole 100 SC, Epoxiconazole 250 SC e a testemunha, respectivamente. Em Eloy Mendes – MG, a incidência da doença, considerando os mesmos fungicidas, foi de 9,5, 8,0 e 77,0%, sendo a diferença entre Epoxiconazole e Hexaconazole não significativa em nível de 5% de probabilidade. Esses resultados são compreendidos quando se analisam as datas de aplicações dos fungicidas. No primeiro ensaio, as aplicações foram realizadas em 20/02/1995 e 22/04/1995 e, no segundo, em 05/01/1995 e 10/03/1995. Os autores concluíram que, devido ao fato de no primeiro ensaio os fungicidas terem sido aplicados mais tardiamente, o Epoxiconazole 250 SC foi superior no controle da ferrugem em relação ao Hexaconazole 100 SC. Quando aplicados mais cedo, ambos os fungicidas apresentaram controle semelhante da doença.

Nas condições do ensaio, em se tratando da estratégia de controle da ferrugem do cafeeiro por meio da incidência de folhas doentes, com índice de 10% para o início das pulverizações, o tratamento 6 (Epoxiconazole 250 SC, quando atinge 10% de incidência) foi o que apresentou menor AACPD. Logo, o

princípio ativo Epoxiconazole 250 SC apresenta melhor eficiência, em relação ao Hexaconazole 100 SC, no controle curativo de *H. vastatrix*.

3.1.2. Variáveis meteorológicas

Na lavoura com alta carga pendente de frutos, localizada em Coimbra – MG, ocorreu predominância de molhamento foliar com temperatura média na faixa de 16 a 18°C, seguida de 19 a 20°C, sendo, respectivamente, de 642 e 300 horas, o que corresponde a 48,42 e 22,62% do período de molhamento foliar total ocorrido neste ensaio (Figura 2).

A partir de dezembro de 1999 até março de 2000, houve 903 horas de molhamento foliar, o que representa 68,10% do total. Em 83,83% desse período houve temperatura favorável ao desenvolvimento do patógeno. A partir de abril, mesmo ocorrendo 31,90% do período de molhamento, apenas 44,68% deste apresentou temperatura favorável ao desenvolvimento do patógeno. Transformando estas condições meteorológicas em VSDs, tem-se que de dezembro de 1999 até março de 2000 foram acumulados 59 VSD, o que representa 81,95% do total acumulado no ensaio.

A partir de abril, as condições de temperatura limitaram a ocorrência de novas infecções; logo, as lesões de ferrugem visualizadas após essa data são decorrentes de infecções ocorridas em fevereiro e março.

3.1.3. Previsão da ferrugem do cafeeiro em lavoura com alta carga pendente de frutos

Com as condições de molhamento foliar e temperatura média durante esse período, calcularam-se, com auxílio da Tabela 1, os VSDs diários.

Os VSDs diários foram acumulados até atingirem os estipulados previamente pelo tratamento 8 (29 VSDs), tratamento 9 (34 VSDs), tratamento 10 (39 VSDs) ou tratamento 11 (44 VSDs), quando então se efetuaram as aplicações do fungicida Hexaconazole 100 SC. Após a aplicação do fungicida, os VSDs acumulados até o momento foram zerados e nova contagem foi iniciada.

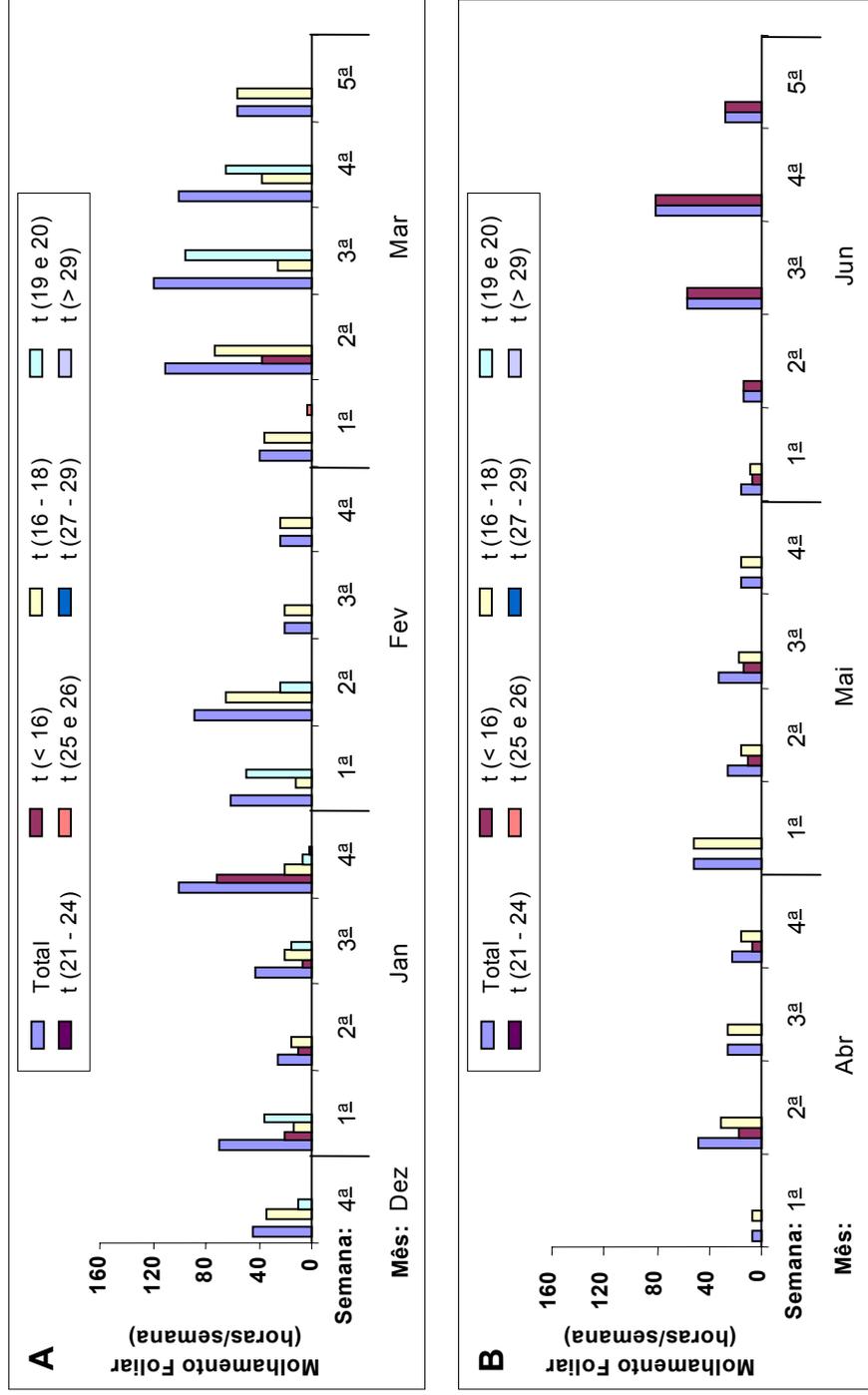


Figura 2 - Molhamento foliar semanal total e molhamento com temperaturas: inferiores a 16°C, 16 a 18°C, 19 e 20°C, 21 a 24°C, 25 e 26°C, 27 a 29°C e maiores que 29°C, Coimbra - MG. (A) - Molhamento foliar entre a última semana de dezembro/99 e a última semana de março/00. (B) - Molhamento foliar entre a primeira semana de abril/00 e a última semana de junho/00.

O sistema de previsão recomendou para o tratamento 8 duas aplicações do fungicida sistêmico no controle da ferrugem do cafeeiro: a primeira em 05/02/2001 e a segunda em 29/03/2001 (Tabela 3). As aplicações foram recomendadas cerca de 15 dias após o calendário de aplicação de fungicidas sistêmicos para o controle da ferrugem do cafeeiro. Para o tratamento 9, duas aplicações, em 29/02/2001 e 05/05/2001, foram realizadas, estas cerca de um mês e meio após o calendário; já para os tratamentos 10 e 11 foi realizada apenas uma aplicação em 07/03/2001 e 16/03/2001, respectivamente.

O fato de o tratamento 8 (Hexaconazole 100 SC VSD 29) ter apresentado igual AACPD em relação ao tratamento 5 (Hexaconazole 100 SC calendário) indica que, para ano de alta carga pendente de frutos, a metodologia de controle químico por meio do sistema de previsão proposto, requer VSDs em torno de 30.

3.2. Validação de sistema de previsão da ferrugem do cafeeiro, em lavoura com média carga pendente de frutos, Carmo do Paranaíba – MG

3.2.1. Progresso da ferrugem do cafeeiro

Na curva de progresso da testemunha nota-se uma fase inicial do progresso da ferrugem, entre os meses de janeiro de 2000, que apresentava incidência média de 2,0%, e março de 2000, que era de 4,0%, e uma fase log entre os meses de março de 2000, que possuía incidência média de 4,0%, e junho de 2000, que era de 34,0%. É relevante notar que não houve fase estacionária neste ensaio, uma vez que o pico de incidência de folhas de café com ferrugem só foi atingido em junho de 2000, mês em que foi realizada a colheita e a última avaliação do ensaio (Figura 3).

Quanto à incidência final de ferrugem, houve semelhança entre os tratamentos baseados no calendário de aplicação de fungicida de contato (2- Oxicloreto de cobre 500 PM) e no calendário de aplicações de fungicidas sistêmicos (3- Epoxiconazole 250 SC, 4- Tetraconazole 100 CE e 5- Hexaconazole 100 SC); já os tratamentos cujas aplicações se iniciaram

Tabela 3 - Cronograma de aplicação dos fungicidas para controle da ferrugem do cafeeiro, para o ensaio conduzido na lavoura com alta carga pendente de frutos, no município de Coimbra - MG

Tratamentos	Datas das pulverizações										
	15/12/99	15/01/00	05/02/00	15/02/00	29/02/00	07/03/00	15/03/00	16/03/00	29/03/00	15/04/00	05/05/00
1 – Testemunha	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2 – Oxidreto de Cobre 500 PM (Calendário)	X	X	--	X	--	--	X	--	--	--	--
3 – Epoxiconazole 250 SC (Calendário)	--	X	--	--	--	--	X	--	--	--	--
4 – Tetraconazole 100 CE (Calendário)	--	X	--	--	--	--	X	--	--	--	--
5 – Hexaconazole 100 SC (Calendário)	--	X	--	--	--	--	X	--	--	--	--
6 – Epoxiconazole 250 SC (10% incidência)	--	--	--	X	--	--	--	--	--	X	--
7 – Hexaconazole 100 SC (10% incidência)	--	--	--	X	--	--	--	--	--	X	--
8 – Hexaconazole 100 SC (VSD = 29)	--	--	X	--	--	--	--	--	X	--	--
9 – Hexaconazole 100 SC (VSD = 34)	--	--	--	--	X	--	--	--	--	--	X
10 – Hexaconazole 100 SC (VSD = 39)	--	--	--	--	--	X	--	--	--	--	--
11 – Hexaconazole 100 SC (VSD = 44)	--	--	--	--	--	--	--	X	--	--	--

