

## Correlações entre taxa de crescimento da ferrugem do cafeeiro e variáveis meteorológicas<sup>1</sup>

*Fernando D. Hinnah<sup>2</sup>; Paulo C. Sentelhas<sup>3</sup>; Carlos A. A. Meira<sup>4</sup>;  
Thiago T. Thamada<sup>5</sup>, Rodrigo N. Paiva<sup>6</sup>*

<sup>1</sup>Parte integrante da tese do primeiro autor

<sup>2</sup>Mestre em Engenharia Agrícola, Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP, telefone: (19) 3429 4123 ramal 236, [fhinnah@bol.com.br](mailto:fhinnah@bol.com.br)

<sup>3</sup>Doutor em Irrigação e Drenagem, Professor Associado na ESALQ, [pcsentel@usp.br](mailto:pcsentel@usp.br)

<sup>4</sup>Doutor em Engenharia Agrícola, Pesquisador da EMBRAPA Informática Agropecuária, [carlos.meira@embrapa.br](mailto:carlos.meira@embrapa.br)

<sup>5</sup>Bacharel em Ciência da Computação, Mestrando em Engenharia Agrícola, UNICAMP, [ic.tiba@gmail.com](mailto:ic.tiba@gmail.com)

<sup>6</sup>Mestre em Fitotecnia, Pesquisador da Fundação PROCAFÉ, [rodrigo@fundacaoprocafe.com.br](mailto:rodrigo@fundacaoprocafe.com.br)

**RESUMO:** O presente estudo teve por objetivo determinar quais variáveis meteorológicas exercem maior influência no desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro, bem como qual o período de maior importância de cada uma delas para a doença. Para tal, dados de incidência da ferrugem do cafeeiro foram obtidos em três locais de MG: Varginha, Carmo de Minas, e Boa Esperança, durante os períodos de 1998-2014, 2006-2014 e 2010-2014, respectivamente, com coletas mensais, junto aos boletins mensais da Fundação PROCAFÉ. As coletas foram realizadas em cafezais plantados em espaçamento adensado (8.000 pl ha<sup>-1</sup>) e largo (4.000 pl ha<sup>-1</sup>), com variação entre a carga pendente, sendo consideradas alta (> 30 sc ha<sup>-1</sup>) ou baixa carga (< 10 sc ha<sup>-1</sup>). A partir destes, calcularam-se as taxas mensais de crescimento da doença com os dados transformados pelo modelo de Gompertz, de modo a serem correlacionados, posteriormente, com os dados meteorológicos ao longo do ciclo da doença. A partir disso, foi determinado o coeficiente de correlação de Pearson (r) para verificação da influência de cada variável no crescimento da doença, considerando-se os períodos de 0 a 30 dias, 30 a 60 dias e 60 a 90 dias anteriores ao período para o qual a taxa de crescimento foi determinada. As variáveis meteorológicas foram derivadas da temperatura do ar, da umidade relativa do ar, da duração do período de molhamento (DPM) e da chuva. As correlações mais significativas em anos de alta carga foram obtidas com a temperatura do ar durante a DPM e a temperatura mínima para 60 a 90 dias anteriores à exteriorização dos sintomas, com r de 0,485 e 0,470, respectivamente. Nos anos de baixa carga as maiores correlações foram obtidas para as variáveis nº de dias de chuva ≥ 1 mm, somatório de precipitação e temperatura do ar durante a DPM, com r de 0,356, 0,341 e 0,312, respectivamente, no período de 30 a 60 dias.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Hemileia vastatrix*, *Coffea arabica*, temperatura do ar

