

JAIME HONORATO JÚNIOR

MAL-DAS-FOLHAS DA SERINGUEIRA: DINÂMICA DE INÓCULO
DO PATÓGENO, PROGRESSO E DANOS, EM TRÊS CONDIÇÕES
TOPOGRÁFICAS

Dissertação 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
2010

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

H774m
2010

Honorato Júnior, Jaime, 1977-

Mal-das-folhas da seringueira: dinâmica de inóculo do
patógeno, progresso e danos, em três condições topográficas /
Jaime Honorato Júnior. – Viçosa, MG, 2010.
ix, 91f. : il. ; 29cm.

Orientador: Luiz Antonio Maffia.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. *Hevea brasiliensis* - Doenças e pragas. 2. *Microcyclus ulei*.
3. Conídios. 4. Ascósporos. 5. Fenologia. 6. Desfolhamento.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

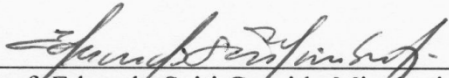
CDD 22.ed. 633.8952

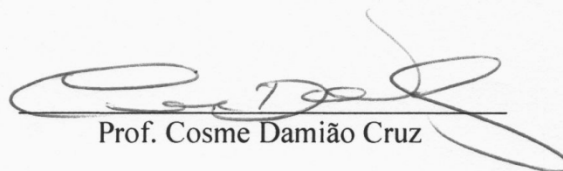
JAIME HONORATO JÚNIOR


MAL-DAS-FOLHAS DA SERINGUEIRA: DINÂMICA DE INÓCULO
DO PATÓGENO, PROGRESSO E DANOS, EM TRÊS CONDIÇÕES
TOPOGRÁFICAS

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

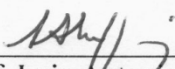
APROVADA: 22 de fevereiro de 2010.


Prof. Eduardo Seiti Gomide Mizubuti
(Co-orientador)


Prof. Cosme Damião Cruz


Prof. Olinto Liparini Pereira


Dr. Antônio de Pádua Alvarenga


Prof. Luiz Antonio Maffia
(Orientador)

“Os que esperam no Senhor
voam tão alto como as
águias, correm sem nunca
se cansar, vão mais além...”
(Isaías 40:31)

Ao Prof. Luiz Antonio Maffia,

dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao Deus Pai, Deus Filho e Deus Espírito Santo pelas brilhantes jóias humanas postas à disposição em meu viver: Terezinha e Ciro, avós maternos excepcionais; Arminda e João (*in memoriam*), avós paternos justos; minha animadora mãe, Cleide e meu encorajador pai, Jaime. Como aprendi e aprendo com vocês! Meu empreendedor irmão, Anderson e, minha jovem irmã Vanessa. Unidos somos fortes.

A jóia das jóias, estrela da manhã que me acompanha. Soraya, como te amo! Obrigado por ampliar nossa família presente, e por vir... Selma, Heber, Shirley e Fábio, esta conquista também é de vocês.

Aos pesquisadores do mundo heveícola, que tive a oportunidade de conhecer: Drs. Carlos Mattos, Kheng Hoy Chee, Luadir Gasparotto, Edna Dora Luz, Dominique Garcia, Antônio de Pádua Alvarenga, Edson Furtado; Sueli Mello, Luiz Cordeiro, Frank Rivano, Claudine Santos, Jean Guyot, Eric Cavaloc, José Raimundo Bonadie, Gérard. Bockiau, Lionel Barré, Adonias Virgens Filho, Jayme Vasquez, José Francisco Neto, Saulo Emílio Cardoso e Regis Lacote. Sintam-se partícipes desta conquista!

Aos técnicos: Edson, Edvan, Otamar, Luciano (Balboa), Alan e Joaquim fundamentais para o desenvolvimento dos trabalhos de campo.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade em realizar este curso.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

À Michelin, pelo apoio financeiro ao projeto.

À CEPLAC/CEPEC pela disponibilização do pluviógrafo.

Ao Prof. Luiz Antonio Maffia, pela orientação, confiança e paciência.

Aos Profs. Eduardo S. G. Mizubuti e Francisco Xavier Ribeiro do Vale pelas valiosas sugestões para melhoria do trabalho.

Aos professores Adair Regazzi e Cosme Damião Cruz, pela sempre complexa estatística.

Aos professores do Departamento de Fitopatologia da UFV por compartilhar valiosos conhecimentos.

Aos colegas de turma, muito especialmente ao Alessandro Nicoli, Danilo Pinho e Carlos Bragança, de fato, notáveis.

Aos colegas de laboratório: Júlio César, André, Paulo, Eugênio, Rodrigo, Elisa, Hiunes, Nilmara, Borel e Álefe, pelo convívio agradabilíssimo.

Muito Obrigado!

BIOGRAFIA

JAIME HONORATO JÚNIOR, filho de Cleide Silva Pereira Honorato e Jaime Honorato, nasceu em São Pedro do Ivaí, Paraná, em 06 de maio de 1977.

Em fevereiro de 1992, ingressou no curso Técnico em Agropecuária da Escola Média de Agropecuária Regional da Ceplac (EMARC) em Ariquemes, Rondônia, formando-se em dezembro de 1994.

Em janeiro de 1996, ingressou no curso de Agronomia da Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (EARTH) na Costa Rica, América Central, graduando-se em 10 de dezembro de 1999.

Entre 2000 e 2007, desenvolveu atividade de pesquisa agrícola em algumas multinacionais, em especial com seringueiras, na Michelin.

Em 03 de março de 2008, iniciou o Programa de Pós-graduação em Fitopatologia, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de dissertação em 22 de fevereiro de 2010.

SUMÁRIO

RESUMO _____	vi
ABSTRACT _____	viii
INTRODUÇÃO GERAL _____	10
CAPÍTULO 1 _____	12
Dinâmica de esporos de <i>Microcyclus ulei</i> em três condições topográficas	
INTRODUÇÃO _____	13
MATERIAL E MÉTODOS _____	15
RESULTADOS _____	17
DISCUSSÃO _____	34
REFERÊNCIAS _____	40
CAPÍTULO 2 _____	45
Progresso do mal-das-folhas e fenologia da seringueira em três condições topográficas	
INTRODUÇÃO _____	46
MATERIAL E MÉTODOS _____	47
RESULTADOS _____	51
DISCUSSÃO _____	66
REFERÊNCIAS _____	70
CAPÍTULO 3 _____	77
Redução na produtividade e no crescimento de seringueiras causadas pelo mal-das-folhas	
INTRODUÇÃO _____	78
MATERIAL E MÉTODOS _____	79
RESULTADOS _____	81
DISCUSSÃO _____	86
REFERÊNCIAS _____	88
CONCLUSÕES GERAIS _____	91

RESUMO

HONORATO JUNIOR, Jaime, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2010. **Mal-das-folhas da seringueira: dinâmica de inóculo do patógeno, progresso e danos, em três condições topográficas.** Orientador: Luiz Antonio Maffia. Co-Orientadores: Eduardo Seiti Gomide Mizubuti e Francisco Xavier Ribeiro do Vale.

Atualmente, o Brasil produz apenas 1,15% da borracha natural mundial. Um fator limitante à produção de borracha no país é o mal-das-folhas da seringueira, causado por *Microcyclus ulei*. Em vista das lacunas quanto à epidemiologia da doença, neste trabalho, estudou-se, de junho de 2005 a dezembro de 2008: i. a dinâmica de ascósporos e conídios do patógeno; ii. a fenologia da seringueira e o progresso da doença; e iii. os efeitos da altitude, da severidade da doença e da densidade foliar na produção e crescimento da seringueira. Conduziram-se experimentos em seringais de Igrapiúna – Bahia, em três condições topográficas (estratos): topo, encosta e baixada. Em cada estrato, dispuseram-se 25 caixas de 1 m² para coleta de folíolos (cinco repetições, cada uma com cinco caixas). Semanalmente, avaliaram-se a severidade da doença, a ocorrência e frequência de estromas em folíolos caídos, a densidade foliar, a fenologia e a predominância de folíolos nos estádios B, C e D, em 60 árvores de cada estrato. Em 01/07/2008, em cada estrato instalou-se uma armadilha volumétrica Burkard para captura de ascósporos e conídios. Em cada estrato, registraram-se também: temperatura média, máxima e mínima, umidade relativa média, máxima e mínima, horas de molhamento foliar, horas com umidade relativa igual ou superior a 90%, e horas com temperatura média entre 22 e 26 °C. Por meio de análises de trilhas, estudaram-se os efeitos das variáveis climáticas na concentração de esporos do patógeno e severidade da doença, bem como os efeitos da altitude, severidade da doença e da densidade foliar na produção e crescimento da planta. Detectaram-se ascósporos e conídios ao longo de 18 meses, todo o período experimental. A concentração de ascósporos tendeu a ser maior em períodos noturnos, e a de conídios, nos diurnos. Os números de ascósporos e de conídios coletados entre 9:00 e 15:00 h, em dias de picos, correlacionaram-se positivamente. As variáveis climáticas afetaram mais a liberação de conídios, na baixada. No topo observaram-se maior densidade foliar da seringueira e menor severidade da doença. As variáveis climáticas afetaram mais a severidade da doença na baixada, onde ocorreram maiores valores de número de horas com molhamento foliar e umidade relativa mínima. A altitude afetou direta e positivamente,

enquanto a severidade direta e negativamente, a produção e crescimento da seringueira, em todos os estratos. A densidade foliar afetou indiretamente a produção e o crescimento da seringueira. Houve redução média de 47,7% na produção de borracha na baixada, com severidade média de 15,0% e redução na densidade foliar média de 50,1%. Há evidências para propor modificações no ciclo de vida do patógeno, pois no campo, sob condições ambientais favoráveis, há produção de ascósporos e conídios todo o ano. Os efeitos das variáveis ambientais sobre a doença são mais evidentes nas condições de baixada, onde, principalmente, o mal-das-folhas reduz a produção de borracha e o crescimento da seringueira. Nessas condições devem-se intensificar as medidas de manejo da doença, como o plantio de clones com alta resistência horizontal.

ABSTRACT

HONORATO JUNIOR, Jaime, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2010.

South American leaf blight of rubber tree: dynamics of pathogen inoculum, progress and losses, in three topographical conditions. Adviser: Luiz Antonio Maffia. Co-Advisers: Eduardo Seiti Gomide Mizubuti and Francisco Xavier Ribeiro do Vale.

Brazil currently accounts for only 1.15% of the world production of natural rubber. A limiting factor on the rubber production in Brazil is the South American Leaf Blight (SALB), caused by *Microcyclus ulei*. Considering the lack on the knowledge on SALB, between June 2005 and December 2008 we studied the: i. dynamics of ascospores and conidia of the pathogen, ii. host phenology and disease progress and iii. effects of height, disease severity, and leaf density on the production and growth of rubber trees. The experiments were undertaken in commercial rubber plantations of Igrapiúna - Bahia, in three topographical conditions (strata): top, hillside, and lowland. In each stratum, 25 boxes, each with 1x1x0.5 m, were distributed to collect leaves (five repetitions, each with five boxes). At every week, disease severity, stroma occurrence and frequency on fallen leaflets, leaf density, phenology and prevalence of leaflets in stages B, C and D, in 60 trees of each stratum were evaluated. Starting July 2008, one volumetric Burkard spore trap was installed in each stratum to trap ascospores and conidia. In each stratum, temperature (average, maximum and minimum), relative humidity (average, maximum and minimum), hours of leaf wetness, hours with relative humidity equal or more than 90%, and hours with temperatures between 22 and 26 ° C. were registered. By using path analysis, we studied the effects of weather variation on spore concentration and disease severity, as well as the effects of height, disease severity, and leaf density on both production and growth of rubber trees. Ascospores and conidia were trapped throughout all the experimental period (18 months). Air concentration of ascospores and conidia tended to be higher at night time and daytime, respectively. The numbers of ascospores and conidia collected between 9:00 and 15:00 h, in days with peaks, were positively correlated. Weather variables affected most the number of conidia in the air in the lowland. Higher leaf density and lower disease severity were most common on the top. More number of hours with leaf wetness and minimum relative humidity were registered in the lowland, affecting most disease severity. Altitude affected directly and positively, and severity directly and negatively, both rubber production and growth in all strata. Leaf density indirectly affected both

rubber production and growth. There was an average reduction of 47.7% in the production of rubber in the lowland, with average severity of 15.0% and reduction in average leaf density of 50.1%. There is evidence to suggest changes in the life cycle of the pathogen: under favorable weather conditions throughout the year, there is production of ascospores and conidia throughout the year. It was found that the effects of environmental variables on disease are more evident in lowlands and that SALB causes a reduction in the production and growth of rubber, especially in the lowlands. Under these conditions disease management, such as the planting of clones with horizontal resistance, is to be increased.

INTRODUÇÃO GERAL

Em 2008, o Brasil produziu 102 mil toneladas de borracha natural seca, pouco mais de 1,15% da produção mundial. São Paulo era o primeiro produtor nacional, seguido pelo Mato Grosso e Bahia. Atualmente, o país é o décimo maior produtor, com área plantada de aproximadamente 118 mil hectares (IRSG, 2009; IBGE, 2009), inferior ao observado em países asiáticos e africanos. Tais países em conjunto, produzem mais de 98% de toda a borracha natural mundial, que se concentra na Tailândia, Indonésia, Malásia, Vietnã, Índia, China e Costa do Marfim (IRSG, 2009). Em 2009, a balança comercial brasileira da borracha natural foi deficitária em aproximadamente US\$ 280 milhões, referentes à importação de mais de dois terços da necessidade do parque industrial nacional (Rosado *et al.*, 2006; MDIC, 2010). Entretanto, no Brasil há aspectos positivos para a produção: o país é o centro de origem e dispersão de *Hevea* spp., ainda dispõe de área para expansão da cultura e o clima favorece a heveicultura em todas as regiões brasileiras. Há milhões de hectares aptos ao cultivo de seringais, mas que são considerados marginais para a produção de borracha natural em virtude do mal-das-folhas (Camargo *et al.*, 2003).

O mal-das-folhas da seringueira causado pelo fungo *Microcyclus ulei* (P. Henn.) v. Arx é a doença mais importante da seringueira no Brasil. Na Amazônia brasileira, os fracassos da Companhia Ford entre 1934 e 1943, deveram-se fundamentalmente a epidemias sucessivas da doença (Langford, 1945; Grandin, 2009). Por outro lado, em seringais nativos da Amazônia, a doença era pouco notada nas árvores da floresta, presentes em baixa densidade (Rands, 1924). Empresários implantaram seringais, primeiramente no sudeste da Bahia, e logo após, no planalto paulista e Mato Grosso, com sucesso relativo. No entanto, todas as tentativas de cultivo no país, antes de 1970 fracassaram, principalmente pela alta incidência de doenças (Rocha, 1972; Gonçalves *et al.*, 1983).

O Brasil, como importador de borracha natural, sofre com os aumentos do preço desta *commodity* nos últimos anos, ocasionados pelo aquecimento da demanda de economias emergentes como a China. Vale ressaltar, também, que uma repentina introdução do *M. ulei* nos seringais asiáticos e africanos pode provocar quebra brusca da safra deste produto. O clima nestas regiões é tão favorável à doença quanto o da região amazônica, e os clones foram melhorados na ausência do patógeno (Langford, 1945; Hilton, 1955; Chee & Holliday, 1986; Gasparotto *et al.*, 1997). Imagina-se que essa

introdução seria catastrófica para a indústria mundial, bem como para os milhões de famílias que dependem dos seringais para sobrevivência (Furtado, 1996).

Apesar da importância da doença, vários aspectos epidemiológicos, como a dinâmica de inóculo e a intensidade da doença no campo, e aqueles relacionados à fenologia da seringueira, principalmente ligados ao efeito da doença no crescimento, não são bem conhecidos. Neste trabalho avaliaram-se: i. a dinâmica de produção de ascósporos e conídios pelo patógeno (Cap. 1); ii. o progresso da doença e as possíveis relações com a fenologia do hospedeiro (Cap. 2); e iii. o efeito da doença sobre a produção e o crescimento do hospedeiro (Cap. 3).

CAPÍTULO 1

Dinâmica de esporos de *Microcyclus ulei* em três condições topográficas

DINÂMICA DE ESPOROS DE *Microcyclus ulei* EM TRÊS CONDIÇÕES TOPOGRÁFICAS

INTRODUÇÃO

Em 2008, o Brasil produziu 102 mil toneladas de borracha natural seca, o que correspondeu a pouco mais de 1,15% da produção mundial. Atualmente, o país é o décimo maior produtor, com aproximadamente 118 mil ha plantados (IRSG, 2009; IBGE, 2009). A produção brasileira é significativamente inferior à de países asiáticos e africanos. Mais de 98% de toda a borracha natural mundial concentra-se nesses países, principalmente Tailândia, Indonésia, Malásia e Vietnã (IRSG, 2009). Em 2009, a balança comercial brasileira da borracha natural foi deficitária em quase US\$ 280 milhões, referente à importação de mais de dois terços da necessidade industrial nacional (Rosado *et al.*, 2006, MDIC, 2010;).

O mal-das-folhas da seringueira causado por *Microcyclus ulei* (P. Henn.) v. Arx é uma das principais causas da baixa produção brasileira. Na Amazônia brasileira, os fracassos da Companhia Ford entre 1934 e 1943, deveram-se fundamentalmente a epidemias sucessivas do mal-das-folhas (Langford, 1945; Grandin, 2009). Vale ressaltar que em seringais nativos daquela região, a doença era pouco notada nas árvores, presentes em baixa densidade (Rands, 1924). Na tentativa de contornar este problema, empresários implantaram seringais, primeiramente no sudeste da Bahia, e logo após, no planalto paulista e Mato Grosso, com sucesso relativo. No entanto, todas as tentativas de cultivo da seringueira no país, antes de 1970 fracassaram, principalmente pela alta incidência de doenças (Rocha, 1972; Gonçalves *et al.*, 1983).

Considerando-se o triângulo de doenças, as epidemias devem-se às interações ambiente – hospedeiro – patógeno. Um fator importante do patógeno é a disponibilidade de inóculo que, para *M. ulei*, constitui-se de ascósporos e conídios. Ascósporos originam-se da reprodução sexuada, enquanto conídios da reprodução assexuada. Quanto à dinâmica de liberação, os padrões para conídios e ascósporos aparentemente são opostos. Em Trinidad e Tobago, capturaram-se ascósporos em armadilhas do tipo Hirst durante dois anos de estudos, enquanto conídios somente na época chuvosa (Chee, 1976). Observou-se, ainda, que maior concentração de ascósporos no ar ocorre durante períodos de maior umidade e de temperaturas mais amenas, das 18:00 às 7:00 h (Chee, 1976). A liberação de ascósporos ocorre em temperaturas baixas (13-16 °C) e alta umidade relativa (> 80%), o que geralmente ocorre à noite (Holliday, 1970; Chee,

1976). Por outro lado, detectou-se maior concentração, de ascósporos e conídios no ar, entre 10:00 e 18:00 h, com armadilhas tipo Burkard. Para explicar tais resultados, sugeriu-se haver engano na identificação dos ascósporos em experimentos anteriores e/ou que a diferença climática entre Trinidad e Tobago e a Guiana Francesa modificou o padrão de liberação dos esporos do patógeno (Guyot, 2007).

Constatou-se alta densidade de conídios no ar entre 7:00 e 14:00 h, com pico às 12:00 h, em Ituberá – BA (Rocha e Vasconcelos Filho, 1978) e em Trinidad e Tobago (Chee, 1976). A partir das 16:00 h, a quantidade de conídios decresceu abruptamente e permaneceu baixa até às 6:00 h. Maior concentração de conídios coincidiu com períodos de temperatura alta (30 °C) e menor umidade relativa do ar (77,5%). Em Ituberá, o número e frequência de esporos foram maiores de setembro a dezembro, período de maior densidade de folíolos suscetíveis (Rocha e Vasconcelos Filho, 1978). Esses autores observaram que, próximo ao solo, havia maior concentração de esporos no ar, em vista do acúmulo de folíolos com lesões esporulantes, decorrentes da desfolha prematura causada pela doença.

Na Amazônia, *M. ulei* produz conídios e ascósporos em ascostromas em folhas maduras durante todo o ano. Porém, considera-se que, em seu hábitat natural, os ascostromas não sejam importantes como estruturas de sobrevivência, pois não há períodos definidos de desfolha nem de estação seca, e os ascósporos liberados contribuem principalmente para infecções adicionais nas plantas (Chee, 1976). A fase sexual do fungo está presente durante todo o ano nas regiões onde a doença ocorre (Gasparotto, 1988). Observaram-se ascósporos em abundância em folhas verdes, três meses após o aparecimento de lesões conidiais (Chee, 1976). Entretanto, obtiveram-se resultados divergentes em outros estudos, em que se encontraram ascósporos somente a partir do quinto mês de infecção de folíolos por conídios (Holliday, 1970), ou nem sequer obtiveram em quatro meses (Santos, 1992; Sambugaro, 2004).

A quantificação de fases do ciclo de vida de *M. ulei* é importante para entender a dinâmica de epidemias do mal-das-folhas. Praticamente, já se estudaram todas as fases do ciclo de vida de *M. ulei*, algumas com maiores detalhes. Há poucos estudos relacionados à dinâmica temporal dos esporos, o qual demanda maior entendimento. Questões relativas à concentração de ascósporos e conídios no ar em diferentes condições de plantio podem determinar o sucesso da atividade heveícola. Quantificar a proporção de ascósporos e conídios pode favorecer a compreensão da ocorrência de epidemias do mal-das-folhas no campo. A contribuição direta e indireta das variáveis

climáticas sobre a aerobiologia do patógeno no campo pode definir quais são determinantes para o progresso da doença. Assim, objetivou-se estudar a dinâmica natural da concentração de esporos de *M. ulei* no ar, em diferentes condições topográficas em um seringal comercial no Sudeste da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

Conduziu-se experimento em Igrapiúna - BA, nas Plantações Michelin da Bahia (PMB), em área plantada com o clone FX 3864 (PB 86 x FB 38), entre 01 de julho de 2007 e 31 de dezembro de 2008. A microrregião tem pluviosidade média anual de 1.870 mm, distribuídos uniformemente. A média anual de temperatura é de 24,6 °C, com amplitude de 7,15 °C. A média anual de umidade relativa é de 80% (PMB, 2009). A área experimental correspondeu aos talhões 15U e 15V plantados em 1971, com altitude entre 90 e 150 m. Demarcaram-se os talhões em três condições topográficas contínuas: baixada, encosta e topo. Esta demarcação foi de acordo com a densidade foliar visual das árvores em junho de 2005, determinada pela escala de notas para avaliação de densidade foliar em clones de seringueiras (PMB).

Dados climáticos

Para cada condição topográfica instalou-se, um coletor automático de dados climáticos (HoBo Modelo Pro RH/Temp Data Logger) para registro e armazenamento de temperatura, temperatura de orvalho e umidade relativa, e se obtiveram outras variáveis relacionadas (Tabela 1). Obteve-se a pluviosidade total (PPT) horária e diariamente por um pluviógrafo, instalado na área experimental; assim, os dados obtidos foram os mesmos para baixada, encosta e topo.

Tabela 1. Variáveis microclimáticas relacionadas à dinâmica de esporos

Abreviação	Nome da Variável
TMed	Temperatura média (°C)
TOrv	Temperatura média do ponto de orvalho (°C)
UR	Umidade relativa média (%)
PPT	Precipitação total acumulada (mm)
NHMF*	Número de horas com molhamento foliar
NHT22-26*	Número de horas com temperatura entre 22 e 26 °C
NHUR90*	Número de horas com umidade relativa maior ou igual a 90%

* Valores médios.

Quantificação de esporos de *Microcyclus ulei*

Aproximadamente no centro de cada condição topográfica instalou-se uma armadilha de esporos volumétrica do tipo Burkard para monitorar conídios e ascósporos de *M. ulei*. Posicionou-se a armadilha de forma que a abertura permanecesse a 1,0 m do solo (Rocha & Vasconcelos Filho, 1978). A taxa de sucção foi ajustada para $1,0 \text{ m}^{-3}\text{ar.h}^{-1}$. A fita para captura dos esporos foi coberta com uma camada de graxa de silicone, e substituída a cada sete dias. Em laboratório, submeteram-se as fitas à observação microscópica, determinando-se o número e o tipo de esporo (conídio ou ascósporo) capturado por hora e por dia.

A altitude do local de cada armadilha, determinada com o auxílio de um GPS (Global Positioning System), foi 96, 106 e 149 m, para B, E e T, respectivamente. Como se formatou o conjunto de dados para contemplar observações diárias, obtiveram-se 550 dias de avaliação. Geraram-se gráficos da dinâmica diária de ascósporos e conídios de *M. ulei* para cada condição topográfica.

Dinâmica horária da esporulação

A partir da dinâmica diária de ascósporos e conídios, selecionaram-se os dias com picos médios de $330 \text{ ascósporos.m}^{-3}\text{ar.h}^{-1}$ e $80 \text{ conídios.m}^{-3}\text{ar.h}^{-1}$. Definiram-se estes valores a partir da frequência de picos observados em cada estrato. Geraram-se gráficos da flutuação média horária diária de ascósporos e conídios, a partir dos dias de picos.

Para correlacionar as variáveis climáticas aos esporos amostrados, aplicou-se o procedimento LAG do SAS (*Statistical Analysis Software System* – Versão 9,0; SAS

Institute 2004, Cary, NC), com a criação de valores de ascósporos e conídios defasados para cada uma das variáveis climáticas analisadas. Então, definiu-se o nível de 12 h, anteriores a observação, como ponto, a partir do qual, uma determinada variável climática influencia a quantidade de esporos. Geraram-se matrizes de correlação, para cada condição topográfica, entre esporos no ar e as variáveis climáticas. A estas matrizes aplicou-se análise de trilha considerando a presença de multicolinearidade, para verificar os efeitos diretos e indiretos de determinada variável climática sobre a quantidade de esporos no ar. Com a presença de colinearidade, o estimador de mínimos quadrados, obtido de $X'X\hat{\beta} = X'Y$, pode estar associado a uma variância muito alta. Atenuou-se este efeito adverso, modificando-se ligeiramente o sistema de equações normais, pela introdução de uma constante k na diagonal da matriz $X'X$, à semelhança do método de regressão em cristas. Efetuou-se análise de trilha e do diagnóstico de colinearidade com o Programa Genes (Cruz, 2006a, b).

Para interpretação dos resultados, seguiu-se o proposto por Singh e Chaudhary (1979): 1) caso o coeficiente de correlação (r) entre a variável dependente e o efeito da variável independente seja quase igual ao seu efeito direto, a correlação explica a verdadeira relação, sendo indicador de que a variável climática em questão influencia a quantidade de esporos no ar; e 2) caso a correlação seja positiva (ou negativa), mas o efeito direto é negativo, positivo ou negligenciável, os efeitos indiretos parecem ser a causa da correlação. Em tais situações, as variáveis independentes de efeitos indiretos devem ser consideradas simultaneamente.

RESULTADOS

Considerando-se o padrão de captura de ascósporos no ar em cada condição topográfica (Figura 1), obtiveram-se mais ascósporos no ar na baixada, com média diária de 426 ascósporos e um pico com mais de 900 ascósporos.m⁻³ar.h⁻¹. A quantidade total diária de ascósporos no ar foi inversamente relacionada à altitude. Na encosta (média diária de 404 ascósporos e picos de mais 500 ascósporos.m⁻³ar.h⁻¹), houve menos ascósporos que na baixada, porém, mais que no topo. No topo, ocorreu a menor quantidade de ascósporos, com média diária de 190 ascósporos, que nunca foi maior que 330 ascósporos.m⁻³ar.h⁻¹.

Houve presença de ascósporos, em 522 dias dos 555 dias amostrados, nos três estratos. No entanto, a quantidade de ascósporos no ar dependeu da época de avaliação,

sendo menos concentrada entre novembro e dezembro de 2007 e 2008, nos três estratos (Figura 1).

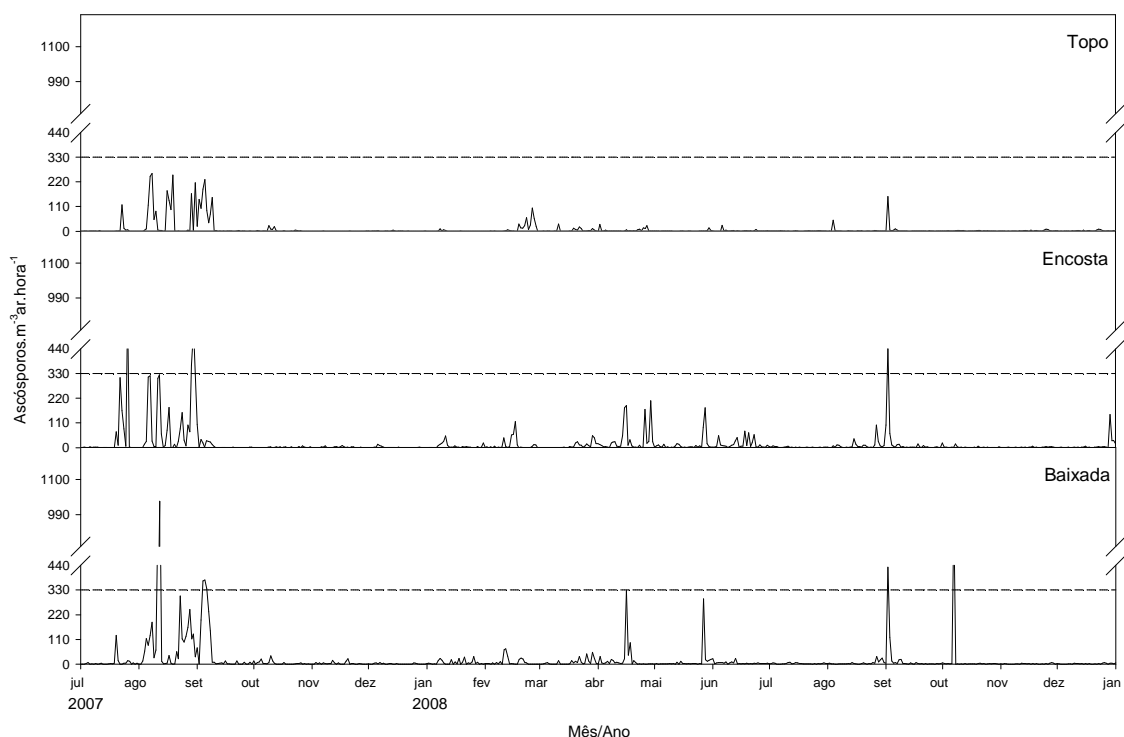


Figura 1. Quantidade diária de ascósporos de *Microcyclus ulei* no ar em cultivo do clone FX 3864 de seringueira, de 01/07/07 a 31/12/2008. Linha tracejada indica o limite considerado para a análise dos picos diários ($330 \text{ ascósporos.m}^{-3}\text{ar.h}^{-1}$).

As médias diárias de conídios capturados foram de 127, 125 e 37, na baixada, encosta e topo, respectivamente. Assim, a concentração de conídios no ar tendeu a ser maior na baixada (Figura 2), semelhante ao observado para ascósporos (Figura 1). Porém, a quantidade diária de conídios foi menor que a de ascósporos nos três estratos. Houve maior quantidade de picos de conídios consecutivamente na baixada, encosta e topo. Os picos extremos foram superiores a $240 \text{ conídios.m}^{-3}\text{ar.h}^{-1}$ na baixada, $110 \text{ conídios.m}^{-3}\text{ar.h}^{-1}$ na encosta e, $80 \text{ conídios.m}^{-3}\text{ar.h}^{-1}$ no topo. Estes picos ocorreram em épocas diversas, nos estratos; em geral, concentraram-se entre abril e outubro. Em 2007, as primeiras detecções de conídios ocorreram em agosto na baixada, início de setembro na encosta e final de setembro no topo (Figura 2).