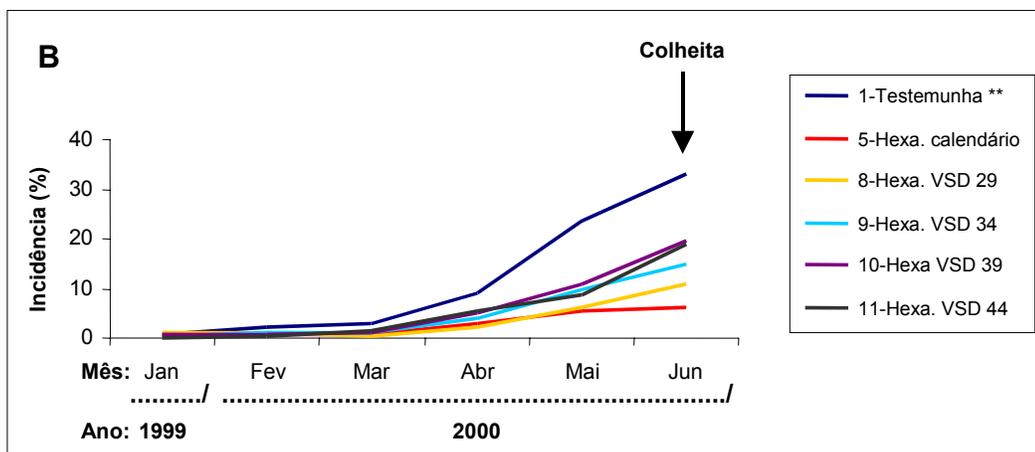
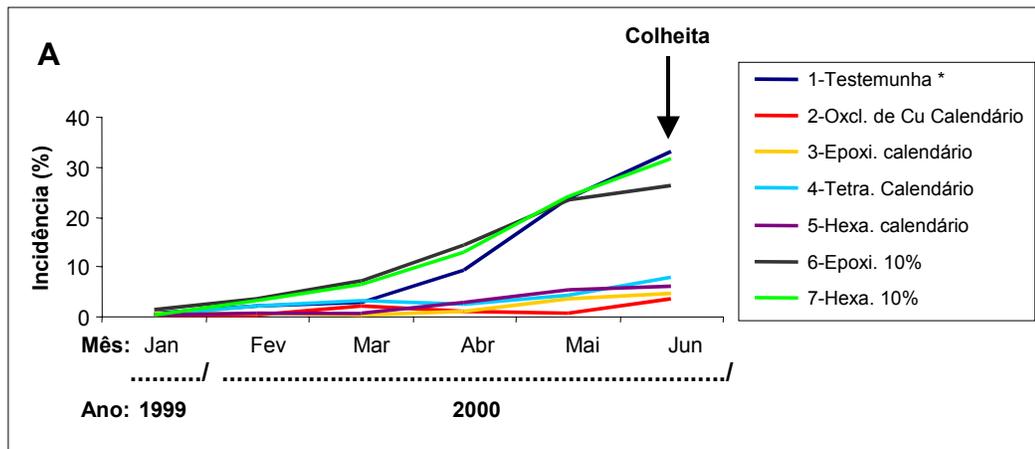


Figura 3 - Progresso da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*), medido pela incidência de folhas de café com ferrugem, para lavoura com alta carga pendente de frutos, no ano agrícola 99/00, em Carmo do Paranaíba – MG. **(A)*** 1 - Testemunha; 2 - Oxicloreto de cobre 500 PM calendário; 3 - Epoxiconazole 250 SC calendário; 4 - Tetraconazole 100 CE calendário; 5 - Hexaconazole 100 SC calendário; 6 - Epoxiconazole 250 SC, quando atinge 10% de incidência; e 7 - Hexaconazole 100 SC, quando atinge 10% de incidência. **(B)**** 1 - Testemunha; 5 - Hexaconazole 100 SC calendário; 8 - Hexaconazole 100 SC, quando VSD atinge 49; 9 - Hexaconazole 100 SC, quando VSD atinge 59; 10- Hexaconazole 100 SC, quando VSD atinge 69; e 11 - Hexaconazole 100 SC, quando VSD atinge 79. Os tratamentos 1 - Testemunha e 5 - Hexaconazole 100 SC calendário estão nas duas figuras para efeito de comparação.

quando a incidência de folhas com ferrugem atingiu 10% apresentaram incidência final de folhas de café com ferrugem de 26,25 e 31,75%, para os tratamentos 6 (Epoxiconazole 250 SC) e 7 (Hexaconazole 100 SC), respectivamente, o que é bastante próximo ao valor da testemunha, que foi de 33,00%.

Dos seis tratamentos representados na Figura 3B, o tratamento 5 (Hexaconazole 100 SC calendário) foi o único que manteve a incidência final abaixo de 10%, apresentando 6,25% de folhas com ferrugem em junho de 2000; no entanto, neste tratamento foram feitas duas pulverizações (20/01/2001 e 20/03/2001). Nos tratamentos baseados no sistema de previsão - tratamento 8 (Hexaconazole 100 SC, quando o VSD atingiu 49), tratamento 9 (Hexaconazole 100 SC, quando o VSD atingiu 59), tratamento 10 (Hexaconazole 100 SC, quando o VSD atingiu 69) e tratamento 11 (Hexaconazole 100 SC, quando o VSD atingiu 79) - a incidência final de folhas de café com ferrugem em junho de 2000 foi, respectivamente, de 11,0, 15,0, 19,8 e 18,8%, porém utilizando apenas uma pulverização.

Dois grupos de tratamentos distintos foram formados quanto à AACPD, com base na incidência de folhas de café com ferrugem (Tabela 4). O grupo que apresentou menor AACPD - logo, maior eficiência no controle da doença - foi o constituído pelos tratamentos 2 (Oxicloreto de cobre 500 PM calendário), 3 (Epoxiconazole 250 SC calendário), 5 (Hexaconazole 100 SC calendário), 8 (Hexaconazole 100 SC, baseado no sistema de previsão, quando o VSD atingiu 49), 4 (Tetraconazole 100 CE calendário), 9 (Hexaconazole 100 SC, baseado no sistema de previsão, quando o VSD atingiu 59), 11 (Hexaconazole 100 SC, baseado no sistema de previsão, quando o VSD atingiu 79) e 10 (Hexaconazole 100 SC, baseado no sistema de previsão, quando o VSD atingiu 69). Nota-se que, para a lavoura com média carga pendente de frutos, não houve diferença entre os efeitos dos tratamentos baseados no calendário de aplicação de fungicidas, tanto protetor como sistêmico, e os efeitos dos tratamentos baseados no sistema de previsão proposto. Esta última metodologia de controle químico da ferrugem recomendou apenas uma pulverização, enquanto o calendário recomendou duas pulverizações.

Tabela 4 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), com base na incidência de ferrugem do cafeeiro para o município de Carmo do Paranaíba – MG

Tratamentos	AACPD (Média) *	Incidência (Junho/ 2000)
2 – Oxicloreto de Cobre 500 PM (Calendário)	186,50 a	3,50
3 – Epoxiconazole 250 SC (Calendário)	267,75 a	4,75
5 – Hexaconazole 100 SC (Calendário)	401,25 a	6,25
8 - Hexaconazole 100 SC (VSD = 49)	486,63 a	11,00
4 – Tetraconazole 100 CE (Calendário)	510,25 a	8,00
9 - Hexaconazole 100 SC (VSD = 59)	715,75 a	15,00
11 - Hexaconazole 100 SC (VSD = 79)	777,75 a	18,75
10 - Hexaconazole 100 SC (VSD = 69)	858,13 a	19,75
1 - Testemunha	1679,63 b	33,00
6 - Epoxiconazole 250 SC (10% incidência)	1911,63 b	26,25
7 - Hexaconazole 100 SC (10% incidência)	1920,88 b	31,75

* Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Um segundo grupo com valores maiores de AACPD foi formado pelos tratamentos 6 (Epoxiconazole 250 SC, quando a incidência de ferrugem atingiu 10%), 7 (Hexaconazole 100 SC, quando a incidência de ferrugem atingiu 10%) e a testemunha, sendo as AACPDs de 1911,63, 1920,88 e 1679,63, respectivamente.

Segundo MADDEN e ELLIS (1988), um problema associado à utilização do nível de doença para se fazer a previsão é que a doença aparente representa apenas uma fração da doença real. Pode-se perceber esse problema no ensaio, uma vez que em abril de 2000 a incidência de folhas com ferrugem era de 14,5 e 13,0%, para os tratamentos 6 e 7, quando então se realizou a aplicação do Epoxiconazole 250 SC e Hexaconazole 100 SC, respectivamente. Mesmo na avaliação da incidência levando-se em consideração folhas cujas lesões foram erradicadas pelo fungicida como folhas

doentes, a incidência, pelo menos no mês seguinte (maio de 2000), deveria ser semelhante à do mês em que foram feitas as pulverizações, porém a incidência de folhas com ferrugem foi de 23,5 e 24,0%, para os tratamentos 6 e 7, respectivamente, mostrando que em abril/00 a doença real era 62,07 e 84,62% acima da doença aparente.

3.2.2. Variáveis meteorológicas

O período de molhamento foliar apresentou temperatura favorável de dezembro de 1999 a abril de 2000, com predominância de molhamento com temperatura entre 19 e 20°C e entre 16 e 18°C, sendo 789 e 304 horas, respectivamente, o que corresponde a 57,26 e 22,07% do molhamento total (Figura 4).

Até março de 2000, ocorreram 1.054 horas de molhamento foliar, o que corresponde a 76,5% do total. Em 100% desse período houve temperatura favorável ao desenvolvimento do patógeno. A partir de abril de 2000, mesmo ocorrendo 23,5% do período de molhamento, 64,8% deste apresentou temperatura desfavorável ao desenvolvimento do patógeno.

Transformando essas condições meteorológicas em VSDs, têm-se que até março foram acumulados 79 VSDs, o que representa 89,0% do total acumulado no ensaio.

3.2.3. Previsão da ferrugem do cafeeiro em lavoura com média carga pendente de frutos

Com as condições de molhamento foliar e temperatura média durante esse período, calcularam-se os valores de severidade de doença (VSDs) diários.

Com base no sistema de previsão proposto para o ano de média carga pendente de frutos, os tratamentos 8, 9, 10 e 11 recomendaram uma única pulverização com Hexaconazole 100 SC quando se atingiu 49, 59, 69 e 79 VSDs, respectivamente, o que ocorreu em 05/02/01, 27/02/01, 13/03/01 e 21/03/01 (Tabela 5).

Tabela 5 - Cronograma de aplicação dos fungicidas para o controle da ferrugem do cafeeiro, para o ensaio conduzido na lavoura com média carga pendente de frutos, no município de Carmo do Paranaíba - MG

Tratamentos	Datas das pulverizações										
	20/12/99	20/01/00	12/02/00	20/02/00	27/02/00	13/03/00	20/03/00	21/03/00	20/04/00		
1 - Testemunha	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2 – Oxicloreto de Cobre 500 PM (Calendário)	X	X	--	X	--	--	X	--	--	--	
3 – Epoxiconazole 250 SC (Calendário)	--	X	--	--	--	--	X	--	--	--	
4 – Tetraconazole 100 CE (Calendário)	--	X	--	--	--	--	X	--	--	--	
5 – Hexaconazole 100 SC (Calendário)	--	X	--	--	--	--	X	--	--	--	
6 - Epoxiconazole 250 SC (10% incidência)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	X	
7 - Hexaconazole 100 SC (10% incidência)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	X	
8 - Hexaconazole 100 SC (VSD = 49)	--	--	X	--	--	--	--	--	--	--	
9 – Hexaconazole 100 SC (VSD = 59)	--	--	--	--	X	--	--	--	--	--	
10 – Hexaconazole 100 SC (VSD = 69)	--	--	--	--	--	X	--	--	--	--	
11 – Hexaconazole 100 SC (VSD = 79)	--	--	--	--	--	--	--	X	--	--	

Como o tratamento 8 (Hexaconazole 100 SC, baseado no sistema de previsão, quando o VSD atingiu 49) apresentou igual AACPD em relação ao tratamento 5 (Hexaconazole 100 SC calendário) e a menor incidência final de folhas com ferrugem na colheita (11,0%) dos tratamentos baseados no sistema de previsão, conclui-se que, para deixar ano de média carga pendente de frutos, o método de controle químico por meio do sistema de previsão proposto requer VSDs em torno de 50.

3.3. Epidemiologia comparativa da incidência da ferrugem do cafeeiro, nos municípios de Coimbra – MG e Carmo do Paranaíba – MG.

Para os dois ensaios, tanto o localizado em Coimbra - MG como em Carmo do Paranaíba – MG, as condições de molhamento foliar com temperatura favorável à ocorrência de novas infecções de *H. vastatrix* em campo estenderam-se até o mês de março de 2000, porém o pico de incidência de folhas de café com ferrugem em Coimbra ocorreu no mês de abril de 2000, 30 dias após o término das condições ambientais favoráveis a novas infecções de *H. vastatrix*. Um mês após o término das condições favoráveis, na maioria das infecções, os sintomas já eram visíveis, o que indica um período latente curto (inferior a 30 dias). Em Carmo do Paranaíba, o pico da doença ocorreu em junho de 2000, em torno de 90 dias após o término das condições ambientais favoráveis a novas infecções de *H. vastatrix*. Houve atraso de três meses para visualização dos sintomas da maioria das infecções de ferrugem nesta propriedade, o que indica um período latente mais longo que o ocorrido em Coimbra – MG.