### Correlations between coffee rust growing rate and weather variables

**ABSTRACT:** The present study was developed to identify the weather variables that influence the development of coffee rust, as well as the period when such variables are more important. For that, monthly coffee rust incidences were obtained from PROCAFÉ Foundation for the following locations of MG: Varginha; Carmo de Minas; and Boa Esperança, for the period of 1998-2014, 2006-2014 e 2010-2014, respectively. The incidence data were collected from coffee plantations cultivated under dense system (8,000 pl ha<sup>-1</sup>) and large system (4,000 pl ha<sup>-1</sup>), with varying production amount: high load (> 30 bags ha<sup>-1</sup>) or low load (< 10 sc ha<sup>-1</sup>). With these data the monthly disease growing rates were calculated, considering the data transformed by the Gompertz model, in order to correlate them with the weather data observed along the crop cycle for each location. From these data, Pearson's correlation coefficients (r) were determined to verify the influence of weather variables on the disease. For that, three different period of time were considered: 0 to 30 days; 30 to 60 days and 60 to 90 days prior to the period when

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

growing rate was determined. The weather variables were derived from air temperature, relative humidity, wetness duration (DPM) and rainfall. The highest correlations in the years with high load were obtained with air temperature during wetness duration and minimum air temperature during 60 to 90 days prior to the disease development, with  $r$  of 0.485 and 0.470, respectively. In the years of low load, the highest correlations were obtained for the number of days with rainfall  $\geq 1$  mm, total rainfall and air temperature during wetness duration, with  $r$  of 0.356, 0.341 e 0.312, respectively, for the period of 30 to 60 days before disease development.

**KEY WORDS:** *Hemileia vastatrix*, *Coffea arabica*, air temperature

## **INTRODUÇÃO**

O cultivo do cafeeiro no Brasil se dá desde 1927 e foi durante um longo período a base econômica nacional. Atualmente, é uma *commodity* agrícola estratégica para o país, sendo cultivada especialmente no sul de Minas Gerais (SOUZA et al., 2011). A condução dos cafezais vem passando por modificações desde os primórdios do seu cultivo, com variações no espaçamento, cultivo a pleno sol, arborização, plantio em diferentes regiões do país (PEREIRA et al., 2007), sendo hoje em dia cultivado predominantemente a pleno sol e com espaçamentos que variam do superadensado ao largo. Além disso, outros fatores afetam a produção, sendo a ocorrência de pragas e doenças um dos mais importantes.

O primeiro registro da ferrugem do cafeeiro no Brasil se deu na década de 1970, no estado da Bahia. Ao contrário do esperado, em apenas quatro meses o patógeno denominado *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. havia se disseminado por todas as regiões produtoras. Este evento foi marcante na produção brasileira, ocasionando modificações no cultivo devido à redução na produtividade da ordem de 35%, chegando a 50% em alguns casos (ZAMBOLIM et al., 2005).

Mesmo com diversos trabalhos desenvolvidos em centros de pesquisa de excelência visando o controle químico da ferrugem, o prejuízo às lavouras ainda é expressivo. O surgimento de novas raças dos patógenos, capazes de superar a resistência dos genótipos existentes é outro aspecto importante desse patossistema (COSTA et al., 2007). A epidemia da ferrugem do cafeeiro tem início normalmente nos meses de novembro e dezembro, atingindo seu pico máximo nos meses de junho e julho.

As doenças de plantas são condicionadas pela interação entre os três vértices de um triângulo, denominado triângulo da doença ou epidemiológico. Nesses vértices estão localizados o patógeno, o hospedeiro e o ambiente. Dessa maneira, a ocorrência e a severidade de uma doença são dependentes da interação desses fatores, sendo as condições meteorológicas de extrema importância para o estabelecimento de uma epidemia quando há a presença do patógeno na área e o hospedeiro é suscetível (BEDENDO; AMORIM, 2011).

