

**VARIABILIDADE ESPACIAL DA MANCHA
DE PHOMA RELACIONADA À NUTRIÇÃO
DO CAFEIEIRO E INCIDÊNCIA DA
CERCOSPORIOSE NA QUALIDADE DO
CAFÉ**

LUCIANA MARIA DE LIMA

2009

LUCIANA MARIA DE LIMA

**VARIABILIDADE ESPACIAL DA MANCHA DE PHOMA
RELACIONADA À NUTRIÇÃO DO CAFEIEIRO E INCIDÊNCIA DA
CERCOSPORIOSE NA QUALIDADE DO CAFÉ**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Fitopatologia, área de concentração em Epidemiologia e Manejo de Doenças de Plantas, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Lima, Luciana Maria.

Variabilidade espacial da mancha de phoma relacionada à nutrição do cafeeiro e incidência da cercosporiose na qualidade do café./ Luciana Maria de Lima. – Lavras : UFLA, 2009.
102 p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Edson Ampélio Pozza.

Bibliografia.

1. *Phoma sp.* 2. *Cercospora coffeicola*. 3. Qualidade. 4. Geoestatística
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.7392

LUCIANA MARIA DE LIMA

**VARIABILIDADE ESPACIAL DA MANCHA DE PHOMA
RELACIONADA À NUTRIÇÃO DO CAFEIEIRO E INCIDÊNCIA DA
CERCOSPORIOSE NA QUALIDADE DO CAFÉ**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Fitopatologia, área de concentração em Epidemiologia e Manejo de Doenças de Plantas, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 25 de março de 2009

Prof. Dr. Mário Sobral de Abreu	UFLA
Prof. Dr. Paulo Estevão de Souza	UFLA
Prof. Dra. Janice Guedes de Carvalho	UFLA
Profª. Dra. Sara Maria Chalfoun de Souza	EPAMIG

Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

Aos meus pais, Antônio e Selma;
irmãos, Paulo e Antônio Jr. e irmãs,
Cláudia e Leila que, mesmo distante,
sempre me apoiaram. Ao Marcos,
pela compreensão e incentivo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meus caminhos e ter permitido alcançar mais uma meta.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Fitopatologia, pela oportunidade de realizar o doutorado.

Ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por conceder a bolsa de estudos.

À Fapemig, pelo apoio financeiro

Ao Prof. Edson Ampélio Pozza, pela orientação, apoio e incentivo para a execução deste trabalho.

A Adélia Pozza, pelas valiosas sugestões e apoio.

À Profª. Janice, pelas sugestões durante a execução deste trabalho.

Aos docentes da Universidade Federal de Lavras que contribuíram para a minha formação, em especial aos do Departamento de Fitopatologia.

Aos membros da banca: professores doutores Paulo Estevão, Mário Sobral, Janice e Sara Chalfoun, pelas valiosas sugestões.

Aos funcionários do DFP, que sempre auxiliaram nas atividades.

Aos funcionários do Laboratório de Epidemiologia, em especial Rute, Eliane e Vladimir.

Aos bolsistas de iniciação científica, Thiago e Henrique.

Ao Gilberto Coelho e Angelo Sussel, pela valiosa ajuda na instalação da estação climatológica.

Aos demais amigos e colegas do Departamento de Fitopatologia, pela amizade e boa convivência.

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
CAPÍTULO 1.....	3
1 Introdução Geral.....	3
2 Referencial Teórico.....	6
3 Referências Bibliográficas.....	18
CAPÍTULO 2: Distribuição espacial e temporal da mancha de phoma em cafeeiro.....	24
1 Resumo.....	24
2 Abstract.....	25
3 Introdução.....	26
4 Material e Métodos.....	27
5 Resultados e Discussão.....	30
5.1 Variabilidade espacial da mancha de phoma no período agosto/2007 a fevereiro/2008.....	30
5.1.1 Mapeamento da intensidade da mancha de phoma no período agosto/2007 a fevereiro/2008.....	32
5.1.2 Relação entre intensidade da mancha de phoma e nutrição do cafeeiro sob sistema de manejo convencional e orgânico, no período de agosto/2007 a fevereiro/2008.....	37
5.2 Variabilidade espacial da mancha de phoma no período fevereiro a agosto/2008.....	39
5.2.1 Mapeamento da mancha de phoma no período fevereiro a agosto/2008.....	41
5.2.2 Relação entre a intensidade da mancha de phoma e a nutrição do cafeeiro sob sistema de manejo convencional e orgânico, período de	

fevereiro/2008 a agosto/2008.....	48
6 Conclusão.....	49
7 Referências Bibliográficas.....	50
CAPÍTULO 3: Relação nitrogênio/potássio com mancha de phoma e nutrição de mudas de cafeeiro.....	53
1 Resumo.....	53
2 Abstract.....	54
3 Introdução.....	55
4 Material e Métodos.....	56
5 Resultados e Discussão.....	60
6 Conclusão.....	73
7 Referências Bibliográficas.....	74
CAPÍTULO 4: Incidência da cercosporiose dos frutos na qualidade do café.....	77
1 Resumo.....	77
2 Abstract.....	78
3 Introdução.....	79
4 Material e Métodos.....	80
5 Resultados e Discussão.....	84
6 Conclusão.....	94
7 Referências Bibliográficas.....	95
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	98
ANEXOS.....	99

RESUMO

LIMA, Luciana Maria. **Variabilidade espacial da mancha de phoma relacionada à nutrição do cafeeiro e incidência da cercosporiose na qualidade do café.** 2009. 102p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de aplicar a geoestatística para avaliar a variabilidade espacial e temporal da intensidade da mancha de phoma e da nutrição de cafeeiros sob sistemas de cultivo convencional e orgânico, verificar a relação nitrogênio/potássio (N/K) com a intensidade da mancha de phoma e aspectos nutricionais de mudas de cafeeiro, cultivadas em solução nutritiva, avaliar a composição química e física do café após mistura de diferentes proporções de grãos de café com e sem sintomas de cercosporiose. No primeiro período de avaliação, agosto/2007 a fevereiro/2008, a aplicação da modelagem geoestatística detectou variabilidade espacial na intensidade da mancha de phoma do cafeeiro no sistema de cultivo convencional, sendo ajustado o modelo exponencial. Porém, no sistema orgânico, foi ajustado modelo efeito pepita puro. Houve correlação positiva do N e negativa do Ca e Mg com a área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) da mancha de phoma do cafeeiro. No segundo período de avaliação, fevereiro a agosto/2008, não houve dependência espacial entre intensidade da doença e distância entre os pontos amostrados, sendo ajustado modelo EPP. Nos dois períodos de avaliações, foi observada maior intensidade da mancha de phoma no sistema convencional em relação ao sistema orgânico. No estudo da relação N/K, não foi observada interação significativa entre N e K para intensidade da doença, mas, com o incremento desses nutrientes na solução, verificou-se, para N, aumento linear e, para K, redução quadrática da AACPI e AACPS. Em relação à influência da cercosporiose na qualidade do café, houve alterações na composição química e física. Com aumento da proporção de frutos doentes, houve aumento linear no teor de polifenóis, potássio lixiviado e condutividade elétrica e redução dos açúcares totais, sólidos solúveis e pH. Para composição física, observa-se redução na quantidade de grãos retidos em peneiras de crivos maiores e aumento em peneiras de crivos menores.

*Comitê Orientador: Edson Ampélio Pozza - UFLA (orientador), Mário Sobral de Abreu - UFLA (coorientador).

ABSTRACT

LIMA, Luciana Maria. **Spatial variability of phoma spot and nutritional aspects of coffee plants and incidence of brown eye spot in coffee quality.** 2009. 102p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

The present work aimed to apply geostatistic to evaluate the spatial and temporal variability of coffee phoma spot intensity and nutrition under conventional and organic cropping systems, verify the relationship between the nitrogen/potassium (N/K) ration and the phoma spot intensity and coffee seedlings nutritional aspects, grown under nutrient solution, evaluate the chemical and physical properties of coffee after mixing different proportions of coffee beans with and without brown eye spot symptoms. In the first evaluation period, August/2007 to February/2008, the geostatistic modeling revealed spatial variability in coffee phoma spot intensity in the conventional cropping system and best adjusted to the exponential model, whereas the organic cropping system was best described by the pure pepite one. There was a significative correlation between the area under the coffee phoma spot severity progress curve (AUSPC) and N (positive) and also between AUSPC and Ca and Mg (negative). In the second period of evaluation, February to August /2008, there was no spatial dependence between the disease intensity and the distance between the sampled points, the data best adjusted to the EPP model. In both evaluation periods was observed a higher intensity of phoma spot severity in the conventional system compared to the organic one. In the study of the relationship N/K, no significative interaction was observed between N and K for the disease intensity, but with the nutrient content increase in the nutrient solution, for N a linear increase and for K a squared reduction in AUIPC and AUSPC were observed. Regarding the influence of brown eye spot in the coffee quality, there were changes in its chemical and physical composition. With the increase in the proportion of diseased berries there was a linear increase in the polyphenol content, lixiviated potassium and electrical conductivity and reduction of total sugars, soluble solids and pH. For the physical property one observes reduction in the quantity of berries retained in the larger opening sieves and an increase in the smaller opening ones.

*Guidance Committee: Edson Ampélio Pozza - UFLA (Orientador), Mário Sobral de Abreu - UFLA (Co- Orientador).

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

A demanda cada vez maior por alimentos de qualidade e a necessidade de preservar os recursos naturais impõem à atividade agrícola a busca por métodos alternativos de manejo e novas técnicas de produção. O uso de metodologias capazes de otimizar a aplicação de insumos e reduzir custos torna-se cada vez mais necessário. Entre as metodologias passíveis de cumprir essas premissas está a agricultura de precisão, capaz de agregar tecnologias que permitem monitorar a atividade agrícola em busca de maior eficiência, com base no manejo diferenciado. Entretanto, de acordo com Silva et al. (2007), sua aplicação ainda é limitada para culturas perenes como a do café, principalmente devido à escassez de estudos nesta área.

Um dos enfoques da agricultura de precisão é o estudo da variabilidade espacial e temporal de atributos do solo e da planta, com o objetivo de aumentar a eficiência com base no manejo localizado. Ao contrário, na agricultura tradicional, a aplicação de fertilizantes e defensivos é realizada de forma homogênea. Especificamente para fungicidas, pulverizações são realizadas, mesmo em áreas com baixas intensidades da doença, não considerando a existência de variações na lavoura. A geoestatística tem representado de forma satisfatória a existência de dependência espacial de doenças e nutrição de plantas (Alves, 1996; Pinheiro, 2007; Carvalho, 2008).

Nesse sentido, o estudo da variabilidade espacial de doenças do cafeeiro, usando como ferramenta a geoestatística, torna-se necessário, uma vez que um dos fatores limitantes da produtividade e da qualidade do produto são as doenças. Entre elas, a mancha de phoma e a cercosporiose são importantes

doenças fúngicas do cafeeiro e podem causar perdas desde a fase de formação de mudas no viveiro até a produção da cultura.

A mancha de phoma ganhou importância nos últimos anos devido ao aumento da sua incidência nas lavouras cafeeiras. O patógeno infecta ramos e folhas, sendo os maiores danos observados com a ocorrência de epidemias favorecidas por condições climáticas específicas, como chuvas de granizo e ventos frios (Carvalho & Chalfoun, 1998; Pfenning et al., 2005). A instabilidade climática ocorrida nos últimos anos favoreceu a ocorrência de epidemias com altas taxas de progresso da doença, em épocas nas quais, geralmente, não ocorriam, dificultando seu manejo (Chalfoun & Carvalho, 2008). O conhecimento da distribuição da doença, no espaço e no tempo, em diferentes sistemas de cultivo e sua relação com a nutrição do cafeeiro, acrescenta informações na busca de soluções mais apropriadas para o seu manejo.

O fungo *Cercospora coffeicola*, agente etiológico da cercosporiose do cafeeiro, infecta folhas e frutos e, devido à produção de etileno, promove queda e maturação precoce dos frutos. A desfolha durante a fase de produção poderá expor os frutos ao sol, favorecendo a infecção por esse patógeno. A colonização desse fungo nos frutos promove o secamento da mucilagem e a aderência do pergaminho à casca, dificultando o descascamento e favorecendo fermentações indesejáveis por outros fungos (Pozza, 2008). Além disso, os frutos que caem, se permanecerem em contato com o solo, originam cafês de qualidade inferior. A influência na qualidade da bebida já foi relatada, mas, até o momento, não existem estudos relacionando cercosporiose com composição química e física do café. Sendo assim, os objetivos gerais deste trabalho foram:

- a) aplicar a geoestatística para avaliar a variabilidade espacial da incidência e da severidade da mancha de phoma e a nutrição de cafeeiros sob sistemas de manejo convencional e orgânico;

- b) verificar a relação nitrogênio/potássio e a concentração de macro e micronutrientes na intensidade da mancha de phoma em mudas de café cultivadas em solução nutritiva;
- c) verificar a composição química e física do café, após mistura de diferentes proporções de grãos com e sem sintomas de cercosporiose.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Geoestatística e estudos de variabilidade espacial

A geoestatística surgiu, na África do Sul, quando Krige, em 1951, trabalhando com dados de concentração de ouro, concluiu que não conseguia encontrar sentido nas variâncias se não considerasse a distância de amostragem (Farias et al., 2003). Com base nessas observações, Matheron (1963) desenvolveu a “Teoria das Variáveis Regionalizadas”, contendo os fundamentos da geoestatística (Farias et al., 2003), definida como o conjunto de métodos estatísticos apropriados para analisar atributos de fenômenos que apresentam distribuição contínua numa área geográfica. Essa continuidade, ou dependência espacial, pode ser estimada por meio do semivariograma, principal componente da geoestatística (Valência et al., 2004).

A determinação do semivariograma é necessária para estimar a geoestatística, pois o modelo escolhido será utilizado por meio de todo o processo de krigagem (Guerra, 1998). O semivariograma é caracterizado por três parâmetros (Figura 1):

-efeito pepita (C_0): importante parâmetro do semivariograma, indicando a descontinuidade na origem, proveniente de limitações na estimativa do semivariograma em pequenos espaçamentos (Pontes, 2002). Quando o efeito pepita for constante e igual ao patamar, para qualquer valor da distância (h) tem-se um efeito pepita puro ou ausência total de dependência espacial e a única estatística aplicável é a clássica (Souza, 1992).

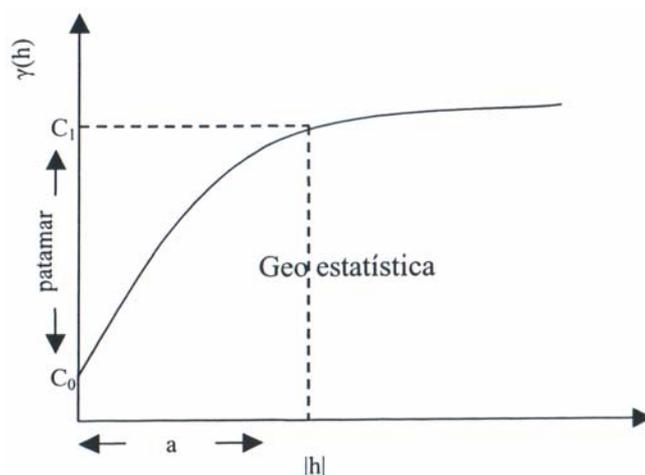


FIGURA 1 Representação de semivariograma típico.
 Fonte: Pontes (2002).

- patamar (C_0+C): representa o nível de variabilidade em que o semivariograma se estabiliza. À medida que h aumenta, $\gamma(h)$ também aumenta, até um valor máximo no qual $\gamma(h)$ se estabiliza. Este valor no qual $\gamma(h)$ se estabiliza chama-se patamar, sendo aproximadamente igual à variância dos dados (Vieira, 1997).

- alcance (a): distância na qual a semivariância $\gamma(h)$ atinge o patamar. Denota o intervalo de dependência espacial. Dessa forma, amostras separadas por distâncias menores do que o valor de (a) são correlacionadas umas às outras e, para distâncias maiores, apresentam distribuição espacial aleatória, sendo, portanto, independentes entre si. O alcance da dependência espacial representa a distância em que os pontos amostrais estão correlacionados entre si. Os pontos localizados numa área de raio igual ao alcance possuem maior semelhança entre si do que aqueles localizados fora dela (Vieira, 1997).

Após o conhecimento do semivariograma do atributo analisado e, havendo dependência espacial entre as amostras, podem-se interpolar valores utilizando-se a técnica da krigagem. Esta técnica consiste em interpolar valores em qualquer

posição de uma propriedade em locais não amostrados, a partir de valores vizinhos resultantes da amostragem realizada sem tendência e com variância mínima. Assim, é possível confeccionar os chamados mapas de krigagem, que permitem uma leitura direta do comportamento do atributo estudado (Ribeiro Júnior, 1995).

A geoestatística tem representado, de forma satisfatória, a existência de dependência espacial de atributos do solo e de plantas (Alves et al., 2006; Souza, 2006; Pinheiro, 2007; Carvalho, 2008). Souza (2006), em estudos de distribuição espacial de atributos do solo em cafezais implantados sob sistema convencional e orgânico, observou maiores valores dos atributos analisados no sistema convencional, tendo sido também constatada maior amplitude dos dados expressos por valores máximo e mínimo e dependência espacial para todos os atributos analisados nos dois sistemas de manejo. Nesses sistemas foi possível verificar locais em que as aplicações de fertilizantes foram subdimensionadas e aqueles com aplicações excessivas.

Para otimizar zonas de manejo na agricultura, (Booltink et al., 2001) utilizaram a geoestatística para propor uma tecnologia de baixo custo para o cultivo da banana na Costa Rica. Com os mapas de krigagem representando a variabilidade espaço-temporal da produtividade e do tipo de solo, foi possível determinar faixas ótimas para a aplicação de fertilizantes e identificar áreas com problemas ou limitações em relação aos custos.

Alves et al. (2006) utilizaram a metodologia geoestatística para estudar a dinâmica espaço-temporal de doenças associadas ao *Colletotrichum* spp. transmitidas por sementes. Os autores verificaram a possibilidade de quantificar o grau de dependência espacial, mapear a variabilidade espacial de epidemias e monitorar o progresso da doença ao longo do tempo e do espaço.

Carvalho (2008) observou, para doenças de final de ciclo (DFC) da soja, padrão agregado de distribuição e relação positiva do cálcio (Ca) e negativa do fósforo (P) e do potássio (K) com a doença. Áreas com teores mais elevados de

P e K apresentaram menor severidade da DFC. O autor justifica a maior severidade nas áreas com maiores teores de Ca devido ao desequilíbrio nutricional entre Ca e K.

Portanto, a geoestatística no estudo da variabilidade espacial e temporal da mancha de phoma e da nutrição do cafeeiro em sistemas de manejo convencional e orgânico fornecerá informações importantes que auxiliarão no manejo dessa doença.