A temperatura média de abril de 2000 a junho de 2000 em Coimbra foi de 17,0°C; em Carmo do Paranaíba ela foi de 18,1°C. A diferença de temperatura após a inoculação ocorrida em campo não foi a responsável pela diferença no período latente da doença nessas duas propriedades; como a temperatura média dos meses pós-infecção é a principal variável meteorológica que influencia o período latente (VALE et al., 2000), outro fator, não-climático, está influenciando a diferença desse período nas lavouras de café de Coimbra e Carmo do Paranaíba. ZAMBOLIM et al. (1992) concluíram que a carga

pendente de frutos no cafeeiro causava estresse na planta, debilitando-a e reduzindo sua resistência ao desenvolvimento do patógeno. Em Coimbra a produção média das lavouras foi de 101,5 sacas de café beneficiadas/ha e em Carmo do Paranaíba foi de 22,4 sacas de café beneficiadas/ha. Provavelmente a diferença no período latente nessas duas propriedades se devam à diferença na carga pendente de frutos, associada a diferenças nas adubações e outras características distintas entre as duas localidades. Quanto maior o período latente, menor o número de gerações do fungo por ciclo do hospedeiro, sendo esta a provável explicação para a diferença final na incidência de folhas de café com ferrugem, que foi de 84,5 e 33,0% em Coimbra e Carmo do Paranaíba, respectivamente, no mês de julho de 2000.

Em Carmo do Paranaíba, prevaleceu molhamento com temperatura de 19 - 20°C (57,62% do molhamento total), enquanto em Coimbra prevaleceu molhamento com temperatura de 16 - 18°C (48,42% do molhamento total).

Para o município de Coimbra, a variável molhamento foliar apresentou duração total, entre a última semana de dezembro de 1999 e a última semana de junho de 2000, de 1.326 horas; já no município de Carmo do Paranaíba esse total foi de 1.378 horas, sendo bastante próximos os valores nos dois locais. No entanto, a variável temperatura, durante esse período de molhamento, foi mais favorável em Carmo do Paranaíba, sendo de 18,43°C; em Coimbra, ela foi de 17,02°C.

Tanto em Coimbra como em Carmo do Paranaíba, o período com molhamento foliar e temperatura média durante o molhamento foliar mais favorável ao desenvolvimento da doença foi de dezembro de 1999 a março de 2000.

Quantificando a favorabilidade dessas duas variáveis meteorológicas por meio da matriz (Tabela 1), verifica-se que os valores de severidade da doença totais acumulados foram de 71 e 91 VSDs, respectivamente para Coimbra e Carmo do Paranaíba. Desconsiderando os outros fatores que influenciam a epidemia de *H. vastatrix*, a expectativa era de uma incidência de doença ligeiramente superior para a lavoura localizada em Carmo do Paranaíba. No entanto, a incidência final de folhas com ferrugem na testemunha, por ocasião da colheita, em Coimbra foi de 84,5% e em Carmo do Paranaíba, de 33,0%. Provavelmente essa diferença se deva à produção das

duas lavouras escolhidas; 101,50 sacas beneficiadas/ha para a primeira localidade e 22,35 sacas beneficiadas/ha para a segunda, o que está de acordo com MIGUEL et al. (1977), MANSK e MATIELLO (1984) e ZAMBOLIM et al. (1992).

4. CONCLUSÕES

Na lavoura localizada em Coimbra - MG, a qual produziu, nas médias das parcelas, 101,50 sacas de café beneficiadas por hectare, o tratamento 8 (Hexaconazole 100 SC com VSD de 29) indicou a necessidade de realizar duas aplicações do fungicida no ano agrícola 1999/2000, estando 20 e 14 dias desfasadas em relação ao calendário, porém sem comprometimento no nível de controle da doença. Logo, para anos com alta carga pendente de frutos, o sistema de previsão da ferrugem do cafeeiro proposto requer um VSD em torno de 30.

Na lavoura localizada em Carmo do Paranaíba - MG, que produziu, na média das parcelas, 22,35 sacas de café beneficiadas por hectare, o tratamento 8 (Hexaconazole 100 SC com VSD de 49) indicou a necessidade de se realizar uma única aplicação do fungicida no ano agrícola 1999/2000, o que foi feito em 12/02/2001. Para anos com média carga pendente de frutos, o sistema de previsão da ferrugem do cafeeiro proposto requer um VSD em torno de 50.

Esse resultado comprova que, normalmente, em lavouras com baixa a média carga pendente de frutos, uma única aplicação de fungicida sistêmico no momento oportuno - o qual é indicado com base no número de horas de molhamento foliar e na temperatura média durante o período de molhamento, associado à carga pendente de frutos, como sugerido pelo sistema de previsão da ferrugem do cafeeiro proposto - é suficiente para se alcançar controle

eficiente e racional da ferrugem do cafeeiro, com maior economia para o agricultor e menor agressão ao ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFONSI, R.R., ORTOLANI, A.A., PINTO, H.S., PEDRO JR., M.J., BRUNINI, O. Associação entre nível de infecção da ferrugem do cafeeiro, variáveis meteorológicas e área foliar, observados em *Coffea arabica* L. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2. **Resumos...** Poços de Caldas – MG, p.80-83. 1974.
- AKUTSU, M. **Relação de funções climáticas e bióticas com a taxa de infecção da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.).** Viçosa, MG: UFV, 1981. 67p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, 1981.
- BARROS, R.S., MAESTRI, M. Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo do café (*Coffea arabica* L.). **Revista Ceres**, v.21, p.268-279. 1974.
- BERGAMIN FILHO, A., AMORIM, L. Sistemas de previsão e avisos. In: BERGAMIN FILHO, A., KIMATI, H., AMORIM, L. (Eds). **Manual de fitopatologia.** São Paulo, V.1. 1995. p.627-646.
- CAMPBELL, C.L., MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology.** New York: John Wiley & Sons Inc., 1990. 532 p.
- CARDOSO, R.M.L., ZAMBOLIM, L., CHAVES, G.M. Ocorrência no Brasil da raça XVI de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. coletada do germoplasma de *Coffea arabica* L. no Estado de Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, v.13, p.343-346. 1988.
- EUCLIDES, R.F. **Sistema para análises estatísticas e genéticas (SAEG).** Central de processamento de dados. Viçosa: UFV, 1983. 68 p.

- GARÇON, C.L.P., ZAMBOLIM, L., VALE, F.X.R., COSTA, H., SILVA, M.B. Progresso da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em diferentes altitudes. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1. **Resumos...** Poços de Caldas – MG, p.237-240. 2000.
- GREE, G. Epidemiology of coffee leaf rust in the Eastern Highlands. **Newsletter - Coffee Research Institute**, v.2, p.16-20. 1993.
- KUSHALAPPA, A.C.; AKUTSU, M., LUDWIG, A. Application of survival ratio monocyclic process of *Hemileia vastatrix* in predicting coffee rust infection rates. **Phytopathology**, v.73, p.96-103. 1983.
- MADDEN, L.V., ELLIS, M.A. How to develop plant disease forecasters. In: KRANZ, J., ROTEM, J. (Eds.). **Experimental techniques in plant disease epidemiology**. Berlin: Springer – Verlag, 1988. p.191-208.
- MAHLOW, M.F.P., MORAES, W.B.C. Dinâmica de infecção de folhas de café por *Hemileia vastatrix*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10. **Resumos...** Poços de Caldas – MG, p.102. 1983.
- MANSK, Z., MATIELLO, J.B. Efeito da produção, nível de desfolha e inóculo residual sobre a evolução da ferrugem do cafeeiro no Estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11. **Resumos...** Londrina – PR, p.41-43. 1984.
- MATIELLO, J.B., MANSK, Z. Estudo de esquemas de controle à ferrugem do cafeeiro em lavouras com alta, média e baixa produção, no Estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11. **Resumos...** Londrina – PR, p.63-64. 1984.
- MATIELLO, J.B., ALMEIDA, S.R., FERREIRA, R.A. Eficiência do hexaconazole (ANVIL) em associação com zinco e cobre no controle da ferrugem do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 21. **Resumos...** Caxambu – MG, p.35-37. 1995.
- MIGUEL, A.E., MATIELLO, J.B., MANSK, Z., ALMEIDA, S.R. Observações sobre os efeitos de três níveis de produção na incidência e controle da ferrugem do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 5. **Resumos...** Guarapari – ES, p.220-221. 1977.
- MONTOYA, R.H., CHAVES, G.M. Influência da temperatura e da luz na geminação, infectividade e período de geração de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. **Experientiae**, v.18, p.239-266. 1974.
- NUTMAN, F.J., ROBERTS, F.M. Studies on the biology of *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. **Transactions British Mycological Society**, v.46, p.27-48. 1963.

- RAYNER, R.W. Germination and penetration studies on coffee rust (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). **The Annals of Applied Biology**, v.49, p.497-505. 1961.
- ROTEM, J. **The genus Alternaria. Biology, epidemiology and pathogenicity**. St. Paul, Minnesota: APS PRESS, 1994. 326p.
- SACCAS, A.M., CHARPENTIER, J. **La rouille des cafeirers due à *Hemileia vastatrix* Berk. & Br.** Paris, I.F.C.C., 1971. (Boletim N° 10).
- TORRES, J.C., VENTURA, J.A. AACPD: um programa para calcular a área e o volume abaixo da curva de progresso da doença. **Fitopatologia Brasileira**, v.16, p.52. 1991. (Suplemento).
- VALE, F.X.R., ZAMBOLIM, L., JESUS Jr., W.C. Efeito de fatores climáticos na ocorrência e no desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1. **Resumos...** Poços de Caldas – MG, p.171-174. 2000.
- VALE, F.X.R., ZAMBOLIM, L., JESUS Jr., W.C. Efeito da temperatura no período latente de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., agente causal da ferrugem do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1. **Resumos...** Poços de Caldas – MG, p.175-178. 2000.
- WALLIN, J.R. Summary of recent progress in predicting late blight epidemics in United States and Canada. **American Potato Journal**, v.39, p.306-312. 1962.
- ZAMBOLIM, L., ACUÑA, R.S., VALE, F.X.R., CHAVES, G.M. Influência da produção do Cafeeiro sobre o desenvolvimento da ferrugem (*Hemileia vastatrix*). **Fitopatologia Brasileira**, v.17, p.32-35. 1992.
- ZAMBOLIM, L., VALE, F.X.R., PEREIRA, A..A., CHAVES, G.M. Café (*Coffea arabica* L.), controle de doenças causadas por fungos, bactérias e vírus. In: VALE, F.X.R., ZAMBOLIM, L. (Eds.) **Controle de doenças de plantas**. V.1. Viçosa, 1997. p.83-180.
- ZAMBOLIM, L., VALE, F.X.R. In: ABEAS – Princípios de Fitopatologia. – Curso de Proteção de Plantas – módulo 5, Brasília: 1999. 88p.

CAPÍTULO 2

PROGRESSO DA FERRUGEM DO CAFEIEIRO EM DIFERENTES ALTITUDES

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a ferrugem do cafeeiro causada por *Hemileia vastatrix* foi constatada em janeiro de 1970 pelo pesquisador Arnaldo Gomes Medeiros, no sul da Bahia; quatro meses depois, a doença foi encontrada em cafeeiros em quase todos os Estados do Brasil. Hoje a doença pode ser encontrada em todas as lavouras de café cultivadas no País. Trata-se da principal doença do cafeeiro em todo o mundo (ZAMBOLIM et al., 1997).

No Estado de Minas Gerais, a cafeicultura está localizada em diferentes regiões geográficas, entre elas a Zona da Mata mineira, a qual se caracteriza por apresentar uma cafeicultura de montanha, cujas lavouras são plantadas numa ampla faixa de altitude.

A altitude onde as lavouras de café estão plantadas afeta de forma marcante o progresso da ferrugem, uma vez que ocorre nítida redução da temperatura em função da altitude.