Visando identificar quais variáveis meteorológicas e em qual período anterior ao aparecimento dos sintomas exercem maior influência sobre a ferrugem do cafeeiro, o presente estudo teve por objetivo determinar o grau de correlação entre diferentes variáveis meteorológicas e a taxa de crescimento da doença, considerando-se diferentes localidades, anos agrícolas e carga pendente.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Avaliações da incidência da ferrugem do cafeeiro foram realizadas em Varginha, Carmo de Minas e Boa Esperança, no estado de Minas Gerais. Em Varginha o início das observações deu-se em 1998, em Carmo de Minas em 2006 e em Boa Esperança em 2010, e para todos os locais o último ano de obtenção dos dados foi 2014. Nestes locais, desde o respectivo ano de instalação de cada experimento, foram escolhidas lavouras de cafeeiro adultas, com idade de 6 a 20 anos para realização das avaliações experimentais.

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

O procedimento experimental foi o seguinte: oito talhões por local foram escolhidos, contando com duas variedades, dois espaçamentos e duas cargas pendentes. O procedimento de avaliação da incidência da ferrugem do cafeeiro foi realizado conforme o indicado por Chalfoun (1997), da seguinte maneira: a cada 30 dias realizou-se caminhamento em zigue-zague pela lavoura, coletando pelo menos 100 folhas do terço médio das plantas por talhão, do 3º ou 4º nó dos ramos. Destas 100 folhas contaram-se as com presença de ferrugem, fornecendo o valor de incidência da doença.

As variedades de café arábica avaliadas foram a Catuaí e Mundo Novo ambas consideradas suscetíveis à ferrugem (MENDONÇA et al., 2007), nos espaçamentos adensado, com 8000 plantas ha<sup>-1</sup>, e largo, com 4000 plantas ha<sup>-1</sup>. As cargas pendentes foram divididas em: alta (superior a 30 sacas beneficiadas ha<sup>-1</sup>) e baixa (inferior a 10 sacas beneficiadas ha<sup>-1</sup>), abrangendo a bionalidade produtiva dos cafezais. Para Varginha, os tratamentos foram os quatro anteriormente citados, enquanto que para Carmo de Minas as lavouras apresentavam apenas espaçamento adensado e em Boa Esperança apenas o espaçamento largo.

Os dados meteorológicos foram obtidos junto ao banco de dados das estações automáticas instaladas nas áreas experimentais da Fundação PROCAFÉ, onde as avaliações da incidência da ferrugem do cafeeiro foram efetuadas. As estações meteorológicas automáticas utilizadas nas áreas experimentais são da marca Davis, modelo WeatherLink, contando com sensores para mensurar a temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar global, velocidade do vento e chuva. Os dados foram todos revisados, com detecção de falhas e preenchimento das mesmas quando necessário.

Para a análise epidemiológica da ferrugem primeiramente realizou-se a linearização dos valores de incidência pelo modelo de Gompertz, obtendo-se mensalmente os valores de taxa aparente de progresso da doença. Posteriormente, procedeu-se a correlação entre variáveis meteorológicas e as taxas mensais de progresso da doença. Para isso formatou-se os dados meteorológicos de maneira a obter a média ou soma de 30 dias, utilizando dados diários do denominado dia epidemiológico, compreendido entre às 12h de um dia e às 11:30h do dia seguinte, pois a infecção ocorre preferencialmente à noite (MONTROYA; CHAVES, 1974), e mantendo a continuidade dos períodos de molhamento foliar.

Dessa forma, obteve-se a média das temperaturas máxima (T<sub>máx</sub>), média (T<sub>méd</sub>) e mínima (T<sub>mín</sub>), da umidade relativa do ar (UR), da duração do período de molhamento (NhDPM<sub>90%</sub> e NhDPM<sub>80%</sub>) e da temperatura durante o período de molhamento, sendo a DPM considerada de duas diferentes formas indiretas, relacionadas a umidade relativa do ar: número de horas com a UR ≥ 90% (DPM<sub>90%</sub>) e UR ≥ 80% (DPM<sub>80%</sub>). Os totais do número de dias com chuva superior a 1 mm e 20 mm (NDC<sub>≥1mm</sub> e NDC<sub>≥20mm</sub>, respectivamente), chuva acumulada (Chuva) e número de dias com DPM superior a 6h (NDDPM<sub>90%>6h</sub> e NDDPM<sub>80%>6h</sub>) também foram determinados para cada período de 30 dias.