2.2 Mancha de phoma em cafeeiro

De acordo com Salgado & Pfenning (2000), a parte aérea do cafeeiro abriga diversas espécies do gênero *Phoma*. Esses autores, por meio da caracterização morfológica de isolados de *Phoma in vivo* e *in vitro*, identificaram as espécies *P. tarda* (Stewart) Boerema & Bollen, *P. levellei* Boerema & Bollen, *P. costarricensis* Echandi, *P. herbarum* Westend e *P. jolyana* Pirozynski-Jones var. *jolyana* e *P. exigua* var. *exigua*. No entanto, nem todas as espécies isoladas do cafeeiro são patogênicas à cultura. Dessas espécies, *P. tarda* e *P. costarricensis* são comprovadamente patogênicas ao cafeeiro (Almeida, 2007). *P. tarda* foi constatada, pela primeira vez, por Vermeulen, em 1979, no Kênia. No Brasil, sua ocorrência é generalizada nas regiões produtoras de café (Salgado & Pfenning, 2000). *P. costarricensis* foi identificada, pela primeira vez, por Echandi, na Costa Rica, em 1957. No Brasil, em 1975, foi identificada no estado do Espírito Santo e, atualmente, está disseminada por todas as regiões produtoras de café existentes no país (Chalfoun, 1998). A infecção por *Phoma* spp. inicia-se no ápice de brotos terminais e ramos laterais, atingindo, principalmente, tecidos jovens. Nos ramos, a infecção pode se iniciar a partir do ápice ou nos pontos de abscisão das folhas (Echandi, 1957).

Os sintomas da doença podem ser observados em diferentes partes do cafeeiro. Nas folhas, observa-se a formação de manchas circulares de coloração

escura e de tamanho variável, dependendo da idade das folhas infectadas. Nas folhas jovens, essas lesões podem alcançar os bordos das folhas, as quais se encurvam e podem apresentar rachaduras. Nos caules, em tecidos tenros, ocorrem morte descendente dos ramos e desfolha das partes infectadas. Nos botões florais, flores e frutos, pode causar morte e mumificação dos órgãos infectados, com exceção dos frutos maduros, nos quais se observam lesões escuras circulares e deprimidas. Quando a doença ocorre no pedúnculo, promove a queda dos frutos (Echandi, 1957; Mansk & Matiello, 1983; Chalfoun, 1998).

Fatores climáticos e nutricionais podem predispor a planta ao ataque desse patógeno. As espécies *P. tarda* e *P. costarricensis* têm ocorrência limitada pela temperatura e umidade (Salgado & Pfenning, 2000). A mancha de phoma é favorecida por ventos fortes e frios, granizo, geadas, temperatura média entre 19° e 20°C e alta umidade (Mansk & Matiello, 1983; Chalfoun, 1998). Desequilíbrios nutricionais podem predispor as plantas ao ataque de mancha de phoma devido ao esgotamento dos ramos produtivos (Chalfoun & Carvalho, 2002).

2.2.1 Controle da mancha de phoma

Os métodos mais recomendados para o controle da mancha de phoma são o cultural e o químico. Para controle cultural, antes da implantação da lavoura, recomenda-se escolha adequada do local de plantio, evitando-se áreas desprotegidas, sujeitas a ventos fortes e frios. Em lavouras já instaladas, devem-se implantar quebra-ventos temporários ou permanentes e nutrir as plantas de forma adequada e equilibrada. Porém, o controle químico torna-se indispensável em locais onde predominam condições favoráveis à ocorrência de epidemias. Tradicionalmente, o controle preventivo da doença é realizado com fungicidas na pré e pós-florada nos meses de agosto/setembro e pode estender até novembro/dezembro (Carvalho & Chalfoun, 1998). Portanto, o controle químico

torna-se dispendioso, sendo necessário buscar formas alternativas para reduzir o número de pulverizações com fungicidas.

A nutrição de forma adequada e equilibrada, além de produzir respostas na produção, influencia diretamente na sanidade da planta, conferindo maior resistência ao estresse biótico e abiótico. Dentre os fatores bióticos, destaca-se o aumento da resistência das plantas às doenças, protegendo-as de novas infecções e reduzindo a intensidade das infecções já existentes (Velasco, 1999). Por outro lado, tanto o excesso quanto a escassez de nutrientes podem favorecer as doenças, tornando as plantas mais predispostas à infecção.

Os nutrientes estão diretamente envolvidos em praticamente todos os mecanismos de defesa das plantas (Huber, 2005). Além da interferência nas estruturas anatômicas, tais como espessura de células epidérmicas e cutícula, silificação, suberização e lignificação das paredes celulares, a nutrição pode afetar propriedades bioquímicas, como produção de compostos fenólicos e orgânicos (Marschner, 1995).

Em relação aos macronutrientes, especificamente nitrogênio (N) e potássio (K), existem vários relatos de sua contribuição na redução do progresso de doenças, dependendo da cultura (Pozza et al., 2001; Tanaka et al., 2002; García Júnior et al., 2003; Sochting & Verret, 2004). O nitrogênio (N) é o nutriente mais exigido pelas plantas, por ser constituinte de proteínas, enzimas, ácidos nucleicos entre outros compostos (Marschner, 1995). Assim, o N tem sido correlacionado com a suscetibilidade e a resistência das plantas às doenças. De modo geral, altos teores de N favorecem o ataque de patógenos devido ao aumento da produção de tecidos jovens e suculentos e ao atraso da senescência das plantas. Entretanto, o aumento de nitrogênio na fertilização das plantas pode aumentar a concentração de substâncias, como toxinas/fitoalexinas, as quais inibem parasitas facultativos (Zambolim & Ventura, 1993; Romheld, 2005).

A contribuição da adubação nitrogenada na resistência ou na suscetibilidade das plantas às doenças varia, entre outros fatores, em função do patógeno, genótipo, dose e fonte do nutriente utilizado. Doses adequadas de N contribuem para a síntese de fenóis e alcaloides, mas, em altas concentrações, reduzem a produção de compostos fenólicos e ligninas, devido à demanda de carbono na fotossíntese via ciclo de Krebs, comprometendo a síntese dos metabólitos secundários pela via do ácido chiquímico (Yamada, 2004).

Para cultura do morango, Tanaka et al. (2002) verificaram que a fertilização nitrogenada tanto na forma mineral (100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de NH₄NO₃) como orgânica, promoveu a concentração desse nutriente nas folhas, correlacionando-se diretamente com a maior severidade da antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*).

May-De-Mio et al. (2008) observaram maior intensidade da podridão-parda [(*Monilinia fructicola* (G. Winter) Honey)] da ameixeira, com o aumento das doses de N, na forma de ureia. Os autores observaram maior incidência e severidade da doença, com doses de 160 e 200 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de N.

Quanto ao potássio (K), esse exerce papel fundamental na conversão de açúcares e compostos nitrogenados simples em compostos de alto peso molecular como celulose, amido e proteína, reduzindo os aminoácidos e os açúcares, os quais são utilizados como fonte de energia para patógenos (Yamada, 2005). Plantas deficientes em K não conseguem transportar adequadamente os carboidratos produzidos nas folhas para outros órgãos da planta (Malavolta et al., 1997), acumulando aminoácidos solúveis. Assim, o K tem ação na redução da severidade de doenças em vários patossistemas. Dentre os fatores que influenciam a eficiência do K em reduzir a incidência de doenças, destacam-se: fonte e concentração, balanço nutricional, genótipo, população e virulência do patógeno (Dibb, 1998).

Mascarenhas et al. (1997) estudaram o efeito da adubação potássica no cancro da haste da soja (*Diaporthe phaseolorum* Morgan-Jones) e observaram redução na severidade da doença com o aumento das doses de K₂O até 160 ppm. Acima de 160 ppm, houve aumento na severidade da doença. Os autores explicam esse aumento, nas maiores doses, devido ao desequilíbrio entre cátions, refletindo no progresso da doença.

A nutrição adequada e equilibrada auxilia na prevenção e na redução de doenças, mas, desequilíbrios na adubação podem favorecê-la. Pozza et al. (2001) avaliaram doses de nitrogênio e potássio na intensidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cook), em mudas de cafeeiro e verificaram redução da área abaixo da curva de progresso do número de lesões por folha (AACPLPF) e desfolha, com doses crescentes de N (3, 7, 11 e 15 mmol/L) e redução das doses de K (3, 5, 7 e 9 mmol/L). Com o aumento do N, houve incremento significativo na produção de matéria seca das mudas de café, na área foliar total e na área abaixo da curva de progresso do número total de folhas.

Em outro estudo, Garcia Júnior et al. (2003) avaliaram o efeito de diferentes doses de potássio e de cálcio na incidência e na severidade da cercosporiose em mudas de café, cultivadas em solução nutritiva. Esses autores observaram menor área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) com dose 4 mmol de K.L⁻¹ e maior área foliar total. A menor incidência de cercosporiose favoreceu o aumento da área foliar e a AACPI decresceu linearmente com o aumento das doses de cálcio.

2.3 Cercosporiose em cafeeiro

A cercosporiose, também conhecida como mancha de olho pardo, olho de pomba, chasparria, *brown eye spot*, cujo agente etiológico é o fungo *Cercospora coffeicola* Berk. & Cook., é uma das doenças mais antigas do cafeeiro. Os primeiros relatos, no Brasil, datam de 1887 e, atualmente, encontra-

se disseminada em todas as regiões produtoras de café do país. Com a expansão das lavouras para áreas do cerrado ou solos de baixa fertilidade natural e alterações nas condições climáticas, os prejuízos com a doença se agravaram devido à relação entre infecção por *C. coffeicola*, condições climáticas e nutrição do cafeeiro (Carvalho & Chalfoun, 1998).

O fungo *C. coffeicola* forma estruturas denominadas esporodóquios que consistem em agregações de conidióforos com formação de conídios nas extremidades (Barnett e Hunter, 1998). Os sintomas da cercosporiose podem ser observados tanto nas folhas como nos frutos. Nas folhas, iniciam-se como manchas, em geral de forma circular ou ligeiramente oval e de cor marrom-escuro, com a zona central de cor acinzentada. Nos frutos, as lesões aparecem, geralmente, próximo à fase de granação e permanecem até o amadurecimento. Na maioria dos casos, iniciam-se nas partes dos frutos mais expostas ao sol, com depressão de tamanho variável e, posteriormente, adquirem coloração café-escuro, resultando na necrose total dos tecidos da área lesionada (Echandi, 1959). Nos frutos de café, promovem queda prematura e acelera a maturação, aumentando a quantidade de grãos chochos e mal granados e, conseqüentemente, resulta em perdas no rendimento e na qualidade do produto final (Pozza, 2008). Além disso, à medida que as lesões envelhecem, ocorrem seca da mucilagem nas áreas infectadas e aderência da casca ao pergaminho, dificultando o processo de despulpamento.

2.4 Qualidade de bebida do café

A qualidade de bebida, embora seja uma preocupação antiga dos diversos setores ligados à atividade cafeeira, intensificou-se, nas últimas décadas, em função da demanda por cafés diferenciados. Sendo assim, cafés de qualidade superior determinam o preço do produto final, permitindo maior lucro para o produtor na comercialização. Segundo Carvalho & Chalfoun (1985), a

qualidade do café depende da composição química do grão, determinada por fatores genéticos, tratos culturais e características do ambiente de cultivo.

Na literatura, existem vários trabalhos nos quais foram evidenciadas relações entre constituintes físicos e químicos com qualidade da bebida. Dentre eles, destacam-se açúcares, acidez total, lixiviação de potássio, condutividade elétrica, compostos fenólicos e teor de cafeína.

Os teores de açúcares totais no grão de café encontram-se numa faixa de 5% a 10%, conforme proposto por Prete (1992) e estão presentes, principalmente, na mucilagem, servindo como substrato para a fermentação e o crescimento de fungos (Malta et al., 2002). A fermentação dos açúcares existentes na polpa e na mucilagem dos frutos altera a acidez dos grãos. Nos frutos de café, podem ocorrer diferentes tipos de fermentação, que alteram sua acidez titulável total, o sabor, o aroma e a cor. Na presença de patógenos ou sob condições anaeróbicas, os açúcares presentes na mucilagem são fermentados, produzindo álcool, que é desdobrado em ácido acético, láctico, propiônico e butírico. Com a formação desses dois últimos ácidos, já se detectaram prejuízos acentuados na qualidade da bebida do café (Costa & Chagas, 1997).

Cafés de melhor qualidade de bebida possuem teores mais elevados de açúcares, pois participam de importantes reações químicas que ocorrem durante a torração, dentre elas a reação de Maillard e/ou caramelização, responsáveis pela formação da cor, do sabor e do aroma peculiares da bebida (Chagas et al., 1996b; Pereira, 1997).

A lixiviação de potássio (LK) e a condutividade elétrica (CE) são bons indicadores da integridade de membranas (Amorim, 1978). Sendo assim, cafés de pior qualidade apresentam maior lixiviação de potássio, devido à maior degradação de membranas, resultando em maior efluxo desse íon.

O potássio é relatado como principal íon que influencia a CE (Carvalho Júnior, 2002). Em estudos com condutividade elétrica de exsudatos de grãos de

café relacionados com a qualidade da bebida, Prete (1992) observou alta correlação entre LK e CE.

2.4.1 Influência de fungos na qualidade da bebida

Um dos primeiros trabalhos que relacionaram influência de microrganismos e qualidade da bebida do café foi o de Camargo (1936), no qual o autor relatou que o gosto ruim do café estava associado à população microbiana durante o processo de secagem. Krug (1941), investigando a hipótese de serem os fungos responsáveis pela origem de cafés duros, realizou uma série de trabalhos e observou redução gradativa da qualidade dos cafés à medida que aumentava a porcentagem de fungos isolados do interior das sementes.

A incidência de fungos é um dos principais fatores envolvidos na qualidade do café, principalmente quando o sistema de colheita é realizado por derriça e o preparo por via seca em relação ao sistema de colheita seletiva e preparo via úmida (Oliveira et al., 2001).

Em estudos relacionando população fúngica associada a grãos de café beneficiado com qualidade de bebida, composição físico-química e microflora dos grãos beneficiados, Carvalho et al. (1989) evidenciaram que amostras de café classificadas como bebida rio apresentaram maiores índices de infecção de *Fusarium roseum*, *Aspergillus ochraceus* e *Aspergillus flavus*, comparadas com cafés de bebida mole.

Em outro estudo, Meirelles (1990) observou maiores incidências de *Aspergillus niger* e *Aspergillus ochraceus* em cafés de bebida inferior. Resultados semelhantes foram encontrados nos trabalhos realizados por Alves (1996), relacionando qualidade do café com presença de fungos nos grãos.

Existem relatos da influência da cercosporiose na qualidade da bebida do café, porém, até o momento, nenhum estudo foi realizado para comprovar se essa doença altera a composição química e física do café.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. R. **Fungos endófitos e espécies de Phoma associadas ao cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2007. 84 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ALVES, E. **População fúngica associada ao café (*Coffea arabica* L.) beneficiado e à fase pré e pós-colheita: relação com a bebida e local de cultivo**. 1996. 48 p. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ALVES, M. C.; POZZA, E. A.; MACHADO, J. C.; ARAÚJO, D. V.; TALAMINI, V.; OLIVEIRA, M. S. Geoestística como metodologia para estudar a dinâmica espaço-temporal de doenças associadas a *Colletotrichum* spp. transmitidos por sementes. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 557-563, nov./dez. 2006.
- AMORIM, H. V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a determinação da qualidade**. 1978. 85 f. Tese (Livre Docência em Bioquímica) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- BARNETT, H. L.; HUNTER, B. B. **Illustrated genera of imperfect fungi**. 4. ed. Saint Paul: The American Phytopathological Society, 1998. 218 p.
- BOOLTINK, H. W. G.; ALPHEN, B. J. van; BATCHELOR, W. D.; PAZ, J. O.; STOOORVOGEL, J. J.; VARGAS, R. Tools for optimizing management of spatially variable fields. **Agricultural Systems**, Oxford, v. 70, n. 2/3, p. 445-476, Nov./Dec. 2001.
- CAMARGO, R. **Cultura cafeeira: visando qualidade**. 2. ed. São Paulo: Ceres, 1936. 141 p.
- CARVALHO, E. A. **Modelagem geoestatística da distribuição espacial de doenças do feijoeiro comum e da soja e sua relação com a fertilidade do solo e nutrição mineral de plantas**. 2008. 83 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- CARVALHO, V. D.; CHALFOUN, S. M. Aspectos qualitativos do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 79-92, nov. 1985.

CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M. Manejo integrado das principais doenças do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 193, p. 27-35, set. 1998.

CARVALHO, V. D.; CHALFOUN, S. M.; CHAGAS, S. J. R. Relação entre classificação do café pela bebida e composição físico-química, química e microflora microbiana do grão beneficiado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 15., 1989, Maringá, PR. **Resumos...** Rio de Janeiro: MIC/IBC, 1989. p. 25-26.

CARVALHO JÚNIOR, C. **Efeito de sistemas de colheita na qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. 2002. 139 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CHAGAS, S. J. de R.; CARVALHO, V. D.; COSTA, L. Caracterização química qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 8, p. 555-561, ago. 1996.

CHALFOUN, S. M. **Doenças do cafeeiro**: importância, identificação e métodos de controle. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 93 p. (Texto acadêmico).

CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. L. Doenças e nematóides em cafeeiros. In: GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. **Cafeicultura**. Lavras: UFLA, 2002. p. 262-276.

CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. L. Complexo seca de ponteiros em cafeeiros. In: _____. **Manejo fitossanitário da cultura do cafeeiro**. Lavras: UFLA, 2008. p. 95-104.

COSTA, L.; CHAGAS, S. J. R. Gourmets: uma alternativa para o mercado. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, p. 63-67, out. 1997.

DIBB, D. W. Potassium for agriculture. **Better Crops With Plant Food**, Atlanta, v. 82, n. 2, p. 39, Feb. 1998.

ECHANDI, E. La quema de los cafetos causada por *Phoma costarricensis* n. sp. **Revista de Biología Tropical**, San Jose, v. 5, n. 1, p. 81-102, 1957.

ECHANDI, E. La chasparria de los cafetos causada por el hongo (*Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke). **Turrialba**, Turrialba, v. 9, n. 2, p. 54-67, abr./jun. 1959.

FARIAS, P. R. S.; BARBOSA, J. C.; VIEIRA, S. R.; SÁNCHEZ-VILA, X.; FERRAZ, L. C. C. B. Geoestatistical análisis of the spatial distribution of *Rotylenchulus reniformes* on cotton cultivated in crop rotation. **Russian Journal of Nematology**, Moscow, v.10, p. 1-9, 2002.

FARIAS, P. R. S.; NOCITI, L. A. S.; BARBOSA, J. C.; PERECIN, D. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 235-241, ago. 2003.

GÁRCIA JÚNIOR, D.; POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; SOUZA, P. E.; CARVALHO, J. G.; BALIEIRO, A. C. Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro em função do suprimento de potássio e cálcio em solução nutritiva. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 3, p. 286-291, maio/jun. 2003.

GUERRA, P. A. G. **Geoestatística operacional**. Brasília, DF: Ministério das Minas e Energia, 1988. 145 p.

HUBER, D. M. The role of nitrogen and sulfur on plant disease incidence and resistance. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO MINERAL E DOENÇAS DE PLANTAS, 2005, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: Potafós, 2005. CD-ROM.

KRUG, H. P. Cafés duros III: relação entre porcentagem de microrganismos e qualidade do café. **Revista do Instituto do Café**, São Paulo, v. 27, n. 163, p. 1827-1831, 1941.

MALTA, M. R.; SANTOS, M. L.; SILVA, F. A. M. Qualidade de diferentes cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1385-1390, maio 2002.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.

MANSK, Z.; MATIELLO, J. B. Controle à queda de frutos do cafeeiro causada por *Phoma* spp., através da aplicação de fungicidas sistêmicos e orgânicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10., 1983, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Poços de Caldas, 1983. p. 125-126.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic, 1995. 889 p.