No processo de dispersão do fungo, observa-se nítida redução no número de uredosporos de *H. vastatrix* à medida que se eleva a altura de coleta em relação ao nível do solo (MARTINEZ et al., 1975; FIGUEIREDO et al., 1977).

Após as chuvas, a quantidade de uredosporos que permanecem no ar é quase nula, evidenciando que eles são arrastados do ar para o solo pelas gotas d'água da chuva ou pelos núcleos de condensação d'água. Estes esporos, ao se depositarem em cafezais, formam focos irregulares, como que distribuídos ao acaso, fato este que reforça a importância do vento nos novos ciclos da doença, tanto a longa como a média e curta distância (MARTINEZ et al., 1975).

Alguns trabalhos têm estudado o efeito das diferentes altitudes sobre a curva de progresso da ferrugem. GREE (1993) verificou que a taxa de infecções das plantas por *H. vastatrix* variava com a altitude das localidades onde foram plantadas, havendo redução da incidência da doença à medida que se aumentava a altitude.

Em regiões montanhosas produtoras de café na Venezuela, as quais utilizam principalmente fungicidas granulados no solo para o controle da ferrugem, em razão da dificuldade de realizar pulverizações foliares, é possível diminuir a dose do defensivo nas áreas mais altas, devido ao fato de a intensidade da doença ser menor em regiões mais elevadas (ACUÑA et al., 1997).

Em cafezais plantados em Papua Nova Guiné, em altitudes superiores a 1.600 m, a incidência da ferrugem no campo não atinge o nível de controle, não se justificando, portanto, a aplicação de fungicidas (WHAN et al., 1994).

No Brasil, são escassos os trabalhos que visam correlacionar a incidência da ferrugem com a altitude. Portanto, o objetivo deste trabalho foi verificar se na faixa de altitude onde o café é plantado, na Zona da Mata de Minas Gerais, ocorrem variações na incidência da ferrugem no campo, visando determinar a necessidade do controle diferenciado da doença nas distintas altitudes desta região.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido durante dois anos agrícolas (1998/99 e 1999/00) nas localidades de Simonésia e Alto Caparaó, na Zona da Mata de Minas Gerais, onde foram amostradas lavouras da cultivar Catuaí Vermelho com idade variando de 6 a 8 anos, plantadas em espaçamentos entre 2,5-2,8 x 0,5-0,8 m, as quais receberam todos os tratamentos culturais comuns à cultura, exceto a aplicação de fungicidas.

Com o auxílio de um altímetro, foram escolhidas propriedades, uma em cada das seguintes altitudes: 660, 850, 960, 1.000, 1.050, 1.100 e 1.275 m.

Em cada propriedade foram demarcadas duas parcelas, constituídas de 14 plantas (10 centrais úteis e duas em cada lado da extremidade, como bordadura), além de uma linha de plantas de cada lado.

Para a coleta dos dados climáticos foram instalados dois abrigos meteorológicos, entre as plantas de café na altitude de 960 m e 1.275 m, numa altura de 1,5 m do nível do solo.

O abrigo a 960 m serviu de suporte para um aparelho de armazenamento de dados, munido com sensores de temperatura e molhamento foliar, o qual, a cada 30 minutos, registrou esses dados. Os sensores foram fixados a um suporte de madeira, que fora colocado entre as folhagens da planta contígua ao abrigo, na altura do terço inferior.

O abrigo a 1.275 m serviu de suporte para um termoigrógrafo (G. Lufft GmbH & Co), cujos gráficos foram coletados mensalmente; considerou-se como molhamento foliar a umidade relativa superior a 90%.

À altitude de 740 m os dados de temperatura média do ar e precipitação foram obtidos no Centro Experimental de Café Eloy Carlos Heringer, localizado dentro da região de estudos.

A avaliação do progresso da doença no campo foi feita por meio de amostras destrutivas de folhas coletadas mensalmente, começando em julho de 1998. Foram retiradas 10 folhas ao acaso, nas quatro posições dos pontos cardeais, por planta, na região mediana dos ramos (terceiro ou quarto par de folhas completamente desenvolvidas) e no terço inferior das plantas, perfazendo um total de 100 folhas por parcela.

A quantificação do progresso da ferrugem do cafeeiro foi feita por meio da incidência (percentagem de folhas com ferrugem).

A análise dos resultados das curvas de progresso de *H. vastatrix* para cada uma das diferentes altitudes escolhidas foi realizada por meio de estatística descritiva e análise de regressão, com os dados de máxima incidência da ferrugem do cafeeiro (pico da doença) para as diferentes altitudes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Curvas de progresso da ferrugem do cafeeiro

O progresso da ferrugem do cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais, em lavouras situadas até 1.000 m de altitude, foi bastante semelhante. O pico máximo de incidência ocorreu nos meses de julho a agosto, com incidência normalmente em torno de 70 a 90%, nos anos de alta carga pendente de frutos, como o ocorrido nos anos agrícolas 97/98 e 99/00; e de 40 a 60% nos anos de baixa a média carga, como 98/99 (Figura 1).

No ano agrícola 1998/99, ano de baixa carga pendente de frutos, a curva de progresso da ferrugem na lavoura plantada a 660 m de altitude apresentou fase logarítmica entre os meses de fev.-99 e jul.-99, sendo a incidência inicial de 13,0% e a final de 47,5%; a 850 m, a fase logarítmica ocorreu entre os meses de fev.-99 e jul.-99, sendo a incidência inicial de 12,5% e a final de 67,0%; já a 960 m, a fase logarítmica ocorreu entre os meses de fev.-99 e jul.-99, sendo a incidência inicial de 1,0% e final de 60,0% (Figura 1A).

No ano agrícola 1999/00, ano de alta carga pendente de frutos, a curva de progresso da ferrugem do cafeeiro na lavoura plantada a 660 m de altitude apresentou sua fase logarítmica entre os meses de dez.-99 e jun.-00, partindo de uma incidência inicial de 3,0% de folhas com ferrugem para uma incidência

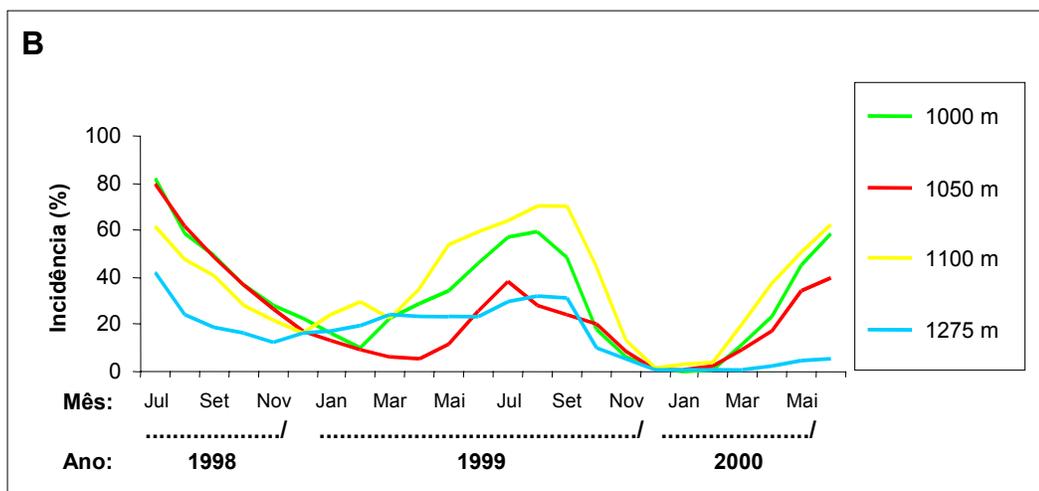
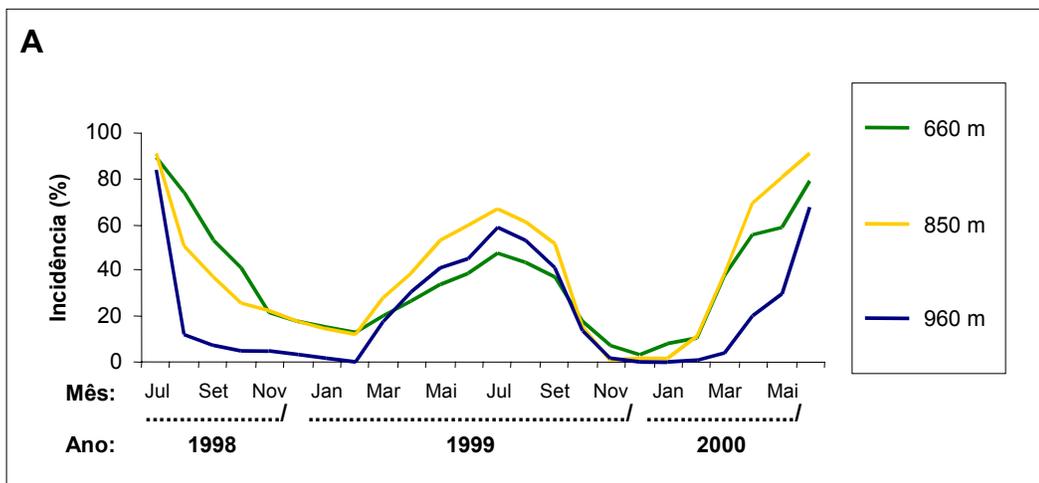


Figura 1 - Curvas de progresso da ferrugem do cafeeiro em diferentes altitudes. **A:** Altitudes de 660, 850 e 960 m. **B:** Altitudes de 1.000, 1.050, 1.100 e 1.275 m.

final de 79,0%; a 850 m, a fase logarítmica ocorreu entre os meses de jan.-00 e jun.-00, sendo a incidência inicial de 2,0% e a final de 91,0%; já a 960 m, a fase logarítmica ocorreu entre os meses de fev.-00 a jun.-00, com incidência inicial de 1,0% e final de 68,0%.

O início da fase logarítmica no ano de baixa carga pendente de frutos apresentou incidência média de folhas de café com ferrugem nas quatro altitudes abaixo de 1.000 m de 7,0%. No ano agrícola com alta carga pendente de frutos, o início da epidemia ocorreu com 1,8% de incidência. O maior percentual de inóculo inicial no ano de baixa carga foi reflexo de maior incidência da doença no ano agrícola anterior, que normalmente é de alta carga. Nota-se também que, no ano agrícola 1998/99, de baixa carga pendente de frutos, a incidência final de folhas de café com ferrugem, nas quatro altitudes abaixo de 1.000 m, foi de 57,4%, enquanto no ano agrícola 1999/00, ano de alta carga pendente de frutos, a incidência final de folhas de café com ferrugem, nas quatro altitudes abaixo de 1.000 m, foi de 78,3%. Esses resultados estão de acordo com ZAMBOLIM et al. (1992), que mostraram a influência da carga pendente de frutos na epidemia da ferrugem do cafeeiro. O provável fator que afeta o nível de doença é o estresse causado na planta pela carga pendente, debilitando-a e reduzindo sua resistência ao desenvolvimento do patógeno.

As regressões lineares dos dados de máxima incidência (pico da doença) de folhas de café com ferrugem, em função da altitude, apresentaram, no ano agrícola 1997/98, inclinação igual a $-0,0788$ ($P = 0,0011$) (Figura 2A); no ano agrícola 1998/99, $b = -0,0189$ ($P = 0,4081$) (Figura 2B); e no ano agrícola 1999/00, $b = -0,1210$ ($P = 0,0008$) (Figura 2C). As estimativas do parâmetro b foram estatisticamente diferentes de zero para os anos de alta carga pendente de frutos, mas não o foi para o ano de baixa carga pendente; logo, a diminuição da incidência da doença decorrente da baixa carga pendente da lavoura interferiu no efeito da redução da doença em função da altitude.