Com base nesses dados, formou-se uma matriz de correlação entre a taxa mensal aparente de progresso da doença e as variáveis meteorológicas anteriormente citadas. Os períodos considerados para tais correlações no que se refere aos dados meteorológicos foram: para o mesmo período da taxa de crescimento da doença (0-30d); um mês anterior ao período da taxa de crescimento (30-60d) e dois meses de antecedência em relação à taxa de crescimento da doença (60-90d). Para esses períodos foram obtidas as correlações de Pearson (r), das quais as médias de correlação para cada carga pendente foram determinadas.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A ferrugem do cafeeiro está presente nas áreas de produção, sendo o estabelecimento das epidemias totalmente dependente das condições climáticas ao longo do ciclo de produção da cultura. Condições ambientais encontradas na maioria das áreas de cultivo do país são, no geral, favoráveis à doença. A doença é caracterizada por longos períodos de incubação e latência, variando de 29 a 62 dias

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

e 38 a 70 dias, respectivamente (ZAMBOLIM; VALE; ZAMBOLIM, 2005), o que torna o entendimento da relação clima x doença bastante complexo. Devido a este longo tempo decorrente desde a penetração do fungo até os primeiros sintomas, os períodos de análises foram extrapolados para até 90 dias prévios às avaliações dos sintomas.

Houve diferenças no período de influência das condições meteorológicas conforme a carga pendente, demonstrado pelos resultados das correlações (Tabela 1). No geral os valores dos coeficientes de correlação foram maiores nos anos de carga alta, devido à maior suscetibilidade das plantas de cafeeiro nesta condição. As plantas do cafeeiro nos anos de carga alta concentram a distribuição dos fotoassimilados para o enchimento de grãos, deixando as folhas mais suscetíveis ao estabelecimento da doença (ZAMBOLIM; VALE; ZAMBOLIM, 2005).

Tabela 1 - Coeficientes de correlação entre as variáveis meteorológicas, os períodos de análise anteriores ao aparecimento dos sintomas da ferrugem do cafeeiro e as cargas pendentes.

Variáveis	Lavouras	Carga alta			Carga baixa		
		0-30d	30-60d	60-90d	0-30d	30-60d	60-90d
T <sub>méd</sub>		-0,021	0,217	0,419	0,178	0,221	0,259
T <sub>mín</sub>		0,087	0,328	0,470	0,248	0,297	0,280
T <sub>máx</sub>		-0,113	0,099	0,327	0,100	0,124	0,211
Chuva		0,192	0,306	0,352	0,238	0,341	0,145
NDC <sub>≥1mm</sub>		0,165	0,318	0,399	0,247	0,356	0,179
NDC <sub>≥20mm</sub>		0,144	0,261	0,352	0,183	0,300	0,139
UR (%)		0,405	0,448	0,310	0,289	0,283	0,103
NhDPM <sub>90%</sub>		0,381	0,408	0,301	0,271	0,252	0,064
NhDPM <sub>80%</sub>		0,404	0,440	0,303	0,275	0,269	0,086
T_DPM <sub>90%</sub>		0,130	0,366	0,482	0,262	0,305	0,281
T_DPM <sub>80%</sub>		0,150	0,381	0,485	0,271	0,312	0,270
NDDPM <sub>90%&gt;6h</sub>		0,401	0,402	0,239	0,252	0,237	0,038
NDDPM <sub>80%&gt;6h</sub>		0,376	0,395	0,246	0,247	0,169	0,018

A variável UR representa valores médios diários, apresentando uma correlação razoável com a ferrugem nas lavouras de baixa e alta carga. Em lavouras de alta carga, a maior influência ocorre no período compreendido entre 30 e 60 dias antes do aparecimento dos sintomas, enquanto que para baixas cargas esse período tem praticamente a mesma correlação que os 30 dias anteriores à avaliação de incidência. Essa variável representa o quanto de umidade há no ar, sendo correlacionada principalmente com o molhamento foliar, condição necessária para a germinação dos urediniósporos de *Hemileia vastatrix* (KUSHALAPPA; ESKEES, 1989).