MASCARENHAS, H. A. A.; ITO, M. F.; TANAKA, M. A. Efeito da adubação potássica no cancro da haste da soja. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 23, n. 3/4, p. 217-221, mar./abr. 1997.

MATHERON, G. **The theory of regionalized variables and its applications**. Paris: [s.n.], 1971. 211 p. (Fascículo, 5).

MAY-DE-MIO, L.; TUTIDA, I.; MOTTA, A. C. V.; DOLINSKI, M. A.; SERRAT, B. M.; MONTEGUTI, D. Doses de nitrogênio e potássio em relação à podridão parda e sarna da ameixeira “Reubennel” na região de Araucária, Paraná. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 35-40, jan./fev. 2008.

MEIRELLES, A. M. A. **Ocorrência e controle da microflora associada aos frutos de café (*Coffea arabica*, L.) provenientes de diferentes localidades do estado de Minas Gerais**. 1990. 71 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

OLIVEIRA, R. M.; CARVALHO, E. P.; SILVEIRA, I. A. Influência da diversidade microbiana na qualidade da bebida do café: uma revisão. **Centro Universitário do Sul de Minas**, Varginha, v. 3, n. 3, p. 15-21, maio 2001.

PEREIRA, R. G. F. A. **Efeito da inclusão de grãos defeituosos na composição química e qualidade do café (*Coffea arabica*, L.) “estritamente mole”**. 1997. 96 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PFENNIG, H. L.; SALGADO, M.; ALMEIDA, A. R.; PEREIRA, R. G. Identificação e caracterização de espécies de *Phoma* no Brasil: estação perigo. **Cultivar**, v. 7, n. 79, p. 12-16, 2005.

PINHEIRO, J. B. **Manejo da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow) com nutrientes e fungicidas e a influência da nutrição mineral na distribuição espacial e reprodução do nematóide do cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe)**. 2007. 175 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PONTES, M. J. **A geoestatística: aplicações em experimentos de campo.** 2002. 82 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

POZZA, A. A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; CAIXETA, S. L.; CARDOSO, A. A.; ZAMBOLIM, L.; POZZA, E. A. Influência da nutrição mineral na intensidade da mancha olho pardo em mudas de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 53-60, jan. 2001.

POZZA, E. A. A importância das doenças foliares do cafeeiro. In: _____. **Manejo fitossanitário da cultura do cafeeiro.** Lavras: UFLA, 2008. p. 81-94.

PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica*, L.) e sua relação com a qualidade da bebida.** 1992. 125 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

RIBEIRO JUNIOR, P. J. **Métodos geoestatísticos no estudo da variabilidade espacial de parâmetros do solo.** 1995. 99 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agrônômica) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

RÖMHELD, V. Role of potassium, calcium, magnesium and phosphorus on disease resistance. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO MINERAL E DOENÇAS DE PLANTAS, 2005, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: Potafos, 2005. 1 CD-ROM.

SALGADO, M.; PFENNING, L. H. Identificação e caracterização morfológica de espécies de Phoma do cafeeiro no Brasil. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Brasília: Embrapa Café/Minasplan, 2000. p. 183-185.

SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C. A. P.; MARQUES JÚNIOR, J.; MACHADO, R. V. Variabilidade espacial de atributos químicos e produtividade da cultura do café. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 401-407, mar./abr. 2007.

SOCHTING, H. P.; VERRET, J. A. Effects of cultivation systems: soil management, nitrogen fertilization: on the epidemics of fungal diseases in oilseed rape (*Brassica napus* L. var. *napus*). **Journal of Plant Disease and Protection**, Berne, v. 1, n. 111, p. 1-29, Dec. 2004.

SOUZA, C. K. **Variabilidade espacial de atributos do solo e produtividade em área cultivada com café orgânico e convencional**. 2006. 65 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Jaboticabal.

SOUZA, L. S. **Variabilidade especial do solo em sistemas de manejo**. 1992. 162 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TANAKA, M. A. S.; PASSOS, F. A.; FEITOSA, C. T.; TANAKA, R. T. Efeito da adubação mineral e orgânica do morangueiro sobre a antracnose do rizoma, causada por *Colletotrichum fragariae*. **Summa Phytopatologica**, Jaguariuna, v. 28, n. 3, p. 236-241, mar. 2002.

VALÊNCIA, L. I. O.; MEIRELLES, M. S. P.; BETTINI, C. Geoestatística aplicada à agricultura de precisão. In: MACHADO, P. L. O. A.; BERNARDI, A. C. C.; SILVA, C. A. **Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo em sistema de plantio direto**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2004. p. 37-56.

VELASCO, V. A. V. Papel de la nutricion mineral em la tolerância a las enfermedades de las plantas. **Terra**, Barcelona, v. 17, n. 3, p. 193-200, 1999.

VIEIRA, S. R. **Curso de geoestatística aplicada à ciencia do solo**: fitotecnia e entomologia. Jaboticabal: FCAV, 1997. 74 p.

YAMADA, T. Resistência de plantas às pragas e doenças: pode ser afetada pelo manejo da cultura? **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 108, p. 1-7, 2004.

YAMADA, T. Nutrição x doenças. **Informações agronômicas**, Piracicaba, n. 109, p. 8-13, 2005.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A resistência a doença induzidas pela nutrição mineral das plantas. In: LUZ, W. C.; FERNANDES, J. M.; PRESTES, A. M.; PICININI, E. C. **Revisão anual de patologia de plantas**. Passo Fundo: RAPP, 1993. v. 1, p. 275-318.

CAPÍTULO 2

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA MANCHA DE PHOMA EM CAFEIEIRO SOB SISTEMA DE CULTIVO CONVENCIONAL E ORGÂNICO

1 RESUMO

O uso da geoestatística como ferramenta para estimar a intensidade da mancha de Phoma em cafeeiros sob sistemas de cultivo convencional e orgânico e sua relação com a nutrição do cafeeiro acrescentam importantes informações para o manejo dessa doença. Assim, esse trabalho foi realizado com as finalidades de: a) aplicar a metodologia da geoestatística para avaliar a variabilidade espacial da intensidade da mancha de phoma do cafeeiro; b) comparar a intensidade da doença em sistemas de cultivo convencional e orgânico e c) determinar a relação entre concentração de macro e micronutrientes nas folhas de cafeeiro com a intensidade da mancha de Phoma. Duas malhas regulares de 100 x 12m foram marcadas, sendo 60 pontos de amostragem equidistantes de 10 x 2m, alocados em sistema de cultivo convencional e 60 em sistema orgânico. Em cada ponto, marcaram-se três ramos plagiotrópicos e a incidência e severidade da mancha de phoma foi avaliada no segundo par de folhas, contados a partir do ápice de cada ramo. A dependência espacial foi analisada com o uso da geoestatística, por meio de ajustes de semivariogramas. Foram realizadas 12 avaliações e o cálculo da AACPD foi dividido em 6 meses, para comparar a distribuição temporal da doença. No primeiro período (agosto/2007 a fevereiro/2008), tanto a AACPI quanto AACPS apresentaram padrão de distribuição agregado, no sistema convencional e aleatório, no sistema orgânico. Houve correlação negativa de Ca, Mg e B e positiva do N com a AACPS da mancha de phoma do cafeeiro. No segundo período (fevereiro/2008 a agosto/2008), tanto a AACPI quanto a AACPS apresentaram distribuição aleatória para os dois sistemas de cultivo e não houve correlação com a nutrição do cafeeiro.

Palavras-chave: Geoestatística. Nutrição. Mancha de phoma.

2 ABSTRACT

The use of geostatistics as a tool to estimate the Phoma spot intensity under conventional and organic cropping systems and its relationship with the plant nutrition add up some important information for the disease management. Thus, this work aimed to: a) apply geostatistics to evaluate the spatial variability of coffee phoma spot intensity, b) compare the disease intensity in conventional and organic cropping systems, c) determine the relationship between the macro and micronutrient leaf content with the intensity of the disease. Two regular nets of 100 x 12m, where 60 regularly-distributed sampling points were marked distant 10 x 2m from each other represented the experimental unit, for each of the studied cropping systems. In each point, three plagiotropic branches were tagged and the incidence and severity of phoma spot was assessed in the second leaf pair counted from the apex of each branch. The spatial dependency was analyzed by using semivariogram adjusts on geostatistics. A total of 12 disease assessments were performed and the AUDPC encompassed a 6 month-evaluation to compare the temporal distribution of the disease. In the first period (august/2007 to february/2008) both AUIPC and AUSPC presented an aggregated pattern in the conventional system and randomized in the organic one. There was a negative correlation between Ca, Mg and B and a positive one for N with coffee phoma spot AUSPC. In the second period (february/2008 to august/2008, both AUIPC and AUSPC presented randomized distribution for both cropping systems and there was no correlation with coffee nutrition.

Key-words: Geostatistics. Nutrition. Phoma spot.

3 INTRODUÇÃO

O estado de Minas Gerais responde por aproximadamente 50% da produção de café do Brasil e o Sul de Minas é a maior região produtora do estado (Companhia Nacional de Abastecimento - Conab, 2009).

Existem vários fatores limitantes à produção do cafeeiro. Entre eles, as doenças de etiologia fúngica são as principais responsáveis por perdas na produtividade e qualidade (Godoy et al., 1997; Pfenning et al., 2005). A mancha de phoma, no Brasil, ocorre de forma generalizada nas regiões produtoras de café e os maiores danos são causados quando ocorrem epidemias favorecidas por condições climáticas específicas, como ventos frios e chuvas de granizo (Carvalho & Chalfoun 1998; Salgado & Pfenning, 2000). Desequilíbrios nutricionais podem predispor as plantas à maior severidade da mancha de phoma, devido ao esgotamento dos ramos produtivos (Chalfoun & Carvalho, 2002).

Os métodos mais recomendados para o controle da mancha de phoma são o cultural e o químico sendo, este último indispensável em locais onde predominam condições favoráveis à doença (Carvalho & Chalfoun, 1998). Mesmo sendo, atualmente, uma importante doença nos cafezais brasileiros, existem poucos estudos com esse patossistema.

O estudo da variabilidade espacial da mancha de phoma utilizando a geoestatística como ferramenta para estimar a intensidade da doença em sistemas de manejo convencional e orgânico e sua relação com a nutrição do cafeeiro podem oferecer informações importantes para o manejo dessa doença. Além disso, permitem identificar áreas nas quais o manejo diferenciado se faz necessário, tanto para aplicação de fertilizantes quanto de fungicidas. Assim, este trabalho foi realizado com os objetivos de: a) aplicar a metodologia da geoestatística para avaliar a variabilidade espacial e temporal da incidência e da

severidade da mancha de phoma do cafeeiro; b) comparar a intensidade da doença nos sistemas de manejo orgânico e convencional e c) determinar a relação entre concentração de macro e micronutrientes nas folhas do cafeeiro, com a intensidade da mancha de phoma.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em duas lavouras vizinhas de café cultivar Acaia Cerrado MG/474-19, ambas com nove anos de idade. As lavouras estão localizadas a 1.021m de altitude nas coordenadas geográficas 20°35'026'' de latitude sul e 44° 57'026'' de latitude oeste, no município de Santo Antônio do Amparo, MG. Durante a condução do experimento, as lavouras receberam os mesmos tratos culturais pertinentes aos seus sistemas de manejo (Tabela 1). Nessas lavouras, foram marcadas duas malhas regulares, cada uma contendo 60 pontos de amostragem equidistantes de 10 x 2m, ou seja, 10m de comprimento e 2m de largura. Uma das malhas foi marcada em lavoura cultivada sob sistema convencional e outra sob sistema de cultivo orgânico, sem irrigação. Uma estação microclimatológica (Campbel Scientific®) foi instalada na área experimental, com sensores para temperatura, umidade relativa do ar e molhamento foliar.

Em cada ponto, marcaram-se seis ramos plagiotrópicos, sendo seis na face sul e seis na face norte. Em cada lado da planta, avaliaram-se a incidência e a severidade da mancha de phoma em doze folhas do segundo par, contadas a partir do ápice dos ramos localizadas no terço médio da planta. Para incidência, contou-se o número de folhas com sintomas da doença em relação ao total de folhas avaliadas. Para avaliar a severidade, atribuíram-se valores, em porcentagem de área foliar lesionada, sendo: 1,3%, 2,5%, 6,0%, 7,5%, 12,0%,

20,0%, 30,0% e 50,0%, de acordo com a escala diagramática, proposta por Pozza et al. (2005). Após doze avaliações, calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença para incidência e severidade da mancha de phoma em cada ponto, segundo Shaner & Finney (1977). O cálculo da AACPI e AACPS foi realizado para dois períodos, sendo o primeiro correspondente às avaliações realizadas de agosto/2007 a fevereiro/2008 e o segundo, de fevereiro a agosto/2008.

TABELA 1 Manejo da adubação e da pulverização de cafeeiros sob sistemas de produção convencional e orgânico, no período de agosto/2007 a agosto/2008.

Sistemas	Fontes nutricionais	Pulverizações
Convencional	Formulado comercial 20-0-20 + superfosfato simples; 2 t.ha ⁻¹ de calcário calcítico; micronutrientes	Tebuconazole (0,6L.p.c/ha), em novembro; epoxiconazole + pyraclostrobin (1,5 L.p.c/ ha), em dezembro e fevereiro
Orgânico	composto orgânico + torta de mamona	Viça-café plus (3 kg.ha ⁻¹), em 5 aplicações, de agosto a dezembro/07; oxiclreto de cobre, em 5 aplicações, de agosto/07 a maio/08

A dependência espacial foi analisada com o uso da geoestatística, por meio de ajustes de semivariogramas, com base na pressuposição de estacionariedade da hipótese intrínseca, de acordo com metodologia de Burrough & McDonnell (1998). O ajuste dos modelos de semivariogramas foi escolhido em função da menor soma de quadrado dos resíduos. Após o ajuste

dos semivariogramas, realizou-se a interpolação dos dados por krigagem ordinária, de forma a possibilitar a visualização de padrões de distribuição espacial da intensidade doença na lavoura. Para ajustar os semivariogramas e plotar os mapas de krigagem, utilizou-se o software GS+v.5,0.

Para avaliar o grau de dependência espacial da intensidade da mancha de phoma e nutrição do cafeeiro, utilizou-se a classificação proposta por Cambardella et al. (1994), em que os semivariogramas são considerados de dependência espacial forte quando apresentarem efeito pepita <25% do patamar, dependência moderada com efeito pepita entre 25% e 75% e dependência espacial fraca quando o efeito pepita for >75% do patamar.

Semestralmente, foram coletadas folhas para análise nutricional. Após a coleta, as folhas foram lavadas em água destilada, acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa, a 60°C, até atingirem peso constante. A matéria seca das folhas foi moída e as amostras foram encaminhadas ao Departamento de Ciência do Solo, para a determinação dos teores de macro e de micronutrientes. Os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn) foram determinados seguindo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Para a determinação de macro e micro, exceto B, as amostras foram submetidas à digestão nitroperclórica. Para B, as amostras foram submetidas à digestão via seca. As concentrações de cálcio foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica, potássio por espectrofotometria de chama, fósforo e boro por colorimetria, enxofre por turbidimetria e nitrogênio pelo método Kjeldahl (Malavolta et al., 1997).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Variabilidade espacial da mancha de phoma no período agosto/2007 a fevereiro/2008

Para o sistema de manejo convencional, no período de agosto/2007 a fevereiro/2008, a área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) e a área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) da mancha de phoma apresentaram padrão de distribuição do tipo agregado com forte dependência espacial para o lado norte e moderada dependência para o lado sul (Tabela 2). Nesse sistema, o modelo que melhor se ajustou aos valores de AACPI foi o exponencial, com alcance de 4,2m para lado norte e 6,0m para lado sul. Para AACPS, ajustou-se o semivariograma de modelo exponencial com alcance de 7,5m para lado norte e 3,9m para lado sul (Tabela 2). Intensidades da doença obtidas em distâncias superiores aos valores do alcance não apresentaram correlação entre si, ou seja, foram aleatórias. Sendo assim, a estatística clássica pode ser aplicada para amostras coletadas em distâncias superiores a essas, ou seja, o raio de dependência espacial e de domínio da geoestatística encontra-se nos valores até as respectivas distâncias.

O ajuste do modelo exponencial para AACPI e AACPS com baixos valores de alcance deve-se à forma de disseminação da mancha de phoma dentro da copa da planta e de uma planta para outra por respingos de chuva e ou água de irrigação, partindo de um foco inicial.

TABELA 2 Parâmetros e coeficientes dos semivariogramas isotrópicos para AACPI e AACPS da mancha de phoma do cafeeiro em sistema de manejo convencional e orgânico. UFLA, Lavras, MG, 2009.

Manejo	lado	modelo	C _o	C _o + C	A _o	K
AACPI (agosto/07-fevereiro/08)						
Convencional	Norte	EXP	90000	489200	4,2	18,40
	Sul	EXP	446000	1428000	6	31,23
Orgânico	Norte	EPP	235644	.....	.....	.....
	Sul	EPP	326874	.....	.....	.....
AACPS (agosto/07-fevereiro/08)						
Convencional	Norte	EXP	223	697	7,5	32
	Sul	EXP	435	1558	3,9	28
Orgânico	Norte	EPP	319	.....	.....	.....
	Sul	EPP	374	.....	.....	.....

EXP- exponencial; EPP- efeito pepita puro; LSP- linear sem patamar; C_o- efeito pepita; C_o + C- patamar; A_o- alcance (m); K- (C_o/C_o + C)*100; R²- coeficiente de determinação.

No sistema de manejo orgânico, as variâncias para AACPI e AACPS apresentaram independência entre os pontos estudados, independente do lado amostrado no cafeeiro, sendo observado efeito pepita puro- EPP (Tabela 2). Isso ocorreu devido à baixa intensidade da mancha de phoma nesse sistema de cultivo, com valores de intensidade da doença muito próximos entre um ponto e outro.

5.1.1 Mapeamento da intensidade da mancha de phoma no período agosto/2007 a fevereiro/2008

Considerando o lado avaliado, no cafeeiro, observaram-se limites máximos e mínimos maiores para o lado sul, tanto para AACPI quanto para AACPS, nos dois sistemas de manejo considerados (Figuras 1, 2, 3 e 4). A maior intensidade da mancha de phoma no lado sul deve-se, principalmente, à maior exposição das plantas à ação do vento. A mancha de phoma é favorecida por condições climáticas específicas, como ventos fortes e frios (Carvalho & Chalfoun, 1998; Salgado & Pfenning, 2000).

Ainda comparando-se os dois sistemas de manejo, observaram-se maiores amplitudes entre valores máximo e mínimo da AACPI e da AACPS, para o sistema de manejo convencional em relação ao orgânico. No sistema de manejo convencional, as amplitudes para AACPI foram de 1370 (lado norte) e 1993 (lado sul) e, para sistema orgânico, 325 (lado norte) e 312 (lado sul). Para AACPS, houve comportamento semelhante, sendo as amplitudes obtidas no sistema convencional de 54,9 (lado norte) e 78 (lado sul) e, no sistema orgânico, 8,2 e 13,6, para os lados norte e sul, respectivamente (Figuras 1, 2, 3 e 4).