No ano agrícola 1998/99, ano de baixa carga pendente de frutos, a curva de progresso da ferrugem do cafeeiro na lavoura plantada a 1.000 m de altitude apresentou sua fase logarítmica entre os meses de fev.-99 e ago.-99,

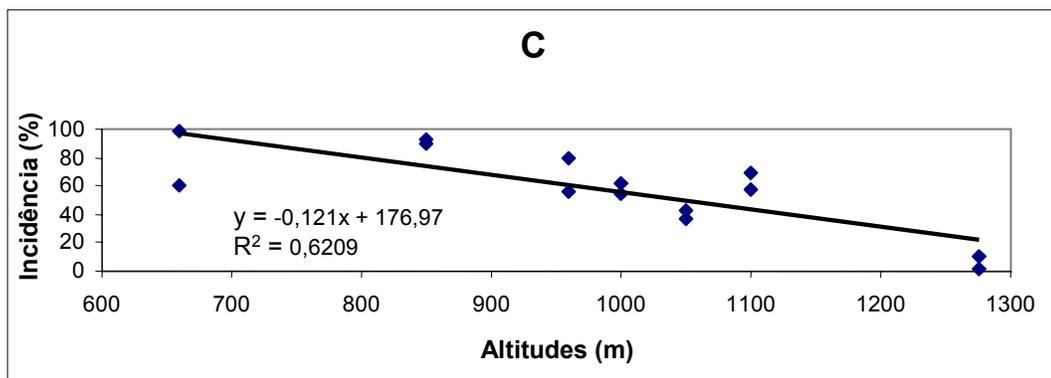
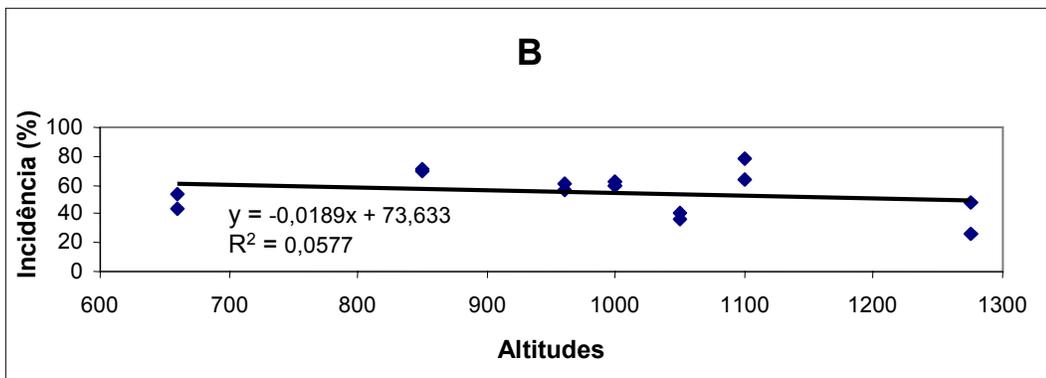
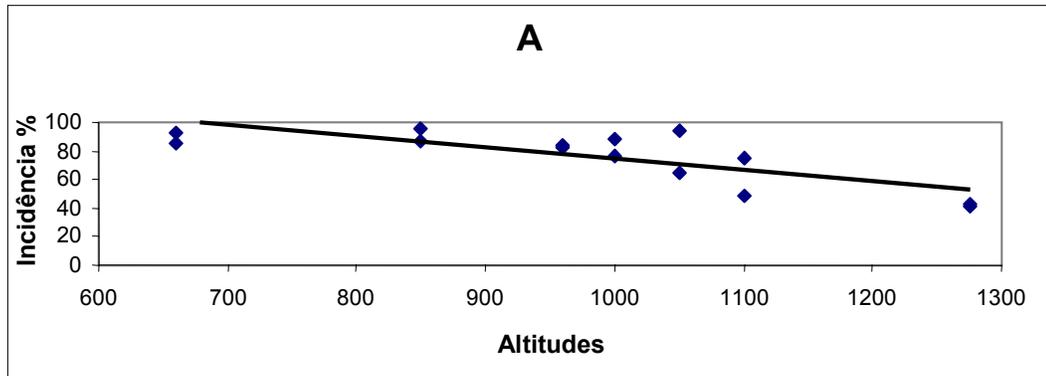


Figura 2 - Regressões lineares com os dados dos picos de incidência da ferrugem (*H. vastatrix*) em função da altitude, na região da Zona da Mata de Minas Gerais. **A:** Ano agrícola 1997/1998. **B:** Ano agrícola 1998/1999. **C:** Ano agrícola 1999/2000.

partindo de uma incidência inicial de 10,0% de folhas com ferrugem para uma incidência final de 59,0% (Figura 1 (B)); a 1.050 m, a fase logarítmica ocorreu entre os meses de fev.-99 e jul.-99, sendo a incidência inicial de 5,5% e a final de 38,5%; a 1.100 m, a fase logarítmica ocorreu entre os meses de dez.-98 e set.-99, sendo a incidência inicial de 16,5% e a final de 70,0%; já a 1.275 m, a fase logarítmica ocorreu entre os meses de jan.-99 e set.-99, com a incidência inicial de 12,5% e final de 31,5%.

No ano agrícola 1999/00, ano de alta carga pendente de frutos, a curva de progresso da ferrugem do cafeeiro, na lavoura plantada a 1.000 m de altitude, apresentou sua fase logarítmica entre os meses de fev.-00 a jun.-00, partindo de uma incidência inicial de 1,0% de folhas com ferrugem para uma incidência final de 58,5%; a 1.050 m, a fase logarítmica ocorreu entre os meses de fev.-00 e jun.-00, sendo a incidência inicial de 2,5% e a final de 39,5%; a 1.100 m, a fase logarítmica ocorreu entre os meses de fev.-00 e jun.-00, sendo a incidência inicial de 4,0% e a final de 62,5%; já a 1.275 m, a fase logarítmica ocorreu entre os meses de mar.-00 e jun.-00, com a incidência inicial de 0,5% e final de 5,5%.

À semelhança do ocorrido nas lavouras abaixo de 1.000 m de altitude, o nível de inóculo inicial médio nas quatro altitudes acima de 1.000 m, em anos de baixa carga pendente de frutos, a qual foi de 11,5%, foi maior que em anos de alta carga pendente de frutos, que foi de 2,0%, porém a incidência final de folhas de café com ferrugem não apresentou diferença entre os dois anos, sendo de 49,75% para anos de baixa carga e de 41,78% para anos de alta carga.

Não apenas a incidência, mas também a severidade da ferrugem do cafeeiro, apresentou declínio com o aumento na altitude (Figura 3), o que mostrou redução no número de ciclos secundários a partir de 1.000 m, sendo isso reflexo de um período latente maior do fungo, visto que a temperatura nestas áreas são mais amenas.

A redução da incidência da ferrugem em lavouras acima de 1.000 m de altitude pode estar associada ao fato de a temperatura diminuir com a altitude (Figuras 4, 5 e 6).

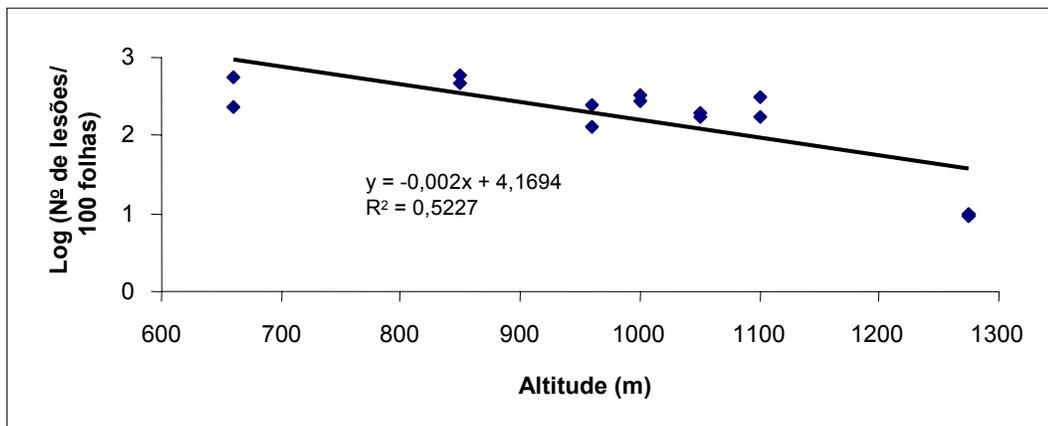


Figura 3 - Regressão linear com os dados dos picos de severidade da ferrugem, no ano agrícola 1999/2000, em função da altitude, na região da Zona da Mata de Minas Gerais.

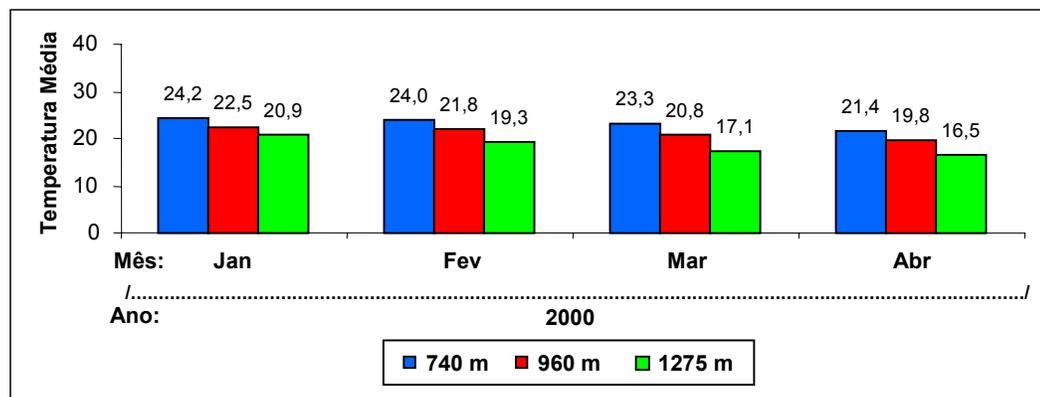


Figura 4 - Temperatura média dos meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2000, nas altitudes de 740, 960 e 1.275 m, na Zona da Mata mineira.

As temperaturas média na altitude de 740 m foi de 24,2°C, 22,9°C, 21,5°C e 20,5°C, nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2000, respectivamente; na altitude de 960 m, foram de 22,5°C, 21,8°C, 20,8°C e 19,8°C; e na altitude de 1.275 m, foram de 20,7°C, 19,9°C, 19,2°C e 18,5°C.

A temperatura exerce influência significativa tanto no ciclo de vida do patógeno como também na fisiologia do cafeeiro. A temperatura ótima para

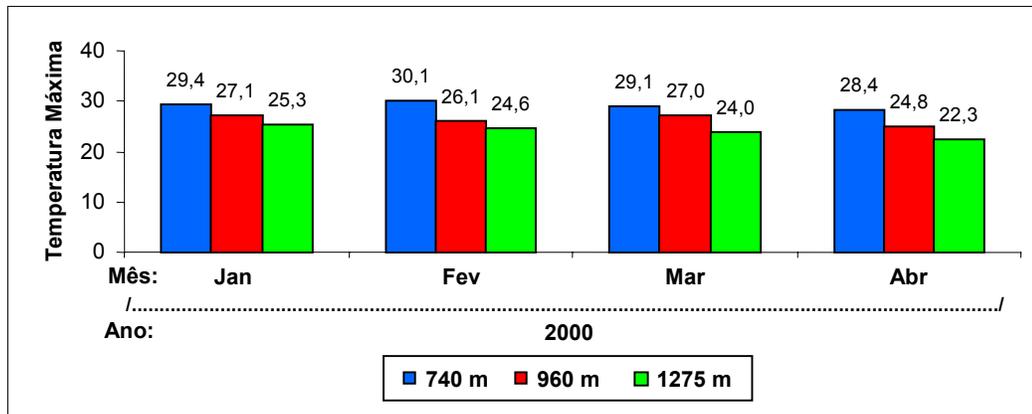


Figura 5 - Temperatura máxima dos meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2000, nas altitudes de 740, 960 e 1.275 m, na Zona da Mata mineira.