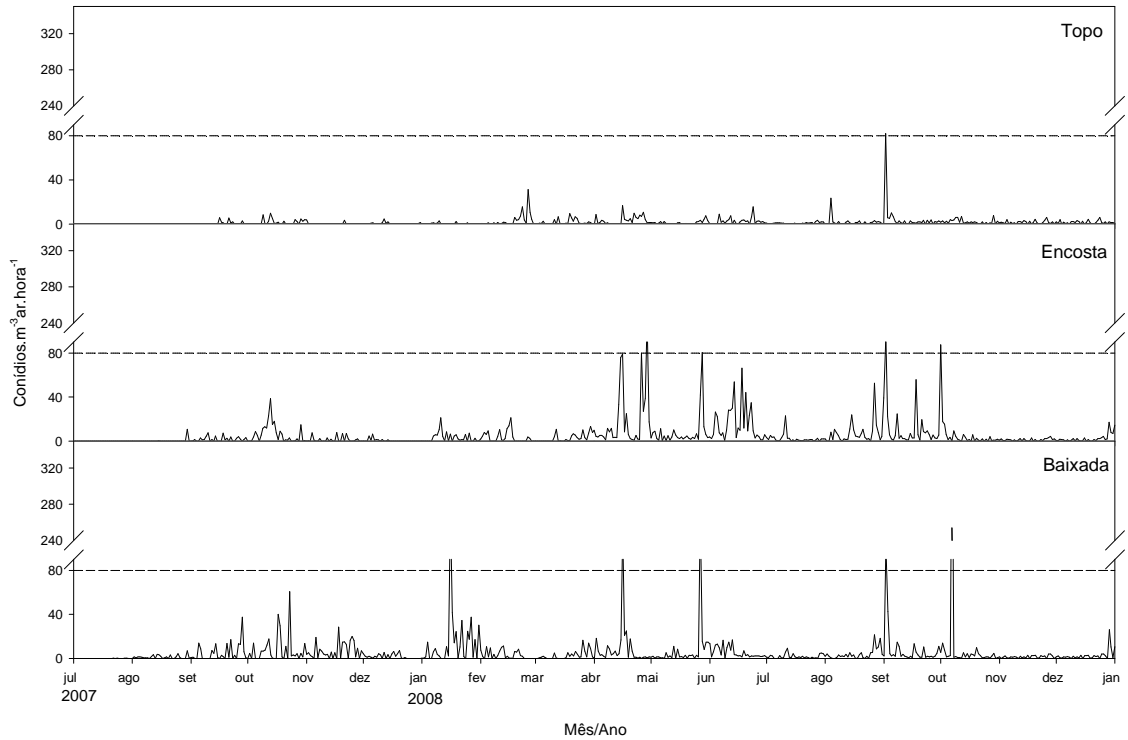


Figura 2. Quantidade diária de conídios de *Microcyclus ulei* no ar em cultivo do clone FX 3864 de seringueira, de 01/07/07 a 31/12/2008. Linha tracejada indica o limite considerado para a análise dos picos diários ($80 \text{ conídios.m}^{-3}\text{ar.h}^{-1}$).

O número médio de esporos capturados por hora foi analisado somente em dias de pico. Como anteriormente, a quantidade de ascósporos e conídios tendeu a crescer do topo para a baixada (Figura 3). Ascósporos foram mais frequentes nos períodos noturnos, enquanto conídios, nos diurnos, padrão semelhante nos três estratos (Figura 3).

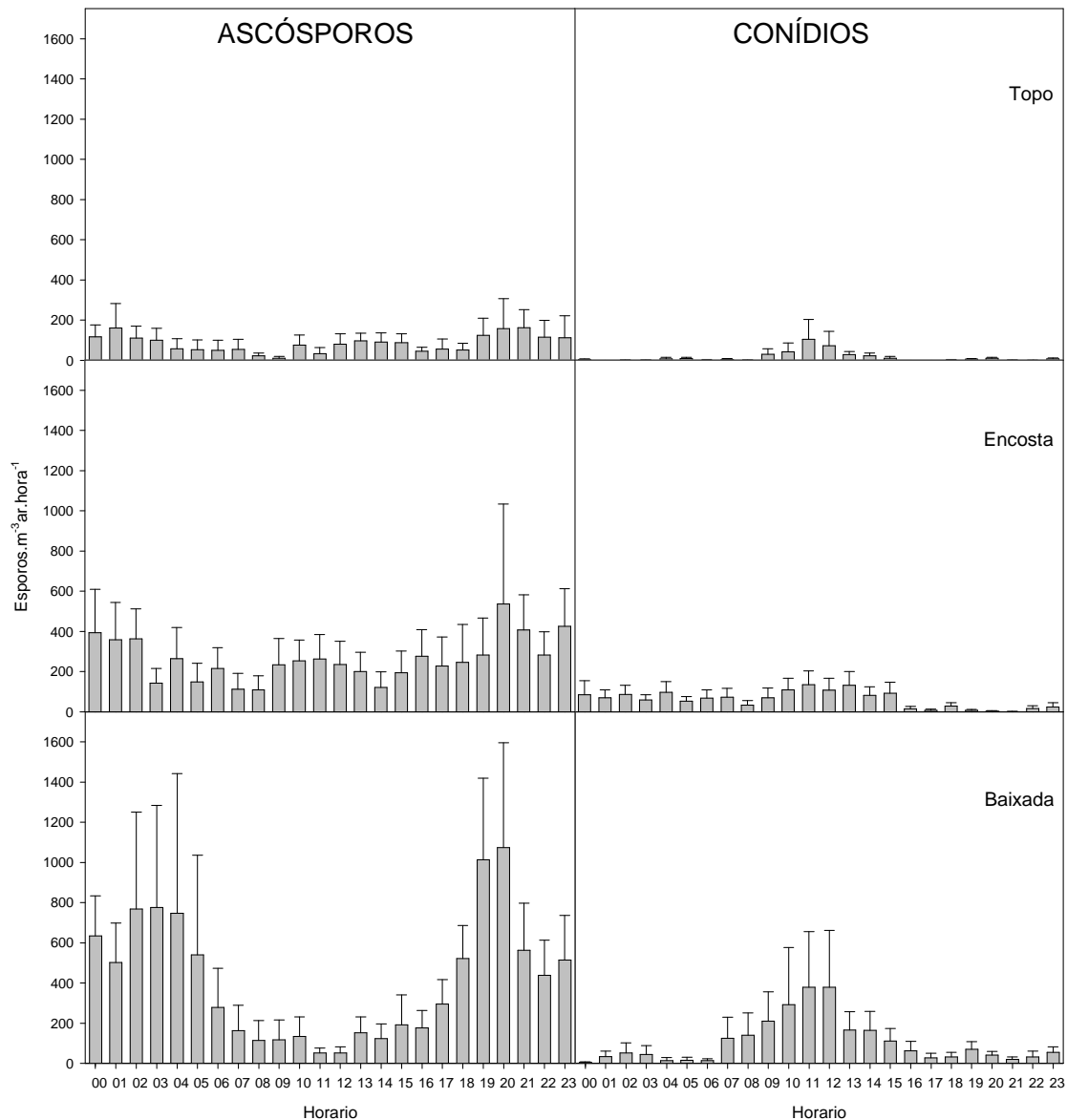


Figura 3. Padrão horário da esporulação do *Microcyclus ulei* em seringal comercial. As barras representam a média horária em dias de pico ($330 \text{ ascósporos.m}^{-3}\text{ar.h}^{-1}$ e $80 \text{ conídios.m}^{-3}\text{ar.h}^{-1}$), com os respectivos erros padrão.

No topo, houve mais ascósporos nos períodos noturnos, com temperatura média abaixo de $22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa média acima de 90%. Nesses períodos ocorreram as maiores pluviosidades, geralmente acima de 1 mm.h^{-1} . Da mesma forma, o NHMF, NHUR90 e NHT22-26 foram maiores no período. Amostraram-se mais conídios em horários diurnos. Esse padrão coincidiu com períodos de aumento da temperatura média e diminuição da umidade relativa média, da pluviosidade, do NHMF, do NHUR90 e do NHT22-26 (Figura 4).

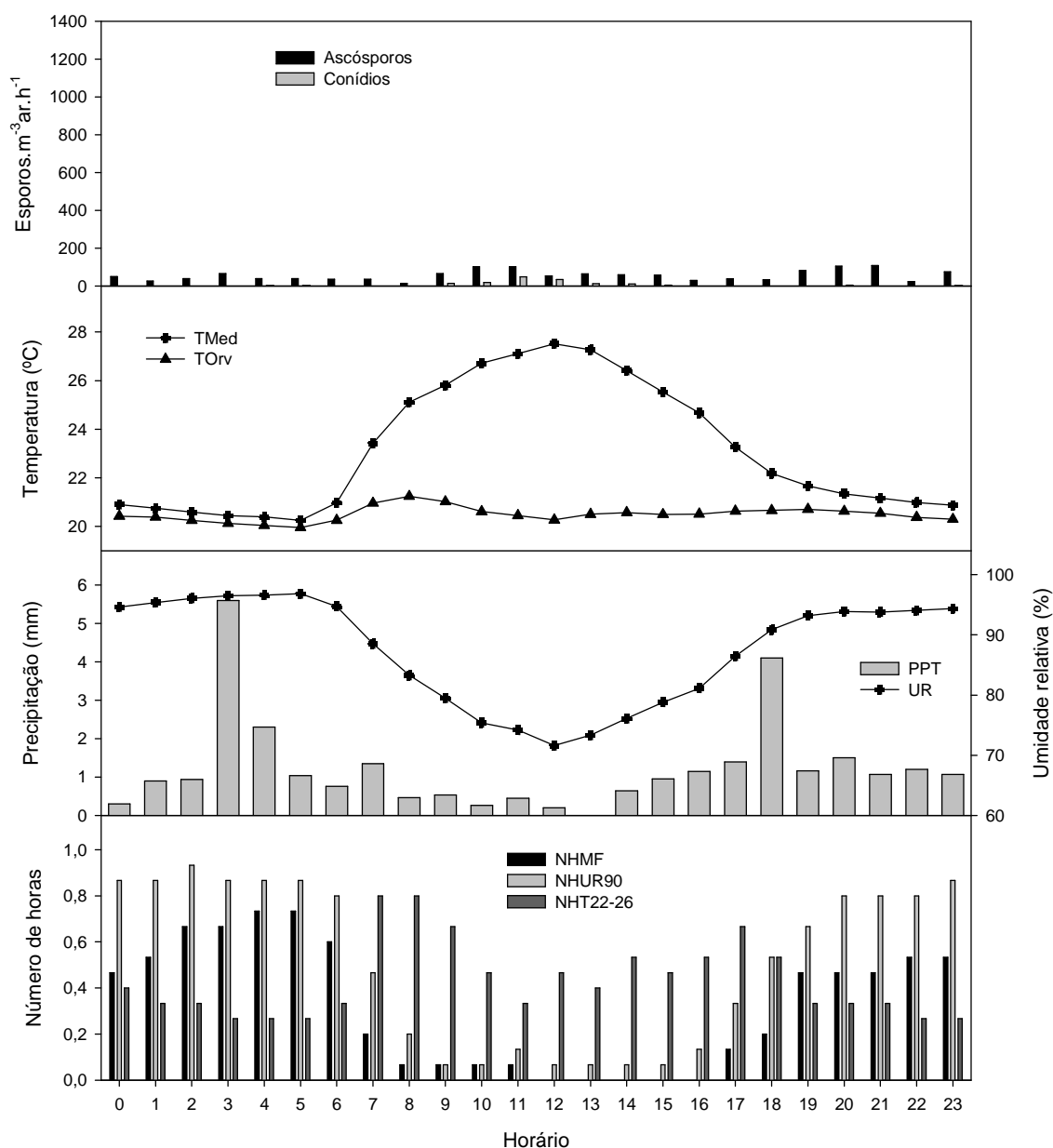


Figura 4. Padrão climático do topo, durante 27 eventos de picos de esporos de *Microcyclus ulei* (330 ascósporos. m^{-3} .ar.h $^{-1}$ e 80 conídios. m^{-3} .ar.h $^{-1}$). TMed = Temperatura média, °C; TOrv = Temperatura média no ponto de orvalho, °C; NHMF = Média do número de horas com molhamento foliar; NHUR90 = Média do número de horas com umidade relativa igual ou superior a 90%; NHT22-26 = Média do número de horas com temperatura média entre 22 e 26 °C.

Não se detectou tendência na quantidade de ascósporos no ar na encosta. Houve mais conídios no ar em horários diurnos, coincidindo com períodos de aumento da temperatura média e redução da umidade relativa média, pluviosidade, NHMF, NHUR90 e NHT22-26 (Figura 5).

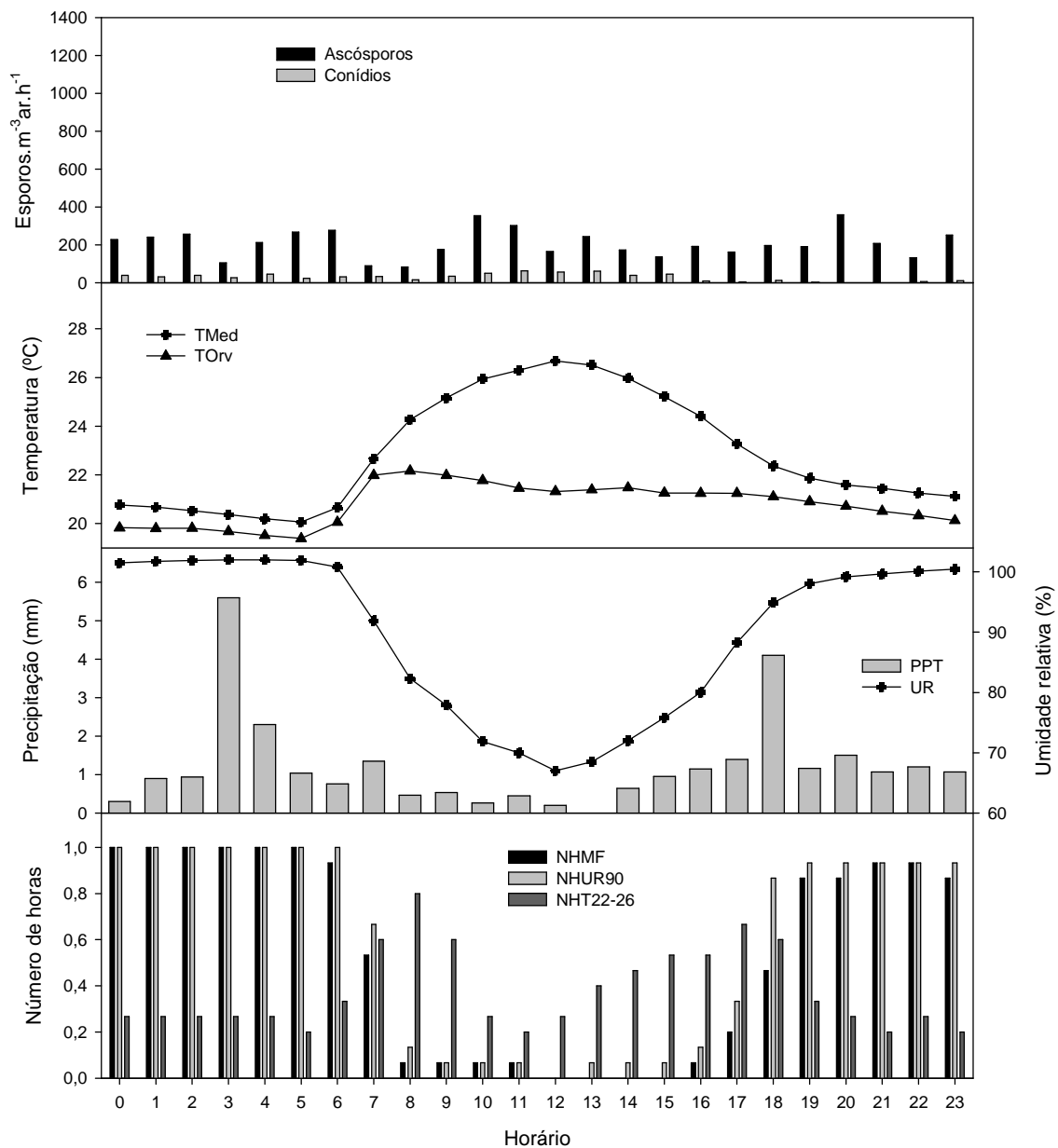


Figura 5. Padrão climático da encosta, durante 87 eventos de picos de esporos de *Microcyclus ulei* ($330 \text{ ascósporos.m}^{-3}\text{ar.h}^{-1}$ e $80 \text{ conídios.m}^{-3}\text{ar.h}^{-1}$). TMed = Temperatura média, °C; TOrv = Temperatura média no ponto de orvalho, °C; NHMF = Média do número de horas com molhamento foliar; NHUR90 = Média do número de horas com umidade relativa igual ou superior a 90%; NHT22-26 = Média do número de horas com temperatura média entre 22 e 26 °C.

Na baixada, houve mais ascósporos nos períodos noturnos, com temperatura média abaixo de 22 °C e umidade relativa média acima de 95%. Nesses períodos, em geral a pluviosidade foi maior que 1 mm.h^{-1} . Da mesma forma, o NHMF, NHUR90 e NHT22-26 foram maiores no período. Houve mais conídios no ar em horários diurnos, coincidindo com períodos de aumento da temperatura média e redução da umidade relativa média, pluviosidade, NHMF, NHUR90 e NHT22-26 (Figura 6).

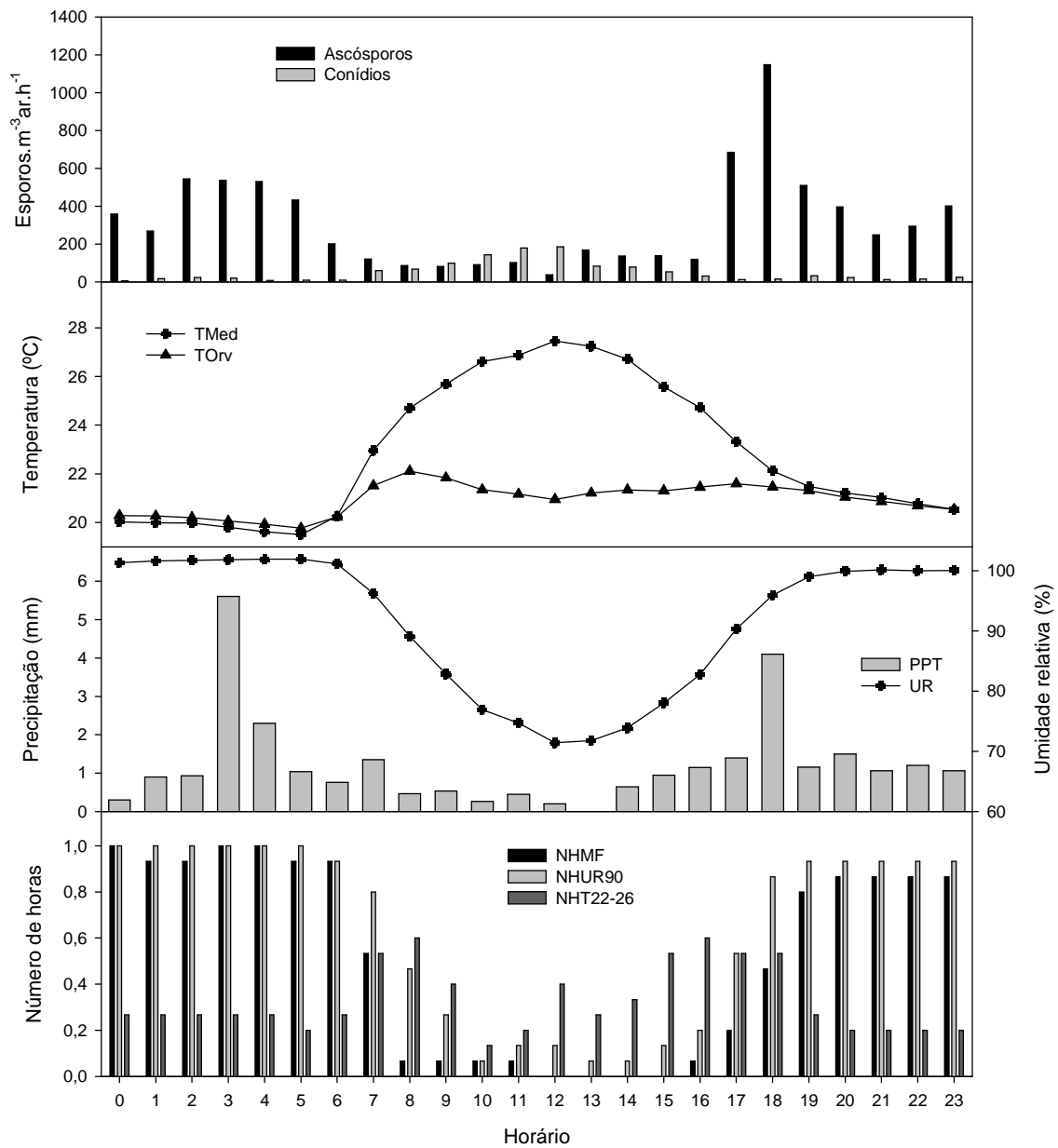


Figura 6. Padrão climático da baixada, durante 96 eventos de picos de esporos de *Microcyclus ulei* (330 ascósporos. $m^{-3}ar.h^{-1}$ e 80 conídios. $m^{-3}ar.h^{-1}$). TMed = Temperatura média, °C; TOrv = Temperatura média no ponto de orvalho, °C; NHMF = Média do número de horas com molhamento foliar; NHUR90 = Média do número de horas com umidade relativa igual ou superior a 90%; NHT22-26 = Média do número de horas com temperatura média entre 22 e 26 °C.

O conjunto de variáveis não foi satisfatório para explicar as variações na quantidade de ascósporos no ar, para o topo e para a encosta, pois o valor de R^2 , para as defasagens de até 12 h antes das avaliações, foi inferior a 0,5 (Tabela 2 e 3). A análise de trilha, quando realizada com variáveis em multicolinearidade, tende a ter menor

coeficiente de determinação, pela necessidade de uso de estimadores a partir de regressão em crista com a introdução do valor de uma constante k , na matriz $X'X$ das equações normais.

Tabela 2. Coeficientes de trilha dos efeitos das variáveis climáticas sobre a quantidade de ascósporos de *Microcylus ulei* no ar, obtidos no topo

Descrição dos efeitos	Número de horas de defasagem das variáveis climáticas em relação ao horário da observação											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Direto de TMed	0,1441	0,0125	-0,1017	-0,2408	-0,2961	0,2340	0,0957	0,2295	0,1214	0,0118	-0,1276	0,0071
Indireto via TORv	0,2214	0,2141	0,0766	0,0000	-0,0909	-0,0118	-0,1212	-0,1643	-0,1375	0,1163	0,1675	0,3306
UR	0,1076	-0,0315	-0,0836	-0,1990	-0,2659	0,0084	0,0991	0,2041	0,2096	0,0365	0,0885	-0,0559
PPT	-0,0309	-0,0633	-0,0666	0,0969	0,0855	-0,0185	-0,1484	-0,1296	0,1128	0,0364	0,0185	-0,0569
NHMF	-0,1311	0,0163	0,2191	0,1073	0,1108	0,0465	-0,0226	0,0167	0,0908	0,1120	0,0953	0,1195
NHT22-26	-0,2098	0,0263	0,2043	0,1179	0,0326	-0,0944	0,0292	-0,0790	-0,1474	-0,2137	-0,0456	0,1131
NHUR90	0,0854	0,0105	-0,1017	0,2177	0,4457	-0,0072	0,0362	-0,0946	-0,2716	-0,0042	0,1165	-0,0115
Total (correlação)	0,2150ns	0,1874ns	0,1208ns	0,0524ns	-0,0225ns	0,2031ns	0,0062ns	0,0176ns	-0,0096ns	0,0986ns	0,3005ns	0,4475ns
Direto de TORv	0,5310	0,5250	0,1827	-0,0001	-0,1893	0,0268	-0,2365	-0,3208	-0,2660	0,2253	0,3075	0,4773
Indireto via TMed	0,0601	0,0051	-0,0426	-0,1068	-0,1422	-0,1032	0,0490	0,1175	0,0628	0,0061	-0,0695	0,0049
UR	0,0376	-0,0107	-0,0291	-0,0741	-0,1093	-0,1278	0,0436	0,0898	0,0933	0,0161	0,0414	-0,0354
PPT	-0,0157	-0,0317	-0,0324	0,0481	0,0420	0,0369	-0,1079	-0,0938	0,0810	0,0260	0,0143	-0,0532
NHMF	-0,0838	0,0104	0,1413	0,0718	0,0789	-0,0803	-0,0154	0,0115	0,0642	0,0806	0,0721	0,1069
NHT22-26	-0,3446	0,0454	0,3707	0,2307	0,0705	0,1573	0,0572	-0,1570	-0,2924	-0,4376	-0,0830	0,1942
NHUR90	0,0428	0,0052	-0,0519	0,1186	0,2588	0,0583	0,0212	-0,0558	-0,1643	-0,0026	0,0745	-0,0087
Total (correlação)	0,3322ns	0,6532**	0,5845*	0,2881ns	-0,0189ns	-0,0267ns	-0,2831ns	-0,4572ns	-0,4480ns	-0,0188ns	0,3875ns	0,7803**
Direto de UR	-0,1081	0,0316	0,0840	0,2000	0,2672	-0,2535	-0,0996	-0,2050	-0,2105	-0,0366	-0,0889	0,0561
Indireto via TMed	-0,1435	-0,0124	0,1013	0,2396	0,2947	-0,0078	-0,0952	-0,2285	-0,1209	-0,0117	0,1269	-0,0071
TORv	-0,1846	-0,1773	-0,0633	0,0000	0,0775	0,0135	0,1036	0,1406	0,1179	-0,0993	-0,1433	-0,3006
PPT	0,0308	0,0629	0,0661	-0,0961	-0,0851	0,0161	0,1475	0,1293	-0,1130	-0,0365	-0,0185	0,0573
NHMF	0,1301	-0,0162	-0,2173	-0,1064	-0,1099	-0,0566	0,0224	-0,0164	-0,0891	-0,1096	-0,0930	-0,1166
NHT22-26	0,1871	-0,0234	-0,1802	-0,1029	-0,0280	0,1097	-0,0250	0,0669	0,1248	0,1782	0,0387	-0,0977
NHUR90	-0,0849	-0,0104	0,1012	-0,2165	-0,4433	0,1210	-0,0359	0,0936	0,2680	0,0042	-0,1146	0,0113
Total (correlação)	-0,1942ns	-0,1388ns	-0,0873ns	-0,0427ns	0,0130ns	-0,1076ns	-0,0221ns	-0,0506ns	-0,0439ns	-0,1223ns	-0,3013ns	-0,3861ns
Direto de PPT	0,0664	0,1336	0,1367	-0,1986	-0,1723	-0,0371	0,2965	0,2571	-0,2222	-0,0720	-0,0394	0,1313
Indireto via TMed	-0,0670	-0,0059	0,0496	0,1174	0,1469	0,1168	-0,0479	-0,1157	-0,0617	-0,0060	0,0598	-0,0031
TORv	-0,1254	-0,1248	-0,0433	0,0000	0,0461	-0,0266	0,0861	0,1170	0,0970	-0,0812	-0,1118	-0,1932
UR	-0,0501	0,0149	0,0406	0,0967	0,1319	0,1097	-0,0495	-0,1031	-0,1070	-0,0186	-0,0418	0,0245
NHMF	0,0531	-0,0067	-0,0924	-0,0451	-0,0474	0,0797	0,0120	-0,0091	-0,0506	-0,0626	-0,0504	-0,0596
NHT22-26	0,0757	-0,0103	-0,0855	-0,0500	-0,0148	-0,1561	-0,0190	0,0526	0,0978	0,1430	0,0289	-0,0660
NHUR90	-0,0344	-0,0043	0,0435	-0,0932	-0,1938	-0,0503	-0,0169	0,0453	0,1328	0,0021	-0,0525	0,0047
Total (correlação)	-0,0686ns	0,0230ns	0,0833ns	-0,2119ns	-0,1291ns	0,0286ns	0,3796ns	0,2831ns	-0,1361ns	-0,1168ns	-0,2110ns	-0,1353ns
Direto de NHMF	0,1417	-0,0177	-0,2377	-0,1166	-0,1207	0,1601	0,0238	-0,0174	-0,0941	-0,1163	-0,0994	-0,1253
Indireto via TMed	-0,1334	-0,0115	0,0938	0,2217	0,2720	0,0679	-0,0908	-0,2207	-0,1172	-0,0114	0,1224	-0,0068
TORv	-0,3138	-0,3075	-0,1086	0,0001	0,1239	-0,0134	0,1533	0,2122	0,1816	-0,1562	-0,2232	-0,4074
UR	-0,0992	0,0290	0,0768	0,1826	0,2433	0,0897	-0,0936	-0,1939	-0,1993	-0,0345	-0,0832	0,0523
PPT	0,0249	0,0509	0,0532	-0,0768	-0,0678	-0,0185	0,1489	0,1344	-0,1194	-0,0388	-0,0200	0,0624
NHT22-26	0,2863	-0,0369	-0,2928	-0,1734	-0,0491	-0,0822	-0,0389	0,1054	0,2006	0,2976	0,0616	-0,1494
NHUR90	-0,0847	-0,0104	0,1011	-0,2168	-0,4439	-0,0362	-0,0361	0,0935	0,2667	0,0041	-0,1137	0,0111
Total (correlação)	-0,1502ns	-0,3076ns	-0,3738ns	-0,2023ns	-0,0603ns	0,1990ns	0,0760ns	0,1109ns	0,1094ns	-0,0900ns	-0,3652ns	-0,5878*
Direto de NHT22-26	0,4242	0,0557	0,4468	0,2680	0,0771	-0,1680	0,0617	-0,1685	-0,3137	-0,4691	-0,0886	0,2035
Indireto via TMed	0,0713	0,0059	-0,0465	-0,1060	-0,1252	0,1314	0,0453	0,1077	0,0571	0,0054	-0,0656	0,0040
TORv	0,4313	0,4280	0,1516	-0,0001	-0,1730	-0,0251	-0,2195	-0,2989	-0,2479	0,2101	0,2880	0,4553
UR	0,0477	-0,0133	-0,0339	-0,0768	-0,0970	0,1655	0,0404	0,0815	0,0837	0,0139	0,0388	-0,0269
PPT	-0,0118	-0,0246	-0,0262	0,0371	0,0331	-0,0345	-0,0912	-0,0803	0,0693	0,0219	0,0128	-0,0426
NHMF	-0,0957	0,0117	0,1557	0,0754	0,0769	0,0783	-0,0150	0,0109	0,0602	0,0738	0,0690	0,0920
NHUR90	0,0526	0,0063	-0,0596	0,1241	0,2488	-0,0842	0,0206	-0,0526	-0,1532	-0,0023	0,0711	-0,0074
Total (correlação)	-0,0125ns	0,4807*	0,7001**	0,3747ns	0,0521ns	0,0302ns	-0,1330ns	-0,4258ns	-0,4759ns	-0,2863ns	0,3168ns	0,7180**
Direto de NHUR90	-0,0880	-0,0108	0,1051	-0,2251	-0,4612	0,1325	-0,0372	0,0964	0,2754	0,0043	-0,1183	0,0116
Indireto via TMed	-0,1398	-0,0121	0,0985	0,2329	0,2862	-0,0127	-0,0932	-0,2253	-0,1197	-0,0116	0,1256	-0,0070
TORv	-0,2584	-0,2516	-0,0902	0,0001	0,1063	0,0118	0,1352	0,1857	0,1587	-0,1358	-0,1935	-0,3564
UR	-0,1042	0,0305	0,0808	0,1923	0,2568	-0,2315	-0,0964	-0,1990	-0,2048	-0,0356	-0,0861	0,0546
PPT	0,0260	0,0534	0,0565	-0,0822	-0,0724	0,0141	0,1350	0,1208	-0,1071	-0,0346	-0,0175	0,0533
NHMF	0,1363	-0,0170	-0,2286	-0,1123	-0,1161	-0,0438	0,0231	-0,0168	-0,0911	-0,1122	-0,0955	-0,1196
NHT22-26	0,2538	-0,0323	-0,2535	-0,1478	-0,0416	0,1067	-0,0342	0,0919	0,1745	0,2564	0,0533	-0,1286
Total (correlação)	-0,1917ns	-0,2421ns	-0,2050ns	-0,1866ns	-0,1112ns	0,0033ns	0,0176ns	0,0682ns	0,1134ns	-0,0678ns	-0,3436ns	-0,4897ns
R ²	0,2248	0,3788	0,4787	0,1870	0,0986	0,1003	0,1753	0,3103	0,3277	0,1543	0,1648	0,5502
Efeito residual	0,8805	0,7882	0,7220	0,9017	0,9494	0,9485	0,9081	0,8305	0,8199	0,9196	0,9139	0,6706
Valor K	0,1974	0,1993	0,2508	0,1974	0,1498	0,1974	0,3995	0,1517	0,1002	0,2985	0,0983	0,1974

ns, * e ** = não-significativo e significativo aos níveis de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste t; TMed = Temperatura média, em °C; TORv = Temperatura do ponto de orvalho, em °C; UR = Umidade relativa, em %; PPT = Precipitação pluviométrica, em mm; NHMF = Número de horas com molhamento foliar; NHT22-26 = Número de horas com temperatura entre 22 e 26 °C; NHUR90 = Número de horas com umidade relativa igual ou superior a 90%. Valores horários médios, das variáveis climáticas, durante dias com picos iguais ou superiores a 330 ascósporos.m⁻³.ar.h⁻¹.