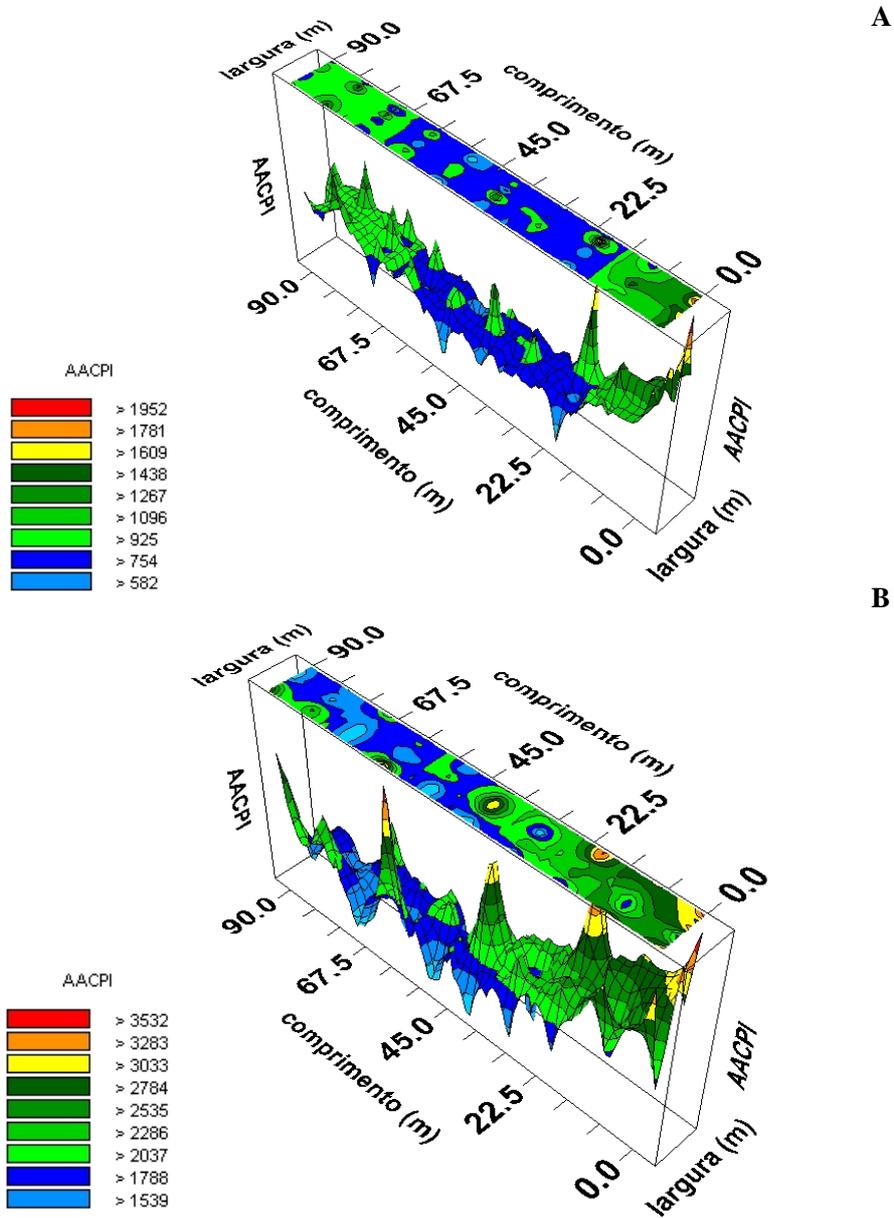


FIGURA 1 Distribuição espacial da AACPI da mancha de phoma lado norte (A) e sul (B), para o sistema de manejo convencional, no período de agosto/2007 a fevereiro/2008.

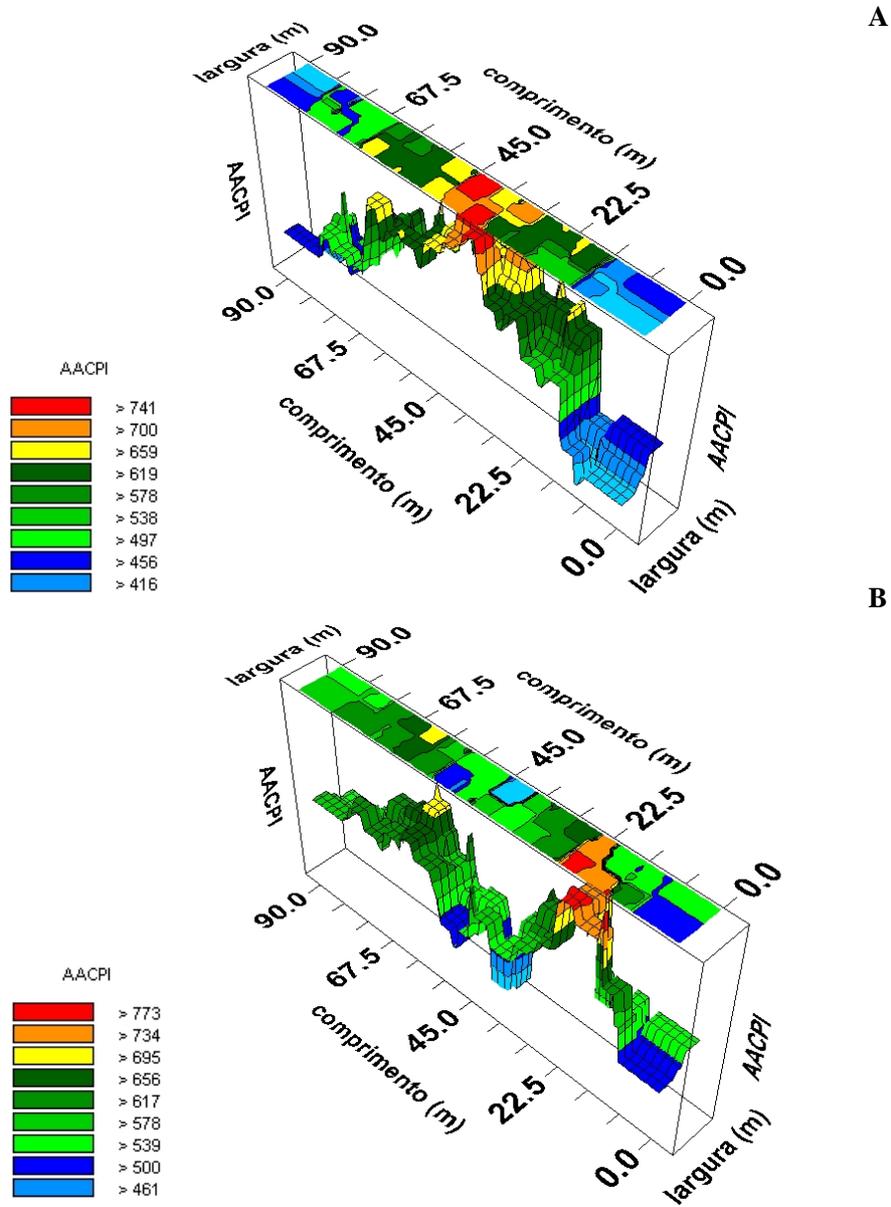


FIGURA 2 Distribuição espacial da AACPI da mancha de phoma lado norte (A) e sul (B), para o sistema de manejo orgânico, no período de agosto/2007 a fevereiro /2008.

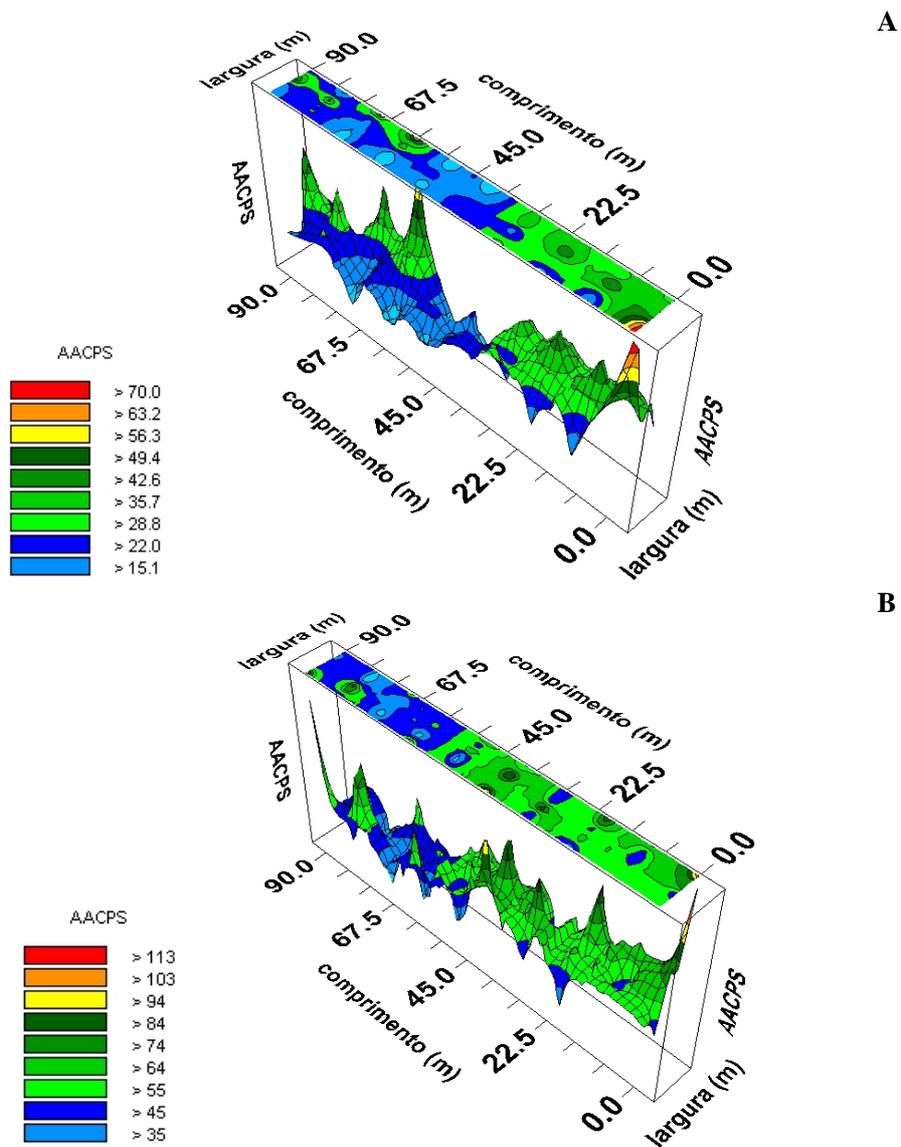


FIGURA 3 Distribuição espacial da AACPS da mancha de phoma lado norte (A) e sul (B), para o sistema de manejo convencional, no período de agosto/2007 a fevereiro/2008.

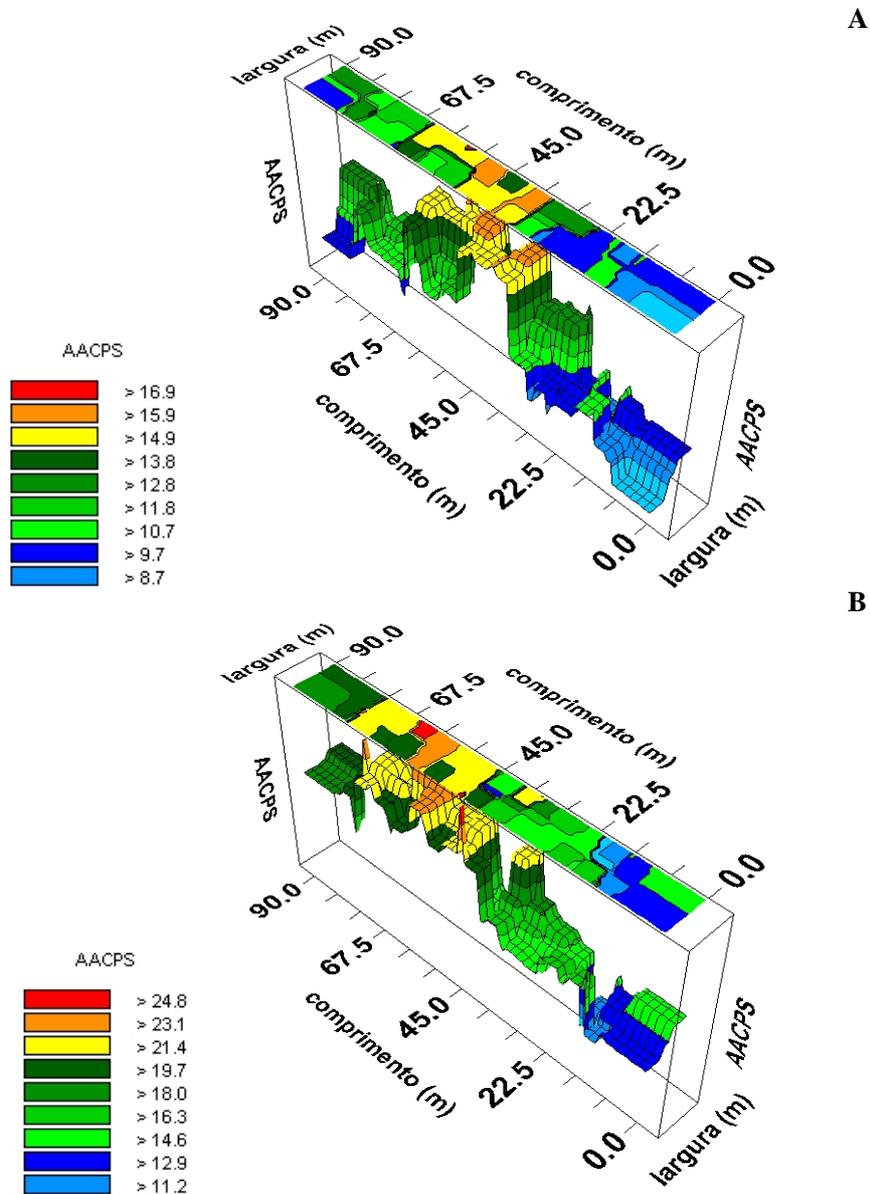


FIGURA 4 Distribuição espacial da AACPS da mancha de phoma lado norte (A) e sul (B), para o sistema de manejo orgânico, no período de agosto/2007 a fevereiro/2008.

Com a interpolação dos dados de AACPI e AACPS, foi possível visualizar locais com maiores e menores intensidades da mancha de phoma. A maior intensidade da mancha de phoma no sistema de manejo convencional, certamente, está relacionada às variações na quantidade de fungicidas aplicados nesse sistema. Possivelmente, nos locais de maior intensidade da doença, as pulverizações estão subdimensionadas. Essa informação é importante para a determinação de distâncias de amostragens e para a agricultura de precisão, que objetiva o manejo localizado na lavoura.

Souza (2006), em estudos de distribuição espacial de atributos do solo em cafezais implantados sob sistema convencional e orgânico, também observou maiores valores dos atributos analisados no sistema convencional. Também foi observada maior amplitude dos dados expressos por valores, máximo e mínimo, e dependência espacial para todos os atributos analisados, nos dois sistemas de manejo. Nesses sistemas, foi possível verificar locais em que as aplicações de fertilizantes foram subdimensionadas e locais com aplicações excessivas.

5.1.2 Relação entre intensidade da mancha de phoma e nutrição do cafeeiro sob sistema de manejo convencional e orgânico, no período de agosto/2007 a fevereiro/2008

Nos dois sistemas de manejo estudados, os teores de macro e micronutrientes apresentaram ausência de dependência espacial entre os pontos amostrados, tendo sido observado efeito pepita puro para S e Cu e ajuste do modelo linear sem patamar para N, P, K, Ca, Mg, B, Mn e Zn. Para o sistema de manejo convencional, houve correlação entre AACPS e N, Ca, Mg e B (Tabela 3). Nesse sistema, observou-se correlação negativa do Ca, Mg e B e positiva do N com a AACPS da mancha de phoma do cafeeiro. Porém, não foi observada correlação entre AACPI e nutrição do cafeeiro, independente do sistema de manejo em estudo.

Santos et al. (2008) verificaram menores teores de Ca e Mg no sistema de cultivo convencional, coincidindo com maior progresso da cercosporiose em relação ao sistema orgânico. De acordo com esses autores, o maior progresso da doença nesse sistema pode estar relacionado ao desequilíbrio nutricional desses nutrientes na planta, em função do maior dreno de fotoassimilados para os frutos e, conseqüentemente, da maior produtividade, obtida no sistema convencional, conferindo maior suscetibilidade dos cafeeiros à infecção por *C. coffeicola*.

TABELA 3 Coeficientes de correlação de Pearson entre AACPS da mancha de phoma e os teores de nutrientes nas folhas do cafeeiro. UFLA, Lavras, MG, 2009.

Nutrientes	AACPS
N	0,31*
Ca	-0,38*
Mg	-0,39*
B	-0,20*

*Significativo, de acordo com teste t, a 5% de probabilidade.

Altos teores de N promovem aumento na produção de tecidos jovens e suculentos, por serem constituintes de ácidos nucleicos e proteínas, entre outros (Romheld, 2005). Assim, a correlação positiva da AACPS com maiores teores de N justifica-se devido à preferência do fungo (*Phoma* spp.) por tecidos menos lignificados (Echandi, 1957). De acordo com esse autor, a infecção inicia-se no ápice de brotos terminais e ramos laterais, atingindo, principalmente, tecidos jovens.

Para o Ca, em vários estudos, foi comprovada sua interferência na redução da intensidade de doenças. A presença desse nutriente na forma de pectatos de cálcio confere resistência à penetração de patógenos, por ser

constituente da lamela média e parede celular, além de atuar como mensageiro secundário importante na transdução de sinais para resposta de defesa das plantas contra patógenos (Agrios, 2005; Rahman & Punja, 2007).

Em relação ao B, Silveira & Higashi (2003) relatam seu envolvimento direto nos processos de defesa das plantas contra patógenos pela participação na síntese de lignina, atuando como barreira química e física contra patógenos. Por outro lado, sua carência promove acúmulo de açúcares nas folhas, servindo para nutrição do patógeno, formação de paredes celulares mais finas e desestruturadas, tecidos menos lignificados, menor síntese de calose e ocorrência de fissuras e rachaduras na casca das plantas. Sendo assim, os tecidos das plantas deficientes em B se tornam enfraquecidos, favorecendo a infecção por mancha de phoma.

5.2 Variabilidade espacial da mancha de phoma no período fevereiro a agosto/2008

Para o sistema de manejo convencional, exceto para AACPS lado norte, houve comportamento diferente do apresentado no período anterior com distribuição aleatória, tanto para AACPI quanto para AACPS. Independente do lado amostrado nas plantas, observou-se o efeito pepita puro, ou seja, não houve correlação entre intensidade da doença e distância amostrada. Para AACPS lado norte, ajustou-se modelo exponencial com alcance de 14,4m. Porém, para o sistema orgânico, ajustou-se o modelo linear sem patamar, tanto para AACPI quanto para AACPS, independente do lado avaliado na planta (Tabela 4). Esse fenômeno é caracterizado por infinita capacidade de dispersão dos valores da intensidade da doença, sendo o tamanho da malha insuficiente para detectar dependência espacial.

TABELA 4 Parâmetros e coeficientes dos semivariogramas isotrópicos para AACPI e AACPS da mancha de phoma do cafeeiro em sistema de manejo convencional e orgânico. UFLA, Lavras, MG, 2009.