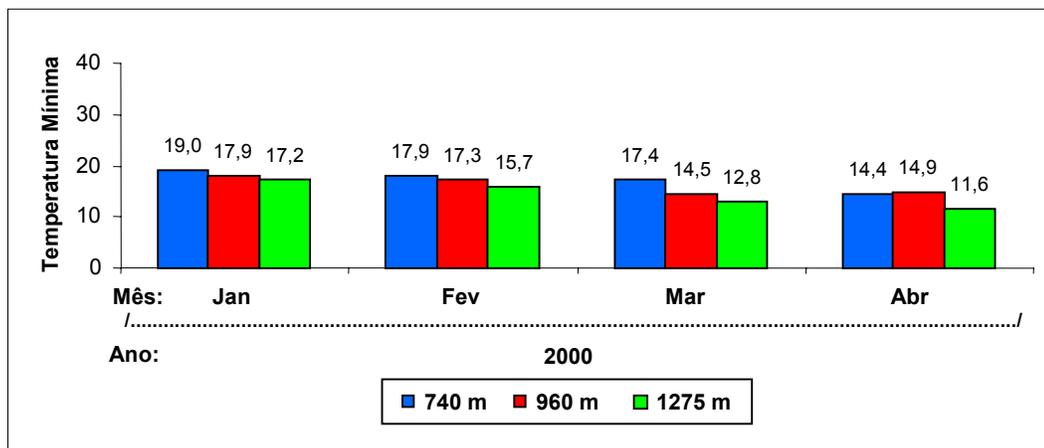


Figura 6 - Temperatura mínima dos meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2000, nas altitudes de 740, 960 e 1.275 m, na Zona da Mata mineira.

ocorrer a germinação de uredosporos de *H. vastatrix* está entre 21,0°C e 23,7°C (MONTROYA e CHAVES, 1974; NUTMAN e ROBERTS, 1963; RAYNER, 1961). Na altitude de 740 m, a temperatura média ficou nessa faixa ideal, no ano agrícola 1999/2000, até abril; a 960 m, até março; e a 1.275 m, até janeiro (Figura 4).

Segundo AKUTSU (1981), abaixo de 16°C praticamente não ocorrem infecções de *H. vastatrix* em cafeeiro. A temperatura mínima, normalmente, ocorre à noite, que por sua vez é o momento em que comumente ocorre molhamento foliar. Na altitude de 1.275 m, a partir de fevereiro, a temperatura mínima ficou abaixo deste valor; logo, limitou a ocorrência de novas infecções. Para a altitude de 960 m, esse efeito foi evidente a partir de março; e a 740 m, a partir de abril (Figura 7).

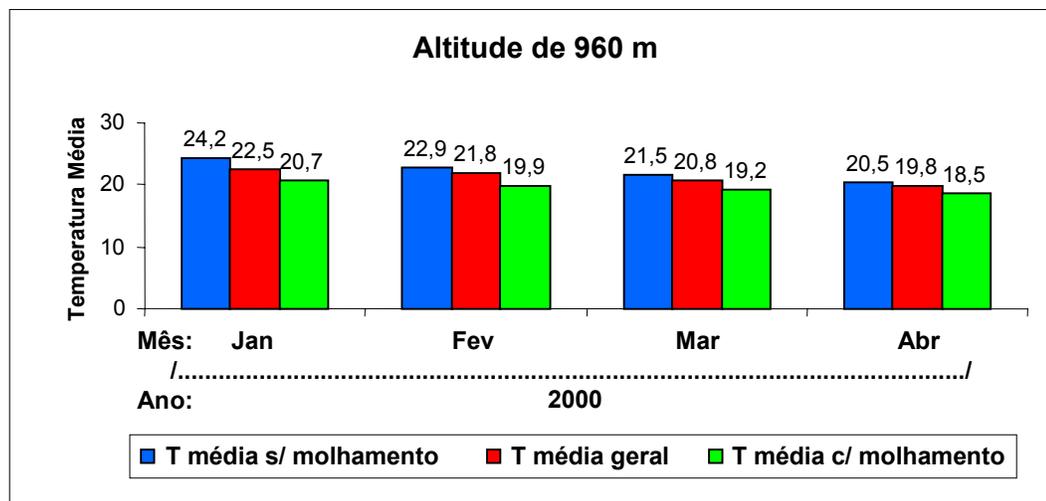


Figura 7- Temperatura média nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2000, na altitude de 960 m, nas horas de molhamento foliar, nas horas sem molhamento foliar e nas horas independentes de molhamento foliar, na Zona da Mata de Minas Gerais.

Outro processo do ciclo de vida do patógeno influenciado pela temperatura é o período latente, que é o tempo decorrido entre a infecção e o aparecimento de sinais do fungo; nesse período, à temperatura de 23,1°C, o período latente foi de 33 dias, enquanto a 18,0°C e 26,0°C ele foi, respectivamente, de 47 e 50 dias (MONTROYA e CHAVES, 1974; VALE et al., 2000). Com base nesses dados, pode-se afirmar que a temperatura média na

altitude de 740 m propicia condições para um menor período latente do que a 960 m, que por sua vez é menor a 1.275 m de altitude (Figura 4).

A redução de 0,9°C a cada aumento de 100 m na altitude da região da Zona da Mata de Minas Gerais, registrada no ensaio, permite concluir que, principalmente nas altitudes acima de 1.000 m, nesta região, a temperatura exerce papel importante na restrição da germinação de uredosporos de *H. vastatrix*, como também no surgimento de novas infecções e no período latente do fungo, acarretando menor incidência de folhas de café com ferrugem.

A temperatura média diária representa bem o efeito dessa variável meteorológica no período de incubação da ferrugem. No entanto, para o processo de infecção, a temperatura média durante o período de molhamento foliar é que deve ser levada em consideração, pois só há infecção na presença de água livre sobre a superfície foliar. A temperatura média durante o período de molhamento foliar, entre os meses de janeiro e abril de 2000, na lavoura plantada na altitude de 960 m, ficou 0,7 a 1,7°C menor que a temperatura média mensal, independentemente do molhamento foliar (Figura 7).

A altitude influenciou a época da ocorrência do pico da ferrugem. Nas lavouras até 1.050 m, o pico ocorreu, normalmente, entre os meses de maio e agosto; e a partir de 1.100 m, de agosto a outubro. A possível causa desse atraso é a ação direta da redução da temperatura no aumento do período latente da ferrugem do cafeeiro, como discutido anteriormente com os dados de MONTROYA e CHAVES (1974).

Nas altitudes mais elevadas, o metabolismo da planta é menor e o seu ciclo reprodutivo é mais longo que nas regiões abaixo de 1.000 m de altitude, resultando num atraso na maturação dos frutos e, por consequência, na colheita, momento este em que, geralmente, ocorre o pico da ferrugem no cafeeiro.

WHAN et al. (1994) observaram que, em cafezais plantados em Papua Nova Guiné, em altitudes acima de 1.600 m, a incidência de ferrugem no campo não atingia o nível de controle, não se justificando a aplicação de fungicidas para realizar seu controle. Nas condições do ensaio, notou-se que a até 1.275 m de altitude a ferrugem do cafeeiro atingiu incidência na colheita acima de 20%.

ACUÑA et al. (1997) verificam a possibilidade de diminuir a dose de fungicida aplicado via solo para o controle da ferrugem do cafeeiro nas áreas mais altas da Venezuela, devido ao fato de a intensidade da doença ser menor em regiões mais elevadas. Como no presente trabalho observou-se nítida redução da incidência da ferrugem do cafeeiro em lavouras acima de 1.000 m de altitude, na região da Zona da Mata de Minas Gerais há possibilidade de se reduzir o número de aplicações de fungicidas sistêmico foliares, bem como de protetores, ou mesmo diminuir a dose de fungicida granulado para controle da doença, em locais com altitudes mais altas.

4. CONCLUSÕES

O progresso da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*), na Zona da Mata de Minas Gerais, em lavouras situadas até 1.000 m de altitude, é bastante semelhante, apresentando pico máximo de incidência nos meses de julho a agosto. A incidência da doença, normalmente, está em torno de 70 a 90% nos anos de alta carga pendente de frutos, como o ocorrido nos anos agrícolas 97/98 e 99/00, e de 40 a 60% nos anos de baixa a média carga, como ocorrido em 98/99.

A redução de 0,9°C a cada elevação de 100 m na altitude da região da Zona da Mata de Minas Gerais, obtida no ensaio, permite concluir que, principalmente nas altitudes acima de 1.000 m, a temperatura exerce papel importante na restrição da germinação de uredosporos de *H. vastatrix*, no surgimento de novas infecções e no período latente do fungo, acarretando menor incidência de folhas com ferrugem.

Há variação da época de ocorrência da máxima incidência da doença: nas lavouras até 1.050 m de altitude este pico ocorre, normalmente, entre os meses de maio e agosto; já a partir de 1.100 m, de setembro a outubro.

Diante desses resultados, é conveniente a separação da Zona da Mata de Minas Gerais em dois ambientes distintos: as lavouras de café situadas acima e abaixo de 1.000 m, as quais devem apresentar estratégias de controle diferenciadas para a ferrugem, uma vez que a fenologia da planta e a

incidência da doença, devido principalmente à variação na temperatura, são distintas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACUNÃ, R.S., MIZUBUTI, E.S.G., FRANCO, A.V. Controle da ferrugem em regiões cafeeiras de maiores altitudes na Venezuela. **Summa Phytopathologica**, v.23, p.154-159. 1997.
- AKUTSU, M. Relação de funções climáticas e bióticas com a taxa de infecção da ferrugem do cafeeiro(*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). Viçosa, MG: UFV, 1981. 67p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, 1981.
- FIGUEIREDO, P., ALFONSI, R.R., ORTOLANI, A.A., MARIOTO, P.R., PALAZZO, D.A. Presença de uredosporos de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. no ar e sua importância sobre a epidemiologia da ferrugem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 5. **Resumos...** Guarapari – ES. p.87-88. 1977.
- GREE, G. Epidemiology of coffee leaf rust in the Eastern Highlands. **Newsletter - Coffee Research Institute**, v.2, p.16-20. 1993.
- MARTINEZ, J.A., PALAZZO, D.A., KARAZAWA, M., MONTEIRO, M.V.M., REU, N.R.N. Presença de esporos de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. agente causal da ferrugem do cafeeiro em diferentes altitudes nas principais áreas cafeeiras dos Estados de São Paulo e Paraná. **O Biológico**, v.41, p.77-88. 1975.
- MONTOYA, R.H., CHAVES, G.M. Influência da temperatura e da luz na germinação, infectividade e período de geração de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. *Experientiae*, 18: 239-266. 1974.
- NUTMAN, F.J., ROBERTS, F.M. Studies on the biology of *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. **Transactions British Mycological Society**, v.46, p.27-48. 1963.

- RAYNER, R.W. Germination and penetration studies on coffee rust (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). **The Annals of Applied Biology**, v.49, p.497-505. 1961.
- WHAN, J.H., BROWN, J.S., KENNY, M.K., MERRIMAN, P.R. Development of strategies to control coffee leaf rust in Papua New Guinea. **Papua-New-Guinea-Coffee**, v.10, p.6-10. 1994.
- ZAMBOLIM, L., ACUÑA, R.S., VALE, F.X.R., CHAVES, G.M. Influência da produção do cafeeiro sobre o desenvolvimento da ferrugem (*Hemileia vastatrix*). **Fitopatologia Brasileira**, v.17, p.32-35. 1992.
- ZAMBOLIM, L., VALE, F.X.R., PEREIRA, A..A., CHAVES, G.M. Café (*Coffea arabica* L.), controle de doenças causadas por fungos, bactérias e vírus. In: VALE, F.X.R., ZAMBOLIM, L. (Eds.). **Controle de doenças de plantas**. V.1. Viçosa, 1997. p.83-180.

2. CONCLUSÕES GERAIS

Com base nos resultados deste trabalho, pode-se evidenciar que, para os municípios de Coimbra - MG e Carmo do Paranaíba – MG, o calendário de aplicação de fungicidas obteve controle eficiente da doença - 22,0 a 28,5% de incidência de folha com ferrugem por ocasião da colheita, para a lavoura com alta carga pendente de frutos, e 3,5 a 8,0% de incidência para a lavoura com média carga pendente de frutos - utilizando duas pulverizações com fungicida sistêmico por ano. O sistema de previsão da ferrugem do cafeeiro proposto apresentou a mesma eficiência no controle da doença, mas com economia de uma pulverização na lavoura com média carga pendente de frutos. Foi observado que o VSD mais adequado foi de 30 e 50, para anos de alta e média carga pendente de frutos, respectivamente.