Tabela 3. Coeficientes de trilha dos efeitos das variáveis climáticas sobre a quantidade de ascósporos de *Microcylus ulei* no ar, obtidos na encosta

Descrição dos efeitos	Número de horas de defasagem das variáveis climáticas em relação ao horário da observação											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Direto de TMed	0,0315	0,0223	-0,0806	-0,1263	-0,0641	-0,0095	0,1480	0,0360	0,0661	0,2299	0,2003	-0,0197
Indireto via TORv	0,0001	0,1701	0,2675	0,1219	-0,2319	-0,1717	-0,1593	-0,2267	0,1025	0,2295	-0,1505	-0,1941
UR	-0,0279	-0,0662	-0,1151	-0,1669	-0,0354	0,1049	0,2644	0,1423	-0,1115	-0,1832	-0,0878	-0,0151
PPT	-0,0049	-0,1611	-0,0791	0,2061	0,1561	-0,0176	-0,2762	-0,1388	0,0611	0,0342	0,1180	0,0888
NHMF	-0,0571	-0,0124	-0,0070	-0,0647	0,1065	0,0734	0,0819	0,0961	-0,0898	-0,2065	-0,1595	0,1354
NHT22-26	-0,0534	0,0738	0,0847	0,0472	0,0548	0,0255	-0,0140	-0,0619	-0,1121	-0,0743	0,0736	0,1941
NHUR90	0,1051	0,0211	0,0072	-0,0800	-0,1106	-0,0655	-0,0272	0,1711	0,0745	-0,0049	0,2189	0,1455
Total (correlação)	-0,0003ns	0,0521ns	0,0534ns	-0,0942ns	-0,1373ns	-0,0620ns	0,0395ns	0,0237ns	-0,0026ns	0,0398ns	0,2265ns	0,3320ns
Direto de TORv	0,0001	0,2061	0,3243	0,1471	-0,2770	-0,2028	-0,1871	-0,2668	0,1207	0,2714	-0,1762	-0,2194
Indireto via TMed	0,0261	0,0184	-0,0665	-0,1047	-0,0536	-0,0081	0,1260	0,0306	0,0561	0,1944	0,1711	-0,0174
UR	-0,0218	-0,0514	-0,0895	-0,1309	-0,0282	0,0855	0,2176	0,1168	-0,0914	-0,1491	-0,0722	-0,0130
PPT	-0,0037	-0,1201	-0,0584	0,1521	0,1139	-0,0154	-0,2457	-0,1236	0,0538	0,0298	0,1053	0,0814
NHMF	-0,0510	-0,0111	-0,0063	-0,0587	0,0990	0,0682	0,0754	0,0882	-0,0830	-0,1915	-0,1494	0,1294
NHT22-26	-0,1016	0,1456	0,1803	0,1072	0,1294	0,0544	-0,0283	-0,1295	-0,2585	-0,1900	0,1924	0,3799
NHUR90	0,0885	0,0177	0,0061	-0,0681	-0,0964	-0,0588	-0,0243	0,1524	0,0667	-0,0044	0,1960	0,1331
Total (correlação)	-0,0633ns	0,2459ns	0,3874ns	0,0809ns	-0,1683ns	-0,1072ns	-0,0940ns	-0,1722ns	-0,1234ns	-0,0215ns	0,2550ns	0,4415ns
Direto de UR	0,0282	0,0666	0,1159	0,1679	0,0355	-0,1052	-0,2652	-0,1427	0,1119	0,1837	0,0881	0,0152
Indireto via TMed	-0,0313	-0,0222	0,0800	0,1255	0,0638	0,0095	-0,1476	-0,0359	-0,0659	-0,2291	-0,1995	0,0196
TORv	-0,0001	-0,1591	-0,2504	-0,1147	0,2203	0,1649	0,1535	0,2183	-0,0986	-0,2202	0,1443	0,1872
PPT	0,0049	0,1621	0,0803	-0,2100	-0,1606	0,0172	0,2685	0,1351	-0,0595	-0,0333	-0,1141	-0,0852
NHMF	0,0568	0,0123	0,0069	0,0640	-0,1049	-0,0727	-0,0815	-0,0955	0,0892	0,2049	0,1581	-0,1344
NHT22-26	0,0477	-0,0648	-0,0711	-0,0380	-0,0428	-0,0216	0,0123	0,0536	0,0943	0,0603	-0,0583	-0,1670
NHUR90	-0,1057	-0,0212	-0,0073	0,0802	0,1105	0,0651	0,0271	-0,1704	-0,0742	0,0049	-0,2179	-0,1451
Total (correlação)	0,0060ns	-0,0130ns	-0,0107ns	0,1170ns	0,1288ns	0,0414ns	-0,0720ns	-0,0592ns	0,0083ns	-0,0168ns	-0,1932ns	-0,3075ns
Direto de PPT	0,0110	0,3539	0,1703	-0,4448	-0,3331	0,0358	0,5604	0,2787	-0,1212	-0,0680	-0,2533	-0,2065
Indireto via TMed	-0,0141	-0,0102	0,0375	0,0585	0,0300	0,0047	-0,0730	-0,0179	-0,0333	-0,1157	-0,0933	0,0085
TORv	0,0000	-0,0700	-0,1113	-0,0503	0,0947	0,0869	0,0820	0,1183	-0,0536	-0,1189	0,0732	0,0865
UR	0,0127	0,0305	0,0547	0,0793	0,0171	-0,0505	-0,1271	-0,0692	0,0549	0,0900	0,0397	0,0063
NHMF	0,0215	0,0048	0,0028	0,0258	-0,0436	-0,0339	-0,0387	-0,0467	0,0447	0,1029	0,0736	-0,0574
NHT22-26	-0,0031	0,0044	0,0037	0,0035	0,0040	-0,0100	0,0066	0,0319	0,0642	0,0448	-0,0423	-0,0960
NHUR90	-0,0486	-0,0099	-0,0035	0,0389	0,0552	0,0303	0,0128	-0,0824	-0,0367	0,0024	-0,0995	-0,0606
Total (correlação)	-0,0185ns	0,3734ns	0,2052ns	-0,4007ns	-0,2420ns	0,0686ns	0,5058*	0,2549ns	-0,0931ns	-0,0669ns	-0,3191ns	-0,3497ns
Direto de NHMF	0,0594	0,0129	0,0073	0,0673	-0,1106	-0,0760	-0,0841	-0,0981	0,0915	0,2107	0,1631	-0,1385
Indireto via TMed	-0,0302	-0,0214	0,0774	0,1213	0,0617	0,0092	-0,1443	-0,0353	-0,0649	-0,2253	-0,1959	0,0193
TORv	-0,0001	-0,1767	-0,2796	-0,1283	0,2480	0,1820	0,1677	0,2399	-0,1095	-0,2466	0,1614	0,2049
UR	0,0269	0,0635	0,1104	0,1595	0,0337	-0,1006	-0,2570	-0,1389	0,1090	0,1787	0,0855	0,0147
PPT	0,0040	0,1307	0,0654	-0,1704	-0,1313	0,0160	0,2580	0,1326	-0,0592	-0,0332	-0,1144	-0,0855
NHT22-26	0,0858	-0,1214	-0,1434	-0,0821	-0,0968	-0,0419	0,0210	0,0919	0,1713	0,1209	-0,1234	-0,2821
NHUR90	-0,1066	-0,0214	-0,0073	0,0810	0,1116	0,0668	0,0276	-0,1733	-0,0754	0,0050	-0,2216	-0,1475
Total (correlação)	0,0510ns	-0,1313ns	-0,1677ns	0,0652ns	0,0941ns	0,0441ns	-0,0234ns	0,0037ns	0,0718ns	0,0239ns	-0,2343ns	-0,4351ns
Direto de NHT22-26	-0,1537	0,2222	0,2747	0,1624	0,1946	0,0809	-0,0412	-0,1892	-0,3798	-0,2832	0,2866	0,5323
Indireto via TMed	0,0109	0,0074	-0,0249	-0,0367	-0,0181	-0,0030	0,0504	0,0118	0,0195	0,0603	0,0515	-0,0072
TORv	0,0001	0,1350	0,2129	0,0971	-0,1842	-0,1364	-0,1287	-0,1826	0,0822	0,1820	-0,1183	-0,1565
UR	-0,0087	-0,0194	-0,0300	-0,0393	-0,0078	0,0280	0,0794	0,0404	-0,0278	-0,0391	-0,0179	-0,0048
PPT	0,0002	0,0070	0,0023	-0,0095	-0,0068	-0,0044	-0,0898	-0,0470	0,0205	0,0108	0,0374	0,0372
NHMF	-0,0332	-0,0071	-0,0038	-0,0340	0,0550	0,0393	0,0428	0,0476	-0,0413	-0,0899	-0,0702	0,0734
NHUR90	0,0496	0,0097	0,0031	-0,0327	-0,0439	-0,0308	-0,0128	0,0761	0,0304	-0,0019	0,0833	0,0702
Total (correlação)	-0,1653ns	0,3986ns	0,5168*	0,1479ns	0,0276ns	-0,0142ns	-0,1059ns	-0,2716ns	-0,3343ns	-0,1796ns	0,2717ns	0,6233**
Direto de NHUR90	-0,1087	-0,0218	-0,0075	0,0828	0,1141	0,0672	0,0278	-0,1740	-0,0757	0,0050	-0,2226	-0,1482
Indireto via TMed	-0,0305	-0,0216	0,0778	0,1220	0,0621	0,0093	-0,1449	-0,0354	-0,0650	-0,2259	-0,1969	0,0194
TORv	-0,0001	-0,1672	-0,2636	-0,1209	0,2339	0,1776	0,1636	0,2336	-0,1063	-0,2385	0,1552	0,1970
UR	0,0274	0,0647	0,1125	0,1627	0,0344	-0,1020	-0,2587	-0,1398	0,1096	0,1797	0,0863	0,0149
PPT	0,0049	0,1610	0,0798	-0,2088	-0,1609	0,0162	0,2576	0,1320	-0,0588	-0,0328	-0,1133	-0,0844
NHMF	0,0583	0,0126	0,0071	0,0659	-0,1081	-0,0756	-0,0837	-0,0977	0,0911	0,2098	0,1623	-0,1378
NHT22-26	0,0701	-0,0982	-0,1143	-0,0643	-0,0748	-0,0371	0,0190	0,0827	0,1525	0,1063	-0,1073	-0,2521
Total (correlação)	-0,0002ns	-0,0748ns	-0,1103ns	0,0601ns	0,1235ns	0,0655ns	-0,0152ns	-0,0250ns	0,0397ns	0,0039ns	-0,2513ns	-0,4132ns
R ²	0,0284	0,2717	0,2966	0,2551	0,1497	0,0203	0,3319	0,1817	0,1277	0,0607	0,1599	0,4175
Efeito residual	0,9857	0,8534	0,8387	0,8631	0,9221	0,9898	0,8174	0,9046	0,9340	0,9692	0,9166	0,7632
Valor K	0,1993	0,1974	0,3004	0,2508	0,1993	0,1498	0,1479	0,1517	0,1002	0,0659	0,0678	0,1479

ns, * e ** = não-significativo e significativo aos níveis de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste t; TMed = Temperatura média, em °C; TORv = Temperatura do ponto de orvalho, em °C; UR = Umidade relativa, em %; PPT = Precipitação pluviométrica, em mm; NHMF = Número de horas com molhamento foliar; NHT22-26 = Número de horas com temperatura entre 22 e 26 °C; NHUR90 = Número de horas com umidade relativa igual ou superior a 90%. Valores horários médios, das variáveis climáticas, durante dias com picos iguais ou superiores a 330 ascósporos.m⁻³.ar⁻¹.

O conjunto de variáveis foi satisfatório para explicar as variações na quantidade de ascósporos no ar, para a baixada, pois o valor de R², para as defasagens entre 7 e 10 h antes das avaliações, foi superior a 0,5. Detectaram-se: efeito direto negativo do

NHT22-26 entre 7 e 10 h de defasagem; efeito direto positivo da UR entre 9 e 10 h de defasagem; e efeito direto negativo do NHUR90 entre 7 e 8 h de defasagem, e efeito direto positivo com 10 h de defasagem (Tabela 4). Os efeitos indiretos das demais variáveis climáticas parecem explicar as correlações entre a quantidade de ascósporos no ar e TMed, TOrv, PPT e NHMF.

Tabela 4. Coeficientes de trilha dos efeitos das variáveis climáticas sobre a quantidade de ascósporos de *Microcylus ulei* no ar, obtidos na baixada

Descrição dos efeitos	Número de horas de defasagem das variáveis climáticas em relação ao horário da observação											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Direto de TMed	-0,2767	-0,2761	-0,2050	-0,0444	0,1701	0,2876	0,2322	0,1140	0,1082	-0,0723	0,2639	0,0476
Indireto via TORv	-0,0146	-0,1153	-0,0928	-0,0084	-0,1767	-0,2478	-0,0212	0,2339	-0,0366	0,0089	0,2418	-0,2086
UR	-0,0846	0,0061	0,1166	0,2470	0,3924	0,3636	0,2043	-0,0005	-0,3795	-0,3576	-0,0986	-0,1565
PPT	-0,0925	-0,0283	0,0287	0,0280	0,0244	0,0309	-0,0001	-0,0046	0,0402	0,1304	0,0194	0,1041
NHMF	0,0698	-0,0439	-0,0410	-0,0586	0,0388	0,0841	0,0943	0,1553	-0,0275	0,0333	-0,1519	0,1159
NHT22-26	0,0730	0,1135	0,0639	-0,0021	0,0207	0,0242	-0,0801	-0,1032	-0,2820	-0,1915	0,0956	0,0199
NHUR90	0,0065	0,2071	0,2139	0,1312	-0,0031	0,0318	0,1934	0,2371	0,0057	-0,0867	-0,1046	0,0807
Total (correlação)	-0,3743ns	-0,1920ns	0,0434ns	0,2839ns	0,5002*	0,6465**	0,6686**	0,6547**	-0,5499*	-0,5499*	0,2920ns	0,0077ns
Direto de TORv	-0,0205	-0,1628	-0,1304	-0,0117	-0,2349	-0,3157	-0,0262	0,2894	0,0372	-0,0092	0,3018	-0,2421
Indireto via TMed	-0,1966	-0,1955	-0,1459	-0,0321	0,1280	0,2258	0,1877	0,0921	-0,1064	0,0698	0,2114	0,0411
UR	-0,0500	0,0036	0,0688	0,1496	0,2521	0,2483	0,1449	-0,0004	0,3968	0,3519	-0,0672	-0,1185
PPT	-0,0506	-0,0153	0,0153	0,0150	0,0129	0,0249	-0,0001	-0,0041	-0,0403	-0,1372	0,0173	0,0993
NHMF	0,0562	-0,0354	-0,0335	-0,0492	0,0343	0,0757	0,0841	0,1369	0,0236	-0,0303	-0,1341	0,1075
NHT22-26	0,1462	0,2456	0,1538	-0,0058	0,0649	0,0629	-0,1895	-0,2588	0,2885	0,1949	0,2572	0,0757
NHUR90	0,0042	0,1327	0,1381	0,0869	-0,0022	0,0242	0,1509	0,1815	-0,0084	0,0681	-0,0786	0,0639
Total (correlação)	-0,1152ns	-0,0597ns	0,0402ns	0,1505ns	0,2088ns	0,2667ns	0,3466ns	0,4943*	0,5982**	0,5061*	0,5380*	0,0031ns
Direto de UR	0,0863	-0,0062	-0,1191	-0,2521	-0,4003	-0,3707	-0,2082	0,0006	0,4946	0,4430	0,1007	0,1601
Indireto via TMed	0,2713	0,2705	0,2008	0,0435	-0,1668	-0,2821	-0,2278	-0,1119	-0,0830	0,0583	-0,2584	-0,0466
TORv	0,0119	0,0935	0,0754	0,0069	0,1479	0,2114	0,0182	-0,1998	0,0298	-0,0073	-0,2015	0,1791
PPT	0,0908	0,0277	-0,0283	-0,0278	-0,0244	-0,0296	0,0001	0,0044	-0,0279	-0,0930	-0,0187	-0,0997
NHMF	-0,0678	0,0427	0,0398	0,0566	-0,0374	-0,0813	-0,0915	-0,1503	0,0207	-0,0262	0,1451	-0,1106
NHT22-26	-0,0560	-0,0835	-0,0433	0,0012	-0,0108	-0,0150	0,0524	0,0555	0,2529	0,1705	-0,0304	0,0044
NHUR90	-0,0066	-0,2094	-0,2163	-0,1326	0,0031	-0,0320	-0,1946	-0,2383	-0,0272	0,2264	0,1047	-0,0815
Total (correlação)	0,3470ns	0,1341ns	-0,1147ns	-0,3544ns	-0,5675*	-0,6922**	-0,6925**	-0,6396**	0,7585**	0,8599**	-0,1485ns	0,0210ns
Direto de PPT	0,2074	0,0624	-0,0619	-0,0607	-0,0521	-0,0635	0,0003	0,0094	0,0411	0,1399	-0,0425	-0,2473
Indireto via TMed	0,1234	0,1251	0,0949	0,0205	-0,0796	-0,1398	-0,1130	-0,0561	0,1057	-0,0673	-0,1209	-0,0201
TORv	0,0050	0,0399	0,0321	0,0029	0,0583	0,1236	0,0110	-0,1251	-0,0365	0,0091	-0,1233	0,0972
UR	0,0377	-0,0028	-0,0545	-0,1154	-0,1872	-0,1726	-0,0968	0,0003	-0,3361	-0,2945	0,0443	0,0645
NHMF	-0,0276	0,0177	0,0171	0,0245	-0,0166	-0,0403	-0,0461	-0,0779	-0,0228	0,0294	0,0729	-0,0515
NHT22-26	0,0245	0,0419	0,0250	-0,0010	0,0110	-0,0030	0,0162	0,0302	-0,2774	-0,1866	-0,0363	-0,0062
NHUR90	-0,0030	-0,0969	-0,1030	-0,0632	0,0015	-0,0148	-0,0906	-0,1142	0,0018	-0,0100	0,0479	-0,0339
Total (correlação)	0,4089ns	0,1997ns	-0,0625ns	-0,2045ns	-0,2748ns	-0,3263ns	-0,3189ns	-0,3316ns	-0,5160*	-0,3521ns	-0,1619ns	-0,2215ns
Direto de NHMF	-0,0723	0,0456	0,0426	0,0608	-0,0402	-0,0870	-0,0966	-0,1582	-0,0476	0,0610	0,1546	-0,1180
Indireto via TMed	0,2670	0,2661	0,1975	0,0428	-0,1641	-0,2784	-0,2268	-0,1120	0,0627	-0,0395	-0,2592	-0,0468
TORv	0,0160	0,1266	0,1026	0,0094	0,2004	0,2747	0,0228	-0,2504	-0,0185	0,0046	-0,2618	0,2204
UR	0,0809	-0,0058	-0,1112	-0,2348	-0,3718	-0,3466	-0,1973	0,0005	-0,2154	-0,1901	0,0944	0,1501
PPT	0,0791	0,0243	-0,0249	-0,0244	-0,0215	-0,0294	0,0001	0,0046	0,0197	0,0674	-0,0200	-0,1080
NHT22-26	-0,1199	-0,1944	-0,1142	0,0039	-0,0401	-0,0419	0,1262	0,1551	-0,1483	-0,1004	-0,1388	-0,0352
NHUR90	-0,0064	-0,2036	-0,2101	-0,1286	0,0030	-0,0314	-0,1924	-0,2343	0,0031	-0,0249	0,1023	-0,0786
Total (correlação)	0,2299ns	0,0678ns	-0,1093ns	-0,2589ns	-0,4423ns	-0,5617**	-0,5829**	-0,6261**	-0,3536ns	-0,2096ns	-0,3129ns	-0,0275ns
Direto de NHT22-26	0,2442	0,4127	0,2552	-0,0092	0,0994	0,0984	-0,3088	-0,4326	-0,2928	-0,1980	0,4151	0,1226
Indireto via TMed	-0,0827	-0,0759	-0,0513	-0,0099	0,0355	0,0706	0,0602	0,0272	0,1043	-0,0699	0,0608	0,0077
TORv	-0,0123	-0,0969	-0,0785	-0,0073	-0,1534	-0,2018	-0,0161	0,1731	-0,0366	0,0091	0,1870	-0,1495
UR	-0,0198	0,0013	0,0202	0,0331	0,0434	0,0567	0,0353	-0,0001	-0,4273	-0,3813	-0,0074	0,0057
PPT	0,0208	0,0063	-0,0061	-0,0068	-0,0058	0,0019	0,0000	-0,0007	0,0390	0,1318	0,0037	0,0126
NHMF	0,0355	-0,0215	-0,0190	-0,0254	0,0162	0,0370	0,0395	0,0567	-0,0241	0,0309	-0,0517	0,0338
NHUR90	0,0019	0,0550	0,0503	0,0260	-0,0005	0,0076	0,0478	0,0401	0,0130	-0,1077	-0,0100	0,0012
Total (correlação)	0,2362ns	0,3632ns	0,2216ns	-0,0013ns	0,0544ns	0,0951ns	-0,2030ns	-0,2224ns	-0,6830**	-0,6246**	0,6391**	0,0462ns
Direto de NHUR90	-0,0067	-0,2126	-0,2197	-0,1348	0,0031	-0,0325	-0,1977	-0,2411	-0,0461	0,3814	0,1062	-0,0820
Indireto via TMed	0,2697	0,2689	0,1995	0,0432	-0,1658	-0,2815	-0,2272	-0,1122	-0,0133	0,0164	-0,2601	-0,0469
TORv	0,0129	0,1016	0,0819	0,0075	0,1616	0,2350	0,0200	-0,2178	0,0068	-0,0016	-0,2235	0,1887
UR	0,0850	-0,0061	-0,1172	-0,2480	-0,3936	-0,3647	-0,2051	0,0005	0,2916	0,2629	0,0992	0,1590
PPT	0,0930	0,0284	-0,0290	-0,0285	-0,0251	-0,0290	0,0001	0,0044	-0,0016	-0,0037	-0,0191	-0,1021
NHMF	-0,0693	0,0436	0,0407	0,0580	-0,0383	-0,0840	-0,0940	-0,1538	0,0032	-0,0040	0,1491	-0,1130
NHT22-26	-0,0694	-0,1068	-0,0584	0,0018	-0,0168	-0,0229	0,0746	0,0720	0,0823	0,0559	-0,0390	-0,0019
Total (correlação)	0,3138ns	0,0746ns	-0,1460ns	-0,3275ns	-0,4742ns	-0,5877**	-0,6682**	-0,6959**	0,3137ns	0,7834**	-0,1765ns	-0,0062ns
R ²	0,2597	0,2115	0,0874	0,1159	0,2993	0,4564	0,5414	0,5773	0,5190	0,7765	0,4296	0,0672
Efeito residual	0,8604	0,8880	0,9553	0,9403	0,8371	0,7373	0,6772	0,6501	0,6935	0,4728	0,7552	0,9658
Valor K	0,1993	0,1993	0,1993	0,1993	0,1974	0,2508	0,1974	0,1993	0,1993	0,1993	0,1002	0,0983

ns, * e ** = não-significativo e significativo aos níveis de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste t; TMed = Temperatura média, em °C; TORv = Temperatura do ponto de orvalho, em °C; UR = Umidade relativa, em %; PPT = Precipitação pluviométrica, em mm; NHMF = Número de horas com molhamento foliar; NHT22-26 = Número de horas com temperatura entre 22 e 26 °C; NHUR90 = Número de horas com umidade relativa igual ou superior a 90%. Valores horários médios, das variáveis climáticas, durante dias com picos iguais ou superiores a 330 ascósporos.m⁻³.ar⁻¹.

O conjunto de variáveis foi satisfatório para explicar as variações na quantidade de confídios no ar, para o topo, pois o valor de R², para as defasagens entre 6 e 9 h antes das avaliações, foi superior a 0,5. Detectaram-se: efeito direto positivo da TMed com 6

h de defasagem; efeito direto positivo da PPT entre 8 e 9 h de defasagem; efeito direto positivo do NHMF com 7 h de defasagem; efeito direto negativo do NHT22-26 com 9 h de defasagem; e efeito direto positivo do NHUR90 com 9 h de defasagem (Tabela 5). Os efeitos indiretos das demais variáveis climáticas parecem explicar as correlações entre a quantidade de conídios no ar e TORv e UR.

Tabela 5. Coeficientes de trilha dos efeitos das variáveis climáticas sobre a quantidade de conídios de *Microcyclus ulei* no ar, obtidos no topo

Descrição dos efeitos	Número de horas de defasagem das variáveis climáticas em relação ao horário da observação											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Direto de TMed	0,3248	0,2409	0,0925	0,1774	-0,0396	0,4717	-0,0434	-0,0297	-0,0236	-0,1550	-0,2150	-0,1874
Indireto via TORv	0,0595	0,1298	0,1617	0,1095	0,0201	0,0413	-0,1513	-0,0634	0,0677	0,1074	0,1149	0,1767
UR	0,2602	0,1586	-0,0146	-0,0872	-0,1761	0,0094	-0,1044	-0,0398	0,0041	-0,1116	-0,1160	-0,1131
PPT	0,0141	0,0029	0,0520	0,0735	0,1173	0,0422	-0,0735	-0,2763	-0,1131	0,0729	0,0876	0,1060
NHMF	-0,1490	-0,3054	-0,2139	-0,4257	-0,3493	-0,0274	-0,3590	-0,1564	-0,1205	0,0463	0,2837	0,2953
NHT22-26	-0,0997	0,0691	0,1483	0,2715	0,1284	0,0380	0,0578	-0,0430	-0,1296	-0,1325	-0,1121	-0,0989
NHUR90	0,1289	0,1427	0,0303	-0,1288	-0,0060	-0,0041	0,0477	-0,0463	-0,3370	-0,3414	-0,4184	-0,4506
Total (correlação)	0,6208**	0,4856ns	0,2840ns	0,0079ns	-0,3111ns	0,6885**	-0,6347**	-0,6624**	-0,6544**	-0,5445*	-0,4177ns	-0,3096ns
Direto de TORv	0,1427	0,3181	0,3859	0,2467	0,0419	-0,0937	-0,2953	-0,1239	0,1310	0,2080	0,2109	0,2551
Indireto via TMed	0,1354	0,0983	0,0387	0,0787	-0,0190	-0,2080	-0,0222	-0,0152	-0,0122	-0,0801	-0,1171	-0,1298
UR	0,0909	0,0538	-0,0051	-0,0325	-0,0724	-0,1427	-0,0460	-0,0175	0,0018	-0,0494	-0,0543	-0,0715
PPT	0,0072	0,0015	0,0253	0,0365	0,0575	-0,0842	-0,0535	-0,2001	-0,0812	0,0520	0,0680	0,0991
NHMF	-0,0952	-0,1939	-0,1379	-0,2848	-0,2487	0,0474	-0,2450	-0,1076	-0,0852	0,0334	0,2147	0,2642
NHT22-26	-0,1637	0,1190	0,2692	0,5312	0,2776	-0,0633	0,1133	-0,0855	-0,2571	-0,2714	-0,2041	-0,1698
NHUR90	0,0647	0,0706	0,0154	-0,0702	-0,0035	0,0330	0,0280	-0,0273	-0,2039	-0,2088	-0,2673	-0,3414
Total (correlação)	0,2180ns	0,5296*	0,7075**	0,5304*	0,0394ns	-0,5348*	-0,5791*	-0,6081**	-0,4937*	-0,2752ns	-0,1076ns	-0,0427ns
Direto de UR	-0,2614	-0,1593	0,0147	0,0876	0,1770	-0,2830	0,1049	0,0399	-0,0042	0,1121	0,1166	0,1136
Indireto via TMed	-0,3233	-0,2398	-0,0920	-0,1765	0,0394	-0,0157	0,0432	0,0295	0,0235	0,1543	0,2139	0,1866
TORv	-0,0496	-0,1074	-0,1338	-0,0915	-0,0171	-0,0472	0,1294	0,0543	-0,0580	-0,0916	-0,0983	-0,1607
PPT	-0,0141	-0,0029	-0,0516	-0,0729	-0,1167	-0,0366	0,0731	0,2758	0,1132	-0,0731	-0,0878	-0,1068
NHMF	0,1479	0,3031	0,2121	0,4221	0,3463	0,0334	0,3552	0,1539	0,1182	-0,0453	-0,2768	-0,2881
NHT22-26	0,0889	-0,0613	-0,1309	-0,2369	-0,1102	-0,0442	-0,0495	0,0365	0,1097	0,1105	0,0952	0,0854
NHUR90	-0,1281	-0,1419	-0,0301	0,1281	0,0060	0,0686	-0,0473	0,0458	0,3325	0,3362	0,4114	0,4446
Total (correlação)	-0,6058**	-0,4408ns	-0,2071ns	0,0687ns	0,3508ns	-0,3951ns	0,6296**	0,6457**	0,6346**	0,5252*	0,3973ns	0,2974ns
Direto de PPT	-0,0304	-0,0062	-0,1067	-0,1508	-0,2363	0,0846	0,1469	0,5484	0,2228	-0,1442	-0,1869	-0,2449
Indireto via TMed	-0,1510	-0,1142	-0,0451	-0,0865	0,0197	0,2354	0,0217	0,0149	0,0120	0,0784	0,1008	0,0812
TORv	-0,0337	-0,0756	-0,0915	-0,0598	-0,0102	0,0932	0,1075	0,0452	-0,0478	-0,0750	-0,0767	-0,1033
UR	-0,1212	-0,0751	0,0071	0,0424	0,0874	0,1224	0,0522	0,0201	-0,0021	0,0568	0,0548	0,0495
NHMF	0,0603	0,1262	0,0902	0,1789	0,1495	-0,0470	0,1899	0,0850	0,0671	-0,0259	-0,1499	-0,1472
NHT22-26	0,0360	-0,0269	-0,0621	-0,1151	-0,0583	0,0628	-0,0375	0,0286	0,0860	0,0887	0,0711	0,0577
NHUR90	-0,0520	-0,0588	-0,0129	0,0551	0,0026	-0,0285	-0,0223	0,0222	0,1648	0,1665	0,1886	0,1857
Total (correlação)	-0,2996ns	-0,2318ns	-0,2531ns	-0,1509ns	-0,0805ns	0,5440*	0,4873*	0,9020**	0,5250*	0,1167ns	-0,0352ns	-0,1705ns
Direto de NHMF	0,1611	0,3309	0,2320	0,4624	0,3802	-0,0944	0,3781	0,1627	0,1249	-0,0481	-0,2959	-0,3095
Indireto via TMed	-0,3005	-0,2223	-0,0853	-0,1633	0,0364	0,1370	0,0412	0,0285	0,0228	0,1493	0,2062	0,1788
TORv	-0,0844	-0,1864	-0,2294	-0,1520	-0,0274	0,0470	0,1914	0,0820	-0,0894	-0,1442	-0,1531	-0,2178
UR	-0,2401	-0,1459	0,0134	0,0800	0,1612	0,1001	0,0986	0,0378	-0,0039	0,1057	0,1091	0,1058
PPT	-0,0114	-0,0024	-0,0415	-0,0583	-0,0929	0,0421	0,0738	0,2867	0,1197	-0,0777	-0,0947	-0,1164
NHT22-26	0,1360	-0,0967	-0,2126	-0,3992	-0,1934	0,0331	-0,0771	0,0574	0,1764	0,1846	0,1514	0,1307
NHUR90	-0,1278	-0,1415	-0,0301	0,1283	0,0060	-0,0205	-0,0475	0,0458	0,3309	0,3343	0,4083	0,4363
Total (correlação)	-0,4263ns	-0,3996ns	-0,2837ns	-0,0557ns	0,3263ns	0,2208ns	0,7330**	0,7416**	0,6938**	0,4944*	0,2730ns	0,1456ns
Direto de NHT22-26	-0,2015	0,1460	0,3245	0,6172	0,3037	0,0676	0,1221	-0,0917	-0,2758	-0,2909	-0,2179	-0,1780
Indireto via TMed	0,1606	0,1139	0,0423	0,0780	-0,0168	0,2650	-0,0206	-0,0139	-0,0111	-0,0706	-0,1106	-0,1041
TORv	0,1160	0,2594	0,3202	0,2124	0,0383	0,0877	-0,2741	-0,1155	0,1221	0,1940	0,1975	0,2434
UR	0,1153	0,0669	-0,0059	-0,0336	-0,0642	0,1847	-0,0426	-0,0159	0,0017	-0,0426	-0,0509	-0,0545
PPT	0,0054	0,0011	0,0204	0,0281	0,0453	0,0786	-0,0452	-0,1712	-0,0695	0,0439	0,0610	0,0794
NHMF	-0,1087	-0,2193	-0,1520	-0,2991	-0,2422	-0,0462	-0,2387	-0,1018	-0,0798	0,0305	0,2056	0,2272
NHUR90	0,0795	0,0855	0,0177	-0,0734	-0,0034	-0,0477	0,0271	-0,0257	-0,1901	-0,1893	-0,2553	-0,2887
Total (correlação)	0,1156ns	0,4821ns	0,6645**	0,5913**	0,1056ns	0,6065**	-0,4478ns	-0,5587*	-0,5302*	-0,3824ns	-0,2137ns	-0,1112ns
Direto de NHUR90	-0,1329	-0,1473	-0,0313	0,1332	0,0062	0,0751	-0,0489	0,0472	0,3417	0,3463	0,4249	0,4571
Indireto via TMed	-0,3150	-0,2334	-0,0895	-0,1715	0,0383	-0,0255	0,0423	0,0291	0,0233	0,1528	0,2117	0,1848
TORv	-0,0695	-0,1525	-0,1905	-0,1300	-0,0235	-0,0412	0,1689	0,0717	-0,0781	-0,1254	-0,1327	-0,1905
UR	-0,2521	-0,1535	0,0141	0,0842	0,1701	-0,2585	0,1015	0,0388	-0,0040	0,1089	0,1129	0,1105
PPT	-0,0119	-0,0025	-0,0441	-0,0624	-0,0993	-0,0321	0,0669	0,2576	0,1074	-0,0693	-0,0830	-0,0995
NHMF	0,1549	0,3180	0,2231	0,4454	0,3659	0,0258	0,3673	0,1579	0,1209	-0,0464	-0,2844	-0,2954
NHT22-26	0,1206	-0,0848	-0,1840	-0,3402	-0,1638	-0,0430	-0,0677	0,0500	0,1534	0,1590	0,1309	0,1124
Total (correlação)	-0,5394*	-0,4847ns	-0,3115ns	-0,0279ns	0,2949ns	-0,2807ns	0,6205**	0,6641**	0,6988**	0,5942**	0,4643ns	0,3714ns
R ²	0,3799	0,3667	0,4828	0,4966	0,2531	0,5318	0,5284	0,8187	0,5369	0,3625	0,2832	0,2672
Efeito residual	0,7874	0,7958	0,7192	0,7095	0,8642	0,6842	0,6867	0,4258	0,6805	0,7984	0,8467	0,8560
Valor K	0,2527	0,1955	0,3004	0,1002	0,1479	0,2489	0,1974	0,2508	0,1002	0,1974	0,1974	0,2012

ns, * e ** = não-significativo e significativo aos níveis de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste t; TMed = Temperatura média, em °C; TORv = Temperatura do ponto de orvalho, em °C; UR = Umidade relativa, em %; PPT = Precipitação pluviométrica, em mm; NHMF = Número de horas com molhamento foliar; NHT22-26 = Número de horas com temperatura entre 22 e 26 °C; NHUR90 = Número de horas com umidade relativa igual ou superior a 90%. Valores horários, das variáveis climáticas, médios durante dias com picos iguais ou superiores a 80 conídios.m⁻³.ar.h⁻¹.