Manejo	lado	modelo	C _o	C _o + C	A _o	K
AACPI (fevereiro/08-agosto/08)						
Convencional	Norte	EPP	2115676	.....	.....	.....
	Sul	EPP	1638975	.....	.....	.....
Orgânico	Norte	LSP	591	.....	.....	.....
	Sul	LSP	734079	.....	.....	.....
AACPS (fevereiro/08-agosto/08)						
Convencional	Norte	EXP	344	1916	14,4	18
	Sul	EPP	8869	.....	.....	.....
Orgânico	Norte	LSP	646	.....	.....	.....
	Sul	LSP	1108	.....	.....	.....

EXP- exponencial; EPP- efeito pepita puro; LSP- linear sem patamar; C_o- efeito pepita; C_o + C- patamar; A_o- alcance (m); K- (C_o/C_o + C)*100; R²- coeficiente de determinação.

A independência espacial dos valores de AACPI e AACPS, no sistema de manejo convencional, obtidos no período de fevereiro a agosto/2008, comparada com a do período anterior, coincide com épocas favoráveis à ocorrência de epidemias da mancha de phoma no campo. Nesse período, as condições de baixas temperaturas, próximas a 20°C, (Figura 11), aliadas a condições adversas, como ventos fortes e frios, favoreceram o progresso da doença. Além disso, comparando-se os períodos de monitoramento da doença, verificaram-se maiores intensidades no período de fevereiro/08 a agosto/08 em relação ao período anterior, independente do manejo estudado. Sendo assim, a maior intensidade verificada no segundo período de avaliação justificou a

independência espacial para AACPI e AACPS, entre os pontos amostrados. Dessa forma, para esse período, a estatística clássica pode ser aplicada para estudar a distribuição da intensidade da doença na área considerada.

5.2.1 Mapeamento da mancha de phoma no período fevereiro a agosto/2008

Os limites máximo e mínimo, para AACPI e AACPS, apresentaram o mesmo comportamento do período anterior, sendo maiores para lado sul e menores para lado norte, independente do sistema de cultivo. Assim, o manejo diferenciado em relação ao lado da planta pode reduzir custos com pulverizações de fungicidas.

Comparando-se os dois sistemas de manejo, maior AACPI e AACPS foram obtidas no sistema convencional em relação ao orgânico. No sistema de manejo convencional, as máximas AACPI foram de 3548 e 4105, para as faces norte e sul, respectivamente (Figura 5). No sistema orgânico, lado norte, a máxima AACPI foi de 1053 e, no lado sul, 1.603 (Figura 6). Para AACPS, houve comportamento semelhante, sendo a máxima AACPS obtida no sistema convencional de 141 (lado norte) e 151 (lado sul) e, no sistema orgânico, 26,5 e 33,7, para os lados norte e sul, respectivamente (Figuras 7 e 8).

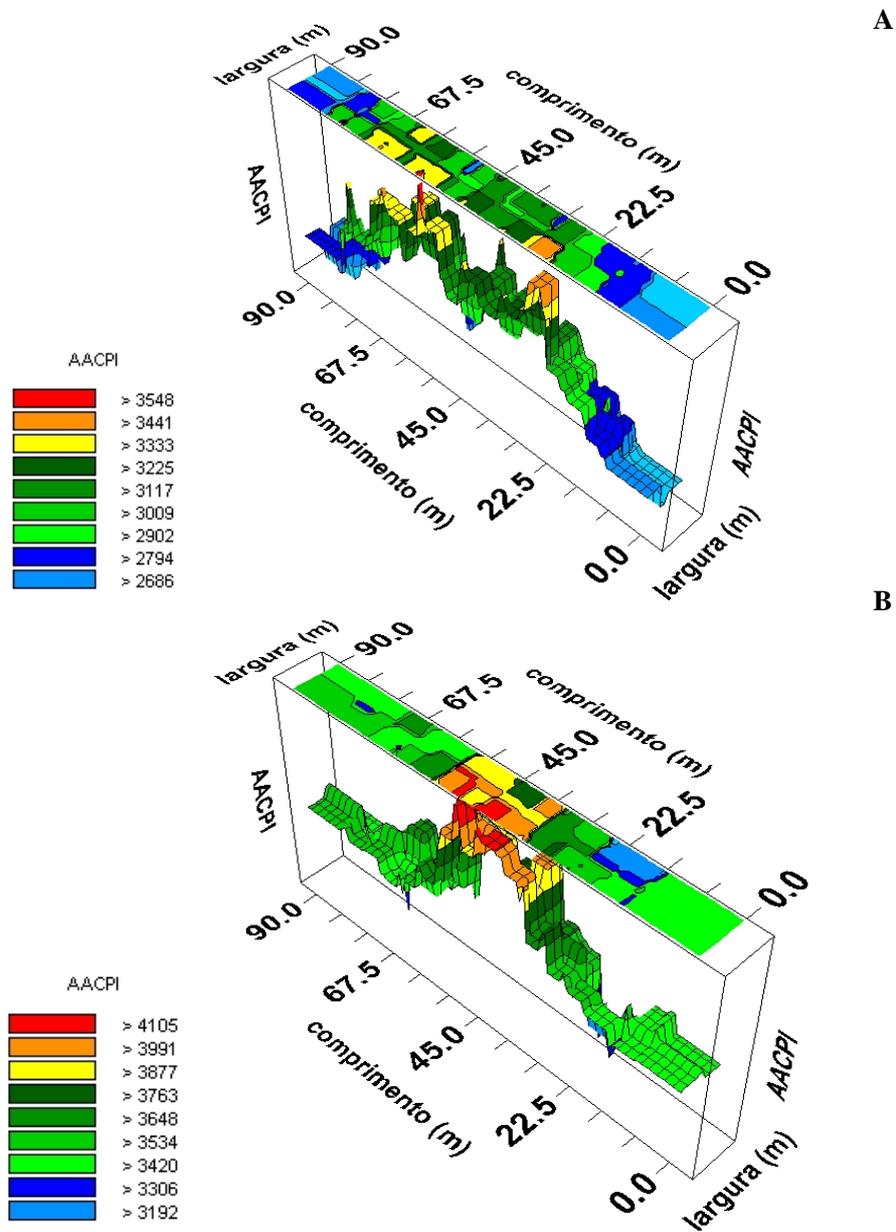


FIGURA 5 Distribuição espacial da AACPI da mancha de phoma lado norte (A) e sul (B), para o sistema de manejo convencional, no período de fevereiro/2008 a agosto/2008.

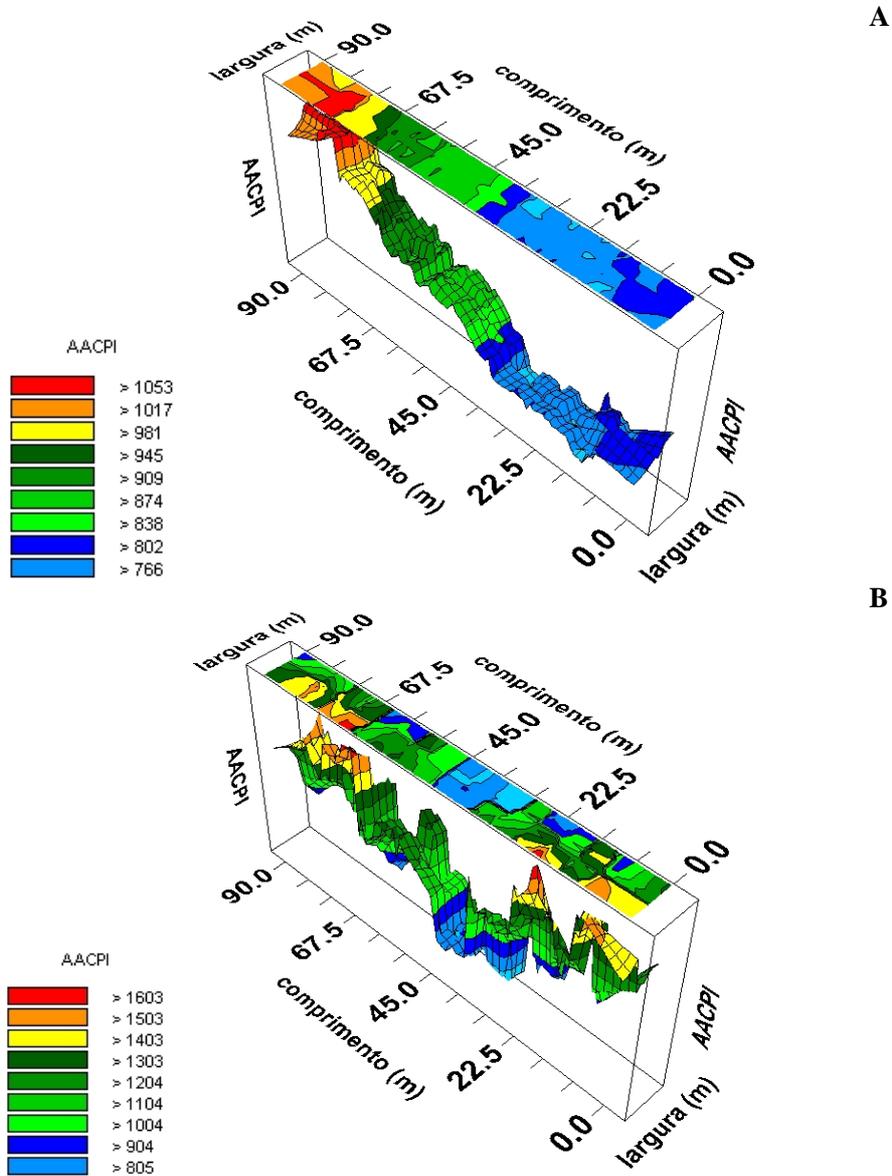


FIGURA 6 Distribuição espacial da AACPI da mancha de phoma lado norte (A) e sul (B), para o sistema de manejo orgânico, no período de fevereiro/2008 a agosto/2008.

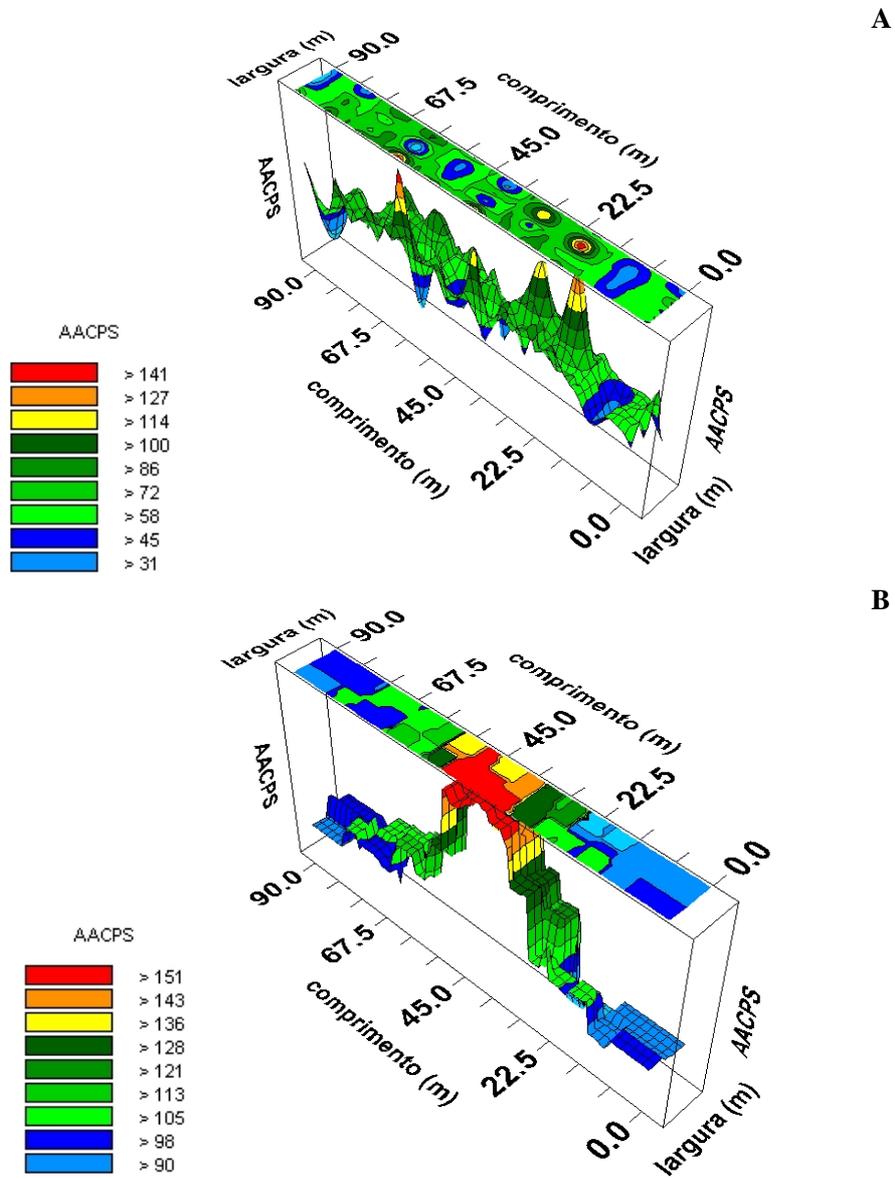


FIGURA 7 Distribuição espacial da AACPS da mancha de phoma lado norte (A) e sul (B), para o sistema de manejo convencional, no período de fevereiro/2008 a agosto/2008.

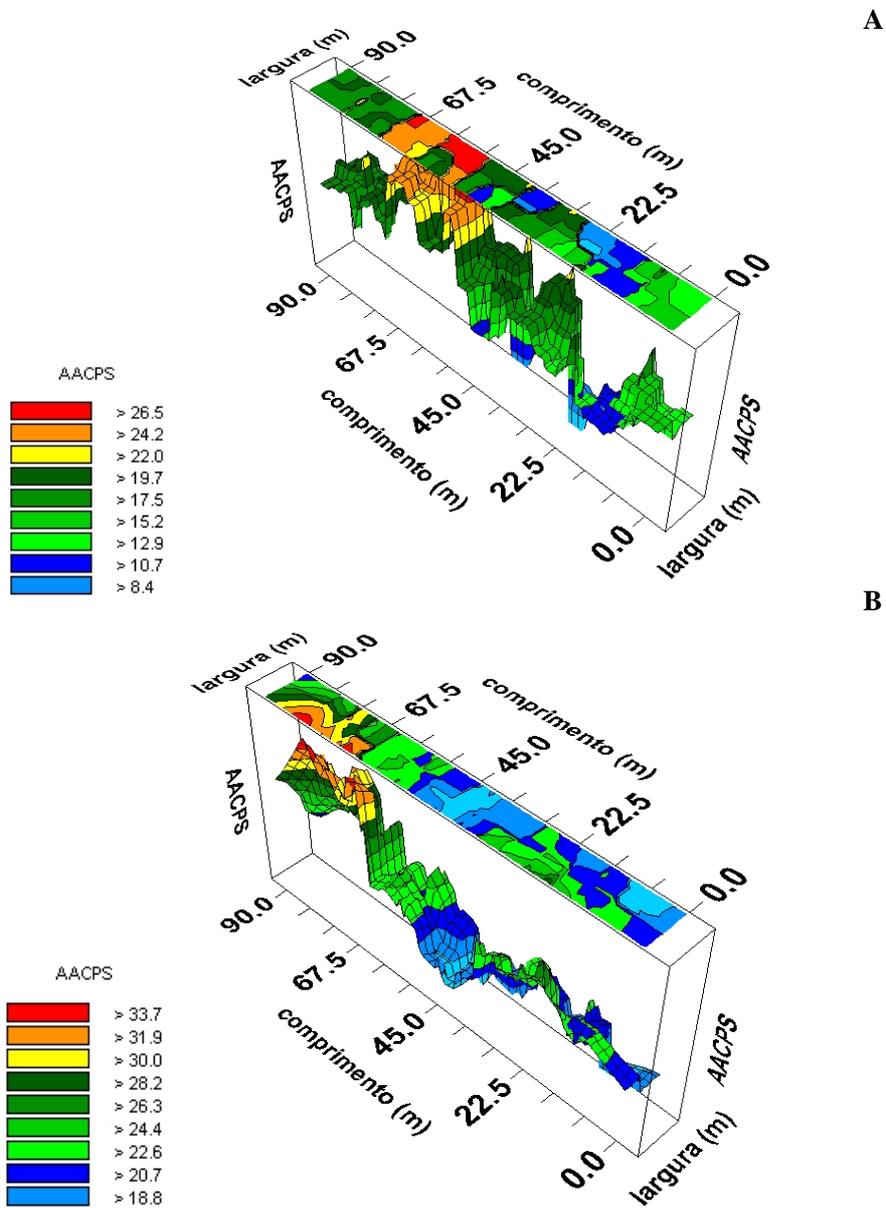


FIGURA 8 Distribuição espacial da AACPS da mancha de phoma lado norte (A) e sul (B), para o sistema de manejo orgânico, no período de fevereiro/2008 a agosto/2008.

A maior intensidade da mancha de phoma no lado sul deve-se, principalmente, à maior exposição das plantas à ação do vento, uma vez que essa doença é favorecida por condições climáticas específicas, como ventos fortes e frios (Carvalho & Chalfoun, 1998; Salgado & Pfenning, 2000).

Em média, a incidência e a severidade da mancha de phoma do cafeeiro foram maiores no sistema convencional em relação ao orgânico (Figuras 9 e 10), respectivamente. Em relação ao período de avaliações, observou-se, no primeiro período (agosto/07 a fevereiro/08), aumento na intensidade da doença nos meses de novembro e dezembro coincidindo com períodos de emissão de folhas novas e maior enfolhamento das plantas.

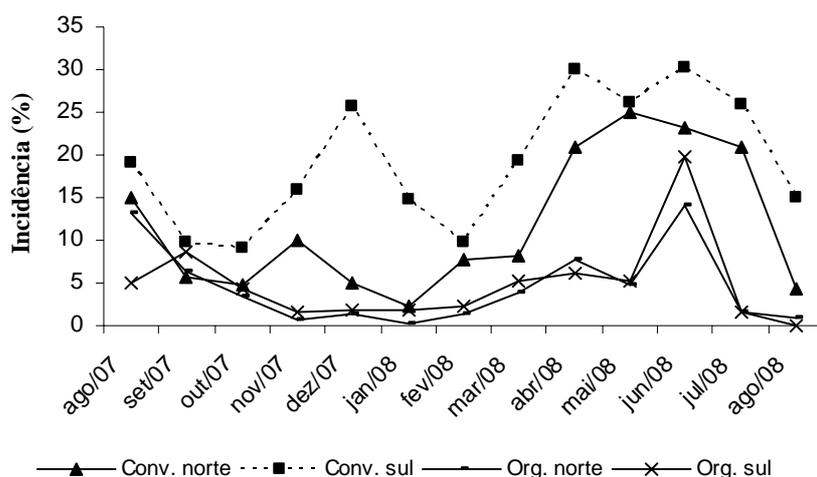


FIGURA 9 Curva de progresso da incidência da mancha de phoma do cafeeiro para lado norte e sul, nos sistemas de manejo convencional e orgânico, no período de agosto de 2007 a agosto de 2008. UFLA, Lavras, MG, 2009.