Observando as curvas de progresso da doença nas diferentes altitudes, por meio de regressão linear dos picos de incidência e severidade de *H. vastatrix*, verificou-se decréscimo da ferrugem do cafeeiro nas lavouras plantadas em altitudes mais elevadas, principalmente naquelas de 1.000 m. A provável explicação para isso é que, com o aumento de 660 para 1.275 m, há decréscimo correspondente na temperatura, a qual foi, em média, 0,9°C menor para cada 100 m de elevação na altitude.

O pico da ferrugem de 1998 a 2000 foi obtido de julho a outubro, de acordo com a altitude. Quanto maior a altitude, mais o pico da doença tendeu a se deslocar para os meses de setembro a outubro, acompanhando a tendência

fisiológica da planta de atraso na colheita nas áreas mais elevadas. A maior incidência da ferrugem ocorreu na altitude de 850 m, e a menor, a 1.275 m, com incidência máxima de 40% de folhas com a doença, por ocasião da colheita.

Assim, as estratégias de controle da ferrugem devem ser diferenciadas não só de acordo com temperatura, chuva, molhamento foliar e umidade relativa, mas também com a altitude onde a lavoura está implantada.

APÊNDICE

APÊNDICE A

Tabela 1A - Cálculo dos valores de severidade da doença (VSD), do ensaio conduzido em Coimbra – MG

Dia	Temp. (°C)	Molh. (h)	VSD (diário)	VSD (acumulado)			
				Trat 8	Trat 9	Trat 10	Trat 11
29/12/99	18,0	10,75	1	1	1	1	1
30/12/99	--	0,00	0	1	1	1	1
31/12/99	20,5	10,50	2	3	3	3	3
01/01/00	18,5	23,25	2	5	5	5	5
02/01/00	19,0	20,75	3	8	8	8	8
03/01/00	19,0	14,00	2	10	10	10	10
04/01/00	--	0,00	0	10	10	10	10
05/01/00	15,0	6,50	0	10	10	10	10
06/01/00	17,5	12,75	1	11	11	11	11
07/01/00	14,0	6,25	0	11	11	11	11
08/01/00	15,0	8,25	0	11	11	11	11
09/01/00	--	0,00	0	11	11	11	11
10/01/00	--	0,00	0	11	11	11	11
11/01/00	16,0	3,50	0	11	11	11	11
12/01/00	14,5	5,25	0	11	11	11	11

Tabela 1A, Cont.

Dia	Temp. (°C)	Molh. (h)	VSD (diário)	VSD (acumulado)			
				Trat 8	Trat 9	Trat 10	Trat 11
13/01/00	14,5	4,75	0	11	11	11	11
14/01/00	--	0,00	0	11	11	11	11
15/01/00	17,5	12,25	1	12	12	12	12
16/01/00	19,0	12,75	2	14	14	14	14
17/01/00	18,5	3,00	0	14	14	14	14
18/01/00	--	0,00	0	14	14	14	14
19/01/00	17,0	17,75	2	16	16	16	16
20/01/00	13,5	6,00	0	16	16	16	16
21/01/00	--	0,00	0	16	16	16	16
22/01/00	19,0	2,00	1	17	17	17	17
23/01/00	24,0	1,25	2	19	19	19	19
24/01/00	19,0	5,25	1	20	20	20	20
25/01/00	20,6	1,25	1	21	21	21	21
26/01/00	18,4	21,25	0	21	21	21	21
27/01/00	14,6	> 48	0	21	21	21	21
28/01/00	14,5	> 48	0	21	21	21	21
29/01/00	15,6	> 48	0	21	21	21	21
30/01/00	19,0	10,50	2	23	23	23	23
31/01/00	20,0	15,00	2	25	25	25	25
01/02/00	18,0	10,50	1	26	26	26	26
02/02/00	19,3	8,00	1	27	27	27	27
03/02/00	18,0	1,75	0	27	27	27	27
04/02/00	--	0,00	0	27	27	27	27
05/02/00	20,6	15,50	2	29 *	29	29	29
06/02/00	18,3	16,00	1	1	30	30	30
07/02/00	19,6	> 48	1	2	31	31	31
08/02/00	17,0	> 48	0	2	31	31	31
09/02/00	17,2	> 48	0	2	31	31	31

Tabela 1A, Cont.

Dia	Temp. (°C)	Molh. (h)	VSD (diário)	VSD (acumulado)			
				Trat 8	Trat 9	Trat 10	Trat 11
10/02/00	--	0,00	0	2	31	31	31
11/02/00	--	0,00	0	2	31	31	31
12/02/00	--	0,00	0	2	31	31	31
13/02/00	--	0,00	0	2	31	31	31
14/02/00	--	0,00	0	2	31	31	31
15/02/00	17,5	7,50	0	2	31	31	31
16/02/00	17,0	6,00	0	2	31	31	31
17/02/00	--	0,00	0	2	31	31	31
18/02/00	17,8	7,00	0	2	31	31	31
19/02/00	--	0,00	0	2	31	31	31
20/02/00	--	0,00	0	2	31	31	31
21/02/00	18,0	5,50	0	2	31	31	31
22/02/00	16,0	10,00	1	3	32	32	32
23/02/00	16,1	8,00	0	3	32	32	32
24/02/00	--	0,00	0	3	32	32	32
25/02/00	--	0,00	0	3	32	32	32
26/02/00	--	0,00	0	3	32	32	32
27/02/00	--	0,00	0	3	32	32	32
28/02/00	--	0,00	0	3	32	32	32
29/02/00	16,5	17,00	2	5	34 *	34	34
01/03/00	26,0	3,00	1	6	1	35	35
02/03/00	17,5	19,00	2	8	3	37	37
03/03/00	--	0,00	0	8	3	37	37
04/03/00	--	0,00	0	8	3	37	37
05/03/00	17,8	14,00	1	9	4	38	38
06/03/00	--	0,00	0	9	4	38	38
07/03/00	18,0	11,00	1	10	5	39 *	39
08/03/00	15,8	13,00	0	10	5	0	39

Tabela 1A, Cont.

Dia	Temp. (°C)	Molh. (h)	VSD (diário)	VSD (acumulado)			
				Trat 8	Trat 9	Trat 10	Trat 11
09/03/00	15,3	> 48	0	10	5	0	39
10/03/00	16,2	> 48	0	10	5	0	39
11/03/00	17,0	> 48	0	10	5	0	39
12/03/00	17,3	> 48	0	10	5	0	39
13/03/00	17,0	0,75	0	10	5	0	39
14/03/00	19,0	15,00	2	12	7	2	41
15/03/00	19,6	17,00	2	14	9	4	43
16/03/00	19,1	21,50	3	17	12	7	46 *
17/03/00	19,2	17,00	2	19	14	9	2
18/03/00	19,0	> 48	1	20	15	10	3
19/03/00	19,0	> 48	1	21	16	11	4
20/03/00	19,5	> 48	1	22	17	12	5
21/03/00	17,0	5,00	0	22	17	12	5
22/03/00	18,5	14,00	1	23	18	13	6
23/03/00	18,0	12,00	1	24	19	14	7
24/03/00	17,8	6,00	0	24	19	14	7
25/03/00	19,6	16,00	2	26	21	16	9
26/03/00	18,7	13,00	1	27	22	17	10
27/03/00	--	0,00	0	27	22	17	10
28/03/00	18,8	17,25	2	29	24	19	12
29/03/00	16,3	14,50	1	30 *	25	20	13
30/03/00	--	0,00	0	0	25	20	13
31/03/00	17,8	3,00	0	0	25	20	13
01/04/00	17,6	8,00	0	0	25	20	13
02/04/00	18,3	6,50	0	0	25	20	13
03/04/00	--	0,00	0	0	25	20	13
04/04/00	--	0,00	0	0	25	20	13
05/04/00	--	0,00	0	0	25	20	13

Tabela 1A, Cont.

Dia	Temp. (°C)	Molh. (h)	VSD (diário)	VSD (acumulado)			
				Trat 8	Trat 9	Trat 10	Trat 11
06/04/00	--	0,00	0	0	25	20	13
07/04/00	--	0,00	0	0	25	20	13
08/04/00	--	0,00	0	0	25	20	13
09/04/00	--	0,00	0	0	25	20	13
10/04/00	--	0,00	0	0	25	20	13
11/04/00	17,0	15,00	1	1	26	21	14
12/04/00	16,0	6,00	0	1	26	21	14
13/04/00	14,3	6,00	0	1	26	21	14
14/04/00	15,3	12,00	0	1	26	21	14
15/04/00	16,4	10,00	1	2	27	22	15
16/04/00	--	0,00	0	2	27	22	15
17/04/00	--	0,00	0	2	27	22	15
18/04/00	--	0,00	0	2	27	22	15
19/04/00	16,0	14,00	1	3	28	23	16
20/04/00	18,0	12,00	1	4	29	24	17
21/04/00	--	0,00	0	4	29	24	17
22/04/00	--	0,00	0	4	29	24	17
23/04/00	--	0,00	0	4	29	24	17
24/04/00	11,0	7,00	0	4	29	24	17
25/04/00	--	0,00	0	4	29	24	17
26/04/00	--	0,00	0	4	29	24	17
27/04/00	--	0,00	0	4	29	24	17
28/04/00	17,5	15,00	1	5	30	25	18
29/04/00	--	0,00	0	5	30	25	18
30/04/00	17,3	14,00	1	6	31	26	19
01/05/00	--	0,00	0	6	31	26	19
02/05/00	--	0,00	0	6	31	26	19
03/05/00	17,0	9,00	1	7	32	27	20

Tabela 1A, Cont.

Dia	Temp. (°C)	Molh. (h)	VSD (diário)	VSD (acumulado)			
				Trat 8	Trat 9	Trat 10	Trat 11
04/05/00	17,5	15,00	1	8	33	28	21
05/05/00	17,3	14,00	1	9	34 *	29	22
06/05/00	--	0,00	0	9	0	29	22
07/05/00	--	0,00	0	9	0	29	22
08/05/00	17,3	16,00	1	10	1	30	23
09/05/00	10,0	5,00	0	10	1	30	23
10/05/00	--	0,00	0	10	1	30	23
11/05/00	14,2	5,00	0	10	1	30	23
12/05/00	--	0,00	0	10	1	30	23
13/05/00	--	0,00	0	10	1	30	23
14/05/00	--	0,00	0	10	1	30	23
15/05/00	--	0,00	0	10	1	30	23
16/05/00	--	0,00	0	10	1	30	23
17/05/00	16,2	7,00	0	10	1	30	23
18/05/00	10,5	6,00	0	10	1	30	23
19/05/00	16,2	11,00	1	11	2	31	24
20/05/00	11,5	8,00	0	11	2	31	24
21/05/00	--	0,00	0	11	2	31	24
22/05/00	--	0,00	0	11	2	31	24
23/05/00	--	0,00	0	11	2	31	24
24/05/00	--	0,00	0	11	2	31	24
25/05/00	--	0,00	0	11	2	31	24
26/05/00	--	0,00	0	11	2	31	24
27/05/00	16,3	15,00	1	12	3	32	25
28/05/00	17,1	9,00	1	13	4	33	26
29/05/00	--	0,00	0	13	4	33	26
30/05/00	--	0,00	0	13	4	33	26
31/05/00	--	0,00	0	13	4	33	26

Tabela 1A, Cont.

Dia	Temp. (°C)	Molh. (h)	VSD (diário)	VSD (acumulado)			
				Trat 8	Trat 9	Trat 10	Trat 11
01/06/00	--	0,00	0	13	4	33	26
02/06/00	--	0,00	0	13	4	33	26
03/06/00	9,2	7,00	0	13	4	33	26
04/06/00	--	0,00	0	13	4	33	26
05/06/00	--	0,00	0	0 **	0 **	0 **	0 **
06/06/00	--	0,00	0	0	0	0	0
07/06/00	14,5	2,00	0	0	0	0	0
08/06/00	--	0,00	0	0	0	0	0
09/06/00	9,6	7,00	0	0	0	0	0
10/06/00	7,8	4,00	0	0	0	0	0
11/06/00	--	0,00	0	0	0	0	0
12/06/00	--	0,00	0	0	0	0	0
13/06/00	--	0,00	0	0	0	0	0
14/06/00	11,3	15,00	0	0	0	0	0
15/06/00	9,3	14,00	0	0	0	0	0
16/06/00	11,4	15,00	0	0	0	0	0
17/06/00	12,0	13,00	0	0	0	0	0
18/06/00	10,7	15,00	0	0	0	0	0
19/06/00	11,2	11,00	0	0	0	0	0

* Datas recomendadas para pulverizações de acordo com o sistema de previsão proposto para *Hemileia vastatrix*.