O conjunto de variáveis foi satisfatório para explicar as variações na quantidade de conídios no ar, para a encosta, pois o valor de R², para as defasagens entre 7 e 9 h antes das avaliações, foi superior a 0,5. Não se detectaram efeitos diretos de qualquer

O conjunto de variáveis foi satisfatório para explicar as variações na quantidade de conídios no ar, para a baixada, pois o valor de R^2 , para as defasagens entre 7 e 10 h antes das avaliações, foi superior a 0,5. Detectaram-se: efeito direto positivo da TMed entre 9 e 10 h de defasagem; efeito direto negativo da TORv entre 7 e 8 h de defasagem; efeito direto positivo da PPT entre 7 e 8 h de defasagem; efeito direto positivo do NHMF com 9 h de defasagem; e efeito direto positivo do NHUR90 com 7 h de defasagem (Tabela 7). Os efeitos indiretos das demais variáveis climáticas parecem explicar as correlações entre a quantidade de conídios no ar e UR e NHT22-26.

encosta, houve correlação às 11:00 h e às 14:00 h. Já na baixada, ocorreu às 14:00 e 15:00 h (Tabela 8).

Tabela 8. Correlação horária entre ascósporos e conídios de *Microcyclus ulei*, coletados em dias de picos

Estrato	Horário											
	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
Topo	-0.12 ^{ns}	0.99 ^{**}	0.82 ^{**}	0.97 ^{**}	0.09 ^{ns}	0.16 ^{ns}	-0.14 ^{ns}	0.21 ^{ns}	.	.	-0.14 ^{ns}	-0.14 ^{ns}
Encosta	-0.00 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	0.73 ^{**}	-0.07 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	0.61 [*]	-0.10 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.11 ^{ns}	-0.11 ^{ns}
Baixada	-0.09 ^{ns}	0.34 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	0.10 ^{ns}	-0.13 ^{ns}	0.19 ^{ns}	0.89 ^{**}	0.88 ^{**}	-0.11 ^{ns}	-0.12 ^{ns}	-0.14 ^{ns}	0.08 ^{ns}

ns, * e ** = não-significativo e significativo aos níveis de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

DISCUSSÃO

O experimento localizou-se em área de 8.000 ha de seringais contínuos, com mais de 40 genótipos distintos quanto à fenologia, e sempre houve folíolos em estádios suscetíveis. Essa disponibilidade pode ter contribuído para a presença de ascósporos e conídios, durante todo o período de avaliação. Conídios já foram detectados em um ano de coletas na região (Rocha & Vasconcelos Filho, 1978), mas ascósporos é a primeira vez. Embora o clone FX 3864, predominasse na área experimental, sabe-se que conídios de *M. ulei* alcançam 100 e 180 metros a partir da fonte de inóculo (Langford, 1945; Rivano, 1992). Deve-se considerar também, a presença de plântulas de seringueiras oriundas da germinação de sementes, nas quais, com a falta de roçagem, ocorrem folíolos suscetíveis.

Já se relatou a presença de ascósporos de *M. ulei*, durante todo o ano, em plantios de seringueira em outros locais (Holliday, 1970; Chee, 1976; Gasparotto, 1997; Guyot, 2007). No entanto, havia relatos de esporos no ar em diferentes altitudes somente para conídios (Rocha & Vasconcelos Filho, 1978). A concentração de ascósporos no ar foi maior na baixada, o que pode indicar que, nesta condição, o ambiente favorece a liberação. Em pomares de maçã, a concentração de ascósporos de *Venturia inaequalis* aumenta quando a altitude diminui, pelo efeito da velocidade do vento aliado a variáveis climáticas, principalmente pluviometria (Aylor, 1995). A correlação entre as variáveis climáticas estudadas e a concentração de ascósporos no ar no topo e na encosta foi baixa, mas na baixada entre 7 e 10 h de defasagem, foi significativa. Como o experimento estava em talhão contínuo numa mesma orientação, espera-se que o efeito do vento seja similar em todos os estratos. Da mesma forma, a

PPT não se correlacionou à concentração de ascósporos no ar, no topo e na encosta, sendo que na baixada, somente com 9 h de defasagem. Assim, há evidência de que a liberação de ascósporos de *M. ulei* depende da interação de variáveis climáticas, cada qual contribuindo com efeitos indiretos, mais evidentes nas baixadas, considerando-se o sudeste da Bahia.

A concentração de conídios no ar decresceu com o aumento da altitude. Tendência similar ocorreu na mesma região, provavelmente em vista do maior número de horas com umidade relativa superior a 95%, na baixada (Rocha & Vasconcelos Filho, 1978). Houve o mesmo efeito no presente estudo, pois a média do NHUR90 tendeu a decrescer da baixada (15,7 h) para a encosta (14,3 h) e topo (13,0 h), o que afetou a média do NHMF: 12,9 h na baixada, 12,8 h na encosta e 8,3 h no topo. No topo houve quatro horas de molhamento foliar a menos que a encosta e a baixada, nível abaixo do geralmente aceito para a ocorrência de infecções (Kajornchaiyakul *et al.*, 1984; Chee *et al.*, 1985; Gasparotto & Junqueira, 1993). Como resultado de menor quantidade de infecções, o número de folíolos com lesões esporulantes e a concentração de conídios e ascósporos no ar foram menores, principalmente no topo.

Os esporos de *M. ulei* diferem nas dimensões. Holliday (1970) e Ellis (1976) mencionam conídios unicelulares com 15-34 x 5-9 μm , e conídios bicelulares com 23-65 x 5-10 μm . Os picnidiósporos, pouco observados, medem 5-9 x 1-2 μm (Griffon & Maublanc, 1913; Sutton, 1980). Ascósporos são bicelulares e medem 12-20 x 2-5 μm (Holliday, 1970; Holliday, 1980). Com esta variação, pode-se entender a maior quantidade de ascósporos capturados. Por serem menores que conídios, ascósporos tendem a ser mais leves e permanecer mais tempo no ar, o que aumenta a probabilidade de serem capturados pela armadilha. Armadilhas de sucção, como a Burkard, capturam mais esporos menores (Solomon *et al.*, 1980; Aylor, 1993; Oh *et al.*, 1998; Cariñanos *et al.*, 1999; Levetin *et al.*, 2000; Larson *et al.*, 2001; Heffer *et al.*, 2005; Khattab & Levetin, 2008). Este entendimento poderia ser também adotado para os picnidiósporos. Há controvérsias quanto a estas estruturas, inclusive se são estruturas reprodutivas ou apenas estejam relacionadas à ascosporogênese (Stahel, 1917; Langford, 1945; Chee, 1975; Chee & Holliday, 1986; Santos, 1992; Sambugaro *et al.*, 2004). Nos 18 meses do experimento, não se observou qualquer estrutura parecida com picnidiósporo nas fitas das armadilhas, em nenhuma condição topográfica.

Em dias de picos houve maior captura de ascósporos em períodos noturnos. Este padrão foi pouco evidente no topo, e é mais nítido conforme se avança no sentido da

baixada. Esta tendência é similar à relatada por Chee (1976), que encontrou maior concentração entre 3:00 e 7:00 h, nas condições de Trinidad e Tobago. Por outro lado, Guyot (2007) encontrou padrão diferente, com maior concentração de ascósporos ao redor das 13:00 h, nas condições da Guiana Francesa. Este autor atribuiu o fato a questões metodológicas dos estudos anteriores e, talvez, a existência de um ciclo diário para a liberação dos ascósporos influenciado pelo clima. A possível existência desse ciclo diário para a liberação de ascósporos pode explicar as variações entre as diferentes condições topográficas. As condições ambientais ligeiramente diferentes podem influenciar a liberação de ascósporos, até mesmo relacionado à ocorrência de ecótipos do fungo adaptados a cada condição topográfica, conforme já sugerido (Gasparotto & Junqueira, 1993). Pode-se também considerar o efeito do hospedeiro na liberação de esporos. Chee (1976) usou os clones RRIM 501 e RRIM 605, Guyot (2007), o IRCA GY5, e no presente trabalho, o FX 3864. Assim, além do componente ecológico da localidade, o hospedeiro pode afetar a liberação ativa de esporos, como comprovado em fungos da família Mycosphaerallaceae (Hershman & Perkins, 1995; Rossi *et al.*, 2002; Kabbage *et al.*, 2009). Diferentes graus de resistência horizontal podem favorecer ou prejudicar a formação da fase sexual do fungo (Rivano, 1992; Mattos *et al.*, 2003; Le Guen *et al.*, 2007), o que, em última análise pode afetar a disponibilidade de ascósporos no ar.

O padrão horário de liberação de conídios foi similar ao observado por Holliday (1969), Rocha & Vasconcelos Filho (1978) e Guyot (2007). A concentração de conídios no ar foi maior em todas as condições topográficas em períodos diurnos, com picos entre 10:00 e 13:00 h. Como ascósporos, a concentração de conídios decresceu com o aumento da altitude do terreno. Conídios estão mais expostos às variações climáticas, pois não estão no interior de ascocarpos, como os ascósporos. Em todas as condições topográficas, a concentração de conídios no ar aumentou, em horários de temperatura crescente e umidade relativa decrescente.

No topo e na encosta, não se detectou efeito das variáveis climáticas na liberação dos ascósporos. Por outro lado, na baixada, entre 7 e 10 h de defasagem, obtiveram-se correlações significativas entre estas variáveis e a liberação de ascósporos. Ao analisar os coeficientes de trilhas, notou-se que predominaram efeitos indiretos das variáveis climáticas, e não houve influência da PPT até 12 h de defasagem, para todas as condições topográficas. As variáveis climáticas relacionadas à umidade (UR, NHMF e NHUR90) correlacionaram-se negativamente à quantidade de ascósporos, entre 7 e 8 h

de defasagem. Assim, quando altos níveis de umidade ocorreram 7 horas antes, a liberação foi reduzida. Isso ajuda a explicar porque há menor quantidade de ascósporos no ar durante o dia. Maiores níveis de umidade ocorrem à noite, principalmente nas madrugadas, entre 7 e 10 h antes do registro na armadilha das mínimas quantidades de ascósporos no ar. A água livre é importante para *V. inaequalis* em macieira, que necessita de molhamento foliar em forma de chuva e orvalho para início de infecções primárias (Aylor, 1998). Por sua vez, *Mycosphaerella fijiensis* requer períodos de molhamento foliar intercalados com altas temperaturas (acima de 22 °C) para liberar os ascósporos (Gasparotto *et al.*, 2006). Não foi possível inferir sobre os efeitos das variáveis climáticas sobre a concentração de ascósporos no ar, no topo e na encosta. Houve tendência de, na baixada, haver maior concentração de ascósporos nas primeiras horas da noite, momento que coincide com redução da temperatura média e aumento da umidade relativa. Assim, na região, o molhamento foliar não é fundamental para a liberação de ascósporos, cuja formação não ocorre nas primeiras horas da noite e sim depois das 21:00 h. Não houve efeito direto da PPT na quantidade de ascósporos no ar. Na baixada, houve correlação negativa significativa entre a PPT e o número de ascósporos no ar, após 9 h da observação. Guyot (2007), na Guiana Francesa, obteve correlação negativa significativa entre a PPT e o número de ascósporos no ar, considerando o mesmo dia em que houve a chuva. Esta correlação, por sua vez, não é causada diretamente pela PPT: como obtido na análise de trilha, efeitos indiretos de outras variáveis climáticas são determinantes.

As correlações entre as variáveis climáticas e a quantidade de esporos no ar foram mais evidentes com conídios que com os ascósporos. A liberação dos conídios é mais influenciada pelas variações do clima. Em todas as condições topográficas, todas as variáveis climáticas afetaram a liberação, entre 6 e 11 h de defasagem. Durante chuvas, a quantidade de conídios no ar diminui (Chee, 1976; Gasparotto *et al.*, 1991), mas o efeito direto de PPT na concentração de conídios no ar, horas após a ocorrência de chuva, é pouco conhecido. Segundo este estudo, há efeito direto positivo da precipitação na concentração de conídios no ar, entre 7 e 9 h após sua ocorrência, em todas as condições topográficas.

Com a análise de correlação, detectou-se padrão oposto entre as variáveis climáticas relacionadas à temperatura (TMed, TO_{rv} e NHT22-26) e as relacionadas à umidade (UR, NHMF e NHUR90). Quanto à quantidade de ascósporos no ar, a correlação foi positiva para as variáveis relacionadas à temperatura e negativa para

aquelas relacionadas à umidade. Quanto à quantidade de conídios no ar, a correlação foi negativa para as variáveis relacionadas à temperatura e positiva, para as relacionadas à umidade. Esta constatação corrobora o padrão oposto de liberação diurna para conídios e noturna para ascósporos. Diferentemente do ocorrido com os ascósporos, as variáveis climáticas relacionadas à umidade (UR, NHMF e NHUR90) correlacionaram-se positivamente à concentração de conídios no ar, em todas as condições topográficas, entre 7 e 8 h de defasagem. A maior concentração de conídios no ar ocorreu com menor umidade relativa. Esse efeito inicia-se nas horas anteriores, em que as lesões esporulantes estiveram submetidas a maiores níveis de umidade, durante a madrugada. Sabe-se que a dinâmica da esporulação conidial não é afetada pela maior umidade atmosférica (Kajornchaiyakul *et al.*, 1984).

O NHT22-26 influenciou o padrão de liberação de ascósporos e conídios, que diminuiu do topo para a baixada. A umidade relativa limitou a esporulação entre as 11:00 e 13:00 h, quando no extremo inferior, abaixo de 70%. Nos dias de picos, a precipitação pluviométrica foi praticamente nula nestes horários. A quantidade de conídios correlacionou-se a de ascósporos, quando a TMed aumentou e o NHT22-26 diminuiu ou vice-versa, o que explica a diferença nas correlações entre as condições topográficas. Correlações significativas entre conídios e ascósporos ocorreram entre as 9:00 e 15:00 h, em todas as condições topográficas, e coincidiram com os horários de menor precipitação. Holliday (1970) estimou, em condições controladas, ser necessário a temperatura estar entre 13 e 16 °C para ocorrer alta liberação de ascósporos de *M. ulei*. Lantheaume (1989), também em condições controladas, obteve liberação de ascósporos ao submeter pseudotécios de *M. ulei* a 13,5 °C. Estes níveis de temperatura nunca ocorreram no presente experimento. Evidentemente, a temperatura tem papel importante, principalmente em um período seco mais definido, diferentemente do contexto deste estudo. Na região do experimento as temperaturas são constantes durante todo o ano, acima dos 20 °C. Guyot (2007) também não registrou temperaturas tão baixas, e mesmo assim, capturou grande quantidade de ascósporos. Há muitos estudos com *M. ulei*, a maioria independente e sem interação de pesquisadores e instituições, o que pode ter contribuído para a gama de informações conflitantes quanto ao ciclo de vida. Possivelmente, os isolados usados nesses estudos eram de ecótipos adaptados a climas mais secos, com temperatura média mais baixa. A correlação entre ascósporos e conídios indica, possivelmente, que eles são influenciados, naquele específico horário do dia, pelas mesmas variáveis climáticas. Aparentemente, esta correlação ocorre

durante a parte da manhã, em terrenos mais elevados, e mais tarde, em terrenos menos elevados. Apesar das pequenas diferenças entre as variáveis climáticas nas condições topográficas, houve correlação positiva entre conídios e ascósporos em diferentes horários do dia, especificamente quando houve oposição dos extremos de umidade relativa e dos de temperatura média. No topo, quando a temperatura aumentou e a umidade relativa diminuiu, conídios e ascósporos aumentaram ou diminuíram no ar seguindo um padrão. Na baixada, à medida que a temperatura diminuiu e a umidade relativa aumentou, ocorreu correlação. No topo, este efeito ocorreu entre as 9:00 e 11:00 h e, na baixada, entre as 14:00 e 15:00 h, durante todos os eventos de picos de ascósporos e conídios no ar. Na encosta, este padrão foi interrompido pelo momento do dia onde a umidade relativa foi mais baixa (11:00 e 13:00 h), obtendo correlação somente às 10:00 h e outra, às 14:00 h. Essa observação é interessante e deve ser mais investigada.

Apesar do conhecimento já acumulado sobre a dinâmica de esporos de *M. ulei*, com o presente estudo geraram-se resultados importantes. Assim, concluiu-se que, em diferentes condições topográficas, o microclima modifica-se o suficiente para alterar a concentração de ascósporos e conídios no ar. O microclima influencia mais a liberação de ascósporos e conídios nas regiões de baixada, sendo sua resposta mais evidente na liberação de conídios. Há efeito direto positivo da precipitação sobre a concentração de conídios no ar, entre 7 e 9 h após sua ocorrência, em todas as condições topográficas. Para as regiões tropicais, com condições ambientais favoráveis ao patógeno durante todo o ano, conídios são as estruturas mais importantes para o desenvolvimento da doença, enquanto ascósporos seriam importantes nas regiões com períodos desfavoráveis ao patógeno, como já observado (Guyot, 2007). A produção de ascósporos foi constante durante todo o período experimental, e sua contribuição no desenvolvimento de epidemias de mal-das-folhas, soma-se à dos conídios, também presentes durante todo o ano. Ambos os esporos estão associados a epidemias do mal-das-folhas, não havendo papel específico de cada um deles, no que é denominado ciclo primário e secundário, como proposto pelos modelos biológicos clássicos de ascomicetos, estudados geralmente em patossistemas temperados. Desta forma, sugere-se, para as regiões úmidas, um novo modelo esquemático do ciclo biológico do patógeno, considerando a existência de ascósporos e conídios durante todo o ano.

REFERÊNCIAS

- AYLOR, D. E. The aerobiology of apple scab. *Plant Disease* 82:838-849. 1998.
- AYLOR, D. E. Vertical variation of aerial concentration of *Venturia inaequalis* ascospores in an apple orchard. *Phytopathology* 85:175-181. 1995.
- AYLOR, D. E. Relative collection efficiency of rotorod and burkard spore samplers for airborne *Venturia inaequalis* ascospores. *Phytopathology* 83:1116-1119. 1993.
- CAMARGO, A. P.; MARIN, F. R.; CAMARGO, M. B. P. Zoneamento climático da Heveicultura no Brasil. Embrapa Monitoramento por Satélite. 19 p. 2003
- CARIÑANOS, P.; GALÁN, C.; ALCAZAR, P.; DOMINGUEZ, E. Diurnal variation of biological and non-biological particles in the atmosphere of Cordoba, Spain. *Aerobiologia* 15:177-182. 1999.
- CHEE, K. H. South American leaf blight of *Hevea brasiliensis*: spore dispersal of *Microcyclus ulei*. *Annals of Applied Biology* 84:147-152. 1976.
- CHEE, K. H. South American Leaf Blight of *Hevea brasiliensis*: spore behavior and screening for disease resistance. Proceedings of the International Rubber Conference. Kuala Lumpur. 228-235. 1975.
- CHEE, K. H.; DARMONO, T. W.; KAI-MING, Z.; LIEBEREI, R. Leaf development and spore production and germination after infection of *Hevea* leaves by *Microcyclus ulei*. *Journal of Rubber Research Institute of Malaysia* 33:124-137. 1985.
- CHEE, K. H.; HOLLIDAY, P. South American Leaf Blight of *Hevea* Rubber. Malaysian Rubber Research and Development Board. Monograph n° 13. 50 p. 1986.
- CRUZ, C. D. Programa Genes: Biometria. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p. 2006a.
- CRUZ, C. D. Programa Genes: Estatística experimental e matrizes. Editora UFV. Viçosa (MG). 285p. 2006b.
- ELLIS, M. B. More Dematiaceous Hyphomycetes. Kew: CMI. 1976. 507 p.
- FURTADO, E. L. Comportamento de cultivares de seringueira (*Hevea* spp.) frente ao mal das folhas na região do vale do Ribeira – SP. (Tese de Doutorado). Piracicaba. ESALQ/USP. 1996.
- GASPAROTTO, L.; JUNQUEIRA, N. T. V. Ecophysiological variability of *Microcyclus ulei*, causal agent of rubber tree leaf blight. *Fitopatologia Brasileira* 18:22-28. 1993.

- GASPAROTTO, L.; SANTOS, A. F.; PEREIRA, J. C. R.; FERREIRA, F. A. Doenças da seringueira no Brasil. Brasília, EMBRAPA. 1997.
- GASPAROTTO, L.; ZAMBOLIM, L.; JUNQUEIRA, N. T. V.; MAFFIA, L. A.; VALE, F. X. R. Epidemiologia do mal das folhas da seringueira. II – Região de Manaus – AM. Fitopatologia Brasileira 16:18-21. 1991.
- GONÇALVES, P. S. Uma história de sucesso: a seringueira no estado de São Paulo. O Agrônomo 54:6-14. 2002.
- GONÇALVES, P. S.; PAIVA, J. R.; SOUZA, R. A. Retrospectiva e atualidade do melhoramento genético da seringueira (*Hevea* spp.) no Brasil e em países asiáticos. Manaus, EMBRAPA/CNPSD. 69 p. (Documento número 2). 1983.
- GRANDIN, G. Fordlandia: The rise and fall Henry Ford's forgotten jungle city. Metropolitan Books, New York. 416 p.
- GRIFFON, M. M.; MAUBLANC, A. Sur quelques champignons parasite des plantes tropicales. Bulletin trimestriel de la Société Micologique de France 29:243-246. 1913.
- GUYOT, J. Analyse, à petite échelle, de l'influence de l'environnement, de l'inoculum et de l'hôte sur la dynamique épidémique de la maladie sud-américaine des feuilles de l'hévéa (*Microcyclus ulei*) en milieu amazonien. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, Montpellier, 200 pp. 2007.
- HEFFER, M. J.; RATZ, J. D.; MILLER, D.; DAY, J. H. Comparison of the rotorod to other air samplers for the determination of *Ambrosia artemisiifolia* pollen concentrations conducted in the environmental exposure unit. Aerobiologia 21:233-239. 2005.
- HERSHMAN, D. E.; PERKINS, D. M. Etiology of canola blackleg in Kentucky and seasonal discharge patterns of *Leptosphaeria maculans* ascospores from infested canola stubble. Plant Disease 79:1225-1229. 1995.
- HILTON, R. N. South American leaf blight: a review of literature relating to its depredations in South American, its threat to the Far East, and methods available for its control. Journal Rubber Research Institute of Malaysia 14:287-354. 1955.
- HOLLIDAY, P. Fungus diseases of tropical crops. Cambridge: Cambridge University Press. 607 p. 1980.
- HOLLIDAY, P. South American Leaf Blight (*Microcyclus ulei*) of *Hevea brasiliensis*. Phytopathological Papers 12. Farnham Royal. CAB 1-31. 1970.

- HOLLIDAY, P. Dispersal of conidia of *Dothidella ulei* from *Hevea brasiliensis*. *Annals of Applied Biology* 63:435-447. 1969.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria>. Acesso em 28 de dezembro de 2009: 2009.
- IRSG – International Rubber Study Group. Disponível em: <http://www.rubberstudy.com/statistics-geninfo.aspx>. Acesso em 22 de dezembro de 2009. 2009
- KABBAGE, M.; LESLIE, J. F.; HULBERT, S. H.; BOCKUS, W. W. Comparison of natural populations of *Mycosphaerella graminicola* from single fields in Kansas and California. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 74:55–59. 2009.
- KAJORNCHAIYAKUL, P.; CHEE, K. H.; DARMONO, T. W.; DE ALMEIDA, L. C. C. Effect of humidity and temperature on the development of South American Leaf Blight (*Microcyclus ulei*) of *Hevea brasiliensis*. *Journal of Rubber Research Institute of Malaysia* 32:217-223. 1984.
- KHATTAB, A.; LEVETIN, E. Preliminary studies on the effect of the burkard alternate orifice on airborne fungal spore concentrations. *Aerobiologia* 24:165-171. 2008.
- LANGFORD, M. H. South American Leaf Blight of *Hevea* Rubber Trees. Technical Bulletin of USDA n° 882. 31 p. 1945
- LANTHEAUME, F. Techniques d'isolements et de mise en culture des ascospores et des conidiospores de *Microcyclus ulei*. IRCA Guyane, Rapport Interne 6 p. 1989.
- LARSON, C.; FRANCL, L. J.; FRIESEN, T. Evaluation of the burkard cyclonic spore sampler for collection efficiency of ascospores. *Plant disease* 85:1249-1252. 2001.
- LE GUEN, V.; GARCIA, D.; MATTOS, C. R. R.; DOARÉ, F.; LESPINASSE, D.; SEGUIN, M. Bypassing of a polygenic *Microcyclus ulei* resistance in rubber tree, analyzed by QTL detection. *New Phytologist* 173: 335–345. 2007.
- LEVETIN, E.; ROGERS, C. A.; HALL, S. A. Comparison of pollen sampling with a burkard spore trap and tauber trap in a warm temperate climate. *Grana* 39:294-302. 2000.
- MATTOS, C. R. R.; GARCIA, D.; PINARD, F.; LE GUEN, V. Variabilidade de isolados de *Microcyclus ulei* no sudeste da Bahia. *Fitopatologia Brasileira* 28:502-507. 2003.

- MDIC – Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/index.php?area=5>. Acesso em 11 de janeiro de 2010. 2010.
- OH, J. W.; LEE, H. B.; LEE, H. R.; PYUN, B. Y.; AHN, Y. M.; KIM, K. E.; LEE, S. Y.; LEE, S. I. Aerobiological study of pollen and mold in Seoul, Korea. *Allergology International* 47:263-270. 1998.
- PROGRAMA GENES - Aplicativo computacional em genética e estatística. www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm
- RANDS, R. D. South American leaf blight disease of Pará rubber. Washington. Bulletin USDA nº 1286. 19 p. 1924.
- RIVANO, F. La maladie sud-américaine des feuilles de l'hévéa. Etude, en conditions naturelles et contrôlées, des composants de la résistance partielle de l'hévéa à *Microcyclus ulei* (P. Henn.) v. Arx. Thèse de doctorat, Université de Paris-sud, centre d'Orsay, Paris, 218 pp. 1992.
- ROCHA, H. M. Problemas de enfermidades nos seringueiros da Bahia. In: Seminário Nacional da Seringueira. Anais 1:99-108. Sudhevea. 1972.
- ROCHA, H. M.; VASCONCELOS FILHO, A. P. Epidemiology of the South American leaf blight of rubber in the region of Ituberá, Bahia, Brazil. *Turrialba* 28:325 - 329. 1978.
- ROSADO, P. L.; PIRES, M. M.; SANTOS, D. F. O. O agronegócio da borracha natural. In.: Alvarenga, A. P.; Carmo, C. A. F. S. Seqüestro de carbono: quantificação em seringueiros de cultivo e na vegetação natural. Viçosa: EPAMIG-EMBRAPA. p. 287-314. 2006.
- ROSSI, V.; LANGUASCO, L.; PATTORI, E.; GIOSUÈ, S. Dynamics of airborne *Fusarium* macroconidia in wheat fields naturally affected by head blight. *Journal of Plant Pathology* 84:53-64. 2002.
- SCHUBERT, K.; RITSCHEL, A.; BRAUN, U. A monograph of *Fusicladium* s.lat. (Hyphomycetes). *Schlechtendalia* 9:1-132.
- SAMBUGARO, R.; FURTADO, E. L.; RODELLA, R. A.; MATTOS, C. R. R. Anatomia foliar de seringueira (*Hevea* spp.) e desenvolvimento da infecção por *Microcyclus ulei*. *Summa Phytopathologica* 30:51-56. 2004.
- SANTOS, C. D. Severidade do mal-das-folhas da seringueira e fases estromáticas de *Microcyclus ulei* (P. Henn) v. Arx. em Viçosa, MG. (Tese de Mestrado). Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 1992.

- SINGH, R. K.; CHAUDHARY, B. D. Biometrical methods in quantitative genetic analysis. 2nd edn. Kalyani Publishers, New Delhi, India. 304 p. 1979.
- SOLOMON, W. R.; BURGE, H. A.; BOISE, J. R.; BECKER, M. Comparative Particle recoveries by the retracting rotorod, rotoslide and burkard spore trap sampling in a compact array. *Int. J. Biometeorology* 24:107-116. 1980.
- STAHEL, G. De zuid-amerikaansche hevea-bladzichte veroorzaakt door *Melanopsammopsis ulei* nov. gen. (= *Dothidella ulei* P. Hennings). Suriname Dept. Landb. Bul. 34, 111 p. 1917.
- SUTTON, B. C. The coelomycetes. Kew: CMI. 696 p. 1980.

CAPÍTULO 2

Progresso do mal-das-folhas e fenologia da seringueira em três condições topográficas

PROGRESSO DO MAL-DAS-FOLHAS E FENOLOGIA DA SERINGUEIRA EM TRÊS CONDIÇÕES TOPOGRÁFICAS

INTRODUÇÃO

A seringueira (*Hevea* spp.) é originária da região amazônica brasileira, onde há dez das onze espécies conhecidas. Também é encontrada nas regiões amazônicas da Bolívia, Peru, Equador, Guianas Inglesa e Francesa, Suriname e Venezuela (Wycherley, 1976; Gonçalves *et al.*, 1983). É endêmica no continente americano, entre as latitudes de 3° N e 15° S, em área estimada de 600 milhões de ha (Gasparotto, 1988). Há seringais industriais entre as latitudes de 22° N, na China, 25° S em São Paulo (Gasparotto, 1988), e 23° S no noroeste do Paraná (Pereira *et al.*, 2000). O cultivo da seringueira poderia se expandir para mais regiões latino americanas, mas o mal-das-folhas, causado por *Microcyclus ulei* (P. Henn.) v. Arx limita essa expansão.

Em regiões com condições favoráveis à doença, onde se cultivam clones altamente suscetíveis, o patógeno infecta e reinfecta apenas folíolos jovens, o que causa desfolhas sucessivas e seca das extremidades de hastes e de galhos e, por consequência, a morte descendente da árvore. Nessas condições, observam-se lesões do patógeno em pecíolos, ramos e até em frutos jovens. Os folíolos de clones suscetíveis, infectados após 12 dias de idade e até o início da maturação, não caem prematuramente e contribuem para a continuação do ciclo de vida do patógeno (Chee & Holliday, 1986; Gasparotto *et al.*, 1997).

Em condições de campo, a severidade da doença é maior em regiões de baixada submetidas a maiores índices de umidade relativa (Chee, 1976; Holliday, 1980; Gasparotto, 1997). Nas regiões produtoras de borracha do Sudeste da Bahia, parece que a intensidade da desfolha causada pela doença cresce no sentido topo – baixada. Muitas vezes, em um seringal, praticamente não há desfolha advinda do mal-das-folhas nas áreas de topo, que são consideradas áreas escape (Gasparotto *et al.*, 1997; Gonçalves, 2002; Virgens Filho, 2007). No entanto, estas observações carecem de subsídios experimentais para determinar o padrão da doença, em diferentes condições topográficas e microclimáticas.

Além dos fatores climáticos, a ocorrência de epidemias depende, também, da virulência do patógeno, da suscetibilidade e da densidade do hospedeiro, da disponibilidade de inóculo, da localização topográfica do plantio e do período de troca das folhas (Gasparotto, 1988). No sudeste da Bahia, há diferenciação notória na

ocorrência de mal-das-folhas em função da localização topográfica do plantio. A desfolha causada pela doença é sempre maior nas regiões de baixada.