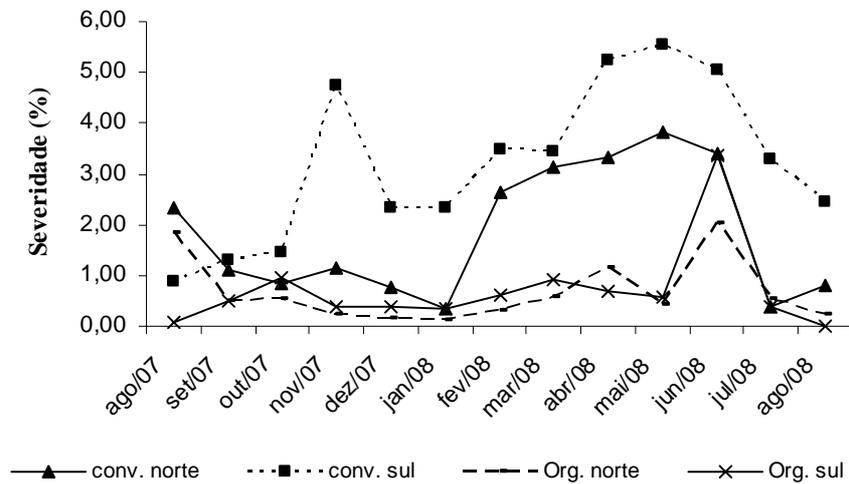


FIGURA 10 Curva de progresso da severidade da mancha de phoma do cafeeiro para lado norte e sul, nos sistemas de manejo convencional e orgânico, no período de agosto de 2007 a agosto de 2008. UFLA, Lavras, MG, 2009.

No entanto, no segundo período (fevereiro/agosto/08), foram verificadas maiores intensidades da doença em relação ao primeiro período. Condições climáticas específicas, como temperaturas próximas de 20°C e ventos frios, favoreceram o progresso da doença nesse período.

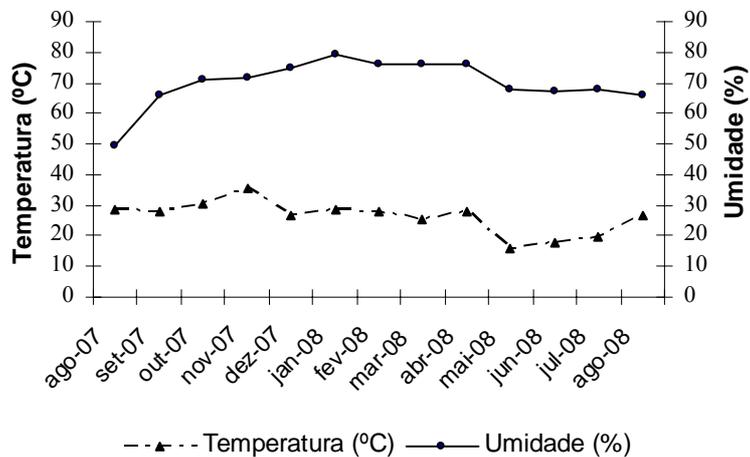


FIGURA 11 Médias de temperatura e umidade relativa do ar, no período de agosto de 2007 a agosto de 2008. UFLA, Lavras, MG, 2009.

5.2.2 Relação entre a intensidade da mancha de phoma e a nutrição do cafeeiro sob sistema de manejo convencional e orgânico, período de fevereiro/2008 a agosto/2008

Nos dois sistemas de manejo estudados, os teores de macro e micronutrientes apresentaram ausência de dependência espacial entre os pontos amostrados, tendo sido observados efeito pepita puro para Ca, S e Fe e ajuste do modelo linear sem patamar para N, P, K, B, Cu, Mn e Zn. Isso significa que o manejo da adubação, dentro da malha amostrada, pode ser realizado de forma homogênea, não sendo necessário manejo diferenciado entre pontos amostrados.

Não foi observada, nesse período, correlação entre nutrição dos cafeeiros com AACPI e AACPS nos pontos amostrados, independente do sistema de cultivo estudado. Porém, os teores foliares, máximo e mínimo, encontram-se dentro da faixa considerada adequada por Guimarães et al. (1999).

6 CONCLUSÕES

- Para o sistema de manejo convencional, no primeiro semestre de avaliações, a AACPI e a AACPS apresentaram padrão de distribuição do tipo agregado.
- No sistema orgânico, não foi detectada dependência espacial para AACPI e AACPS, nos pontos avaliados.
- Houve correlação negativa do Ca, Mg e B e positiva do N, com a AACPS da mancha de phoma do cafeeiro.
- No segundo período, tanto a AACPI quanto a AACPS apresentaram distribuição aleatória para os dois sistemas de manejo e não houve correlação com a nutrição do cafeeiro.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5. ed. San Diego: Academic, 2005. 922 p.
- BURROUGH, P. A.; McDONNELL, R. A. **Principles of geographical information systems: spatial information systems and geostatistics**. 2. ed. Oxford: Oxford University, 1998. 333 p.
- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, J. M.; NOVAK, T. B.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soil. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, Sept./Oct. 1994.
- CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M. Manejo integrado das principais doenças do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 193, p. 27-35, nov. 1998.
- CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. L. Doenças e nematóides em cafeeiros. In: GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. **Cafeicultura**. Lavras: UFLA, 2002. p. 262-276.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safra café**. Disponível em:
<<http://www.conab.org.br/conabweb/download/safra/levantamentocafesafra.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2009.
- ECHANDI, E. La quema de los cafetos causada por *Phoma costarricensis* n. sp. **Revista de Biología Tropical**, San Jose, v. 5, n. 1, p. 81-102, 1957.
- GODOY, C. V.; BERGAMIN FILHO, A.; SALGADO, C. L. Doenças do cafeeiro. In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Ceres, 1997. p. 184-200.
- GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ, V. H.; PREZOTT, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORREA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C.; OLIVEIRA, J. A. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 289-302.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

PFENNIG, H. L.; SALGADO, M.; ALMEIDA, A. R.; PEREIRA, R. G. Identificação e caracterização de espécies de *Phoma* no Brasil: estação perigo. **Cultivar**, Pelotas, v. 7, n. 79, p. 12-16, nov. 2005.

POZZA, E. A.; SALGADO, M.; PEREIRA, R. T.; PFENING, L. H. Escala diagramática para avaliar a severidade da mancha de Phoma do cafeeiro (*Coffea arabica*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 363, 2005. Suplemento.

RAHMAN, M.; PUNJA, Z. K. Calcium and plant disease. In: DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. **Mineral nutrition and plant disease**. Saint Paul: APS, 2007. p. 79-93.

RÖMHELD, V. Role of potassium, calcium, magnesium and phosphorus on disease resistance. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO MINERAL E DOENÇAS DE PLANTAS, 2005, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: Potafos, 2005. 1 CD-ROM.

SALGADO, M.; PFENNING, L. H. Identificação e caracterização morfológica de espécies de Phoma do cafeeiro no Brasil. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Brasília: Embrapa Café/Minasplan, 2000. p. 183-185.

SANTOS, F. S.; SOUZA, P. E.; POZZA, E. A.; MIRANDA, J. C.; BARRETO, S. S.; THEODORO, V. C. Progresso da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke) em cafeeiros sob cultivos orgânico e convencional. **Summa Phytopatologica**, Jaguariuna, v. 34, n. 1, p. 48-54, jan. 2008.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 70, n. 8, p. 1183-1186, 1977.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N. **Aspectos nutricionais envolvidos na ocorrência de doenças com ênfase para eucalipto**. São Paulo: IPEF, 2003. 13 p. (Circular técnica, 200).

SOUZA, C. K. Variabilidade espacial de atributos do solo e produtividade em área cultivada com café orgânico e convencional. 2006. 65 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Jaboticabal.

CAPÍTULO 3

RELAÇÃO NITROGÊNIO/POTÁSSIO COM MANCHA DE PHOMA E NUTRIÇÃO DE MUDAS DE CAFEIEIRO

1 RESUMO

Este trabalho foi realizado com os objetivos de avaliar diferentes proporções de nitrogênio/potássio (N/K) fornecidos via raiz em solução nutritiva na intensidade da mancha de phoma em mudas de cafeeiro e determinar a quantidade de matéria seca e a concentração de macro e micronutrientes na parte aérea das mudas de café inoculadas com *P. tarda*. Os tratamentos consistiram em 5 doses de K (4, 5, 6, 7 e 8 mmol.L⁻¹) combinadas com 5 doses de N (3, 7, 11, 15 e 19 mmol.L⁻¹). As soluções nutritivas foram calculadas a partir da solução de Hoagland e o ensaio foi conduzido, sob condições controladas, em câmara de crescimento, a 20°C. Com o aumento das doses de nitrogênio, houve aumento linear em 34,79%, para AACPI e 34,32%, para AACPS. Aumentando as doses de potássio, verificou-se redução de forma quadrática, tanto para AACPI quanto para AACPS, porém, não foi observada interação significativa entre N e K. A matéria seca das mudas de café aumentou linearmente com o aumento das doses de N. As diferentes doses de N e K influenciaram o estado nutricional das mudas de cafeeiro. Com o aumento das doses de N, observou-se aumento de N na parte aérea. Em relação ao potássio, houve influência significativa nos teores de N, K, Ca, S e B. Com o aumento do potássio, na solução, os teores de N e K aumentaram até as doses de 7,24 mmol.L⁻¹ e 7,17 mmol.L⁻¹, respectivamente, seguido de redução em doses superiores. No entanto, os teores de Ca seguiram comportamento inverso com redução até a dose de 6 mmol.L⁻¹ e aumento a partir dessa dose.

Palavras-chaves: *Phoma tarda*. Nutrição. Café.

2 ABSTRACT

This work was performed to evaluate different proportions of (N/K) amended through roots via nutrient solution on the intensity of phoma spot in coffee seedlings, determine the dry matter and the concentration of macro and micronutrients in the aerial part of coffee seedlings inoculated with *P. tarda*. Treatments encompassed 5 rates of K (4, 5, 6, 7 and 8 mmol.L⁻¹) combined to 5 rates of N (3, 7, 11, 15 and 19 mmol.L⁻¹). The nutrient solutions were calculated from the Hoagland and the assay was conducted under controlled conditions in growth chamber at 20°C. By increasing the amended nitrogen, there was a linear increase in 34.79% for AUIPC . By increasing the potassium ones there was a squared-shaped reduction for both AUIPC and AUSPC, however no significative interaction was observed between N and K. The dry matter of coffee seedlings increased linearly in the increase in the amended N. The different rates of N and K influenced the nutritional status of coffee seedlings. By increasing the amended N, a corresponding increase in shoot N content was observed. In regard to potassium, there was a significative influence in the contents of N, K, B and S as well as a reduction of Ca in the shoot of coffee seedlings. With the increase in potassium in the nutrient solution, the contents of N and K increased up to the 7.24 mmol.L⁻¹ and 7.17 mmol.L⁻¹ rates, respectively, following the reduction in the higher rates. However, the contents of Ca followed na opposite pattern with a reduction up to the 6 mmol.L⁻¹ rate and increased from there onward.

Key words: *Phoma tarda*. Nutrition. Coffee.

3 INTRODUÇÃO

O Brasil é o principal produtor mundial de café, com estimativa de 37,85 milhões de sacas para a última safra 2008/09 (Conab, 2009). Porém, existem vários fatores limitantes dessa produção, entre eles as doenças.

A mancha de phoma é uma das mais importantes doenças fúngicas do cafeeiro, uma vez que ocorre desde a fase de formação de mudas no viveiro até a produção da cultura. Os danos provocados por essa doença são severos sob condições de temperaturas baixas, umidade alta e ventos fortes (Carvalho & Chalfoun, 1998). Na região sul de Minas Gerais, em regiões favoráveis à ocorrência da doença, Almeida & Matiello (1989) quantificaram perdas de produção variando entre 15% a 43%.

Existem poucas informações a respeito de práticas de manejo da cultura, visando reduzir perdas ocasionadas por mancha de phoma. Tradicionalmente, os métodos mais utilizados para o controle dessa doença são o químico e o cultural. Apesar de indispensável, sob determinadas condições, o uso de fungicidas para o controle da mancha de phoma torna-se oneroso, por não ser uma doença de fácil controle. Quanto ao controle cultural, recomenda-se escolha adequada do local de implantação da lavoura, formação planejada de quebra ventos e nutrição equilibrada da cultura.

A integração desses métodos, com ênfase na nutrição equilibrada, pode contribuir para reduzir a severidade da doença e diminuir o número de pulverizações com fungicidas. Na literatura, existem relatos da fertilização com macro e micronutrientes na redução da intensidade de doenças em diversas culturas, tais como ferrugem em eucalipto (Silveira et al., 1998), cercosporiose em cafeeiro (Pozza et al., 2001), antracnose em morangueiro (Tanaka et al., 2002), phoma em brássicas (Sochting & Verret, 2004), declínio em videira

(Rolshausen & Gubler, 2005) e mancha-amarela em trigo (Simoglou & Dordas, 2006), entre outros.

No caso específico do cafeeiro, desequilíbrios nutricionais de nitrogênio/potássio (N/K) e cálcio/potássio (Ca/K) predispõem as plantas à infecção por *Cercospora coffeicola* (Pozza et al., 2001; García Júnior et al., 2003). Porém, informações correlacionando nutrição com o patossistema mancha de phoma x cafeeiro são escassas.

O estudo da relação nutrição e doenças é complexo devido à dificuldade em isolar todos os fatores. Assim, o cultivo de mudas cafeeiro em solução nutritiva permite isolar o efeito dos nutrientes, possibilitando o estudo da relação entre nutrição e intensidade da mancha de phoma. Diante do exposto, este trabalho foi realizado com os objetivos de avaliar a relação N/K, fornecidos via raiz em solução nutritiva, na intensidade da mancha de phoma em mudas de cafeeiro e determinar a quantidade de matéria seca e a concentração de macro e micronutrientes na parte aérea das mudas de café inoculadas com *P. tarda*.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se um isolado de *Phoma tarda* (716), proveniente da Coleção Micológica de Lavras. O inóculo foi obtido a partir de colônias puras, em extrato de malte-ágar (MA 2%), após doze dias de incubação em BOD, sob temperatura de 20°C e fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro.

O ensaio foi instalado e conduzido, sob condições controladas, em câmara de crescimento, a 20°C, no Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras, no período de janeiro/2008 a outubro/2008. Sementes da cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 foram lavadas em água de torneira por 3 horas, desinfestadas com álcool 50% por 50 segundos e em hipoclorito de

sódio 1% por 1 minuto e enxaguadas em água destilada esterilizada. Após esses procedimentos, as sementes foram semeadas em bandejas contendo substrato Plantimax. Após emissão do par de folhas cotiledonares, as mudas foram regadas com solução básica de Hoagland (Hoagland & Arnon, 1950), a 20% da força iônica (Tabela 1).

TABELA 1 Volume de solução estoque (mL L⁻¹) necessário para a elaboração da solução de adaptação.

Soluções estoque	Solução de adaptação
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O - [1 mol L ⁻¹]	1
KNO ₃ - [1 mol L ⁻¹]	1
MgSO ₄ .7H ₂ O - [1 mol L ⁻¹]	0,4
KH ₂ PO ₄ - [1 mol L ⁻¹]	0,2
Micro ¹	0,2
Fe-EDTA ²	0,2

¹ Solução coquetel completa de micronutrientes: dissolvido separadamente- 2,8g H₃BO₃, 0,22g ZnSO₄, 3g MnSO₄.4H₂O; 0,08g CuSO₄.5H₂O e 0,02 g H₂MoO₄.H₂O e, em seguida, misturou-se e completou-se o volume para 1.000 mL. ² Solução Fe-EDTA: (a) solução A – 26,1 g de Na₂-EDTA dissolvido em 400 mL de água destilada contendo 89,2 mL de NaOH 1 mol L⁻¹; (b) solução B - 24,9 g de FeSO₄.7H₂O dissolvido em 300 mL de água destilada. Misturaram-se as soluções A e B, completou-se o volume para 1.000 mL com água destilada e colocou-se sob aeração constante por 12 horas. A solução foi acondicionada em vasilhames âmbar, recobertos por papel alumínio, para proteger contra a luz.

A adubação foi repetida com intervalo de dez dias, até as mudas emitirem o primeiro par de folhas definitivas. Aos noventa dias após a semeadura, as mudas foram transferidas para bandejas com capacidade para dez litros contendo solução básica de Hoagland (Hoagland & Arnon, 1950), a 20% da força iônica (Tabela 1), sob aeração contínua, realizada por um conjunto compressor, kitasato e mangueiras. As mudas permaneceram por quinze dias na solução de adaptação a 20% da força iônica e foram transferidas para solução de adaptação a 50% da força iônica, em que permaneceram por mais quinze dias.

Após esse período, as mudas foram selecionadas de acordo com a uniformidade de tamanho e transferidas para recipientes de plástico com capacidade para três litros contendo a solução de Hoagland completa com os tratamentos, que consistiram em cinco doses de potássio (4, 5, 6, 7 e 8 mmol.L⁻¹) combinadas com cinco doses de nitrogênio (3, 7, 11, 15 e 19 mmol.L⁻¹). As soluções nutritivas foram calculadas a partir da solução de Hoagland (Hoagland & Arnon, 1950) e as doses de N e K foram balanceadas utilizando-se como fontes de nutrientes: NH₄NO₃, Ca(NO₃)₂, KNO₃, KCl e K₂PO₄. A aeração da solução nutritiva foi realizada de forma contínua por compressor de ar conectado aos recipientes por mangueiras. O pH da solução foi monitorado semanalmente, mantido entre 5,0 e 5,5, com a adição de HCl 0,1 mol L⁻¹ ou NaOH 0,1 mol L⁻¹. Quando necessário, o volume dos vasos foi completado com água destilada. A troca da solução nutritiva foi realizada nos diferentes tratamentos, com intervalo de quinze dias.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 25 tratamentos e 3 repetições, com 2 plantas por unidade experimental. A análise de variância foi realizada em esquema fatorial 5x5, sendo 5 doses de N e 5 doses de K. A análise estatística do experimento foi realizada no programa SISVAR, versão 4.6 (Build 6.1), do qual foi obtida análise de variância. As variáveis significativas no teste F foram submetidas ao ajuste de modelos de regressão.

Seis meses após a emissão do primeiro par de folhas definitivas, as mudas foram inoculadas com suspensão de esporos, numa concentração de 2x10⁶ conídios/mL na face adaxial dos folíolos. Depois de inoculadas, as plantas foram cobertas com saco plástico e incubadas durante 72 horas. Doze dias após a inoculação do fungo, iniciaram-se as avaliações de incidência e severidade da doença, sendo realizadas seis avaliações com intervalo de sete dias. Para incidência, contou-se o número de folhas com sintomas de mancha de phoma em relação ao total de folhas por planta. Para avaliar a severidade, foram marcados

o primeiro e o segundo par de folhas, contados a partir do ápice do ramo ortotrópico. Nessas folhas, foram atribuídos valores, em porcentagem de área foliar lesionada, sendo: 1,30%, 2,50%, 6,00%, 7,50%, 12,00%, 20,00%, 30,00% e 50,00%, de acordo com a escala diagramática proposta por Pozza et al. (2005). A área abaixo da curva de progresso da doença foi calculada para cada tratamento, segundo Shaner & Finney (1977).