As variáveis dependentes da chuva (Chuva, NDC<sub>≥1mm</sub>, NDC<sub>≥20mm</sub>) apresentaram razoáveis correlações com a taxa de crescimento aparente da ferrugem para ambas as cargas pendentes. Nas lavouras com baixa carga pendente foram as variáveis de maior correlação com a taxa de crescimento da doença, enquanto que nas lavouras de alta carga apresentaram alta correlação, porém menores que outras variáveis. Em estudo também com a ferrugem do cafeeiro, Meira et al. (2009) utilizaram o somatório da chuva em um conjunto de variáveis para prever a taxa de infecção da doença em alta carga pendente, demonstrando relação positiva entre elas.

Nas lavouras de alta carga pendente, a variável meteorológica mais relacionada com a taxa de crescimento da ferrugem foi a temperatura do ar. A T\_DPM<sub>80%</sub> e a T<sub>mín</sub> foram as que tiveram as maiores correlações apresentando importância em momentos diferentes do desenvolvimento da ferrugem. Em folhas molhadas a temperatura é o principal fator condicionador da germinação de esporos, dessa forma a T\_DPM possui importância principal no processo de germinação do esporo e penetração das estruturas do fungo, enquanto que, posteriormente a isso, a temperatura do ar atua na colonização e reprodução dos fungos. Visto que a temperatura do ar é um condicionador da atividade do patógeno, a temperatura



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

mínima demonstra uma limitação à sua atividade para os locais estudados, por isso há uma maior correlação desta com as taxas de crescimento da ferrugem do que as  $T_{med}$  e  $T_{max}$ .

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEDENDO, I. P.; AMORIM, L. 2011. Ambiente e doença. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. (ed.) Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos. 4 ed. São Paulo, Ceres. p. 133-147.
- CHALFOUN, S. M. Doenças do cafeeiro: importância, identificação e métodos de controle. Lavras: Ufla/Faepe, 1997.96p.
- COSTA, M. J. N. et al. Resistência de progênies de café Catimor à ferrugem. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 2, mar-abr, p.121-130, 2007.
- KUSHALAPPA, A. C.; ESKES, A. B. Advances in coffee rust research. **Annual Review of Phytopathology**, v. 27, p. 503-531, 1989.
- MEIRA, C. A. A. et al. Modelos de alerta para o controle da ferrugem-do-cafeeiro em lavouras com alta carga pendente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 3, p. 233-242, 2009.
- MENDONÇA, L. M. V. L et al. Composição química de grãos crus de cultivares de *Coffea arabica* L. suscetíveis e resistentes a *Hemileia vastatrix* Berk. e Br. **Revista Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 413-419, 2007.
- MONTOYA; R. H.; CHAVES, G. M. Influência da temperatura e da luz na infectividade e período de geração de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. **Experientiae**, v. 18, p. 239-266, 1974.
- PEREIRA, S. P. et al. Crescimento vegetativo e produção de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) rececados em duas épocas, conduzidos em espaçamentos crescentes. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 31, n. 3, p. 643-649, 2007.
- SOUZA, A. G. C.; RODRIGUES, F. A.; MAFFIA, L. A.; MIZUBUTI, E. S. G. Infection process of *Cercospora coffeicola* on coffee leaf. **Journal of Phytopathology**, v. 159, n. 1, p. 6-11, 2011.
- ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, E. M. Doenças do Cafeeiro. In: KIMATI, et al. (ed). Manual de Fitopatologia – Doenças das Plantas Cultivadas. Vol. 2, 4ª ed. Editora Agronômica Ceres, São Paulo. 2005. p. 165 – 180.