As principais medidas de controle da doença são o uso de clones resistentes e o plantio em áreas com condições climáticas desfavoráveis ao patógeno (áreas escape). Geralmente, as características agronômicas, principalmente produtividade, dos clones resistentes são inferiores às dos suscetíveis (Furtado, 1990; Guyot *et al.*, 2008), o que limita o interesse do heveicultor pelo plantio de tais clones. Já o plantio em áreas de escape resulta em menor intensidade do mal-das-folhas. Entretanto, em anos de clima atípico, a doença pode ocorrer e reduzir a produtividade dos seringais, além de onerar a formação de mudas em viveiros. Outro inconveniente é que, geralmente, áreas de escape a *M. ulei* são marginais para a cultura da seringueira afetando negativamente o crescimento das árvores e ampliando consideravelmente o período de hibernação (Guyot, 2007).

Geralmente, plantam-se poucos clones em áreas extensas (Sambugaro *et al.*, 2004), o que resulta em situação semelhante à de monocultura. Em razão da alta variabilidade genética do patógeno (Mattos *et al.*, 2003, Le Guen *et al.*, 2004), isolados de *M. ulei* adaptados a ambientes diversos, podem causar epidemias severas de mal-das-folhas. Assim, a durabilidade da resistência é comprometida e pode até ocorrer redução da eficiência do plantio em áreas escape (Junqueira, 1985; Junqueira *et al.*, 1992), principalmente em anos com variação climática atípica. Em vista do uso restrito de resistência para controle do mal-das-folhas, conhecimentos epidemiológicos são essenciais para implementar o manejo da doença. Nessa perspectiva, demanda-se conhecer melhor o progresso da doença. Desta forma, objetivou-se estudar o progresso do mal-das-folhas da seringueira no sudeste da Bahia e sua relação com a fenologia do hospedeiro, em diferentes condições topográficas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

Conduziram-se experimentos em Igrapiúna - BA, nas Plantações Michelin da Bahia (PMB), em área plantada com o clone FX 3864 (PB 86 x FB 38), entre 01/06/05 e 31/12/08. A região tem pluviosidade média anual de 1.870 mm, distribuídos uniformemente ao longo do ano. A média de temperatura anual é 24,6 °C, com amplitude de 7,15 °C, e a média anual de umidade relativa é 80% (PMB, 2009). A área

experimental correspondeu aos talhões industriais 15U e 15V plantados em 1971. Nestes talhões, demarcaram-se três condições topográficas (estratos) contínuas: baixada, encosta e topo, de acordo com a densidade foliar das plantas em junho de 2005, avaliada com a escala de notas de densidade foliar em clones de seringueiras (PMB). A altitude média de cada estrato determinada com o auxílio de um GPS (Global Positioning System), foi de 97, 107 e 140 m, para baixada, encosta e topo, respectivamente.

Progresso do Mal-das-folhas da seringueira em Igrapiúna

Para cada estrato, definiram-se cinco parcelas, nas quais se distribuíram cinco caixas de 1 x 1 x 0,5 m, na projeção da copa, para coletar folíolos, totalizando 25 caixas. Semanalmente, quantificou-se o número de folíolos caídos nas caixas e a incidência do mal-das-folhas, conforme descrito por Furtado (1990).

Determinou-se a severidade da doença (SD) em folíolos caídos dentro das caixas, a partir da escala de Chee (1976), adaptada por Gasparotto (1988): 1 = Severidade fraca (necrose em menos de 1% do folíolo); 2 = Severidade moderada (necrose entre 1 – 5% do folíolo); 3 = Severidade forte (necrose entre 5 – 15% do folíolo); 4 = Severidade muito forte (necrose entre 15 – 30% do folíolo); e, 5 = Severidade extremamente forte (necrose em mais de 30% do folíolo). As notas foram transformadas em porcentagem de severidade, a partir do ponto médio de cada classe.

Densidade foliar

Semanalmente, determinou-se a densidade foliar (DF) com a escala de notas para avaliação de densidade foliar em clones de seringueiras desenvolvida pela PMB. Esta escala corresponde à porcentagem de copa retida pela planta, com variação de 0% (copa totalmente sem folhas) a 100% (copa totalmente com folhas).

Fenologia e predominância de folíolos B, C e D

Determinou-se, semanalmente, a fenologia (Hallé & Martin, 1968) nas árvores das três condições topográficas: Folíolo A = gema apical em divisão celular e morfogênese, com duração média de 9 dias; Folíolo B = fase de alongamento dos folíolos, coloração antociânica e duração média de 10 dias; Folíolo C = folíolos pendentes, flácidos, de cor verde com duração média de 8 dias; Folíolo D = fase de dormência da gema apical com folhas totalmente amadurecidas e duração média de 13 dias, sob condições normais de crescimento ativo. Não se acompanhou a formação de

folíolos em estágio A, pois sua observação é difícil em árvores com mais de 20 m de altura.

Ocorrência e frequência de estromas

A partir dos folíolos caídos nas caixas, determinou-se a ocorrência de estromas, com a escala de avaliação de estromas desenvolvida pela PMB (Cardoso & Mattos, 2007): 0 = Ausência de estromas; 1 = Menos de cinco lesões com estromas por folíolo; 2 = Entre cinco e dez lesões com estromas por folíolo; 3 = Entre 11 e 30 lesões com estromas por folíolo; e 4 = Mais de 30 lesões com estromas por folíolo. Para determinar a ocorrência de estromas, dividiu-se o número de folíolos com lesões estromáticas pelo número total de folíolos caídos em cada caixa. Determinou-se a frequência de lesões estromáticas, transformando-se os valores da escala em número médio de lesões estromáticas por folíolos caídos nos estádios C e D.

Relação entre microclima e severidade da doença

A partir de 01/07/07, em cada estrato, instalou-se um coletor automático de dados (HoBo Modelo Pro RH/Temp Data Logger) para registro e armazenamento de temperatura média (TMed), temperatura de orvalho (TO_{rv}) e umidade relativa (UR). Instalou-se o sensor no terço médio da árvore que melhor representava a condição topográfica. A cada 15 dias, transferiram-se os dados do sensor, ajustado para obter um registro por minuto, para um computador. A partir dos registros, obtiveram-se as informações sobre as variáveis listadas na tabela 1.

Tabela 1. Variáveis microclimáticas relacionadas à severidade do mal-das-folhas

Abreviação	Nome da Variável
TMed	Temperatura média diária (°C)
TMax	Temperatura máxima diária (°C)
TMin	Temperatura mínima diária (°C)
TOrv	Temperatura no ponto de orvalho (°C)
UrMed	Umidade relativa média diária (%)
UrMax	Umidade relativa máxima diária (%)
UrMin	Umidade relativa mínima diária (%)
NHUR90	Número de horas diárias com umidade relativa igual ou superior a 90%
TMedNHUR90	Temperatura média diária no período com umidade relativa igual ou superior a 90%
TMaxNHUR90	Temperatura máxima diária no período com umidade relativa igual ou superior a 90%
TMinNHUR90	Temperatura mínima diária no período com umidade relativa igual ou superior a 90%
NHT22-26	Número de horas diárias com temperatura entre 22 e 26 °C
NHMF	Número de horas com molhamento foliar
TMedNHMF	Temperatura média diária durante o período de molhamento foliar
TMaxNHMF	Temperatura máxima diária durante o período de molhamento foliar
TMinNHMF	Temperatura mínima diária durante o período de molhamento foliar
PPT*	Precipitação pluviométrica total diária (mm)

* Obtida diariamente por um pluviógrafo instalado no local do experimento.

Análise dos dados

Realizaram-se análises descritivas para: progresso da doença entre fevereiro e abril de 2006, 2007 e 2008 e entre agosto e outubro de 2005, 2006, 2007 e 2008, épocas de maior intensidade da doença; DF e a SD em todos os anos de estudo; ocorrência e frequência de estromas em folíolos C e D; e fenologia entre 2005 e 2008, calculando-se a quantidade de eventos fenológicos ocorridos em cada estrato, conforme Furtado (1990). Para tanto, consideraram-se os números médios de dias em que as árvores permaneceram em: i. senescência; ii. em desfolha; iii. totalmente sem folhas; e iv. reenfolhando.

Ao conjunto das 17 variáveis climáticas consideradas no experimento (Tabela 1) aplicou-se o procedimento LAG do SAS (*Statistical Analysis Software System* – Versão 9,0; SAS Institute 2004, Cary, NC), para criação de valores de severidade da doença defasados para cada variável climática analisada. Desta forma, determinou-se o nível de 10 dias de defasagem anteriores à observação, como ponto em que determinada variável climática pudesse influenciar a severidade da doença. Este nível de defasagem foi estipulado considerando-se o maior período latente médio da doença, segundo diversos autores (Stahel, 1917; Langford, 1945; Blasquez & Owen, 1963; Kajornchaiyakul *et al.*, 1984; Junqueira *et al.*, 1988a; Junqueira *et al.*, 1988b; Hashim & Pereira, 1989a; Hashim & Pereira, 1989b; Junqueira *et al.*, 1990; Rivano, 1992; Junqueira *et al.*, 1993; Garcia *et al.*, 1999; De Araújo *et al.*, 2001). A partir dos dados defasados, correlacionaram-se as variáveis climáticas à severidade da doença, entre os meses de agosto e novembro de 2007 e 2008, época com sintomas mais severos. Para cada condição topográfica, geraram-se matrizes de correlação entre a severidade da doença e as variáveis climáticas. Obtidas as matrizes, diagnosticaram-se possíveis efeitos de multicolinearidade entre as variáveis climáticas. A partir dessa análise, selecionaram-se seis variáveis climáticas: TMed, UrMed, NHUR90, NHT22-26, NHMF e PPT. Ao conjunto de matrizes de correlação aplicou-se análise de trilhas, para verificação dos efeitos diretos e indiretos de determinada variável climática sobre a severidade da doença. Efetuaram-se as análises com o Programa Genes (Cruz, 2006a, b).

Para interpretação dos resultados, seguiu-se o proposto por Singh e Chaudhary (1979): 1) Caso o coeficiente de correlação (r) entre a variável dependente e o efeito da variável independente seja quase igual ao seu efeito direto, a correlação explica a verdadeira relação, sendo indicador de que a variável climática em questão influencia a severidade da doença; e 2) Caso a correlação seja positiva (ou negativa), mas o efeito direto é negativo, positivo ou negligenciável, os efeitos indiretos parecem ser a causa da correlação. Em tais situações, as variáveis independentes de efeitos indiretos devem ser consideradas simultaneamente.

RESULTADOS

Maiores valores de severidade da doença tenderam a ocorrer na baixada, em praticamente todos os anos de avaliação. Observou-se gradiente na severidade que

tendeu a crescer do topo para a baixada. Esta tendência foi maior em 2005, 2006 e 2007, e menor em 2008 (Figura 1).

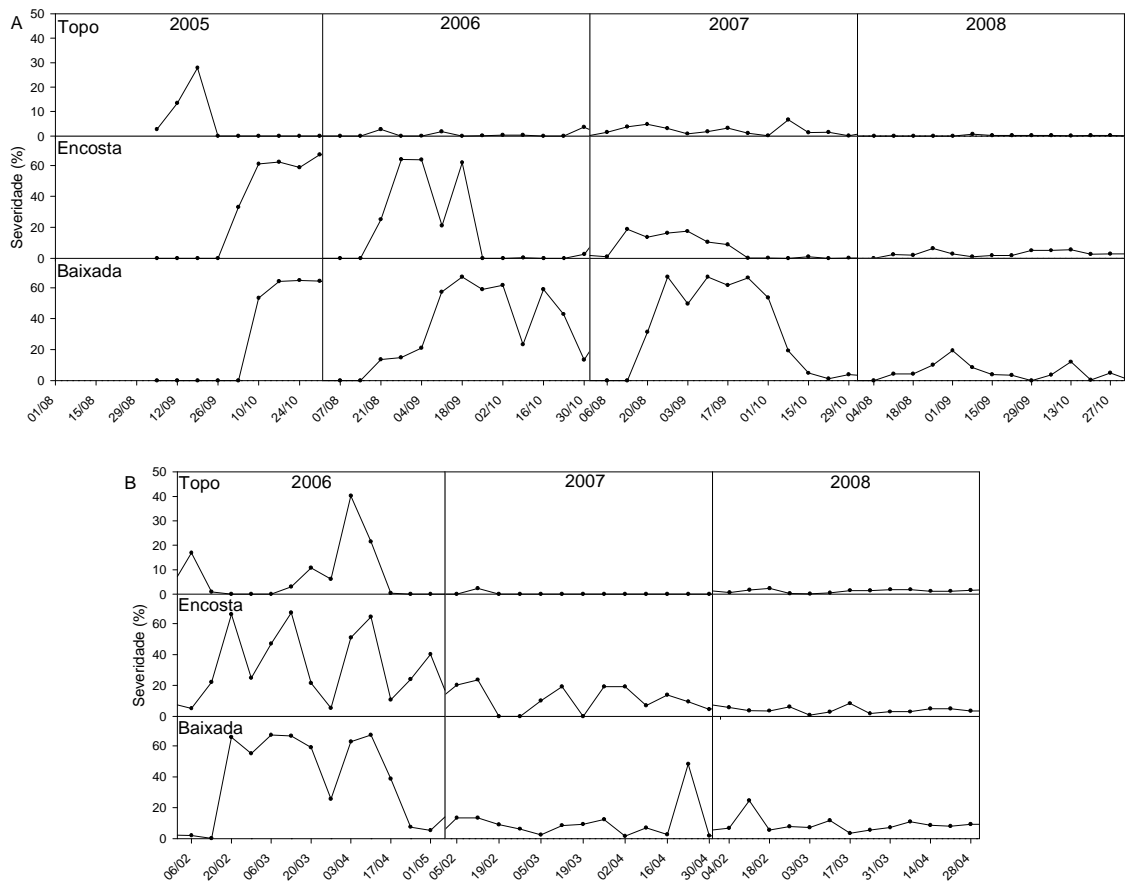


Figura 1. Severidade do mal-das-folhas da seringueira, em quatro anos de avaliação: A – primeiro (1 de agosto a 31 de outubro) e B - segundo (1 de fevereiro a 30 de abril) períodos de reenfolhamento.

Entre fevereiro e abril, a severidade da doença tendeu a crescer do topo para a baixada. Com exceção de 2006, praticamente não houve doença no topo (Figura 1B). Ressalta-se, que durante fevereiro e abril, geralmente há folíolos suscetíveis, pois a planta tenta recuperar-se de infecções estabelecidas.

Entre junho e outubro, em todos os estratos e quatro anos de avaliação, ocorreram as menores densidades foliares, e o valor modal 0% esteve contido neste período (Figuras 2 a 5). Em 2005, a densidade foliar foi 0%, durante cinco semanas consecutivas, entre julho e agosto, no topo; e, quatro semanas consecutivas em setembro, na encosta e na baixada. Em setembro, na encosta e na baixada havia 0% de densidade foliar, e 60% das copas das árvores do topo já tinham novas folhas. Houve atraso na queda de folhas, na encosta e na baixada, durante 2005. A severidade da

doença aumentou após cinco semanas do início do reenfolhamento no topo, uma semana na encosta e duas semanas na baixada, época em que predominavam folíolos suscetíveis (Figura 2).

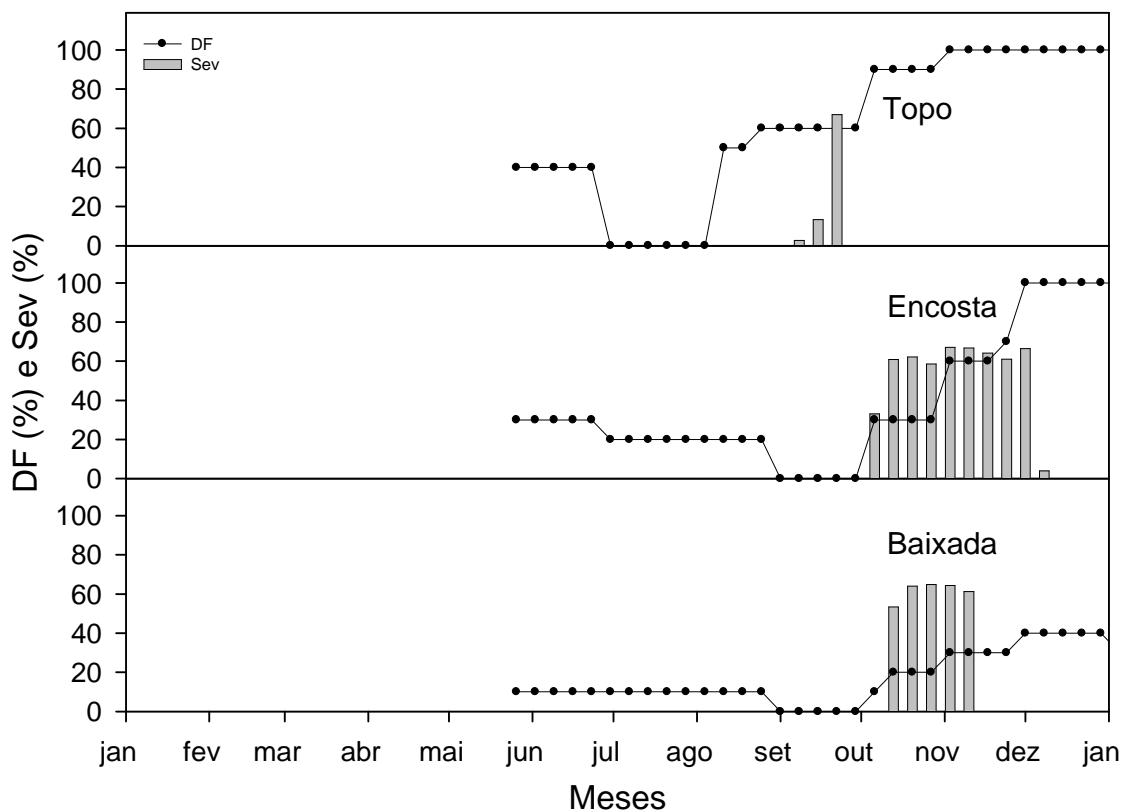


Figura 2. Moda da densidade foliar (DF) de seringueiras e severidade média (Sev) do mal-das-folhas, em 2005, em três condições topográficas.

Em 2006, a densidade foliar tendeu a decrescer na direção da baixada. A densidade foliar foi nula por duas semanas, no topo, cinco semanas na encosta e oito semanas na baixada. A baixada foi a primeira condição topográfica onde a DF foi nula no final de junho, e a última onde este nível desapareceu, em meados de agosto. Na encosta, as seringueiras atingiram 0% de DF em meados de julho, persistindo até meados de agosto. As árvores do topo atingiram 0% de DF no início de agosto, com duração de duas semanas. O topo foi a última condição topográfica onde ocorreu 0% de DF e, a primeira onde este nível deixou de ocorrer. A severidade da doença tendeu a crescer em direção à baixada (Figura 3).

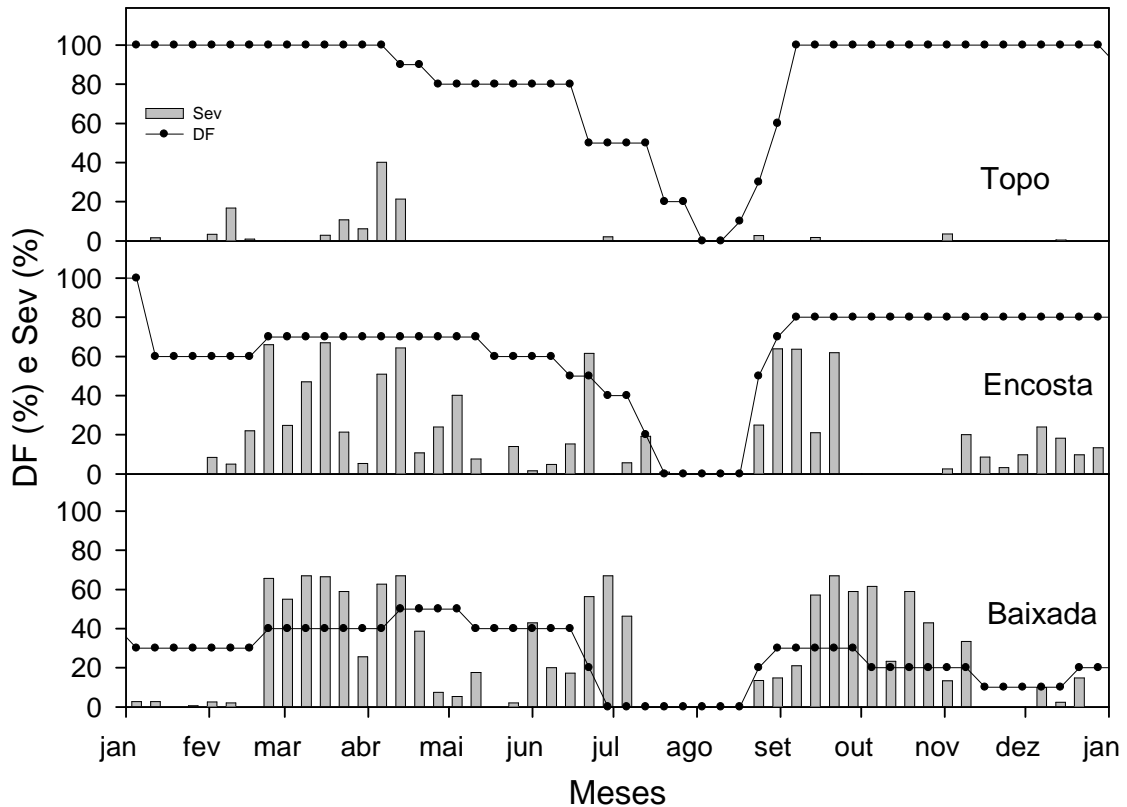


Figura 3. Moda da densidade foliar (DF) de seringueiras e severidade média (Sev) do mal-das-folhas, em 2006, em três condições topográficas.

Em 2007, a tendência da DF foi similar à de 2006, pois em todas as condições topográficas a DF foi nula, praticamente na mesma época. No entanto, após quatro semanas, no topo, houve 10% de DF, ao passo que, na encosta e na baixada, as árvores ainda estavam com 0%. As árvores do topo permaneceram com 0% de DF durante quatro semanas, enquanto as da encosta e da baixada, permaneceram por cinco semanas. Na baixada, a recuperação da densidade foliar foi mais lenta que no topo e na encosta, tendência observada em todos os anos de avaliação. A severidade da doença tendeu a crescer em direção à baixada (Figura 4).

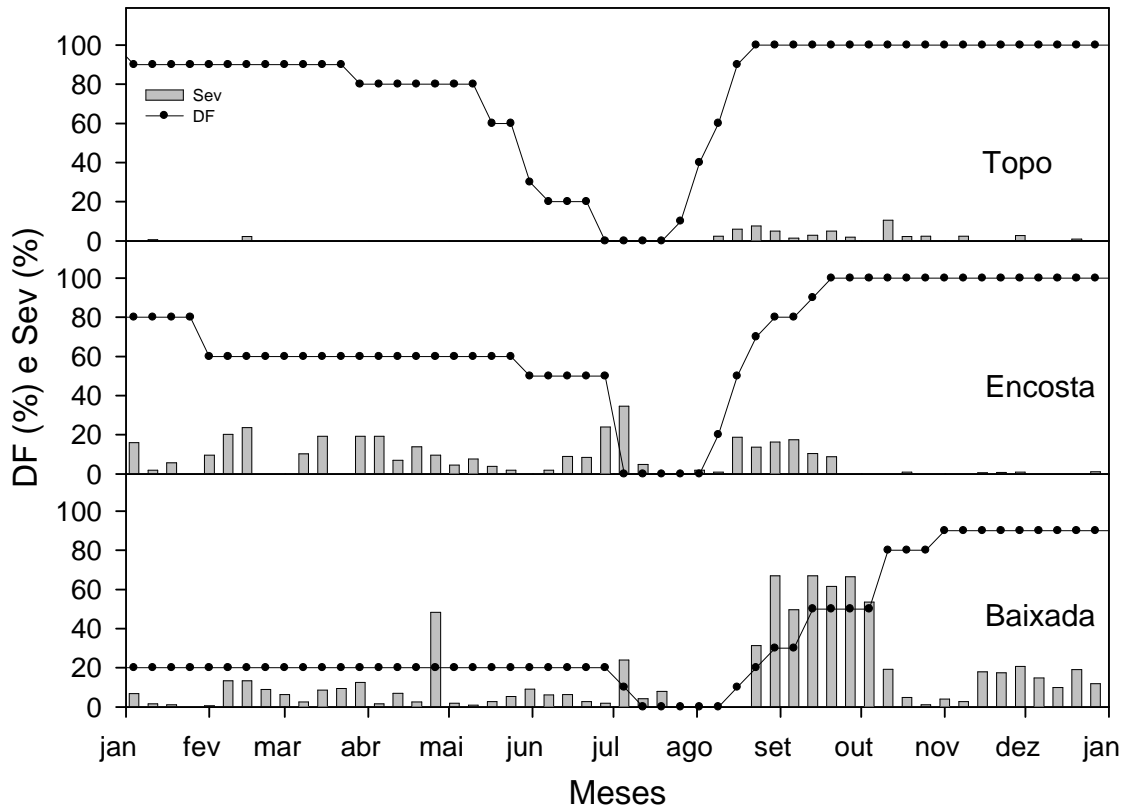


Figura 4. Moda da densidade foliar (DF) de seringueiras e severidade média (Sev) do mal-das-folhas, em 2007, em três condições topográficas.

Do período avaliado a menor severidade da doença ocorreu em 2008. A baixada foi o primeiro estrato em que as árvores atingiram 0% de DF, seguindo-se a encosta e o topo. Nas seringueiras do topo este nível de DF persistiu por quatro semanas, enquanto, nas da encosta persistiu por seis semanas e, nas da baixada, por oito. Nas seringueiras de todas as condições topográficas, houve enfolhamento em agosto (Figura 5).

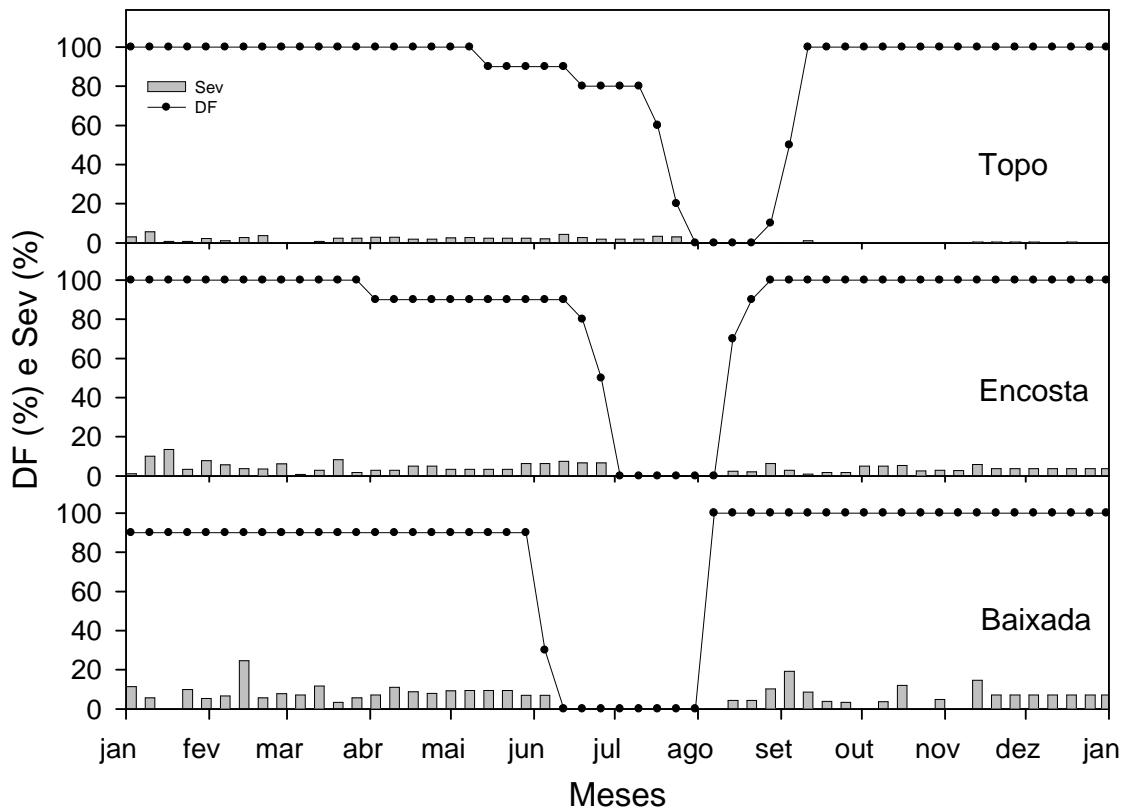


Figura 5. Moda da densidade foliar (DF) de seringueiras e severidade média (Sev) do mal-das-folhas, em 2008, em três condições topográficas.

Ao analisar o padrão fenológico da seringueira, obteve-se o número médio de dias em que folíolos maduros em estágio D permaneceram em senescência, que tendeu a crescer em direção ao topo. No topo, os folíolos maduros permaneceram em senescência entre 9 (2005) e 40 dias (2006); na encosta, entre 8 (2005) e 21 dias (2006); e, na baixada, entre 7 (2005) e 14 dias (2006 e 2008). Em geral, houve variação entre 7 dias na baixada (2005) e 40 dias no topo (2006). Excetuando-se 2006, a média dos dias em que as árvores passaram em desfolha decresceu em direção à baixada, sendo maior no topo em todos os anos de avaliação. A média de dias em que as árvores passaram sem nenhuma folha decresceu em direção ao topo, exceto em 2007, sendo que em todos os anos, foi maior na baixada. O número médio de dias em que as árvores permaneceram em reenfolhamento decresceu em direção ao topo, exceto em 2005, e, foi menor no topo em todos os anos (Tabela 2).

Tabela 2. Número médio de dias para cada evento fenológico

ESTÁDIO FENOLÓGICO	ANO	ESTRATO		
		TOPO	ENCOSTA	BAIXADA
Senescência	2005	9 (7,7)*	8 (2,8)	7 (0,0)
	2006	40 (5,4)	21 (4,3)	14 (5,4)
	2007	19 (7,8)	15 (5,0)	12 (3,2)
	2008	21 (7,2)	15 (5,8)	14 (5,4)
Desfolhando	2005	64 (30,2)	56 (17,4)	48 (32,9)
	2006	45 (6,9)	18 (5,3)	26 (7,4)
	2007	32 (6,3)	29 (6,0)	15 (4,9)
	2008	90 (18,8)	80 (9,1)	50 (17,2)
Desfolhado	2005	16 (14,4)	27 (7,7)	34 (15,3)
	2006	11 (4,7)	15 (2,1)	22 (11,7)
	2007	22 (4,8)	14 (4,1)	25 (3,4)
	2008	12 (5,9)	14 (7,7)	28 (50,2)
Reenfolhando	2005	32 (6,4)	64 (28,7)	60 (33,2)
	2006	25 (4,4)	44 (15,8)	54 (14,1)
	2007	28 (0,9)	58 (3,2)	62 (25,6)
	2008	25 (5,7)	35 (13,0)	48 (32,2)

* Números entre parênteses = erros padrão.

No topo, predominaram os folíolos no estágio D, em todos os anos. A proporção entre folíolos nos estádios B e C foi equilibrada, exceto em 2008, com 4 e 1%, para folíolos B e C, respectivamente. A proporção de folíolos na encosta foi parecida à do topo, pois predominaram folíolos em estágio D nos quatro anos. A proporção entre folíolos B e C não foi balanceada como no topo, a não ser em 2008, com 2 e 3%, para folíolos B e C, respectivamente. Nos quatro anos, a proporção de folíolos D foi menor na baixada, que no topo e na encosta. Em todos os anos, a proporção de folíolos D foi superior a 80% no topo e na encosta, proporção observada apenas em 2008 na baixada. Da mesma forma, na baixada, não houve equilíbrio entre as proporções de folíolos B e C em nenhum dos anos avaliados, sendo o percentual de ambos, mais elevado que no topo e na encosta (Tabela 3).

Tabela 3. Porcentagem de folíolos de seringueira em diferentes estádios fenológicos, por ano de avaliação

ANO	ESTRATO	ESTÁDIO FENOLÓGICO		
		B	C	D
2005	Topo	11	12	77
	Encosta	12	17	71
	Baixada	16	14	70
2006	Topo	5	6	89
	Encosta	8	11	81
	Baixada	7	18	75
2007	Topo	4	4	92
	Encosta	10	7	83
	Baixada	15	8	77
2008	Topo	4	1	95
	Encosta	2	3	95
	Baixada	2	9	89

B = folíolo imaturo em estágio B; C = folíolo imaturo em estágio C; D = folíolo totalmente maduro em estágio D, segundo escala de Hallé & Martin (1968).

Em todos os anos, a ocorrência média de estromas tendeu a crescer do topo para a baixada (Tabela 4).