Após o término das avaliações, coletou-se a parte aérea das plantas para análise nutricional. Para isso, foram lavadas em água destilada, acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa, a 60°C, até atingirem peso constante. Após secagem, foram realizadas a pesagem e a moagem da matéria seca da parte aérea das plantas e as amostras foram encaminhadas ao Departamento de Ciência do Solo, para a determinação dos teores de macro e micronutrientes. Os teores de nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco foram determinados seguindo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Para a determinação de macro e micronutrientes, exceto boro, as amostras foram submetidas à digestão nitroperclórica. Para boro, as amostras foram submetidas à digestão via seca. As concentrações de cálcio foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica, potássio por espectrofotometria de chama, fósforo e boro por calorimetria, enxofre por turbidimetria e nitrogênio pelo método Kjeldahl (Malavolta et al., 1997).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa entre as diferentes proporções N/K para a área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) e para a área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) da mancha de phoma. Porém, o incremento das doses de potássio (K) e nitrogênio (N) na solução nutritiva influenciou significativamente, e de forma independente, tanto a AACPI quanto a AACPS. Com aumento das doses de N, verificou-se aumento linear de 34,79%, para AACPI (Figura 1) e de 34,32%, para a AACPS (Figura 2).

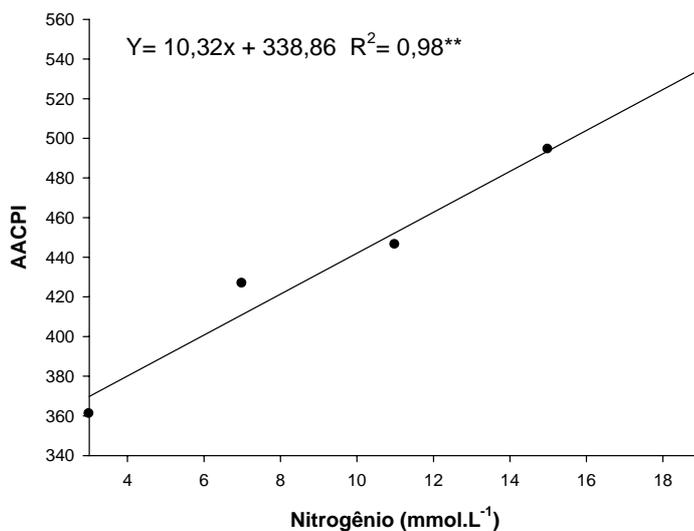


FIGURA 1 Área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) da mancha de phoma em mudas de café, em função de doses de nitrogênio em solução nutritiva.

A contribuição da adubação nitrogenada na resistência ou na suscetibilidade das plantas às doenças varia, entre outros fatores, em função do patógeno, genótipo, dose e fonte do nutriente utilizado e da interação entre nutrientes (Huber & Thompson, 2007). Doses adequadas de N contribuem para a síntese de lignina, fitoalexinas e taninos, mas, em excesso, o N reduz a produção desses compostos, devido à demanda de carbono na fotossíntese via ciclo de Krebs, comprometendo a síntese dos metabólitos secundários pela via do ácido chiquímico (Yamada, 2004).

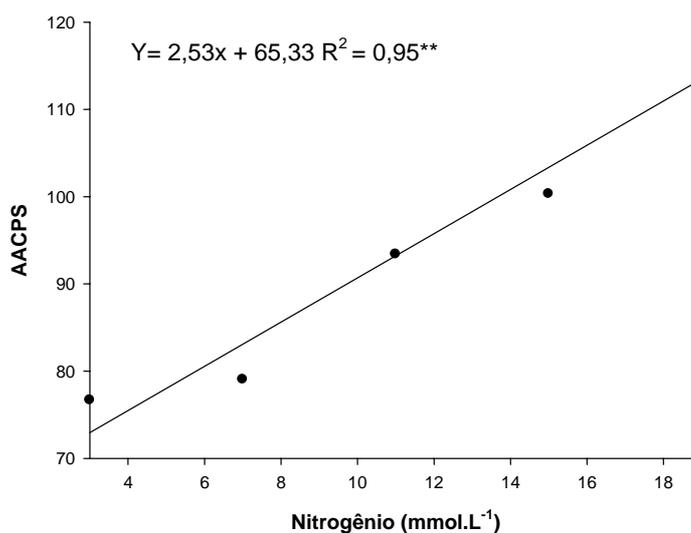


FIGURA 2 Área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) da mancha de phoma em mudas de café, em função de doses de nitrogênio em solução nutritiva.

Altos teores de N promovem aumento na produção de tecidos jovens e suculentos, por serem constituintes de ácidos nucleicos, aminoácidos e proteínas, entre outros (Romheld, 2005). Além disso, aumenta a concentração de

amiminoácidos e amidas no apoplasto e na superfície foliar, favorecendo doenças fúngicas (Yamada, 2004). Na Costa Rica, Echandi (1957) relatou a preferência do fungo *Phoma costarricensis* por tecidos tenros. De acordo com esse autor, a infecção inicia-se no ápice de brotos terminais e ramos laterais atingindo, principalmente tecidos jovens. Assim, maiores AACPI e AACPS, com doses mais elevadas de N, certamente estão relacionadas à menor lignificação dos tecidos, favorecendo a infecção por *P. tarda*.

Em relação ao potássio, observou-se redução quadrática, tendo a menor AACPI sido obtida com a dose de 6,59 mmol.L⁻¹ (Figura 3) e a menor AACPS verificada com a dose de 6,57 mmol.L⁻¹ (Figura 4), seguida de aumento a partir dessas doses. O aumento da AACPI e da AACPS da mancha de phoma com doses acima de 7 mmol.L⁻¹ certamente deve-se à inibição competitiva entre os cátions Ca e K por mesmos sítios de absorção, pois, com o aumento do K na solução, observou-se redução do teor de Ca na parte aérea das mudas de cafeeiro (Figura 9).

Garcia-Júnior et al. (2003) também observaram menor área abaixo da curva de progresso do total de lesões de cercosporiose com dose de 7 mmol.L⁻¹ de potássio em solução nutritiva. Pinheiro (2007), em trabalhos com diferentes doses de potássio e cálcio no manejo da ferrugem da soja, também verificaram menor AACPS com a dose de 8 mmol.L⁻¹ de potássio em solução nutritiva.

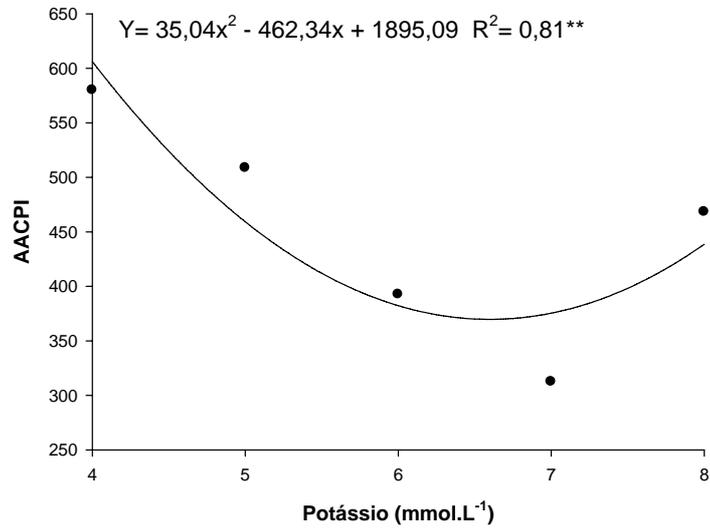


FIGURA 3 Área abaixo da curva de progresso da incidência da mancha de phoma em mudas de café, em função de doses de potássio em solução nutritiva.

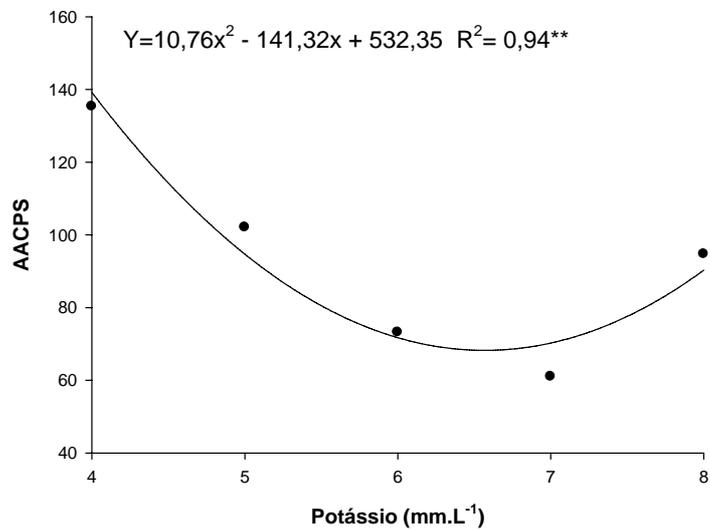


FIGURA 4 Área abaixo da curva de progresso da severidade da mancha de phoma em mudas de café, em função de doses de potássio em solução nutritiva.

Resultados semelhantes foram obtidos por May-De-Mio et al. (2008) em trabalhos com doses de N e K em relação à podridão-parda [*Monilinia fructicola* (G. Winter) Honey] da ameixeira. Estes mesmos autores não constataram interação entre N e K na intensidade da doença e observaram maior incidência da doença nas maiores doses de N (160 e 200 kg.ha⁻¹.ano⁻¹) e de K (110 kg.ha⁻¹.ano⁻¹). Mascarenhas et al. (1997) estudaram o efeito da adubação potássica no cancro-da-haste da soja (*Diaporthe phaseolorum* Morgan-Jones) e também observaram redução na severidade da doença com o aumento das doses de K₂O até 160 ppm. Acima de 160 ppm, houve aumento na severidade da doença. Os autores atribuíram esse aumento, nas maiores doses, ao desequilíbrio entre cátions, refletindo no progresso da doença.

A redução da intensidade da mancha de phoma com aumento das doses de potássio possivelmente está relacionada com o papel exercido por esse nutriente em várias funções na planta, conferindo maior resistência aos tecidos e rápida recuperação de injúrias. De acordo com Xu et al. (1998), o K confere maior resistência aos tecidos por aumentar a espessura da cutícula e da parede celular, dificultando a penetração do patógeno e o processo de infecção.

Quanto à matéria seca das mudas, observou-se aumento com suprimento das doses de N na solução (Figura 5). Porém, para K, não foi observada diferença significativa, embora tenha resultado em aumento na intensidade da doença. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Pozza et al. (2001) que também observaram aumento na produção da matéria seca de mudas de cafeeiro com incremento de N na solução nutritiva.

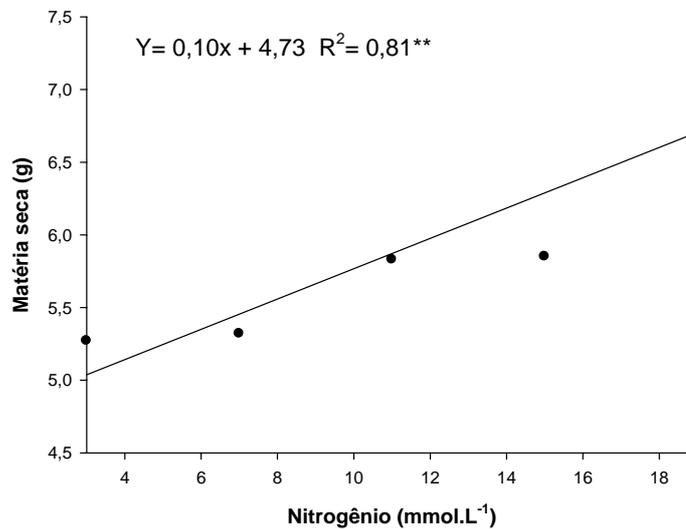


FIGURA 5 Matéria seca na parte aérea das mudas de café, em função de doses de nitrogênio em solução nutritiva.

Aspectos nutricionais das mudas de cafeeiro

O incremento das diferentes doses de N e K na solução nutritiva influenciou a nutrição das mudas de cafeeiro, mas não houve interação significativa entre os nutrientes em estudo. Com o incremento das doses de N, observou-se aumento no teor de N na parte aérea das mudas (Figura 6). Porém, esse resultado era esperado, pois o aumento da dose de N na solução aumenta N na parte aérea. Resultados semelhantes foram obtidos por Pozza et al. (2001). Para os demais nutrientes, o N não afetou de forma significativa os seus teores.

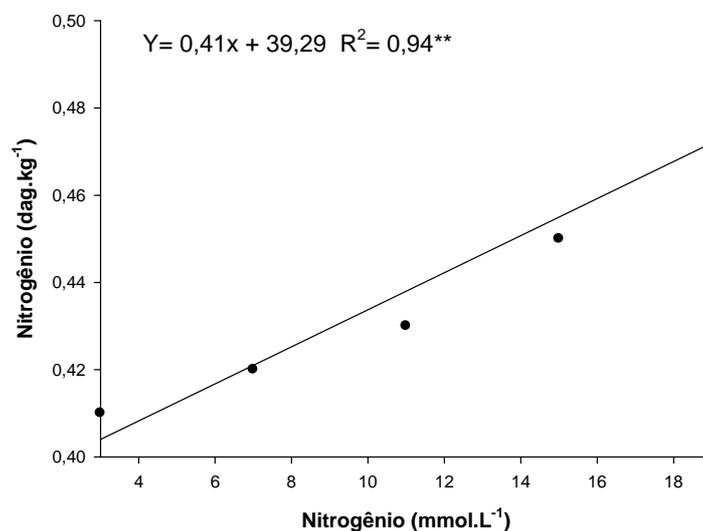


FIGURA 6 Teor de nitrogênio na parte aérea das mudas de café, em função de doses de nitrogênio em solução nutritiva.

Em relação ao potássio, houve influência significativa nos teores de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), enxofre (S) e boro (B). Com o aumento do potássio na solução, os teores de N e K aumentaram até as doses de 7,24 mmol.L⁻¹ (Figura 7) e 7,17 mmol.L⁻¹ (Figura 8), respectivamente, seguido de redução em doses superiores. No entanto, os teores de Ca seguiram comportamento inverso com redução até a dose de 6 mmol.L⁻¹ e aumento a partir dessa dose (Figura 9). Essa redução nos teores de Ca certamente está relacionada com efeito antagônico entre esses dois cátions, tendo também sido observada em outros estudos com diferentes patossistemas (García-Júnior et al., 2003; Pinheiro, 2007). Porém, as alterações nos teores de Ca foram pequenas, do ponto de vista nutricional.

De acordo com McGuire & Kelman (1986), o teor adequado de cálcio nos tecidos das plantas restringe a incidência de doenças por reduzir o efluxo de compostos de baixo peso molecular do citoplasma para o apoplasto e manter

elevados teores de poligalacturonatos de cálcio requeridos pela lamela média. Uma das formas utilizadas por muitos fitopatógenos para invadir tecidos vegetais é a produção de enzimas, tais como poligalacturonases, as quais degradam a lamela média. O cálcio inibe a atividade dessa enzima (Marschner, 1995).

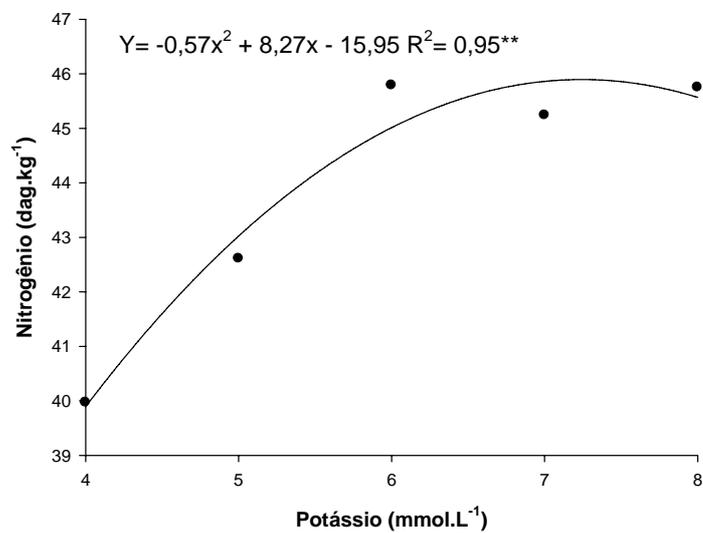


FIGURA 7 Teor de nitrogênio na parte aérea das mudas de café, em função de doses de potássio em solução nutritiva.

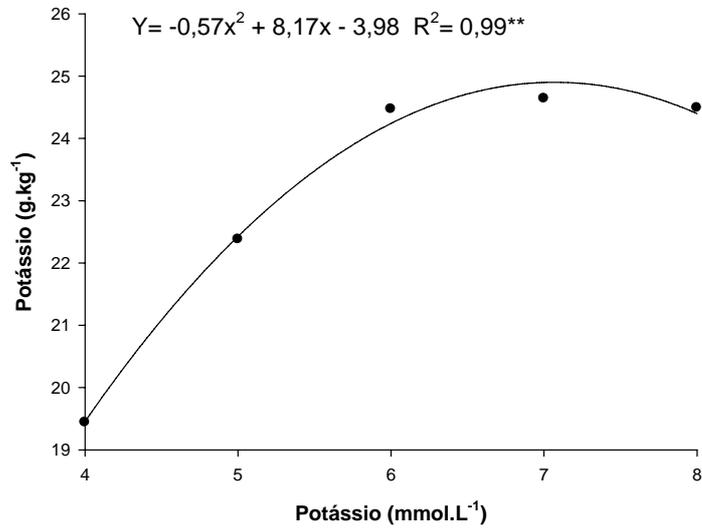


FIGURA 8 Teor de potássio na parte aérea das mudas de café, em função de doses de potássio em solução nutritiva.

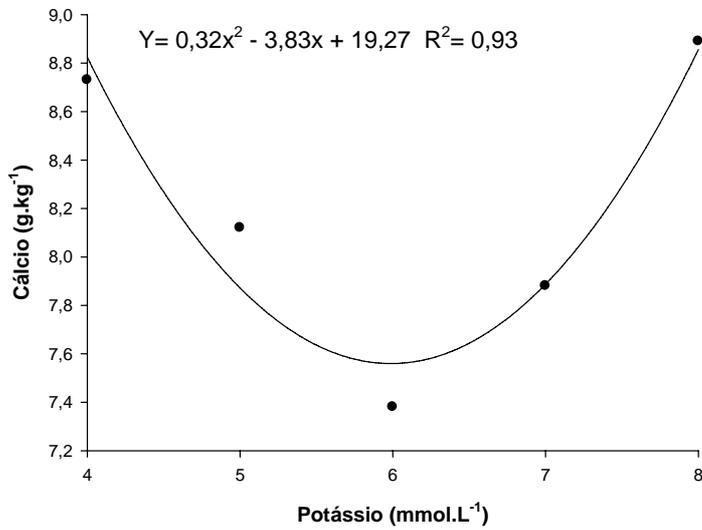


FIGURA 9 Teor de cálcio na parte aérea das mudas de café, em função de doses de potássio em solução nutritiva.

Para S e B, observa-se aumento linear com aumento das doses de K na solução (Figuras 10 e 11).

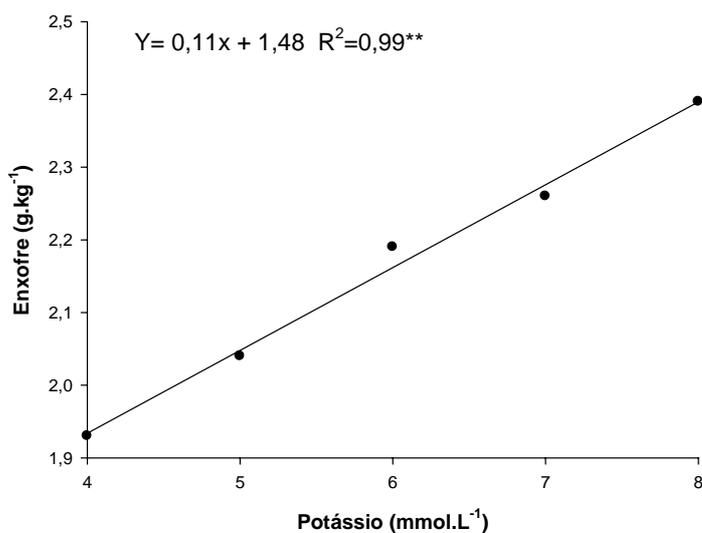


FIGURA 10 Teor de enxofre na parte aérea das mudas de café, em função de doses de potássio em solução nutritiva.