** Trinta dias com valores acumulados abaixo de 5 VSDs.

APÊNDICE B

Tabela 1B - Cálculo dos valores de severidade da doença (VSD), do ensaio conduzido em Carmo do Paranaíba – MG

Dia	Temp. (°C)	Molh. (h)	VSD (diário)	VSD (acumulado)			
				Trat 8	Trat 9	Trat 10	Trat 11
29/12/99	19,5	24,0	3	3	3	3	3
30/12/99	20,5	11,0	2	5	5	5	5
31/12/99	20,0	14,0	2	7	7	7	7
01/01/00	20,0	10,0	2	9	9	9	9
02/01/00	20,5	2,0	1	10	10	10	10
03/01/00	19,0	8,0	1	11	11	11	11
04/01/00	19,0	8,0	1	12	12	12	12
05/01/00	17,0	7,5	0	12	12	12	12
06/01/00	17,5	7,0	0	12	12	12	12
07/01/00	19,0	7,0	1	13	13	13	13
08/01/00	20,0	1,0	1	14	14	14	14
09/01/00	--	0,0	0	14	14	14	14
10/01/00	23,0	3,0	2	16	16	16	16
11/01/00	--	0,0	0	16	16	16	16
12/01/00	--	0,0	0	16	16	16	16
13/01/00	--	0,0	0	16	16	16	16

Tabela 1B, Cont.

Dia	Temp. (°C)	Molh. (h)	VSD (diário)	VSD (acumulado)			
				Trat 8	Trat 9	Trat 10	Trat 11
14/01/00	20,8	10,0	2	18	18	18	18
15/01/00	--	0,0	0	18	18	18	18
16/01/00	--	0,0	0	18	18	18	18
17/01/00	20,0	7,0	1	19	19	19	19
18/01/00	21,5	> 48	2	21	21	21	21
19/01/00	20,5	> 48	1	22	22	22	22
20/01/00	20,5	> 48	1	23	23	23	23
21/01/00	20,0	11,0	2	25	25	25	25
22/01/00	20,5	11,0	2	27	27	27	27
23/01/00	19,5	12,0	2	29	29	29	29
24/01/00	19,5	14,0	2	31	31	31	31
25/01/00	21,0	> 48	2	33	33	33	33
26/01/00	20,5	> 48	1	34	34	34	34
27/01/00	20,0	> 48	1	35	35	35	35
28/01/00	19,9	> 48	1	36	36	36	36
29/01/00	19,4	> 48	1	37	37	37	37
30/01/00	20,2	15,0	2	39	39	39	39
31/01/00	--	0,0	0	39	39	39	39
01/02/00	19,6	> 48	1	40	40	40	40
02/02/00	18,6	> 48	0	40	40	40	40
03/02/00	19,4	> 48	1	41	41	41	41
04/02/00	19,8	> 48	1	42	42	42	42
05/02/00	21,5	> 48	2	44	44	44	44
06/02/00	20,2	> 48	1	45	45	45	45
07/02/00	19,8	> 48	1	46	46	46	46
08/02/00	20,0	> 48	1	47	47	47	47
09/02/00	18,8	> 48	0	47	47	47	47
10/02/00	18,8	> 48	0	47	47	47	47

Tabela 1B, Cont.

Dia	Temp. (°C)	Molh. (h)	VSD (diário)	VSD (acumulado)			
				Trat 8	Trat 9	Trat 10	Trat 11
11/02/00	19,5	> 48	1	48	48	48	48
12/02/00	19,3	12,0	2	50 *	50	50	50
13/02/00	18,8	12,0	1	1	51	51	51
14/02/00	--	0,0	0	1	51	51	51
15/02/00	17,8	8,0	0	1	51	51	51
16/02/00	--	0,0	0	1	51	51	51
17/02/00	--	0,0	0	1	51	51	51
18/02/00	17,9	14,0	1	2	52	52	52
19/02/00	19,4	15,0	2	4	54	54	54
20/02/00	19,3	8,0	1	5	55	55	55
21/02/00	--	0,0	0	5	55	55	55
22/02/00	--	0,0	0	5	55	55	55
23/02/00	--	0,0	0	5	55	55	55
24/02/00	--	0,0	0	5	55	55	55
25/02/00	--	0,0	0	5	55	55	55
26/02/00	20,1	11,0	2	7	57	57	57
27/02/00	20,9	14,0	2	9	59 *	59	59
28/02/00	--	0,0	0	9	0	59	59
29/02/00	19,1	18,0	3	12	3	62	62
01/03/00	18,9	12,0	1	13	4	63	63
02/03/00	19,0	8,0	1	14	5	64	64
03/03/00	--	0,0	0	14	5	64	64
04/03/00	19,4	10,0	2	16	7	66	66
05/03/00	--	0,0	0	16	7	66	66
06/03/00	--	0,0	0	16	7	66	66
07/03/00	--	0,0	0	16	7	66	66
08/03/00	--	0,0	0	16	7	66	66
09/03/00	18,2	15,0	1	17	8	67	67

Tabela 1B, Cont.

Dia	Temp. (°C)	Molh. (h)	VSD (diário)	VSD (acumulado)			
				Trat 8	Trat 9	Trat 10	Trat 11
10/03/00	19,2	> 48	1	18	9	68	68
11/03/00	18,7	> 48	0	18	9	68	68
12/03/00	19,3	> 48	1	19	10	69	69
13/03/00	19,4	> 48	1	20	11	70 *	70
14/03/00	18,0	6,0	0	20	11	0	70
15/03/00	--	0,0	0	20	11	0	70
16/03/00	20,3	12,0	2	22	13	2	72
17/03/00	20,0	16,0	2	24	15	4	74
18/03/00	20,4	10,0	2	26	17	6	76
19/03/00	20,1	> 48	1	27	18	7	77
20/03/00	19,9	> 48	1	28	19	8	78
21/03/00	20,0	> 48	1	29	20	9	79 *
22/03/00	--	0,0	0	29	20	9	0
23/03/00	--	0,0	0	29	20	9	0
24/03/00	18,5	4,0	0	29	20	9	0
25/03/00	--	0,0	0	29	20	9	0
26/03/00	--	0,0	0	29	20	9	0
27/03/00	--	0,0	0	29	20	9	0
28/03/00	17,7	5,0	0	29	20	9	0
29/03/00	17,6	16,0	1	30	21	10	1
30/03/00	17,7	14,0	1	31	22	11	2
31/03/00	--	0,0	0	31	22	11	2
01/04/00	--	0,0	0	31	22	11	2
02/04/00	--	0,0	0	31	22	11	2
03/04/00	--	0,0	0	31	22	11	2
04/04/00	--	0,0	0	31	22	11	2
05/04/00	--	0,0	0	31	22	11	2
06/04/00	--	0,0	0	31	22	11	2

Tabela 1B, Cont.

Dia	Temp. (°C)	Molh. (h)	VSD (diário)	VSD (acumulado)			
				Trat 8	Trat 9	Trat 10	Trat 11
07/04/00	--	0,0	0	31	22	11	2
08/04/00	--	0,0	0	31	22	11	2
09/04/00	--	0,0	0	31	22	11	2
10/04/00	--	0,0	0	31	22	11	2
11/04/00	16,0	5,0	0	31	22	11	2
12/04/00	17,3	7,0	0	31	22	11	2
13/04/00	--	0,0	0	31	22	11	2
14/04/00	18,9	14,0	1	32	23	12	3
15/04/00	17,7	9,0	0	32	23	12	3
16/04/00	--	0,0	0	32	23	12	3
17/04/00	18,0	10,0	1	33	24	13	4
18/04/00	18,3	7,0	0	33	24	13	4
19/04/00	19,6	12,0	2	35	26	15	6
20/04/00	19,9	15,0	2	37	28	17	8
21/04/00	16,0	7,0	0	37	28	17	8
23/04/00	--	0,0	0	37	28	17	8
24/04/00	--	0,0	0	37	28	17	8
25/04/00	12,5	4,0	0	37	28	17	8
26/04/00	--	0,0	0	37	28	17	8
27/04/00	9,5	5,0	0	37	28	17	8
28/04/00	--	0,0	0	37	28	17	8
29/04/00	14,3	11,0	0	37	28	17	8
30/04/00	13,5	5,0	0	37	28	17	8
01/05/00	15,6	10,0	0	37	28	17	8
02/05/00	--	0,0	0	37	28	17	8
03/05/00	--	0,0	0	37	28	17	8
04/05/00	19,1	6,0	1	38	29	18	9
05/05/00	16,2	9,0	1	39	30	19	10

Tabela 1B, Cont.

Dia	Temp. (°C)	Molh. (h)	VSD (diário)	VSD (acumulado)			
				Trat 8	Trat 9	Trat 10	Trat 11
06/05/00	--	0,0	0	39	30	19	10
07/05/00	--	0,0	0	39	30	19	10
08/05/00	--	0,0	0	39	30	19	10
09/05/00	16,6	10,0	1	40	31	20	11
10/05/00	--	0,0	0	40	31	20	11
11/05/00	--	0,0	0	40	31	20	11
12/05/00	--	0,0	0	40	31	20	11
13/05/00	13,1	11,0	0	40	31	20	11
14/05/00	14,2	9,0	0	40	31	20	11
15/05/00	12,4	10,0	0	40	31	20	11
16/05/00	--	0,0	0	40	31	20	11
17/05/00	--	0,0	0	40	31	20	11
18/05/00	15,6	8,0	0	40	31	20	11
19/05/00	16,0	9,0	1	41	32	21	12
20/05/00	14,6	5,0	0	41	32	21	12
21/05/00	--	0,0	0	0 **	0 **	0 **	0 **
22/05/00	15,5	10,0	0	0	0	0	0
23/05/00	--	0,0	0	0	0	0	0
24/05/00	--	0,0	0	0	0	0	0
25/05/00	--	0,0	0	0	0	0	0
26/05/00	11,6	10,0	0	0	0	0	0
27/05/00	--	0,0	0	0	0	0	0
28/05/00	--	0,0	0	0	0	0	0
29/05/00	15,1	10,0	0	0	0	0	0
30/05/00	11,4	4,0	0	0	0	0	0
31/05/00	--	0,0	0	0	0	0	0
01/06/00	11,8	4,0	0	0	0	0	0
02/06/00	11,7	3,0	0	0	0	0	0

Tabela 1B, Cont.

Dia	Temp. (°C)	Molh. (h)	VSD (diário)	VSD (acumulado)			
				Trat 8	Trat 9	Trat 10	Trat 11
03/06/00	--	0,0	0	0	0	0	0
04/06/00	10,7	6,0	0	0	0	0	0
05/06/00	6,9	3,0	0	0	0	0	0
06/06/00	8,2	6,0	0	0	0	0	0
07/06/00	8,9	11,0	0	0	0	0	0
08/06/00	9,8	6,0	0	0	0	0	0
09/06/00	10,3	5,0	0	0	0	0	0
10/06/00	9,8	2,0	0	0	0	0	0
11/06/00	8,7	5,0	0	0	0	0	0
12/06/00	10,0	8,0	0	0	0	0	0
13/06/00	10,8	7,0	0	0	0	0	0
14/06/00	13,2	11,0	0	0	0	0	0
15/06/00	8,7	7,0	0	0	0	0	0
16/06/00	11,6	8,0	0	0	0	0	0
17/06/00	10,7	2,0	0	0	0	0	0
18/06/00	11,4	4,0	0	0	0	0	0
19/06/00	--	0,0	0	0	0	0	0

* Datas recomendadas para pulverizações de acordo com o sistema de previsão proposto para *Hemileia vastatrix*.

** Trinta dias com valores acumulados abaixo de 5 VSD.