Tabela 4. Média de ocorrência (%) de folíolos de seringueira com lesões estromáticas de *Microcyclus ulei*

ESTRATO	ANO AGRÍCOLA			
	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09
Topo	28,26	30,08	27,14	8,61
Encosta	29,56	37,24	42,01	50,19
Baixada	46,13	39,00	50,94	55,45

Em todos os anos, o número médio de lesões estromáticas por folíolos em estádios C e D foi maior na baixada. Em vista da variação nas observações, o erro

padrão foi elevado, e as lesões estromáticas por folíolo tenderam a aumentar na direção da baixada (Tabela 5).

Tabela 5. Número médio de lesões estromáticas de *Microcyclus ulei* por folíolo de seringueira em estádios C e D, pela escala fenológica de Hallé & Martin (1968)

ESTRATO	FOLÍOLO	ANO AGRÍCOLA			
		2005/06	2006/07	2007/08	2008/09
Topo	C	2,50 (0,0)*	0,00 (0,0)	2,35 (0,2)	2,50 (0,0)
Encosta	C	26,33 (23,3)	0,00 (0,0)	2,51 (0,6)	2,84 (1,1)
Baixada	C	64,40 (5,0)	1,72 (0,8)	2,77 (1,1)	3,75 (2,2)
Topo	D	27,06 (25,7)	4,82 (12,0)	11,02 (16,6)	2,94 (1,5)
Encosta	D	27,48 (36,5)	14,75 (24,6)	16,53 (22,8)	3,06 (1,8)
Baixada	D	27,63 (30,9)	21,08 (19,5)	23,25 (45,0)	4,53 (4,2)

* Valores entre parênteses = Erros padrão.

O conjunto de variáveis foi satisfatório para explicar as variações na severidade da doença, para o topo, pois o coeficiente de determinação (R^2) foi superior a 0,5, para as defasagens de 1, 7 e 8 dias antes das avaliações. Detectaram-se: efeito direto positivo do NHUR90 e do NHT22-26, a 1 dia de defasagem, e efeito direto negativo do NHMF, aos 8 dias de defasagem. Os efeitos indiretos das demais variáveis climáticas parecem explicar as correlações entre a severidade da doença e TMed, UrMed e PPT (Tabela 6).

Tabela 6. Coeficientes de trilha dos efeitos das variáveis climáticas sobre a severidade do mal-das-folhas da seringueira, entre 01/08/2007 e 30/11/2007, obtidos no topo

Descrição dos efeitos	Número de dias de defasagem das variáveis climáticas em relação ao dia da observação									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Direto de TMed	-0,36868	0,36022	-0,12516	0,31432	0,20418	0,05281	0,11434	-0,15853	0,11621	-0,32898
Indireto via UrMed	0,07292	-0,60994	0,02155	-0,18987	-0,13915	-0,45801	-0,80979	-0,16238	-0,03831	0,53339
NHUR90	-0,06040	0,16985	-0,15758	0,03883	-0,03578	0,16102	0,21591	0,01040	0,07693	-0,15114
NHT22-26	0,06499	-0,04564	0,03717	0,00791	0,00092	-0,04257	-0,02386	0,00975	0,00331	0,03390
NHMF	0,00622	0,00059	0,00876	-0,00277	0,01564	0,01506	0,03968	0,04297	0,01668	-0,01538
PPT	0,08625	0,01471	-0,05454	-0,04421	-0,06890	0,11469	0,03692	-0,10530	-0,15082	-0,02569
Total (correlação)	-0.19870ns	-0.11020ns	-0.26980ns	0.12420ns	-0.02310ns	-0.15700ns	-0.42680ns	-0.36310ns	0.02400ns	0.04610ns
Direto de UrMed	-0,20518	1,60679	-0,05385	0,45500	0,31973	1,00927	1,73626	0,34460	0,08046	-1,09504
Indireto via TMed	0,13103	-0,13674	0,05008	-0,13117	-0,08886	-0,02396	-0,05333	0,07470	-0,05534	0,16025
NHUR90	0,28956	-0,76597	0,65849	-0,15216	0,13173	-0,54993	-0,71716	-0,03406	-0,24952	0,47730
NHT22-26	0,24327	-0,18664	0,16061	0,03900	0,00399	-0,18242	-0,11008	0,03522	0,01673	0,17523
NHMF	0,26169	-0,04939	-0,26880	0,06193	-0,27673	-0,21906	-0,49934	-0,55064	-0,21068	0,18287
PPT	-0,12634	-0,02186	0,06237	0,05241	0,07261	-0,12686	-0,04142	0,12253	0,17888	0,03141
Total (correlação)	0.59400**	0.44630ns	0.60890**	0.32500ns	0.16250ns	-0.09290ns	0.31500ns	-0.00760ns	-0.23950ns	-0.06800ns
Direto de NHUR90	0,33406	-0,88327	0,76311	-0,17673	0,15478	-0,65165	-0,85073	-0,04067	-0,29794	0,57012
Indireto via TMed	0,06666	-0,06927	0,02585	-0,06906	-0,04721	-0,01305	-0,02902	0,04052	-0,03001	0,08721
UrMed	-0,17785	1,39341	-0,04647	0,39175	0,27212	0,85173	1,46367	0,28860	0,06738	-0,91677
NHT22-26	0,14319	-0,10953	0,08867	0,02078	0,00168	-0,04876	-0,02700	0,00242	0,00117	0,01196
NHMF	0,28551	-0,05452	-0,29917	0,06903	-0,31254	-0,24897	-0,56946	-0,63000	-0,24105	0,20919
PPT	-0,10184	-0,01747	0,04849	0,04078	0,05385	-0,09563	-0,03106	0,09308	0,13590	0,02382
Total (correlação)	0.54970*	0.25920ns	0.58050*	0.27660ns	0.12270ns	-0.20630ns	-0.04380ns	-0.24600ns	-0.36450ns	-0.01440ns
Direto de NHT22-26	0,54570	-0,42534	0,38803	0,09712	0,01131	-0,58883	-0,36828	0,13429	0,06301	0,66075
Indireto via UrMed	-0,04391	0,03865	-0,01199	0,02559	0,01656	0,00382	0,00741	-0,01151	0,00611	-0,01688
UrMed	-0,09147	0,70506	-0,02229	0,18273	0,11286	0,31267	0,51897	0,09039	0,02136	-0,29040
NHUR90	0,08766	-0,22744	0,17437	-0,03782	0,02295	-0,05396	-0,06236	-0,00073	-0,00554	0,01032
NHMF	0,03477	-0,00544	-0,01238	0,00163	0,03778	0,05119	0,12836	0,15277	0,05897	-0,05131
PPT	-0,02965	-0,00518	0,00251	0,00328	-0,00787	0,00939	0,00284	-0,00385	-0,00141	-0,00016
Total (correlação)	0.50310*	0.08030ns	0.51830*	0.27250ns	0.19360ns	-0.26580ns	0.22690ns	0.36130ns	0.14250ns	0.31230ns
Direto de NHMF	0,38844	-0,07407	-0,41145	0,09521	-0,44547	-0,35947	-0,82495	-0,90077	-0,34465	0,29919
Indireto via TMed	-0,00590	-0,00288	0,00267	-0,00915	-0,00717	-0,00221	-0,00550	0,00756	-0,00562	0,01691
UrMed	-0,13823	1,07141	-0,03518	0,29598	0,19862	0,61505	1,05096	0,21065	0,04918	-0,66929
NHUR90	0,24553	-0,65018	0,55486	-0,12813	0,10859	-0,45133	-0,58726	-0,02845	-0,20838	0,39863
NHT22-26	0,04884	-0,03126	0,01168	0,00166	-0,00096	0,08385	0,05731	-0,02278	-0,01078	-0,11332
PPT	-0,09609	-0,01682	0,04435	0,03701	0,04620	-0,08026	-0,02612	0,07470	0,10914	0,01906
Total (correlação)	0.44260ns	0.29620ns	0.16690ns	0.29260ns	-0.10020ns	-0.19430ns	-0.33550ns	-0.65910**	-0.41110ns	-0.04880ns
Direto de PPT	-0,35509	-0,06055	0,19442	0,15910	0,24226	-0,40454	-0,13032	0,37053	0,54058	0,09359
Indireto via TMed	0,08955	-0,08753	0,03511	-0,08735	-0,05807	-0,01497	-0,03239	0,04505	-0,03242	0,09031
UrMed	-0,07300	0,58005	-0,01728	0,14988	0,09582	0,31651	0,55178	0,11396	0,02662	-0,36750
NHUR90	0,09581	-0,25491	0,19032	-0,04530	0,03441	-0,15405	-0,20273	-0,01022	-0,07490	0,14509
NHT22-26	0,04557	-0,03637	0,00501	0,00200	-0,00037	0,01366	0,00803	-0,00140	-0,00016	-0,00112
NHMF	0,10511	-0,02058	-0,09385	0,02215	-0,08495	-0,07132	-0,16532	-0,18160	-0,06958	0,06095
Total (correlação)	-0.09210ns	0.12000ns	0.31380ns	0.20050ns	0.22910ns	-0.31470ns	0.02920ns	0.33640ns	0.39010ns	0.02130ns
R ²	0,61419	0,38511	0,63742	0,22425	0,16856	0,38605	0,72478	0,83182	0,45366	0,24483
Efeito residual	0,62114	0,78415	0,60214	0,88077	0,91183	0,78355	0,52461	0,41010	0,73915	0,86900

ns, * e ** = não significativo e significativo aos níveis de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste t; Severidade em %. TMed = Temperatura média diária (°C); UrMed = Umidade relativa média diária (%); NHUR90 = Número de horas diária com umidade relativa igual ou superior a 90%; NHT22-26 = Número de horas diária com temperatura entre 22 e 26 °C; NHMF = Número de horas com molhamento foliar; PPT = Precipitação pluviométrica total diária (mm).

O conjunto de variáveis foi satisfatório para explicar as variações na severidade da doença, para a encosta, pois o R² foi superior a 0,5, aos 6 dias de defasagem. Detectaram-se apenas os efeitos direto positivo do NHMF, e negativo da TMed aos 6 dias de defasagem. Os efeitos indiretos das demais variáveis climáticas parecem explicar as correlações entre a severidade da doença e TMed, UrMed, NHUR90 e PPT (Tabela 7).

Tabela 7. Coeficientes de trilha dos efeitos das variáveis climáticas sobre a severidade do mal-das-folhas da seringueira, entre 01/08/2007 e 30/11/2007, obtidos na encosta

Descrição dos efeitos	Número de dias de defasagem das variáveis climáticas em relação ao dia da observação									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Direto de TMed	-0,85910	-0,99326	-0,35460	-0,26959	-0,32826	-0,62285	-0,13348	-0,38864	-0,46270	-0,01723
Indireto via UrMed	0,18993	0,18882	0,02709	-0,34018	-0,29375	-0,28806	-0,06961	-0,45044	-0,51177	-0,24473
NHUR90	0,39973	0,65767	-0,27697	0,54926	0,28187	0,51802	-0,73171	0,51457	0,93068	-0,00485
NHT22-26	0,03818	0,01532	-0,03419	-0,02379	-0,01010	-0,00566	0,01155	0,00670	-0,00285	-0,00337
NHMF	-0,16293	-0,29529	0,21931	-0,13807	-0,07732	-0,25939	0,48397	0,11153	-0,17161	0,07759
PPT	-0,04701	-0,03277	-0,00843	-0,04932	0,05495	0,09424	0,06337	-0,02501	-0,03255	-0,04032
Total (correlação)	-0,44120ns	-0,45950ns	-0,42780ns	-0,27170ns	-0,37260ns	-0,56370*	-0,37590ns	-0,23130ns	-0,25080ns	-0,23290ns
Direto de UrMed	-0,39243	-0,37375	-0,05148	0,62729	0,51908	0,49065	0,11595	0,74110	0,84131	0,39671
Indireto via TMed	0,41580	0,50180	0,18659	0,14620	0,18576	0,36568	0,08013	0,23622	0,28146	0,01063
NHUR90	-0,67080	-1,06883	0,43303	-0,83295	-0,40027	-0,69013	0,95983	-0,66100	-1,18770	0,00620
NHT22-26	0,14861	0,06887	-0,16864	-0,14649	-0,05792	-0,03539	0,09274	0,04651	-0,08228	-0,11371
NHMF	0,38474	0,66591	-0,46269	0,29040	0,14647	0,45858	-0,85480	-0,19338	0,29947	-0,13437
PPT	0,08576	0,06065	0,01179	0,07120	-0,06989	-0,12575	-0,08541	0,03479	0,04622	0,05904
Total (correlação)	-0,02830ns	-0,14530ns	-0,05150ns	0,15570ns	0,32320ns	0,46370ns	0,30850ns	0,20420ns	0,19340ns	0,22450ns
Direto de NHUR90	-0,80058	-1,27729	0,51984	-1,00138	-0,48825	-0,85033	1,18381	-0,81990	-1,47376	0,00767
Indireto via TMed	0,42895	0,51143	0,18893	0,14787	0,18950	0,37944	0,08250	0,24391	0,29219	0,01088
UrMed	-0,32881	-0,31276	-0,04288	0,52178	0,42554	0,39821	0,09401	0,59747	0,67801	0,32074
NHT22-26	0,09071	0,04160	-0,09812	-0,08314	-0,02481	-0,00797	0,01890	-0,00026	-0,00144	-0,00199
NHMF	0,43166	0,74819	-0,52266	0,32793	0,16705	0,52590	-0,97796	-0,22202	0,34419	-0,15452
PPT	0,04846	0,03421	0,00595	0,03629	-0,02956	-0,05628	-0,03820	0,01604	0,02121	0,02651
Total (correlação)	-0,12960ns	-0,25460ns	0,05110ns	-0,05070ns	0,23950ns	0,38890ns	0,36310ns	-0,18470ns	-0,13960ns	0,20930ns
Direto de NHT22-26	0,32167	0,15232	-0,38813	-0,34283	-0,15487	-0,10718	0,28944	0,16173	-0,28768	-0,37491
Indireto via TMed	-0,10198	-0,09992	-0,03124	-0,01871	-0,02140	-0,03289	-0,00533	-0,01609	-0,00458	-0,00016
UrMed	-0,18130	-0,16897	-0,02237	0,26804	0,19413	0,16201	0,03715	0,21314	0,25525	0,12032
NHUR90	-0,22576	-0,34883	0,13142	-0,24284	-0,07822	-0,06326	0,07730	0,00131	-0,00737	0,00004
NHMF	0,07341	0,11702	-0,06356	0,04030	-0,00321	-0,06879	0,13045	0,04898	-0,07285	0,03267
PPT	0,05631	0,04036	0,00680	0,04277	-0,03426	-0,06877	-0,04748	0,02243	0,03212	0,04081
Total (correlação)	-0,05770ns	-0,30800ns	-0,36710ns	-0,25330ns	-0,09780ns	-0,17890ns	0,48160ns	0,43150ns	-0,08520ns	-0,18120ns
Direto de NHMF	0,52661	0,91421	-0,64201	0,40138	0,20868	0,66595	-1,23651	-0,28214	0,43756	-0,19624
Indireto via TMed	0,26581	0,32082	0,12113	0,09274	0,12162	0,24260	0,05224	0,15363	0,18147	0,00681
UrMed	-0,28671	-0,27224	-0,03710	0,45384	0,36434	0,33786	0,08016	0,50795	0,57579	0,27162
NHUR90	-0,65623	-1,04533	0,42320	-0,81813	-0,39085	-0,67151	0,93627	-0,64518	-1,15926	0,00604
NHT22-26	0,04484	0,01950	-0,03842	-0,03442	0,00239	0,01107	-0,03054	-0,02808	0,04790	0,06242
PPT	0,05506	0,03883	0,00672	0,03994	-0,03236	-0,06010	-0,04049	0,01670	0,02194	0,02788
Total (correlação)	-0,05060ns	-0,02420ns	-0,16650ns	0,13530ns	0,27380ns	0,52590*	-0,23890ns	-0,27700ns	0,10540ns	0,17850ns
Direto de PPT	0,24601	0,17191	0,03678	0,21835	-0,23532	-0,40551	-0,27305	0,10777	0,14416	0,18244
Indireto via TMed	0,16417	0,18932	0,08131	0,06090	0,07665	0,14475	0,03098	0,09020	0,10448	0,00381
UrMed	-0,13680	-0,13186	-0,01651	0,20456	0,15417	0,15215	0,03627	0,23923	0,26972	0,12837
NHUR90	-0,15771	-0,25418	0,08406	-0,16643	-0,06132	-0,11803	0,16561	-0,12200	-0,21679	0,00111
NHT22-26	0,07363	0,03577	-0,07180	-0,06716	-0,02255	-0,01818	0,05033	0,03366	-0,06410	-0,08387
NHMF	0,11785	0,20652	-0,11729	0,07341	0,02869	0,09869	-0,18338	-0,04373	0,06660	-0,02999
Total (correlação)	0,30720ns	0,21740ns	-0,00350ns	0,32370ns	-0,05970ns	-0,14610ns	-0,17330ns	0,30510ns	0,30400ns	0,20190ns
R ²	0,52426	0,80424	0,43016	0,43351	0,25947	0,67657	0,99790	0,57348	0,59895	0,16442
Efeito residual	0,68974	0,44245	0,75488	0,75266	0,86054	0,56871	0,04578	0,65309	0,63329	0,91410

ns, * e ** = não significativo e significativo aos níveis de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste t; Severidade em %. TMed = Temperatura média diária (°C); UrMed = Umidade relativa média diária (%); NHUR90 = Número de horas diária com umidade relativa igual ou superior a 90%; NHT22-26 = Número de horas diária com temperatura entre 22 e 26 °C; NHMF = Número de horas com molhamento foliar; PPT = Precipitação pluviométrica total diária (mm).

O conjunto de variáveis foi satisfatório para explicar as variações na severidade da doença, para a baixada, pois o R² foi superior a 0,5, para as defasagens de 2, 6, 7, 9 e 10 dias antes das avaliações. Detectaram-se: efeito direto negativo da UrMed e do NHUR90 aos 2 dias de defasagem; efeito direto negativo do NHT22-26 aos 6 dias de defasagem; efeito direto negativo do NHT22-26 e efeito direto positivo do NHMF aos 7 dias de defasagem; efeito direto negativo do NHMF e NHUR90 aos 9 dias de defasagem; e efeito direto negativo da UrMed e do NHUR90 aos 10 dias de defasagem. Os efeitos indiretos das demais variáveis climáticas parecem explicar as correlações entre a severidade da doença e TMed e PPT (Tabela 8). O conjunto de variáveis não foi

satisfatório para explicar as variações na severidade da doença, entre agosto e novembro de 2008, pois o R^2 foi inferior a 0,5, para todas as defasagens.

Tabela 8. Coeficientes de trilha dos efeitos das variáveis climáticas sobre a severidade do mal-das-folhas da seringueira, entre 01/08/2007 e 30/11/2007, obtidos na baixada

Descrição dos efeitos	Número de dias de defasagem das variáveis climáticas em relação ao dia da observação									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Direto de TMed	-0,27878	-0,27804	-0,06899	0,10515	-0,06433	0,13962	0,06901	-0,19871	-0,65203	-0,71577
Indireto via UrMed	0,54329	0,19435	0,24185	-0,13999	0,37999	0,07400	0,20903	0,55858	0,00487	0,36331
NHUR90	-0,55036	0,12773	-0,24965	-0,22204	-0,18459	-0,44434	-0,02708	-0,45568	0,35858	0,39857
NHT22-26	-0,00598	0,00228	0,00052	0,00357	-0,01646	0,05396	0,02544	0,00688	0,05219	0,00827
NHMF	0,13911	0,00927	0,21665	0,30758	-0,02747	0,24050	-0,34278	-0,01016	0,13663	-0,16832
PPT	-0,00839	-0,04259	-0,06597	-0,06858	-0,06033	-0,03503	-0,03192	-0,06431	-0,02874	0,02814
Total (correlação)	-0,16110ns	0,01300ns	0,07440ns	-0,01430ns	0,02680ns	0,02870ns	-0,09830ns	-0,16340ns	-0,12850ns	-0,08580ns
Direto de UrMed	-1,34779	-0,47092	-0,54532	0,29880	-0,78074	-0,14464	-0,39144	-1,01930	-0,00881	-0,64428
Indireto via TMed	0,11238	0,11475	0,03060	-0,04926	0,03131	-0,07143	-0,03685	0,10889	0,36025	0,40362
NHUR90	1,41210	-0,32308	0,56465	0,47673	0,37139	0,83152	0,04873	0,77441	-0,60872	-0,67270
NHT22-26	-0,05841	0,04066	0,04247	-0,07671	0,18872	-0,34058	-0,14610	-0,02792	-0,15514	-0,02433
NHMF	-0,34769	-0,02217	-0,47486	-0,66094	0,05367	-0,44641	0,63730	0,01863	-0,25244	0,30930
PPT	0,01624	0,08314	0,08348	0,09115	0,06861	0,04217	0,03911	0,08288	0,38119	-0,03905
Total (correlação)	-0,21330ns	-0,57760*	-0,29900ns	0,07990ns	-0,06710ns	-0,12940ns	0,15080ns	-0,06240ns	-0,62670**	-0,66740**
Direto de NHUR90	1,59523	-0,36485	0,64063	0,54168	0,42425	0,95599	0,05614	0,89507	-0,70365	-0,77634
Indireto via TMed	0,09618	0,09734	0,02689	-0,04310	0,02799	-0,06490	-0,03329	0,10116	0,33228	0,36748
UrMed	-1,19306	-0,41700	-0,48065	0,26297	-0,68346	-0,12581	-0,33977	-0,88190	-0,00762	-0,55827
NHT22-26	-0,04427	0,03108	0,03100	-0,05547	0,12109	-0,18775	-0,07962	-0,00888	-0,05227	-0,00818
NHMF	-0,38541	-0,02463	-0,53036	-0,73744	0,05992	-0,50131	0,71370	0,02115	-0,28652	0,35049
PPT	0,01118	0,05712	0,04487	0,04942	0,03007	0,01950	0,01812	0,04178	0,01898	-0,01916
Total (correlação)	0,08000ns	-0,62090**	-0,26760ns	0,01810ns	-0,02010ns	0,09570ns	0,33530ns	0,16840ns	-0,69880**	-0,64400**
Direto de NHT22-26	-0,11349	0,07882	0,08567	-0,15808	0,41568	-0,81381	-0,35136	-0,07349	-0,39597	-0,06203
Indireto via TMed	-0,01469	-0,00804	-0,00042	-0,00238	0,00255	-0,00926	-0,00500	0,01860	0,08594	0,09541
UrMed	-0,69371	-0,24295	-0,27037	0,14501	-0,35446	-0,06053	-0,16276	-0,38733	-0,00345	-0,25269
NHUR90	0,62230	-0,14386	0,23178	0,19008	0,12358	0,22055	0,01272	0,10821	-0,09288	-0,10240
NHMF	-0,07645	-0,00449	-0,07705	-0,10400	0,00152	0,02099	-0,02988	-0,00221	0,02685	-0,03284
PPT	0,01233	0,06520	0,05811	0,06604	0,04109	0,02766	0,02537	0,06374	0,03161	-0,03186
Total (correlação)	-0,26360ns	-0,25530ns	0,02770ns	0,13660ns	0,23000ns	-0,61440**	-0,51090*	-0,27250ns	-0,34790ns	-0,38640ns
Direto de NHMF	0,46279	-0,02953	-0,63945	-0,88741	0,07321	-0,61540	0,87111	0,02553	-0,34600	0,42324
Indireto via TMed	0,08380	0,08725	0,02337	-0,03645	0,02414	-0,05456	-0,02716	0,07907	0,25749	0,28466
UrMed	-1,01259	-0,35347	-0,40496	0,22255	-0,57228	-0,10492	-0,28638	-0,74378	-0,00643	-0,47084
NHUR90	1,32851	-0,30432	0,53134	0,45014	0,34720	0,77875	0,04599	0,74157	-0,58269	-0,64289
NHT22-26	-0,01875	0,01198	0,01032	-0,01853	0,00860	0,02775	0,01205	0,00635	0,03073	0,00481
PPT	0,01093	0,05629	0,05146	0,05512	0,03346	0,02070	0,01890	0,03965	0,01793	-0,01808
Total (correlação)	-0,07080ns	-0,53180*	-0,42790ns	-0,21460ns	-0,08570ns	0,05230ns	0,63450**	0,14830ns	-0,62900**	-0,41900ns
Direto de PPT	0,05461	0,27852	0,32774	0,34777	0,29021	0,16982	0,15488	0,31323	0,14498	-0,14559
Indireto via TMed	0,04282	0,04251	0,01389	-0,02074	0,01337	-0,02880	-0,01422	0,04080	0,12923	0,13836
UrMed	-0,40070	-0,14057	-0,13889	0,07832	-0,18457	-0,03591	-0,09884	-0,26971	-0,00232	-0,17279
NHUR90	0,32654	-0,07483	0,08770	0,07697	0,04395	0,10975	0,00657	0,11940	-0,09211	-0,10217
NHT22-26	-0,02563	0,01845	0,01519	-0,03002	0,05886	-0,13257	-0,05755	-0,01495	-0,08632	-0,01357
NHMF	-0,09260	-0,00597	-0,10039	-0,14065	0,00844	-0,07502	0,10628	0,00323	-0,04280	0,05257
Total (correlação)	-0,09500ns	0,11810ns	0,20530ns	0,31160ns	0,23030ns	0,00720ns	0,09710ns	0,19200ns	0,05070ns	-0,24320ns
R^2	0,51751	0,52340	0,32977	0,30939	0,19830	0,58325	0,70028	0,33075	0,94376	0,87341
Efeito residual	0,69462	0,69036	0,81868	0,83103	0,89538	0,64556	0,54747	0,81807	0,23715	0,35580

ns, * e ** = não significativo e significativo aos níveis de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste t; Severidade em %. TMed = Temperatura média diária (°C); UrMed = Umidade relativa média diária (%); NHUR90 = Número de horas diárias com umidade relativa igual ou superior a 90%; NHT22-26 = Número de horas diárias com temperatura entre 22 e 26 °C; NHMF = Número de horas com molhamento foliar; PPT = Precipitação pluviométrica total diária (mm).

O padrão de microclima variou entre os estratos. A UrMin foi menor em 2007 que em 2008, em todos os estratos, e tendeu a crescer em direção à baixada. A TMed foi estável em 2007 e 2008, em todos os estratos. Em geral, a severidade da doença foi maior em 2007, em todos os estratos, e em 2008, foi menor. O NHMF foi maior em 2008 e, tendeu a crescer em direção à baixada. O NHT22-26 foi maior em 2008 e, tendeu a crescer em direção ao topo. A concentração de ascósporos e conídios no ar tendeu a crescer em direção à baixada, nos dois anos, e foram mais frequentes até 15/10 (Figuras 6 a 8).

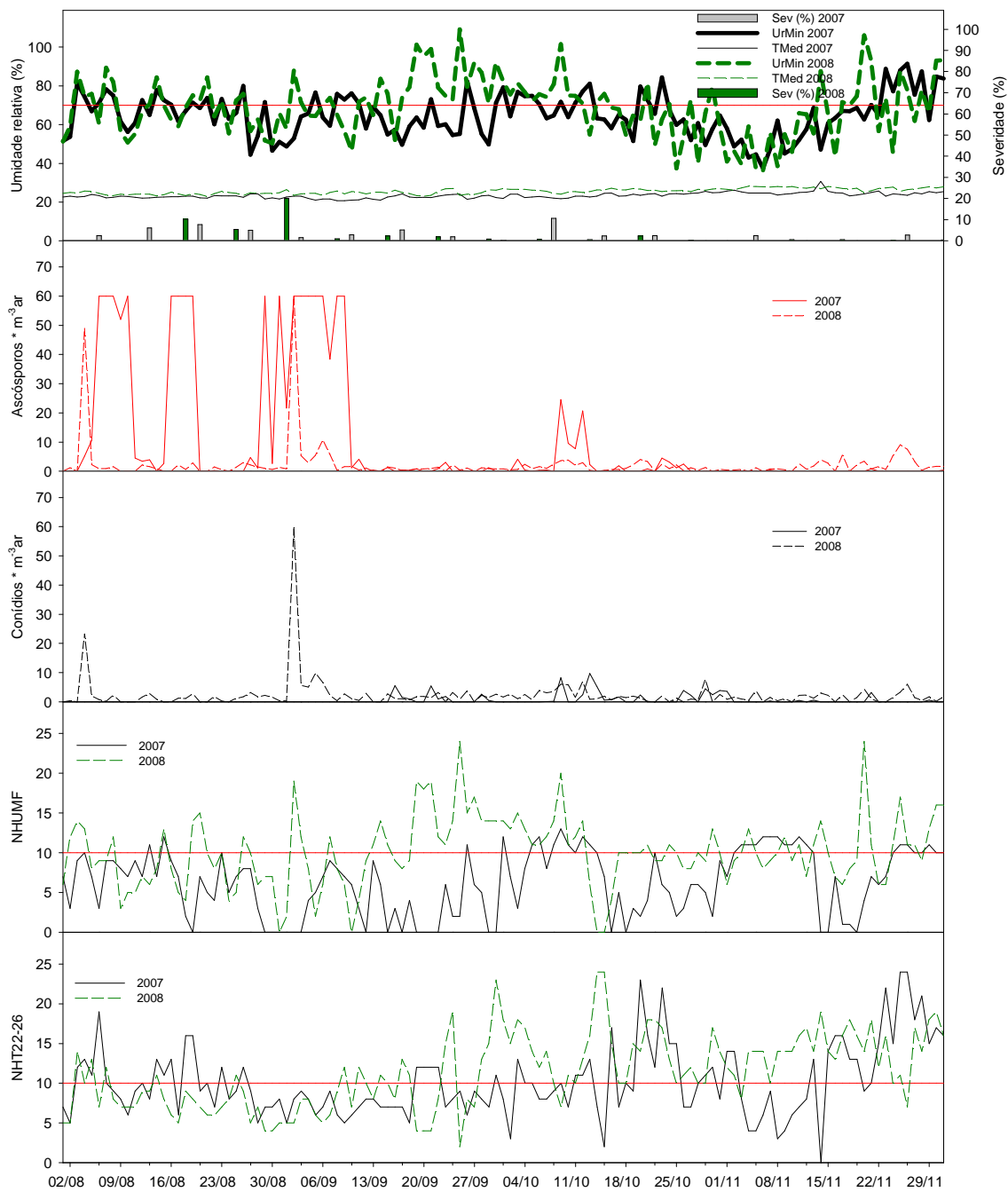


Figura 6. Médias diárias, de agosto a novembro, no topo, de: severidade (%; Sev); umidade relativa mínima (%; UrMin); Temperatura (°C; Tmed); ascósporos (Cap. 1); conídios (Cap. 1); número de horas com molhamento foliar (NHMF); e número de horas com temperatura entre 22 e 26 °C (NHT22-26). Linhas de corte: UR = 70%, a partir da qual infecções por *Microcyclus ulei* são pouco prováveis (Gasparotto *et al.*, 1997); NHMF = 10, mínimo de horas para haver infecção (Chee *et al.*, 1985); NHT22-26 = 10 foi definido pelo autor.

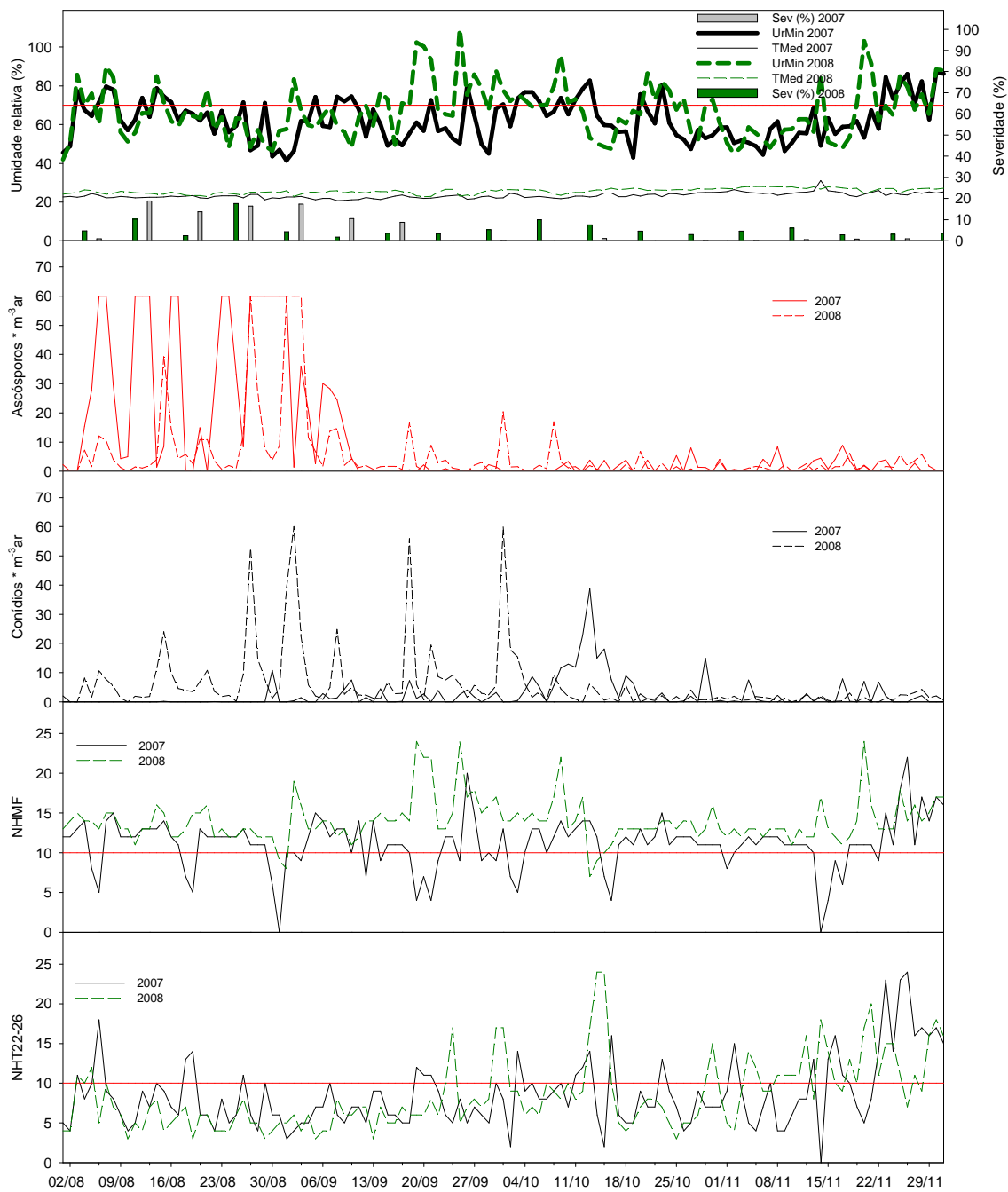


Figura 7. Médias diárias, de agosto a novembro, na encosta, de: severidade (%; Sev); umidade relativa mínima (%; UrMin); Temperatura (°C; Tmed); ascósporos (Cap. 1); conídios (Cap. 1); número de horas com molhamento foliar (NHMF); e número de horas com temperatura entre 22 e 26 °C (NHT22-26). Linhas de corte: UR = 70%, a partir da qual infecções por *Microcyclus ulei* são pouco prováveis (Gasparotto *et al.*, 1997); NHMF = 10, mínimo de horas para haver infecção (Chee *et al.*, 1985); NHT22-26 = 10 foi definido pelo autor.

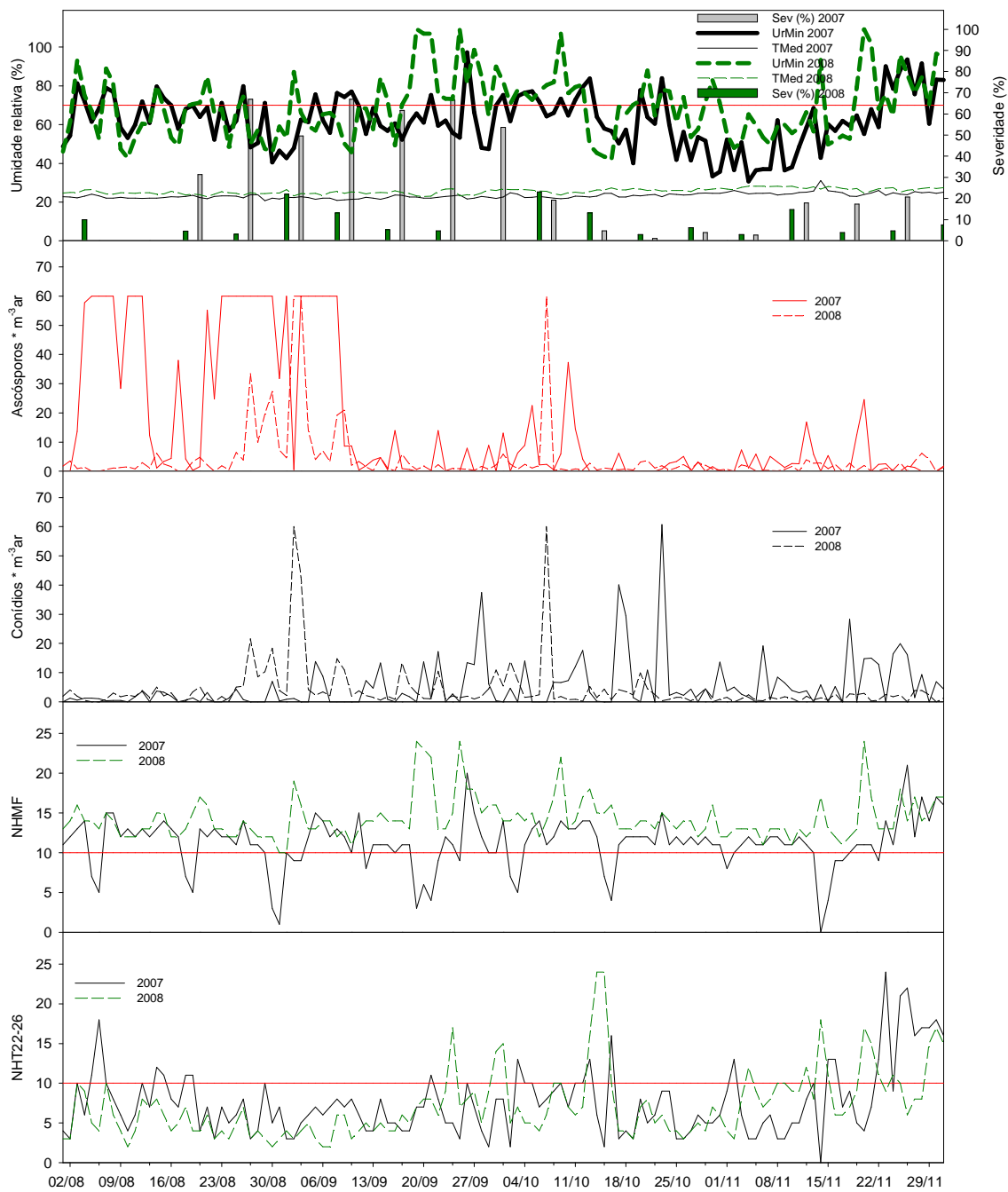


Figura 8. Médias diárias, de agosto a novembro, na baixada, de: severidade (% , Sev); umidade relativa mínima (% , UrMin); Temperatura (°C, Tmed); ascósporos (Cap. 1); conídios (Cap. 1); número de horas com molhamento foliar (NHMF); e número de horas com temperatura entre 22 e 26 °C (NHT22-26). Linhas de corte: UR = 70%, a partir da qual infecções por *Microcyclus ulei* são pouco prováveis (Gasparotto *et al.*, 1997); NHMF = 10, mínimo de horas para haver infecção (Chee *et al.*, 1985); NHT22-26 = 10 foi definido pelo autor.

DISCUSSÃO

Apesar de se reconhecer que o microclima tem papel fundamental nas epidemias de mal-das-folhas (Holliday, 1970; Chee, 1976; Gasparotto *et al.*, 1991), conhece-se pouco sobre os efeitos na infecção em condições de campo. Por exemplo, define-se que o gradiente topográfico é um fator que influencia a severidade da doença no campo em regiões úmidas, e este gradiente é mencionado em estudos de zoneamento climático da seringueira relacionados ao mal-das-folhas (Camargo *et al.*, 1967; Camargo, 1976; Ortolani, 1985; Almeida *et al.*, 1987; Camargo *et al.*, 2003; Silva, 2007). O presente trabalho pode contribuir para subsidiar novos estudos do zoneamento climático da heveicultura no Brasil, considerando, aspectos climáticos relacionados à seringueira, bem como aqueles relacionados ao ciclo do patógeno, a liberação de estruturas reprodutivas (conídios e ascósporos) e patogênese, em diferentes condições topográficas.

A severidade do mal-das-folhas foi menor no topo e, em nenhum momento do estudo, atingiu o máximo. Este fato corrobora o que é normalmente observado em terrenos elevados, especialmente na face leste, como neste experimento, onde o orvalho dissipa-se mais rapidamente, e a incidência da doença é menor (Camargo *et al.*, 2003). O microclima pode variar com a condição topográfica de um plantio, quanto à temperatura e umidade, e modificar consideravelmente a intensidade do mal-das-folhas (Camargo *et al.*, 1967). As condições climáticas do sudeste da Bahia são favoráveis ao patógeno durante todo o ano (Mattos *et al.*, 2003), e os folíolos suscetíveis ficam expostos ao patógeno por mais tempo. Assim, árvores na baixada e na encosta estão em condições mais favoráveis ao patógeno. Normalmente, a seringueira tem somente um fluxo de reenfolhamento no ano (Furtado, 1990). No entanto, nas condições do sudeste da Bahia, em vista da alta severidade da doença, há um segundo reenfolhamento, geralmente entre fevereiro e abril, mais intenso nas encostas e baixadas. Assim, a fenologia das árvores é alterada.

A fenologia da seringueira em regiões de ocorrência de mal-das-folhas é bem estudada (Camargo *et al.*, 1967; Camargo *et al.*, 1975; Furtado, 1990; Guyot, 2008). Sabe-se que entre seis e sete reenfolhamentos sucessivos (Camargo *et al.*, 1975), ocorrem em resposta à alta severidade da doença, o que altera a fisiologia da planta e contribui para seu enfraquecimento e queda na produtividade (Lieberei, 2007). Durante quatro anos, reenfolhamentos sucessivos ocorreram entre fevereiro e abril de 2006 e

2007, principalmente na baixada. Em 2008, não houve reenfolhamentos, a não ser em árvores esparsas na baixada, o que contribuiu para a baixa severidade da doença. Em geral, há senescência das folhas de árvores adultas no início da estação seca. Quanto mais rápido e pronunciado o decréscimo das chuvas, mais rápidos e uniformes serão a senescência e a queda das folhas (Gasparotto *et al.*, 1997). Há diferenças no grau de simultaneidade de senescência foliar, em locais diferentes, com o mesmo padrão de balanço hídrico mensal. Na ocorrência de uma estação seca principal e outra secundária, dependendo do local, pode haver ou não senescência secundária na estação seca menos pronunciada. A ação conjugada de dias curtos e de déficit hídrico conduz à senescência simultânea, rápida e completa; ocorre o oposto quando esses fatores atuam em níveis intermediários ou em sentidos opostos (Gasparotto *et al.*, 1997). Nas condições do Sudeste da Bahia, praticamente não há déficit hídrico durante o ano. Assim, o reenfolhamento ocorre na época do ano em que os dias são mais curtos, mas nem sempre é homogêneo. A intensidade do mal-das-folhas do ano anterior influencia o reenfolhamento, do ano seguinte: quando a intensidade é alta em um ano, no seguinte há reenfolhamentos mais precoces. Em 2005 e 2006, houve alta severidade de mal-das-folhas e reenfolhamentos tardios; em 2007 e 2008, os reenfolhamentos foram mais precoces e, houve baixa severidade de mal-das-folhas em todas as condições topográficas.

A fenologia da seringueira no topo foi mais homogênea, com períodos de senescência e desfolhamento maiores que na encosta e na baixada. Por sua vez, o período completamente sem folhas (hibernação) e de reenfolhamento foi menor que na encosta e baixada, e as árvores permaneceram suscetíveis por menos tempo. Vários autores relataram as áreas escape em regiões do Brasil (Camargo *et al.*, 1967; Bastos & Diniz, 1980), com condições ambientais desfavoráveis ao patógeno e onde há produção econômica de seringueiras (Watson, 1989). Assim, o topo pode ser considerado como área escape, com microclima desfavorável ao patógeno. Aliado a esse fato, a resistência parcial do clone FX 3864 (Hashim & Pereira, 1989a; Hashim & Pereira, 1989b) pode ter contribuído para que as árvores do topo fossem menos afetadas pela doença. Geralmente, em áreas desfavoráveis ao patógeno ocorrem atrasos no crescimento da planta e no início da sangria (Guyot, 2008). A fenologia das árvores do topo aparentemente é ideal para expressão da resistência parcial pelo clone FX 3864 (Hashim & Pereira, 1989a; Hashim & Pereira, 1989b; Le Guen *et al.*, 2002), o que é menos afetado pela doença e, conseqüentemente, atinge níveis de produção elevados. Este

mesmo clone, pela interferência das condições climáticas, é mais afetado pelo patógeno, à medida que a plantação direciona-se para a baixada.

Em São Paulo, no clone FX 3864, no início do reenfolhamento, havia retenção de 45 e 38 % de densidade foliar, no primeiro e segundo anos do experimento, respectivamente (Furtado, 1990). No sudeste da Bahia, plantas de FX 3864 começaram o reenfolhamento sem a maior parte das folhas velhas. Algumas folhas permaneceram aderidas em árvores adjacentes àquelas em avaliação, porém em baixa quantidade. Para alguns autores as folhas velhas aderidas são fontes de inóculo para o próximo ciclo de reenfolhamento (Gasparotto *et al.*, 1997). Esse não é o caso no sudeste da Bahia, onde há folíolos suscetíveis, condições climáticas ideais ao patógeno e liberação concomitante de ascósporos e conídios, durante todo o ano (Cap. 1). Ademais, há presença constante de plântulas com folíolos suscetíveis que servem de fonte de inóculo permanente, pois a seringueira adquire hábito caducifólio a partir do quarto ou quinto ano de plantio (Webster & Paardekooper, 1989). Outra constatação importante está relacionada ao papel dos folíolos doentes caídos no solo como fonte de ascósporos. Com as observações nas caixas, constatou-se que estes folíolos, expostos às intempéries não duravam mais que três semanas para decompor (dados não publicados). As árvores passam entre duas a cinco semanas sem folíolos, ou seja, tempo suficiente para que a maior parte dos folíolos caídos entrasse em decomposição. Não foi objetivo do experimento estudar este processo, porém, isso ajuda a explicar a presença de um ciclo infeccioso conjunto de ascósporos e conídios nas condições do sudeste da Bahia.

As variáveis climáticas exerceram efeito direto sobre a severidade da doença somente em 2007. Tais efeitos foram mais evidentes na baixada, o que demonstra que nesta condição topográfica, as variáveis climáticas afetaram mais a severidade da doença, e estiveram menos sujeitas aos efeitos indiretos de outras variáveis. Não houve efeito direto da PPT ou da TMed na severidade da doença em qualquer condição topográfica, e não foi possível inferir quanto à importância destas variáveis na ocorrência de epidemias de mal-das-folhas. Já se demonstrou não haver correlação significativa entre a severidade de mal-das-folhas e o total mensal de precipitação pluvial e a temperatura máxima média (Santos, 1992; Camargo & Camargo, 2008). Por outro lado, para o clone FX 3864, o NHMF, UrMed, PPT e TMed, nesta ordem, influenciaram significativamente a severidade de doença no campo. Para três clones estudados na Guiana Francesa, o NHMF foi a variável climática mais importante relacionada à severidade da doença (Guyot *et al.*, 2010).

A severidade da doença decresceu de 2005 a 2008. A proporção de folíolos em estágio D pode indicar a recuperação foliar das árvores. No topo, em 2005, ano de maior severidade, houve 77%, e em 2008, 95% de folíolos em estágio D. Assim, houve recuperação da proporção de folíolos em estágio D, que são fotossinteticamente ativos (Lieberei, 2007), entre os anos de avaliação. Padrão similar ocorreu na encosta, onde a doença foi mais severa que no topo, mas onde houve recuperação da proporção de folíolos em estágio D, até atingir o nível do topo. Na baixada, também houve recuperação de folíolos em estágio D, mais lentamente que no topo e na encosta. Em todas as condições topográficas, a proporção de folíolos em estágio D relaciona-se à recuperação da densidade foliar e à diminuição da severidade da doença. A proporção entre folíolos imaturos B e C, variou entre 4 e 1% (2008), no topo; 12 e 17% (2005), na encosta; e, 7 e 18% (2006), na baixada. Assim, constata-se a capacidade da doença em causar alterações fisiológicas na planta. As árvores da baixada, com proporção maior de folíolos suscetíveis, ficaram mais predispostas às infecções, o que se levou à maior severidade da doença.

Com a constatação de ocorrência e frequência de estromas, conclui-se que o patógeno completa o ciclo de vida, em todas as condições topográficas. Com a menor frequência de lesões estromáticas no topo reforça-se a possibilidade, de as condições microclimáticas serem menos favoráveis à doença. A ocorrência de estromas e a frequência de lesões estromáticas tenderam a crescer em direção à baixada. Por outro lado, esta possibilidade enfraquece a tese da existência de raças fisiológicas ou ecótipos adaptados a condições microclimáticas específicas (Gasparotto & Junqueira, 1993). Em vista de haver maior quantidade de estromas e folíolos em estágio C, espera-se que o patógeno complete o ciclo de vida mais rapidamente na baixada. Praticamente não houve lesões estromáticas em folíolos em estágio C no topo, o que indica que o microclima é desfavorável ao patógeno, ou há um ecótipo adaptado a esta condição, mas, menos eficiente em completar o ciclo de vida. Esta idéia está relacionada a relatos em Minas Gerais, onde houve ocorrência de estromas do patógeno apenas no clone RRIM 600 a partir de 30 dias de infecções conidiais e não se encontrou a fase anamórfica-picnidial entre maio e julho, sendo que a fase teleomórfica não foi encontrada ao longo do ano (Santos, 1992). Segundo a autora, as condições microclimáticas limitaram a formação da fase teleomórfica, o que pode também ter ocorrido no topo, no presente trabalho, pois as condições de temperatura e de umidade foram similares em ambos os trabalhos.

Apesar da importância do mal-das-folhas para o Brasil, ainda há aspectos da epidemiologia da doença não completamente elucidados. Com o presente trabalho contribuiu-se para demonstrar que: i. há influência das variáveis climáticas sobre a severidade da doença, ocorrência e frequência de estromas, principalmente em condições de baixada; ii. a fenologia da seringueira é melhor no topo, condição com maior período de senescência e menor período de dias desfolhando, sem folhas e, reenfolhando; iii. a severidade da doença é maior na baixada, por ter maior NHMF e UrMin. Transpondo-se essas observações para o manejo da doença, sugere-se que medidas de controle, como o plantio de clones com resistência horizontal ao patógeno, precisam ser mais intensificadas em condições de baixada. Essa observação é importante no contexto de agricultura de precisão, relacionando-se com o aproveitamento de insumos (fertilizantes, por exemplo) e a obtenção do potencial produtivo máximo da cultura (plantio de clones adaptados a uma condição topográfica específica, por exemplo).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, H. A.; SANTANA, S. O.; SÁ, D. F. Zoneamento edafo-climático para a seringueira do sudeste da Bahia, com enfoque na incidência do mal-das-folhas. *Revista Theobroma* 17:111-123. 1987.
- BASTOS, C.; DINIZ, T. D. A. Microclima ribeirinho: um controle de *Microcyclus ulei* em seringueira. Belém:Embrapa-CPATU, Boletim de pesquisa 13. 11 p. 1980.
- BERGAMIN FILHO, A. Alternativas para o controle de mal das folhas da seringueira: uma revisão. *Summa Phytopathologica* 8:65-74, 1982.
- BLAZQUEZ, C. H.; OWEN, J. H. Histological studies of *Dothidella ulei* on susceptible and resistant *Hevea* clones. *Phytopathology* 53:58-65. 1963.
- BLAZQUEZ, C. H.; OWEN, J. H. Physiological studies of *Dothidella ulei*. *Phytopathology* 47:727-732. 1957.
- BRIGNANI NETO, F.; FURTADO, E. L.; CARDOSO, R. M. G.; OLIVEIRA, D. A.; ROLIM, P. R. R. Efeito de fungicidas sistêmicos no ciclo biológico de *Microcyclus ulei*, agente da queima-de-folha da seringueira. *Summa Phytopathologica* 17:238-245. 1991.
- CAMARGO, A. P. Aptidão climática para heveicultura no Brasil. *Ecosistema* 1:6-14. 1976.

- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Aptidão climática da heveicultura no Brasil. In.: Seringueira. Antônio de Pádua Alvarenga & Ciríaca A. F. Santana do Carmo (editores). Viçosa. 893 p. 2008.
- CAMARGO, A. P.; CARDOSO, R. M. G.; SCHMIDT, N. C. South American leaf blight epidemics and rubber phenology in São Paulo. In.: Proceedings of International Rubber Conference, 1975, Kuala Lumpur. Rubber Research Institute of Malaysia. 251-265. 1975.
- CAMARGO, A. P.; CARDOSO, R. M. G.; SCHMIDT, N. C. Comportamento e ecologia do "mal-das-folhas" da seringueira nas condições climáticas do planalto paulista. *Bragantia* 26:1-18. 1967.
- CAMARGO, A. P.; MARIN, F. R.; CAMARGO, M. B. P. Zoneamento climático da Heveicultura no Brasil. Embrapa Monitoramento por Satélite. 19 p. 2003.
- CARDOSO, S. E. A.; MATTOS, C. R. R. Selection of rubber clones for resistance to South American Leaf Blight and latex yield. In.: Enhanced management control of South American Leaf Blight. CFC – Michelin – IRRDB Training and technology transfer workshop. Nov/26 to Dec/02, Igrapiúna, Brazil. 2007.
- CECÍLIO, R. A.; MEDEIROS, S. S.; SILVA JUNIOR, J. L. C.; SOUZA, J. A. Zoneamento agroclimático para a heveicultura na parte leste do estado da Bahia. *Bahia Agrícola* 7:14-17. 2006.
- CHEE, H. The suitability of environmental conditions in Ásia for the spread of South American Leaf Blight of *Hevea* Rubber. *Planter* 56:445-454. Malaysia. 1980.
- CHEE, K. H. Assessing susceptibility of *Hevea* clones to *Microcyclus ulei*. *Annals of Applied Biology* 84:135-145. 1976.
- CHEE, K. H.; DARMONO, T. W.; KAI-MING, Z.; LIEBEREI, R. Leaf development and spore production and germination after infection of *Hevea* leaves by *Microcyclus ulei*. *Journal of Rubber Research Institute of Malaysia* 33:124-137. 1985.
- CHEE, K. H.; HOLLIDAY, P. South American Leaf Blight of *Hevea* Rubber. Malaysian Rubber Research and Development Board. Monograph nº 13. 50 p. 1986.
- CHEE, K. H.; WASTIE, R. L. The status and future prospects of rubber disease in tropical America. *Review of Plant Pathology* 59:541-548. 1980.
- CRUZ, C. D. Programa Genes: Biometria. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p. 2006a.

- CRUZ, C. D. Programa Genes: Estatística experimental e matrizes. Editora UFV. Viçosa (MG). 285p. 2006b.
- De ARAÚJO, A. E.; KALIL FILHO, N.; NÓBREGA, M. B. M.; SOUSA, N. C.; DOS SANTOS, J. W. Reação de dez clones de seringueira (*Hevea benthamiana*) a três isolados de *Microcyclus ulei*. Acta Amazônica 31:349-356. 2001.
- FURTADO, E. L. Comportamento decíduo da seringueira (*Hevea* spp.) e quantificação do mal-das-folhas causado por *Microcyclus ulei* (P. Henn.) v. Arx. (Tese de Mestrado). Piracicaba. ESALQ/USP. 1990.
- GARCIA, D.; TROISPOUX, V.; GRANGE, N.; RIVANO, F.; D'AUZAC, J. Evaluation of the resistance of 36 *Hevea* clones to *Microcyclus ulei* and relation to their capacity to accumulate scopoletin and lignines. European Journal of Forest Pathology 29:323-338. 1999.
- GASPAROTTO, L. Epidemiologia do mal-das-folhas (*Microcyclus ulei* (P. Henn.) v. Arx.) da seringueira (*Hevea* spp.) (Tese de Doutorado). Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 1988.
- GASPAROTTO, L.; FERREIRA, F. A. Doenças da seringueira. In: F. A. Ferreira (Editor) Patologia florestal; principais doenças florestais no Brasil. Viçosa. UFV. 289-368. 1989.
- GASPAROTTO, L.; JUNQUEIRA, N. T. V. Ecophysiological variability of *Microcyclus ulei*, causal agent of rubber tree leaf blight. Fitopatologia Brasileira 18:22-28. 1993.
- GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. C. R., HANADA, R. E.; MONTARROYOS, A. V. V. Sigatoka Negra da bananeira. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus. 177 p. 2006.
- GASPAROTTO, L.; SANTOS, A. F.; PEREIRA, J. C. R.; FERREIRA, F. A. Doenças da seringueira no Brasil. Brasília. EMBRAPA. 1997.
- GASPAROTTO, L.; ZAMBOLIM, L.; JUNQUEIRA, N. T. V.; MAFFIA, L. A.; VALE, F. X. R. Epidemiologia do mal-das-folhas da seringueira. II – Região de Manaus – AM. Fitopatologia Brasileira 16:18-21. 1991.
- GASPAROTTO, L.; ZAMBOLIM, L.; MAFFIA, L. A.; VALE, F. X. R.; JUNQUEIRA, N. T. V. Efeito da temperatura e umidade sobre a infecção de seringueira (*Hevea* spp.) por *Microcyclus ulei*. Fitopatologia Brasileira 14:38-41. 1989a.

- GASPAROTTO, L.; ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; MAFFIA, L. A.; JUNQUEIRA, N. T. V. Epidemiologia do mal-das-folhas da seringueira. I – Ponte Nova – MG. Fitopatologia Brasileira 14:65-70. 1989b.
- GONÇALVES, P. S. Uma história de sucesso: a seringueira no estado de São Paulo. O Agrônomo 54:6-14. 2002.
- GONÇALVES, P. S. Melhoramento genético da seringueira (*Hevea* spp.). Anais do Simpósio sobre a cultura da seringueira no estado de São Paulo. Piracicaba. 95-123. 1986.
- GONÇALVES, P. S.; CARDOSO, M.; SÁES, L. A. Desempenho de quatro clones de seringueira na Região do Vale do Ribeira, SP. Pesquisa Agropecuária Brasileira 26: 681-690. 1991.
- GONÇALVES, P. S.; PAIVA, J. R.; SOUZA, R. A. Retrospectiva e atualidade do melhoramento genético da seringueira (*Hevea* spp.) no Brasil e em países asiáticos. Manaus, EMBRAPA/CNPSD. 69 p. (Documento número 2). 1983.
- GUYOT, J. Analyse, à petite échelle, de l'influence de l'environnement, de l'inoculum et de l'hôte sur la dynamique épidémique de la maladie sud-américaine des feuilles de l'hévéa (*Microcyclus ulei*) en milieu amazonien. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, Montpellier, 200 pp. 2007.
- GUYOT, J.; CILAS, C.; SACHE, I. Influence of host resistance and phenology on South American Leaf Blight of the rubber tree with a special consideration for its temporal dynamics. European Journal of Plant Pathology 120:111–124. 2008.
- GUYOT, J.; CONDINA, V.; DOARÉ, F.; CILAS, C.; SACHE, I. Segmentation applied to weather-disease relationships in South American leaf blight of the rubber tree. European Journal of Plant Pathology 126:349–362. 2010.
- HALLÉ, F.; MARTIN, R. Étude de la croissance rythmique chez l'hévéa (*Hevea brasiliensis* Müll.-Arg. Euphorbiacées-Crotonoïdées). Adansonia serie 2, 8:475-503. 1968.
- HASHIM, I.; PEREIRA, J. C. R. Lesion size, latent period and sporulation on leaf discs as indicators of resistance of *Hevea* to *Microcyclus ulei*. Journal of Natural Rubber Research 4:56-65. 1989a.
- HASHIM, I.; PEREIRA, J. C. R. Influence of resistance of *Hevea* on development of *Microcyclus ulei*. Journal of Natural Rubber Research 4:212-218. 1989b.
- HOLLIDAY, P. Fungus diseases of tropical crops. Cambridge: Cambridge University Press. 607 p. 1980.

- HOLLIDAY, P. South American Leaf Blight (*Microcyclus ulei*) of *Hevea brasiliensis*. Phytopathological Papers 12. Farnham Royal. CAB 1-31. 1970.
- JUNQUEIRA, N. T. V. Variabilidade fisiológica de *Microcyclus ulei* (P. Henn) v. Arx (Tese de Doutorado). Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 1985.
- JUNQUEIRA, N. T. V.; CHAVES, G. M.; ZAMBOLIM, L.; ALFENAS, A. C.; GASPAROTTO, L. Reação de clones de seringueira a vários isolados de *Microcyclus ulei*. Pesquisa Agropecuária Brasileira 23:877-893. 1988a.
- JUNQUEIRA, N. T. V.; LIEBEREI, R.; KALIL FILHO, A. N.; LIMA, M. I. P. M. Componentes de resistência de clones de seringueira ao *Microcyclus ulei*. Fitopatologia Brasileira 13:123. 1988b.
- JUNQUEIRA, N. T. V.; LIEBEREI, R.; KALIL FILHO, A. N.; LIMA, M. I. P. M. Components of partial resistance in *Hevea* clones to rubber tree leaf blight, caused by *Microcyclus ulei*. Fitopatologia Brasileira 15:211-214. 1990.
- JUNQUEIRA, N. T. V.; LIMA, M. I. P.; GASPAROTTO, L.; LUIZ, A. J. B. Controle integrado do mal-das-folhas da seringueira: associação entre resistência genética e controle químico. Pesquisa Agropecuária Brasileira 27:1027-1034. 1992.
- JUNQUEIRA, N. T. V.; MORAES, V. H. F.; LIEBEREI, R.; GASPAROTTO, L. Induced polyploidy potential for improving resistance in *Hevea* clones to rubber tree leaf blight. Fitopatologia Brasileira 18:12-18. 1993.
- KAJORNCHAIYAKUL, P.; CHEE, K. H.; DARMONO, T. W.; DE ALMEIDA, L. C. C. Effect of humidity and temperature on the development of South American Leaf Blight (*Microcyclus ulei*) of *Hevea brasiliensis*. Journal of Rubber Research Institute of Malaysia 32:217-223. 1984.
- LANGFORD, M. H. South American Leaf Blight of *Hevea* Rubber Trees. Technical Bulletin of USDA n° 882. 31 p. 1945
- LE GUEN, V.; GARCIA, D.; MATTOS, C. R. R.; CLÉMENT-DEMANGE, A. Evaluation of field resistance to *Microcyclus ulei* of a collection of Amazonian rubber tree (*Hevea brasiliensis*) germplasm. Crop Breeding and Applied Biotechnology 2: 141–148. 2002.
- LE GUEN, V.; LESPINASSE, D.; OLIVER, G.; RODIER-GOUD, M.; PINARD, F.; SEGUIN, M. Molecular mapping of genes conferring field resistance to South American Leaf Blight (*Microcyclus ulei*) in rubber tree. Theoretical and Applied Genetics 108:160–167. 2003.

- LE GUEN, V.; RODIER-GOUD, M.; TROISPOUX, V.; XIONG, T-C.; BROTTIER, P.; BILLOT, C.; SEGUIN, M. Characterization of polymorphic microsatellite markers for *Microcyclus ulei*, causal agent of South American leaf blight of rubber trees. *Molecular Ecology Notes* 4:122–124. 2004.
- LIEBEREI, R. South American Leaf Blight of the Rubber Tree (*Hevea* spp.): New Steps in Plant Domestication using Physiological Features and Molecular Markers. *Annals of Botany* 1–18. 2007.
- MATTOS, C. R. R.; GARCIA, D.; PINARD, F.; GUEN, V. L. Variabilidade de isolados de *Microcyclus ulei* no sudeste da Bahia. *Fitopatologia Brasileira* 28:502-507. 2003.
- MENTEN, J. O. M. Atualidades na pesquisa de doenças da seringueira associadas ao melhoramento genético. In: Simpósio sobre a cultura da seringueira no estado de São Paulo, 1, Piracicaba, 1986. Anais. Campinas, Fundação Cargill, 1986. p. 187-192.
- ORTOLANI, A. A. Aptidão climática para a cultura da seringueira em Minas Gerais. *Informe Agropecuário* 11:8-12. 1985.
- PEREIRA, J. P.; DORETTO, M.; LEAL, A. C.; CASTRO, A. M. G.; RUCKER, N. A. Cadeia produtiva da borracha natural: análise diagnóstica e demandas atuais no Paraná. Londrina, IAPAR (Documento 23). 85 p. 2000.
- PROGRAMA GENES - Aplicativo computacional em genética e estatística. www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm
- RIVANO, F. La maladie sud-américaine des feuilles de l'hévéa. Etude, en conditions naturelles et contrôlées, des composants de la résistance partielle de l'hévéa à *Microcyclus ulei* (P. Henn.) V. Arx. Thèse de doctorat, Université de Paris-sud, centre d'Orsay, Paris, 218 pp. 1992.
- ROCHA, H. M.; VASCONCELOS FILHO, A. P. Epidemiology of the South American leaf blight of rubber in the region of Ituberá, Bahia, Brazil. *Turrialba* 28: 325 - 329. 1978.
- ROGERS, T. H.; PETERSON, A. L. Control of South American Leaf Blight on a plantation scale in Brazil. *Proceedings of the International Rubber Conference*. Kuala Lumpur 266-277. 1978.
- ROSADO, P. L.; PIRES, M. M.; SANTOS, D. F. O. O agronegócio da borracha natural. In: Alvarenga, A. P.; Carmo, C. A. F. S. Seqüestro de carbono: quantificação

- em seringais de cultivo e na vegetação natural. Viçosa: EPAMIG-EMBRAPA. p. 287-314. 2006.
- SAMBUGARO, R.; FURTADO, E. L.; RODELLA, R. A.; MATTOS, C. R. R. Anatomia foliar de seringueira (*Hevea* spp.) e desenvolvimento da infecção por *Microcyclus ulei*. *Summa Phytopathologica* 30:51-56. 2004.
- SANTOS, C. D. Severidade do mal-das-folhas da seringueira e fases estromáticas de *Microcyclus ulei* (P. Henn) v. Arx. em Viçosa, MG. (Tese de Mestrado). Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 1992.
- SILVA, L. G. C. Zoneamento do risco de ocorrência do mal das folhas da seringueira com base em sistemas de informações geográficas (Tese de Mestrado). Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 2007.
- SINGH, R. K.; CHAUDHARY, B. D. Biometrical methods in quantitative genetic analysis. 2nd edn. Kalyani Publishers, New Delhi, India. 304 p. 1979.
- STAHEL, G. De zuid-amerikaansche hevea-bladziekte veroorzaakt door *Melanopsammopsis ulei* nov. gen. (= *Dothidella ulei* P. Hennings). Suriname Dept. Landb. Bul. 34, 111 p. 1917.
- VIRGENS FILHO, A. C. Exploração de seringais. Informe Agropecuário. Belo Horizonte: EPAMIG, v. 28, n. 237, p. 105-119, mar./abr. 2007.
- WATSON, G. A. Climate and soil. In.: Rubber. C. C. Webster & Baulkwill W. J. (editors). New York. 614 p. 1989.
- WEBSTER, C. C.; PAARDEKOOPEL, E. C. The botany of the rubber tree. In.: Rubber. C. C. Webster & Baulkwill W. J. (editors). New York. 614 p. 1989.
- WYCHERLEY, P., R. Tapping and partition. *Journal of the Rubber Research Institute of Malaysia* 24:169-194. 1976.

CAPÍTULO 3

Redução na produtividade e no crescimento de seringueiras causadas pelo mal-das-folhas

REDUÇÃO NA PRODUTIVIDADE E NO CRESCIMENTO DE SERINGUEIRAS CAUSADAS PELO MAL-DAS-FOLHAS

INTRODUÇÃO

O mal-das-folhas da seringueira (*Hevea* spp.), causado pelo ascomiceto *Microcyclus ulei* (P. Henn.) v. Arx, é o principal problema dos seringais cultivados na América Latina (Holliday, 1970). Enquanto a produtividade de clones melhorados de seringueira, em áreas livres do patógeno, pode ser acima de 2.000 kg.ha⁻¹, na Região Amazônica, onde a doença é endêmica, níveis de 300 kg.ha⁻¹ são considerados elevados. A doença também causa perdas significativas no sudeste da Bahia e em alguns municípios dos Estados de Mato Grosso, São Paulo e Espírito Santo (Furtado, 1990; Gasparotto & Ferreira, 1989; Gasparotto & Junqueira, 1993; Gasparotto *et al.*, 1997).

Em condições ambientais favoráveis, como no sudeste da Bahia (Mattos *et al.*, 2003), a doença causa perdas severas, em vista da dispersão rápida e da dificuldade de controle do patógeno. O maior efeito da doença é a queda prematura das folhas, o que afeta diretamente a produtividade das árvores. Em viveiros e jardins clonais, a elevada incidência da doença provoca redução de crescimento, com consequente diminuição do número de plantas em condições de enxertia na época apropriada (Holliday, 1970; Gasparotto & Ferreira, 1989; Gasparotto *et al.*, 1997; Thomson *et al.*, 2000). Nessas condições, desfolhas sucessivas ocorrem e, dependendo da suscetibilidade do hospedeiro, podem causar a morte da árvore (Gasparotto, 1988) e, conseqüentemente, reduzir a produção.

Apesar do efeito notável da desfolha, há pouca informação que relaciona a redução da densidade foliar da seringueira à diminuição do potencial produtivo das árvores. Sabe-se que 20% de desfolha podem diminuir a produção e 75% de desfolha de seringais em exploração pode reduzir a produtividade entre 30 a 50% (Albuquerque, 1980). Esta constatação é evidente nos seringais decadentes baianos.

Frequentemente observa-se que, mesmo em seringais monoclonais decadentes há incremento da produtividade com a elevação do terreno. Entretanto, não se efetuou qualquer análise detalhada dessa constatação. Portanto, avaliaram-se os efeitos da severidade do mal-das-folhas, da condição topográfica do plantio e da densidade foliar do hospedeiro sobre a produção de borracha seca e o crescimento da seringueira, nas condições do sudeste da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

Conduziu-se experimento em Igrapiúna - BA, nas Plantações Michelin da Bahia (PMB), em área plantada com o clone FX 3864 (PB 86 x FB 38), entre 01/06/05 e 31/12/08. A pluviosidade média anual da microrregião é de 1.870 mm, distribuídos uniformemente. A temperatura tem média anual de 24,6 °C, com amplitude de 7,15 °C, e a umidade relativa, de 80% (PMB, 2009). A área experimental correspondeu aos talhões industriais 15U e 15V plantados em 1971, com altitude entre 90 e 150 m. Demarcaram-se os talhões em três condições topográficas (estratos) contínuas: baixada, encosta e topo, de acordo com a densidade foliar visual das árvores em junho de 2005, determinada pela escala de notas para avaliação de densidade foliar em clones de seringueiras (PMB). As altitudes médias das condições topográficas, determinadas com o auxílio de um GPS (Global Positioning System), foram 97, 107 e 140 m, para baixada, encosta e topo, respectivamente.

Severidade da doença

Em cada condição topográfica, definiram-se cinco parcelas. Em cada parcela, distribuíram-se cinco caixas com dimensões de 1,0 x 1,0 x 0,5 m, na projeção da copa, para coletar folíolos, totalizando-se 25 caixas por estrato. Semanalmente, quantificou-se o número de folíolos caídos nas caixas e a incidência do mal-das-folhas, segundo Furtado (1990).

Determinou-se a severidade da doença (SD) nos folíolos caídos dentro das caixas, a partir da escala de Chee (1976), adaptada por Gasparotto (1988): 1 = Severidade fraca (necrose em menos de 1% do folíolo); 2 = Severidade moderada (necrose entre 1 – 5% do folíolo); 3 = Severidade forte (necrose entre 5 – 15% do folíolo); 4 = Severidade muito forte (necrose entre 15 – 30% do folíolo); 5 = Severidade extremamente forte (necrose em mais de 30% do folíolo). As notas foram transformadas em porcentagem de severidade, a partir do ponto médio de cada classe.

Densidade foliar

Determinou-se a densidade foliar (DF), semanalmente, pela escala de notas para avaliação de densidade foliar em clones de seringueiras desenvolvida pela PMB. Esta

escala corresponde à porcentagem de copa retida pela planta, com variação de 0% (copa totalmente sem folhas) a 100% (copa totalmente com folhas).

Crescimento do hospedeiro

Em todos os anos do experimento, no início de setembro, mediu-se a circunferência das árvores a 1,2 m do solo (Virgens Filho, 2007). A partir desta medição, por subtração, determinou-se o crescimento anual das árvores.

Produção de borracha

Na área experimental, marcaram-se 60 árvores por estrato, nas quais se acompanhou a produção de borracha do período experimental. Efetuou-se a mesma quantidade de sangrias em todas as árvores. O registro das produções foi por lote (900 árvores), a partir do qual se obteve a quantidade média de látex produzida por árvore. Registraram-se as produções com base em borracha verde, que foram transformadas em borracha seca, multiplicando-se pelo fator 0,53. Considera-se, em média, 1 kg de borracha verde contenha 0,53 kg de borracha seca (Varghese *et al.*, 2000). Semanalmente tabularam-se os dados do valor médio de produção.

Análise de dados

Em cada estrato, registrou-se a produção de borracha seca ($\text{kg.árvore}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), o crescimento anual do hospedeiro (cm), a circunferência do hospedeiro (cm), a altitude média da condição topográfica (m), a severidade da doença (%) e a densidade foliar do hospedeiro (%). Obtidas as matrizes de correlações, diagnosticaram-se possíveis efeitos de multicolinearidade entre as variáveis independentes. Por meio dessa análise, selecionaram-se três variáveis: altitude, severidade da doença e densidade foliar do hospedeiro. Ao conjunto de matrizes de correlação, aplicou-se análise de trilhas, para verificar os efeitos diretos e indiretos de dada variável independente sobre a produção e crescimento do hospedeiro. Efetuaram-se as análises com o Programa Genes (Cruz, 2006a, b).

Para interpretação dos resultados, seguiu-se o proposto por Singh e Chaudhary (1979): 1) Caso o coeficiente de correlação (r) entre a variável dependente e o efeito da variável independente seja quase igual ao seu efeito direto, a correlação explica a verdadeira relação, sendo indicador de que a variável independente em questão tem influência sobre a dependente; e 2) Caso a correlação seja positiva (ou negativa), mas o

efeito direto é negativo, positivo ou negligenciável, os efeitos indiretos parecem ser a causa da correlação. Em tais situações, as variáveis independentes de efeitos indiretos devem ser consideradas simultaneamente.

RESULTADOS

A produtividade de borracha seca tendeu a crescer da baixada para o topo, nos quatro anos de avaliação e, em geral, tendeu a ser maior em 2006. Na baixada, a produtividade variou de 1,59 kg.árvore⁻¹.ano⁻¹ (2008) a 2,43 kg.árvore⁻¹.ano⁻¹ (2006); na encosta, variou de 2,08 kg.árvore⁻¹.ano⁻¹ (2007) a 2,87 kg.árvore⁻¹.ano⁻¹ (2006); e, no topo, 3,18 kg.árvore⁻¹.ano⁻¹ (2008) a 5,17 kg.árvore⁻¹.ano⁻¹ (2006) (Figura 1).

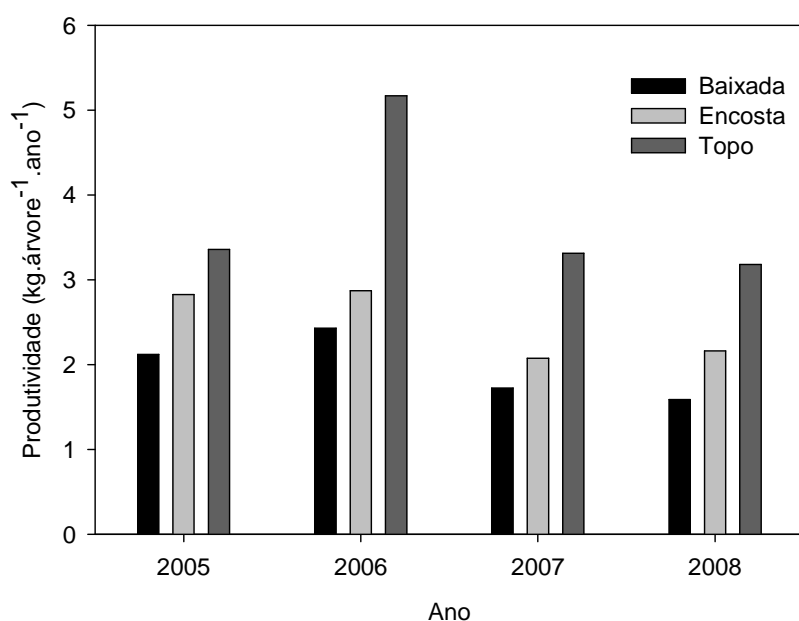


Figura 1. Produtividade de borracha seca de seringueiras, clone FX 3864, em diferentes condições topográficas, em quatro anos.

O crescimento perimetral médio tendeu a ser maior da baixada para o topo, nos quatro anos de avaliação e, em geral, foi estável em todos os anos. Na baixada, o crescimento perimetral médio anual por árvore variou de 0,59 cm (2007) a 0,72 cm (2005); na encosta, variou de 1,05 cm (2006) a 1,10 cm (2005); e, no topo, de 2,06 cm (2007) a 2,16 cm (2005) (Figura 2).

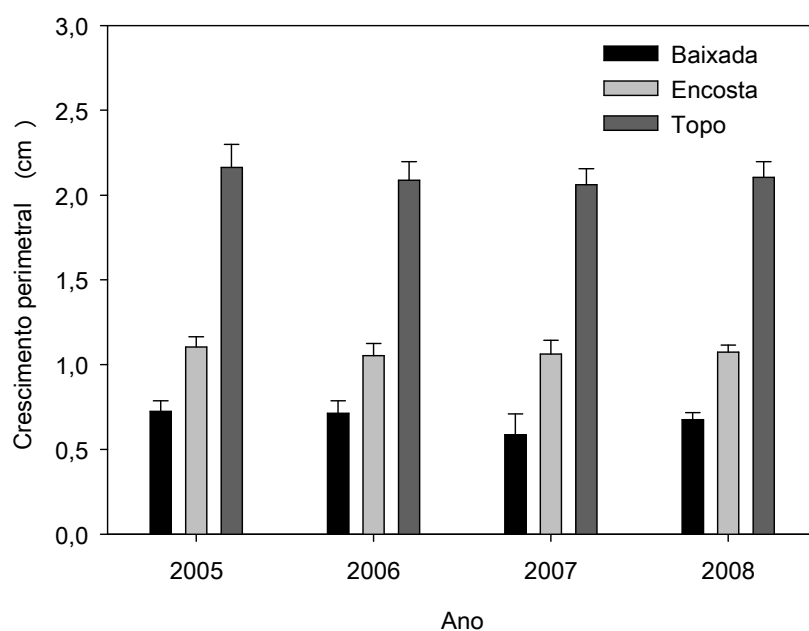


Figura 2. Crescimento perimetral médio de seringueiras, clone FX 3864, em diferentes condições topográficas, em quatro anos. Médias de cinco repetições, com respectivos erros padrão (barras de erro).

A severidade média da doença tendeu a crescer do topo para a baixada, nos quatro anos de avaliação e, em geral, tendeu a diminuir entre 2005 e 2008. Na baixada, a severidade média da doença variou de 6,70 % (2008) a 24,86 % (2005); na encosta, variou de 3,24 % (2008) a 23,48 % (2005); e, no topo, de 0,12 % (2006) a 1,01 % (2005) (Figura 3).

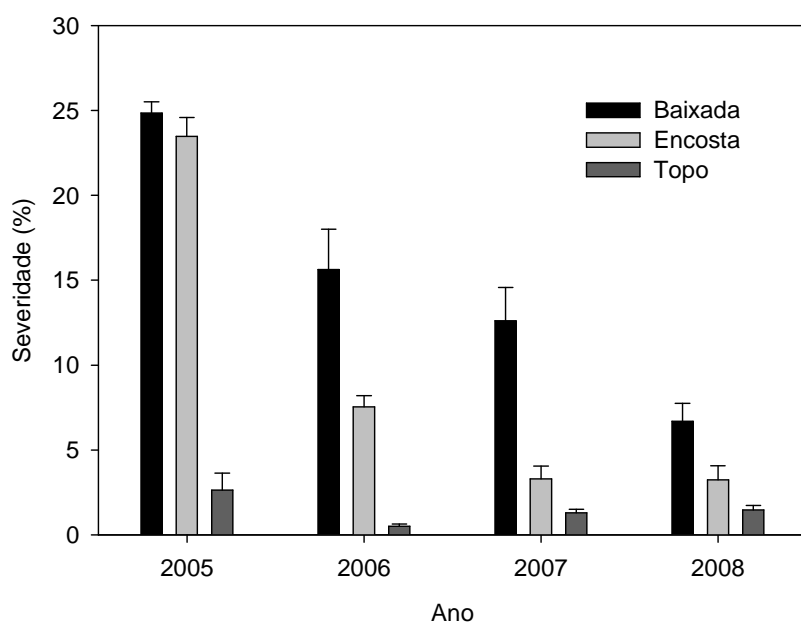


Figura 3. Severidade média do mal-das-folhas, em seringueiras, clone FX 3864, em três condições topográficas, em quatro anos. Médias de cinco repetições, com respectivos erros padrão (barras de erro).

A densidade foliar média tendeu a crescer da baixada para o topo, nos quatro anos de avaliação, e em geral, tendeu a ser maior em 2008. Na baixada, a densidade foliar média variou de 25,26 % (2006) a 81,29 % (2008); na encosta, variou de 47,43 % (2005) a 95,83 % (2008); e, no topo, de 74,53 % (2005) a 98,25 % (2008) (Figura 4).

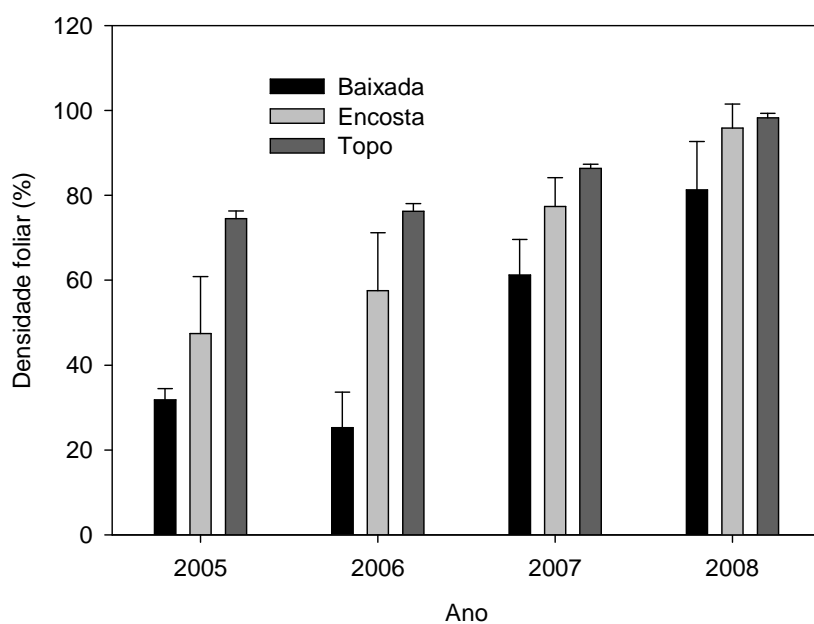


Figura 4. Densidade foliar média das seringueiras, clone FX3864, em três condições topográficas, em quatro anos. Médias de cinco repetições, com respectivos erros padrão (barras de erro).

Houve efeito direto da altitude e da severidade da doença na produção de borracha. A altitude afetou positiva e diretamente a produção em 2006, 2007 e 2008. A severidade da doença afetou direta e negativamente a produção em 2006 e 2008. A densidade foliar teve efeito direto positivo apenas em 2005. Os efeitos indiretos via severidade foram mais evidentes em concomitância aos efeitos diretos da altitude. Os efeitos indiretos via altitude foram mais evidentes em concomitância aos efeitos diretos da severidade da doença. Os efeitos indiretos da densidade foliar, quase sempre foram irrelevantes, a não ser em 2005 (Tabela 1).

Tabela 1. Coeficientes de trilha dos efeitos da altitude (m), severidade (%) e densidade foliar - DF (%) sobre a produção de borracha seca. árvore⁻¹.ano⁻¹

Descrição dos efeitos	Ano			
	2005	2006	2007	2008
Direto de altitude	0,1249	0,4965	0,7150	0,4992
Indireto via severidade	0,1717	0,5725	0,1922	0,4063
Indireto via DF	0,5412	-0,1718	-0,0070	-0,0126
<i>Total (correlação)</i>	<i>0,8379**</i>	<i>0,8973**</i>	<i>0,9002**</i>	<i>0,8928**</i>
Direto de severidade	-0,1907	-0,6707	-0,2729	-0,5246
Indireto via altitude	-0,1125	-0,4238	-0,5035	-0,3866
Indireto via DF	-0,5454	0,1978	0,0079	0,0161
<i>Total (correlação)</i>	<i>-0,8486**</i>	<i>-0,8968**</i>	<i>-0,7685**</i>	<i>-0,8951**</i>
Direto de DF	0,6273	-0,2140	-0,0090	-0,0224
Indireto via altitude	0,1078	0,3985	0,5549	0,2819
Indireto via severidade	0,1657	0,6199	0,2402	0,3780
<i>Total (correlação)</i>	<i>0,9009**</i>	<i>0,8044**</i>	<i>0,7861**</i>	<i>0,6375**</i>
R ²	0,8317	0,8749	0,8464	0,9010
Efeito residual	0,4102	0,3536	0,3918	0,3146

** = significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste t.

Em 2005 e 2006, houve efeito direto negativo da severidade da doença sobre o crescimento perimetral do tronco. Em 2007 e 2008, o efeito direto positivo da altitude sobre o crescimento do hospedeiro foi maior. Os efeitos diretos e indiretos da densidade foliar sobre o crescimento do hospedeiro foram irrelevantes nos quatro anos de avaliação (Tabela 2).

Tabela 2. Coeficientes de trilha dos efeitos da altitude (m), severidade (%) e densidade foliar - DF (%) sobre o crescimento perimetral de seringueira

Descrição dos efeitos	Ano			
	2005	2006	2007	2008
Direto de altitude	0,0588	0,3930	0,6662	0,6099
Indireto via severidade	0,5716	0,6169	0,3095	0,3383
Indireto via DF	0,2773	-0,1241	-0,0679	-0,0421
<i>Total (correlação)</i>	<i>0,9078**</i>	<i>0,8859**</i>	<i>0,9077**</i>	<i>0,9060**</i>
Direto de severidade	-0,6348	-0,7227	-0,4395	-0,4368
Indireto via altitude	-0,0529	-0,3355	-0,4691	-0,4724
Indireto via DF	-0,2795	0,1428	0,0770	0,0538
<i>Total (correlação)</i>	<i>-0,9672**</i>	<i>-0,9153**</i>	<i>-0,8316**</i>	<i>-0,8554**</i>
Direto de DF	0,3215	-0,1546	-0,0875	-0,0747
Indireto via altitude	0,0507	0,3155	0,5170	0,3444
Indireto via severidade	0,5519	0,6679	0,3868	0,3147
<i>Total (correlação)</i>	<i>0,9241**</i>	<i>0,8288**</i>	<i>0,8163**</i>	<i>0,5845**</i>
R ²	0,9645	0,8816	0,8988	0,8826
Efeito residual	0,1882	0,3439	0,3180	0,3425

** = significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste t.

DISCUSSÃO

A influência de doenças sobre a produção das culturas é amplamente estudada (Madden *et al.*, 2007). Para a seringueira, sabe-se que a perda de densidade foliar relaciona-se à produção (Bahia & Sena-Gomes, 1981; Moraes & Moraes, 2008). Evidentemente, a redução de folhas afeta a capacidade fotossintética da planta, pois diminui a síntese de fotoassimilados e, conseqüentemente, a produção (Simmonds, 1982; Priyadarshan & Gonçalves, 2003). Há poucos trabalhos em que se mensurou o efeito de doenças foliares e a conseqüente perda de densidade foliar, na produção de borracha. O registro mais detalhado é a estimativa de que a redução de 20% da copa das plantas reduz a produção, e que a perda de 75% da folhagem pode causar queda de 30 a 50% na produtividade dos seringais (Albuquerque, 1980). No presente trabalho, a produtividade foi 47,7% menor na baixada e 33,8% menor na encosta, que no topo, onde a produção foi maior e a severidade menor. A perda média de densidade foliar foi

de 50,1% na baixada; 30,5%, na encosta; e 16,2%, no topo. Por outro lado, a severidade média foi de 15,0% na baixada; 9,4% na encosta; e 1,5%, no topo. Assim, o efeito da doença sobre a produção é maior que a estimativa existente, pois com apenas 15,0% de severidade, ocorreu desfolha de 50,1% na baixada, o que diminuiu a produção em quase 50%. Esta informação é fundamental para definir estratégias de controle do patógeno, pois somente com a quantificação real do dano, é que tais estratégias podem ser otimizadas. Adicionalmente, as estimativas de perdas causadas por doenças são comumente grosseiras e, aqui, obtiveram-se informações a partir de quatro anos de observações.

Nos quatro anos, nas árvores do topo, ocorreram os maiores índices de produtividade, de crescimento perimetral do caule, e de densidade foliar, com menor severidade da doença. Todas as árvores eram do clone FX 3864 e foram plantadas na mesma época. Portanto, há evidências de que a altitude afeta a doença no campo, que por sua vez, reduz a produção e o crescimento das árvores. Pela análise de trilhas, obtiveram-se efeitos diretos positivos da altitude sobre a produção e o crescimento perimetral de seringueiras. Apesar de não haver ocorrido o mesmo padrão em todos os anos de avaliação, houve concomitância entre os efeitos diretos e indiretos da altitude e da severidade da doença. Vale ressaltar que os coeficientes de determinação de todos os anos foram acima de 0,50 e muito superiores ao efeito residual da análise $(1-R^2)^{1/2}$. Com essa informação, tem-se efeito mais detalhado da severidade da doença com a altitude do plantio, e pode-se contribuir com estudos para a determinação de um perfil de dano (Pinstrup-Andersen *et al.*, 1976) para a cultura da seringueira. Esse perfil, apesar de importante, ainda é inexistente.

A altitude do terreno teve efeitos diretos positivo sobre a produção e crescimento da seringueira, e negativo sobre a severidade da doença. Quanto menor a altitude, maior foi severidade da doença. Nessas condições, há maior desfolha e menor índice de densidade foliar. O efeito direto da altitude teve contribuição indireta negativa da severidade da doença. Concomitantemente, ambos os efeitos reduziram a produção e o crescimento perimetral do caule. Esta informação é importante, pois se sabe que o perímetro do tronco influencia significativamente a produtividade de borracha dos clones de seringueira (Roque *et al.*, 2006). O conhecimento desta dinâmica pode ajudar no entendimento de epidemias de mal-das-folhas. Pode, também, ser útil na escolha de áreas adequadas para novos plantios e dar suporte à recomendação de plantio de clones adaptados a regiões úmidas.

A densidade foliar da seringueira é normalmente utilizada como indicadora do potencial de produção da plantação, após um reenfolhamento. Em híbridos de *H. rigidifolia*, com desfolhamento fora da época da troca de folhas do seringal, ocorre redução de até 30% da produção, o que favorece infecções por *M. ulei* (Gonçalves *et al.*, 2001). Segundo as informações obtidas, a contribuição da densidade foliar sobre os efeitos na produção e crescimento perimetral da seringueira, foi mais indireta e, não foi constante em todos os anos. Assim, não se pode garantir, somente pela densidade foliar após um reenfolhamento, que haverá produção satisfatória no campo, como ocorre atualmente na maior parte das fazendas produtoras de borracha natural do sudeste da Bahia.

A produção de borracha e o crescimento perimetral do caule da seringueira são afetados diretamente pela altitude do plantio e severidade da doença. A densidade foliar afeta a produção e o crescimento perimetral de seringueira indiretamente, e não constitui método eficaz para estimar redução de produção no campo. Com o presente trabalho, espera-se contribuir para o estabelecimento de um perfil de dano para a cultura da seringueira no sudeste da Bahia, ao se demonstrar que a altitude do plantio e infecções de *M. ulei* afetaram a produção e o crescimento perimetral da seringueira. Considerando-se a literatura relacionada à análise de perdas com base em quantificações detalhadas, o presente trabalho traz conhecimentos não restritos apenas ao mal-das-folhas da seringueira, mas também à epidemiologia em geral.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, F. C. Doenças da seringueira. In: VII Curso de especialização em heveicultura. Belém, SUDHEVEA/FCAP. 30 p. 1980.
- BAHIA, D. B.; SENA-GOMES, A. R. Panel versus crown in some clones of rubber tree (*Hevea* sp.). Revista Theobroma 11:203-208. 1981.
- CHEE, K. H. Assessing susceptibility of *Hevea* clones to *Microcyclus ulei*. Annals of Applied Biology 84:135-145. 1976.
- CRUZ, C. D. Programa Genes: Biometria. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p. 2006a.
- CRUZ, C. D. Programa Genes: Estatística experimental e matrizes. Editora UFV. Viçosa (MG). 285p. 2006b.

- FURTADO, E. L. Comportamento decíduo da seringueira (*Hevea* spp.) e quantificação do mal-das-folhas causado por *Microcyclus ulei* (P. Henn.) v. Arx. (Tese de Mestrado). Piracicaba. ESALQ/USP. 1990.
- GASPAROTTO, L. Epidemiologia do mal-das-folhas (*Microcyclus ulei* (P. Henn.) v. Arx.) da seringueira (*Hevea* spp.) (Tese de Doutorado). Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 1988.
- GASPAROTTO, L.; FERREIRA, F. A. Doenças da seringueira. In: F. A. Ferreira (Editor) Patologia florestal; principais doenças florestais no Brasil. Viçosa. UFV. p. 289-368. 1989.
- GASPAROTTO, L.; JUNQUEIRA, N. T. V. Ecophysiological variability of *Microcyclus ulei*, causal agent of rubber tree leaf blight. Fitopatologia Brasileira 18:22-28. 1993.
- GASPAROTTO, L.; SANTOS, A. F.; PEREIRA, J. C. R.; FERREIRA, F. A. Doenças da seringueira no Brasil. Brasília. EMBRAPA. 1997.
- GONÇALVES, P. de S.; BATAGLIA, O. C.; ORTOLANI, A. A.; FONSECA, F. da S. Manual de heveicultura para o Estado de São Paulo. Campinas, IAC. 78p. 2001.
- HOLLIDAY, P. South American Leaf Blight (*Microcyclus ulei*) of *Hevea brasiliensis*. Phytopathological Papers 12. Farnham Royal. CAB 1-31. 1970.
- MADDEN, L. V.; HUGHES, G.; VAN DEN BOSCH. The study of plant disease epidemics. APS, Minnesota, 421 p. 2007.
- MATTOS, C. R. R.; GARCIA, D.; PINARD, F.; GUEN, V. L. Variabilidade de isolados de *Microcyclus ulei* no sudeste da Bahia. Fitopatologia Brasileira 28:502-507. 2003.
- MORAES, V. H. F.; MORAES, L. A. C. Desempenho de clones de copa de seringueira resistentes ao mal-das-folhas. Pesquisa Agropecuária Brasileira 43:1495-1500. 2008.
- PINSTRUP-ANDERSEN, P.; DE LONDONO, N.; INFANTE, M. A suggested procedure for estimating yield and production losses in crops. PANS 22:359-365. 1976.
- PRIYADARSHAN, P. M.; GONCALVES, P. de S. Hevea gene pool for breeding. Genetic Resources and Crop Evolution 50:101-114. 2003.
- PROGRAMA GENES - Aplicativo computacional em genética e estatística. www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm

- ROQUE, C. G.; CENTURION, J. F.; PEREIRA, G. T.; BEUTLER, A. N.; FREDDI, O. DA S.; ANDRIOLI, I. Mapeamento da produtividade e perímetro do tronco de clones de seringueira em argissolo vermelho amarelo. *Scientia Forestalis* 70:59-66. 2006.
- SIMMONDS N. W. Some ideas on botanical research on rubber. *Tropical Agriculture* 59: 2-8. 1982.
- SINGH, R. K.; CHAUDHARY, B. D. Biometrical methods in quantitative genetic analysis. 2nd edn. Kalyani Publishers, New Delhi, India. 304 p. 1979.
- THOMSON, T. E.; KURUVILLA, J. C.; ANNAKUTTY, J. Leaf diseases. In: P. J. George and C. Kuruvilla Jacob (Editors) *Natural Rubber: Agromanagement and Crop Processing*. RRII. p. 273-296. 2000.
- VARGHESE, L.; RADHAKRISHINAN NAIR, N.; KUMARAN, M. G. Crop collection and pre-processing. In: *Natural rubber: agromanagement and crop processing*. P. J. George & C. Kuruvilla Jacob (editors). Kottayam. 648 p. 2000.
- VIRGENS FILHO, A. C. Exploração de seringais. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte: EPAMIG, v. 28, n. 237, p. 105-119, mar./abr. 2007.

CONCLUSÕES GERAIS

A partir dos resultados obtidos, concluiu-se que:

- Em diferentes condições topográficas o microclima afeta as concentrações de ascósporos e de conídios no ar, principalmente a de conídios na baixada.
- Em todas as condições topográficas, a precipitação pluviométrica afetou direta e positivamente a concentração de conídios no ar, no intervalo de 7 a 9 h após ocorrer.
- Houve liberação de ascósporos e de conídios durante todo o período experimental (18 meses).
- A ocorrência de ascósporos no ar tem padrão noturno e a de conídios, diurno.
- As variáveis climáticas afetaram a severidade da doença, bem como a ocorrência e frequência de estromas, principalmente nas condições de baixada.
- O desenvolvimento da seringueira é maior no topo, onde os períodos de senescência são mais longos e os períodos em desfolha, sem folhas e reenfolhando, mais curtos.
- A severidade da doença é maior na baixada, onde ocorreram maiores NHMF e UrMin.
- A altitude e as infecções de *M. ulei* estão associadas à produção e ao crescimento da seringueira, nas condições do Sudeste da Bahia.