Existem poucas informações em relação à função do S na resistência das plantas às doenças. Segundo Hanna et al. (2005), o S elementar aumenta a resistência de tubérculos de batata à sarna (*Streptomyces scabies*). Sendo assim, este autor estudou a aplicação de S em solos com deficiência desse nutriente para controle de *Rhizoctonia solani* e *Streptomyces scabies* em batata (*Solanum tuberosum* L.) e avaliaram a influência de fontes (S elementar e K₂SO₄) e doses (0, 25 e 50 kg ha⁻¹ S). Com o aumento das doses de S, tanto na forma elementar (S) quanto na forma de sal (K₂SO₄), houve redução na infecção *Rhizoctonia solani*. A infecção por *Streptomyces scabies* reduziu apenas com S elementar.

Os autores afirmaram que a redução da infecção para *Streptomyces scabies*, somente com S elementar, foi devido à redução pH do solo.

O S desempenha função importante na defesa da planta contra patógenos, mas os mecanismos relacionados a essa resistência não são conhecidos (Salac et al., 2006). Esses autores conduziram experimentos, em Aberdeen e Inverness, de 2000 a 2003, para avaliar o efeito da aplicação de S via solo e a relação com *Pyrenospora brassicae*, *Leptosphaeria maculans* e *Pyrenospora parasitica*, importantes patógenos na cultura da canola. Nos três anos e em ambos os locais de cultivo, a fertilização com S não reduziu de forma significativa a incidência e severidade da doença, porém, houve aumento nos teores de cisteína, glutatona e glicosinatos nas folhas jovens e completamente expandidas.

Em relação ao B, resultados semelhantes foram obtidos por Silveira & Higashi (2003), em trabalhos com patossistema podridão das estacas (*Botryosphaeria ribis* Grossenb & Dugg) x eucalipto. Esses autores verificaram que o aumento das doses de B em solução nutritiva altera o estado nutricional das plantas. Para K, obtiveram resposta quadrática, tendo nas folhas superiores, o K aumentado até a dose de 2,45 e, nas inferiores, até 2,54 mg de B L⁻¹ e o teor de B nas folhas, aumentou linearmente. Segundo esses autores, para *E. citriodora*, o suprimento de B é fundamental para se obter uma boa condição nutricional em K.

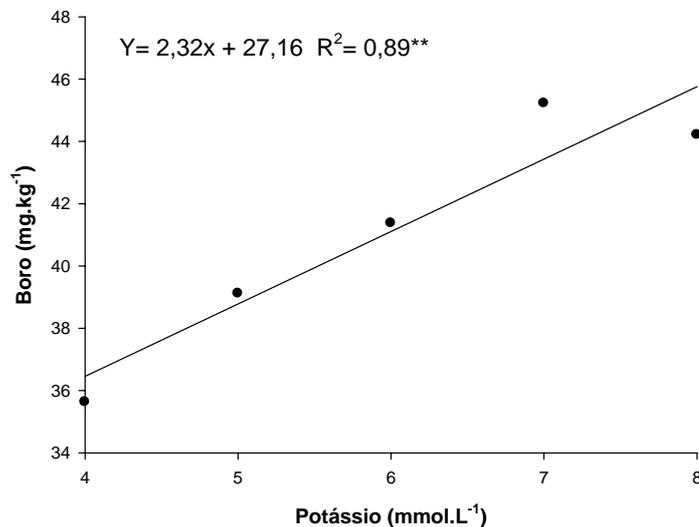


FIGURA 11 Teor de boro na parte aérea das mudas de café, em função de doses de potássio em solução nutritiva.

Na ausência de B, *Eucalyptus citriodora* apresentou maior suscetibilidade a *Botryosphaeria ribis* (Silveira et al., 1998). O maior progresso da doença foi observado nas plantas com deficiência de B na solução nutritiva. Com adição de 0,125 mg de B L⁻¹ de solução, houve redução de 40% no comprimento das lesões.

Silveira & Higashi (2003) relatam o envolvimento direto do B nos processos de defesa das plantas contra patógenos pela participação na síntese de lignina. Além da barreira química para a sua composição, também limita a ação de patógenos pela formação de barreira física. Por outro lado, sua carência promove acúmulo de açúcares nas folhas, servindo para nutrição do patógeno, formação de paredes celulares mais finas e desestruturadas, tecidos menos lignificados, menor síntese de calose e ocorrência de fissuras e rachaduras na casca das plantas. Sendo assim, os tecidos das plantas deficientes em B se tornam enfraquecidos, apresentando menor barreira mecânica, favorecendo a

infecção por patógenos. Porém, no presente estudo, as doses de B foram adicionadas nas mesmas quantidades para todos os tratamentos, variando apenas as doses de N e K na solução nutritiva. Sendo assim, o K alterou o estado nutricional do boro nas mudas de cafeeiro.

No presente ensaio, verifica-se que o suprimento de N e K em doses acima ou abaixo da faixa adequada promove alterações no estado nutricional de mudas de café, para N, K, Ca, S e B. Portanto, o desequilíbrio da relação N/K favorece a infecção de *P. tarda* em mudas de cafeeiro. Esses resultados reforçam a importância da nutrição de forma adequada e equilibrada no manejo de doenças de plantas.

6 CONCLUSÕES

- Não houve interação significativa entre N e K, para AACPI e AACPS, da mancha de phoma em mudas de cafeeiro.
- Com o aumento das doses de N, observou-se aumento linear de 34,79% e 34,32%, respectivamente para AACPI e AACPS.
- Com o aumento de K, verificou-se redução de forma quadrática até 6,59 mmol.L⁻¹ para AACPI e 6,57 mmol.L⁻¹ para AACPS, seguida de aumento a partir dessas doses.
- Com o aumento das doses de N, houve aumento de N na parte aérea e da matéria seca das mudas de cafeeiro.
- Com o aumento de K, aumentaram os teores de N, K, B e S e reduziram-se os teores de Ca na parte aérea das mudas de cafeeiro, mas não houve influência no peso da matéria seca da parte aérea.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safra café**. Disponível em:
<<http://www.conab.org.br/conabweb/download/safra/levantamentocafesafra.pdf>>.
Acesso em: 14 fev. 2009.
- ALMEIDA, S. R.; MATIELLO, J. B. Estudos de novos produtos para controle de *Phoma spp.* em cafeeiros, a nível de campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 15., 1989, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC, 1989. p. 145-146.
- CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M. Manejo integrado das principais doenças do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 193, p. 27-35, nov. 1998.
- ECHANDI, E. La quema de los cafetos causada por *Phoma costarricensis* n. sp. **Revista de Biología Tropical**, San Jose, v. 5, n. 1, p. 81-102, 1957.
- GARCIA JÚNIOR, D.; POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; SOUZA, P. E.; CARVALHO, J. G. de; BALIEIRO, A. C. Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro em função do suprimento de potássio e cálcio em solução nutritiva. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 286-291, 2003.
- HANNA, K. H.; HANEKLAUS, S.; BLOEM, E.; SCHNUG, E. Influence of Sulfur fertilization on infection of potato tubers with *Rhizoctonia solani* and *Streptomyces scabies*. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v. 28, n. 5, p. 819-833, May 2005.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method of growing plants without soil**. Berkeley: University Of Califórnia, 1950. 32 p.
- HUBER, D. M.; THOMPSON, I. A. Nitrogen and plant disease. In: DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. **Mineral nutrition and plant disease**. Saint Paul: APS, 2007. p. 31-44.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic, 1995. 889 p.

MASCARENHAS, H. A. A.; ITO, M. F.; TANAKA, M. A. Efeito da adubação potássica no cancro da haste da soja. **Summa Phytopathologica**, Jaguariuna, v. 23, n. 3/4, p. 217-221, mar./abr. 1997.

MAY-DE-MIO, L.; TUTIDA, I.; MOTTA, A. C. V.; DOLINSKI, M. A.; SERRAT, B. M.; MONTEGUTI, D. Doses de nitrogênio e potássio em relação à podridão parda e sarna da ameixeira “Reubennel” na região de Araucária, Paraná. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 35-40, jan./fev. 2008.

McGUIRE, R. G.; KELMAN, A. Calcium in potato tuber cell walls in relation to tissue maceration by *Erwinia carotovora* pv. *Atroseptica*. **Phytopatology**, Saint Paul, v. 76, n. 4, p. 401-406, Apr. 1986.

PINHEIRO, J. B. **Manejo da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow) com nutrientes e fungicidas e a influência da nutrição mineral na distribuição espacial e reprodução do nematóide do cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe)**. 2007. 175 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

POZZA, A. A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; CAIXETA, S. L.; CARDOSO, A. A.; ZAMBOLIM, L.; POZZA, E. A. Influência da nutrição mineral na intensidade da mancha olho pardo em mudas de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 53-60, jan. 2001.

POZZA, E. A.; SALGADO, M.; PEREIRA, R. T.; PFENING, L. H. Escala diagramática para avaliar a severidade da mancha de Phoma do cafeeiro (*Coffea arabica*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 363, 2005. Suplemento.

ROLSHAUSEN, P. E.; GUBLER, W. D. Use of boron for the control of Eutypa Dieback of grapevines. **Plant Disease**, Quebec, v. 89, n. 7, p. 734-738, 2005.

RÖMHELD, V. Role of potassium, calcium, magnesium and phosphorus on disease resistance. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO MINERAL E DOENÇAS DE PLANTAS, 2005, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: Potafos, 2005. 1CD-ROM.

SALAC, I.; HANEKLAUS, S.; BLOEM, E.; BOOTH, E.; SUTHERLAND, K.; WALKER, K.; SCHNUG, E. Influence of sulfur fertilization on sulfur

metabolites, disease incidence and severity of fungal pathogens in oilseed rape in Scotland. **Landbauforschung Voelkenrode**, Braunschweig, v. 56, n. 1/2, p. 1-4, 2006.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 70, n. 8, p. 1183-1186, Aug. 1977.

SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N.; KRUGNER, T. L. Estado nutricional de *Eucalyptus citriodora* Hook cultivado sob diferentes doses de boro e sua relação com a agressividade de *Botryosphaeria ribis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 53, p. 57-70, 1998.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N. **Aspectos nutricionais envolvidos na ocorrência de doenças com ênfase para eucalipto**. São Paulo: IPEF, 2003. 13 p. (Circular técnica, 200).

SIMOGLOU, K. B.; DORDAS, C. Effect of foliar applied boron, manganese and zinc on tan spot in winter durum wheat. **Crop Protection**, Guildford, v. 25, n. 7, p. 657-663, July 2006.

SOCHTING, H. P.; VERRET, J. A. Effects of cultivation systems: soil management, nitrogen fertilization: on the epidemics of fungal diseases in oilseed rape (*Brassica napus* L. var. *napus*). **Journal of Plant Disease and Protection**, Berne, v. 1, n. 111, p. 1-29, Dec. 2004.

TANAKA, M. A. S.; PASSOS, F. A.; FEITOSA, C. T.; TANAKA, R. T. Efeito da adubação mineral e orgânica do morangueiro sobre a antracnose do rizoma, causada por *Colletotrichum fragariae*. **Summa Phytopatologica**, Jaguariuna, v. 28, n. 3, p. 236-241, mar. 2002.

XU, H.; HEATH, M. C. Role of calcium in signal transduction during the hypersensitive response caused by basidiospore-derived infection of the cowpea rust fungus. **Plant Cell**, Dordrecht, v. 10, n. 4, p. 585-598, Apr. 1998.

YAMADA, T. Resistência de plantas às pragas e doenças: pode ser afetada pelo manejo da cultura? **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 108, p. 1-7, 2004.

CAPÍTULO 4

INCIDÊNCIA DA CERCOSPORIOSE DOS FRUTOS NA QUALIDADE DO CAFÉ

1 RESUMO

Para estudos de composição química dos grãos de café da cultivar Catuai Amarelo, no estágio de maturação fisiológica completa, foram colhidos manualmente e individualmente separados 20 litros de frutos sem sintomas visíveis da cercosporiose (Frutos sadios) e 20 litros de frutos com sintomas visíveis da doença (Frutos doentes). Após essa separação, os frutos foram misturados em 5 proporções diferentes para compor os tratamentos: 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de frutos doentes para 100%, 75%, 50%, 25% e 0% de frutos sadios. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, sendo cada 8 litros de grãos considerados uma unidade experimental. Após secagem (umidade 12%), realizaram-se as análises para as características químicas: polifenóis, açúcares totais, lixiviação de potássio, condutividade elétrica e pH. Para polifenóis, potássio lixiviado e condutividade elétrica, houve aumento linear com o aumento da proporção de frutos doentes. Os açúcares totais, os sólidos solúveis e o pH reduziram de forma linear com aumento da proporção de frutos doentes. Cafés com teores mais elevados de açúcares possuem melhor qualidade de bebida. O aumento da acidez dos grãos em maiores proporções de frutos doentes deve-se à fermentação dos açúcares existentes na polpa e na mucilagem dos frutos, a qual é influenciada, entre outros fatores, por ação de microrganismos. A lixiviação de potássio e de condutividade elétrica são bons indicadores da integridade de membranas. Para composição física, verificou-se redução na quantidade de grãos retidos em peneiras de crivos maiores, P19 e M12.

Palavras-chaves: *Cercospora coffeicola*. Proporções. Composição química.

2 ABSTRACT

For the chemical composition studies of coffee grains cv “Catuai Amarelo”, in the complete physiological maturation stage, were manually harvested and individually separated in 20L of fruits without visible brown eye spot symptoms (Healthy berries) and 20 L of fruits with visible disease symptoms (Diseased berries). After this separation, berries were mixed in 5 proportions to give rise to the different ratios: 0, 25, 50, 75 and 100% of diseased berries to 100, 75, 50, 25 and 0% of healthy ones. The experimental design was in randomized blocks, where 8 L of grains was the experimental unit. After drying out (12% humidity), the grains were used for the chemical analysis: polyphenols, total sugars, lixiviated potassium, electrical conductivity and pH. For polyphenols, lixiviated potassium and electrical conductivity, there was a linear increase with the corresponding increase in the ratio of diseased berries in the sample. Total sugars, total soluble solids and pH reduced linearly with the increase in the ratio of diseased berries. Coffees with highest sugars have better drinking quality. The increase in acidity of grains in higher proportion of diseased berries is due to the fermentation of sugars present in the fruit flesh and mucilage which is dependent on, among other factors, the activity of microorganisms. The lixiviation of potassium and electrical conductivity are good indicators of the integrity of the membranes. For the physical composition, there was a reduction in the number of berries held on the larger opening sieves, P19 and M12.

Key-words: *Cercospora coffeicola*. Proportions. Chemical Composition.

3 INTRODUÇÃO

O café é uma das culturas de maior importância econômica e social para o Brasil, sendo um dos poucos produtos agrícolas com valor associado a parâmetros qualitativos. Nos últimos anos, com a redução da cota de exportação do produto, intensificou-se a demanda por cafés diferenciados. Para atender às exigências do mercado, torna-se imprescindível conhecer os fatores capazes de interferir na qualidade do produto final.

A qualidade do café depende de vários fatores, entre eles a composição química do grão, determinada por fatores genéticos, sistema de cultivo, tipo de processamento, sistema de armazenamento, forma de torração e preparo da bebida (Matos et al., 2006). Durante o processamento e o armazenamento, a infecção por fungos pode contribuir para reduzir a qualidade do café (Krug, 1941; Prete, 1992; Alves, 1996; Pereira, 1997), embora a infecção por alguns fungos, como *Cercospora coffeicola*, tenha início no campo.

O fungo *C. coffeicola*, agente etiológico da cercosporiose, infecta folhas e frutos. Nestes, promove queda prematura e acelera a maturação aumentando a quantidade de grãos chochos e mal granados e, conseqüentemente, resulta em perdas no rendimento e na qualidade do produto final (Zambolim et al., 2005; Pozza, 2008). Além disso, à medida que as lesões envelhecem, ocorre seca da mucilagem nas áreas infectadas e aderência da casca ao pergaminho, dificultando o processo de despulpamento. A influência da cercosporiose dos frutos na qualidade da bebida já foi relatada, mas, até o momento, nenhum estudo foi realizado para confirmar sua influência na composição química, física e sensorial do café.

Sendo assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de verificar alterações na composição química e física do café, causadas pela mistura de

diferentes proporções de frutos de café com e sem sintomas da cercosporiose e observar, por meio de microscopia eletrônica de varredura, a infecção do fungo *Cercospora coffeicola* na superfície de grãos de café naturalmente infectados apresentando sintomas típicos da doença.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para estudar a influência da cercosporiose na composição química, física e na qualidade de bebida, utilizaram-se grãos provenientes de uma lavoura localizada no município de Santo Antônio do Amparo, Minas Gerais. A cultivar utilizada neste estudo foi a 'Catuaí Amarelo', de seis anos de idade, plantada em espaçamento 1 x 2,5m. No estágio de maturação fisiológica, frutos cereja foram colhidos manualmente e individualmente separados em 20 litros de frutos sadios, ou seja, sem sintomas visíveis da doença e 20 litros de frutos com sintomas visíveis da doença (Figura 1), correspondente à nota 2, segundo escala proposta por Boldini (2001). Após essa separação, realizou-se a mistura de frutos sadios e doentes em cinco proporções diferentes para compor os tratamentos (Tabela1).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, sendo cada unidade experimental composta de 8 litros de café, misturados em diferentes proporções de frutos sadios e doentes. Os tratamentos consistiram de cinco proporções de frutos sadios e doentes, com quatro repetições. Depois da mistura das diferentes proporções, os frutos foram espalhados em terreiro de cimento para secagem, sendo revolvidos a cada 40 minutos, no período diurno, para garantir uniformidade da secagem e, ao entardecer, eram recolhidos e acondicionados em caixas de papelão abertas na extremidade superior. Quando

os frutos atingiram 12% de umidade, cada amostra foi separadamente acondicionada em embalagens de papel previamente identificadas e enviadas ao Laboratório de Qualidade de Café da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/Epamig, em Lavras, MG, para análise química, física e sensorial.

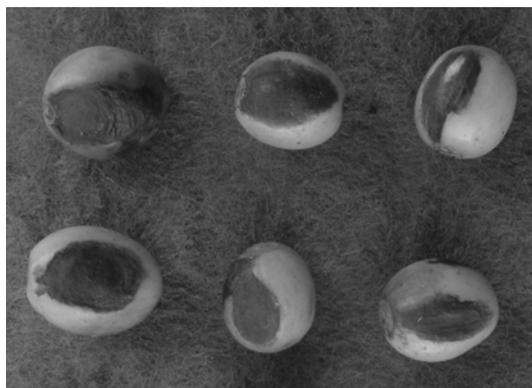


FIGURA1 Sintomas da cercosporiose em frutos de café cultivar Catuai Amarelo.

TABELA 1 Proporção de frutos sadios e doentes nos tratamentos.

Tratamentos	Proporção (%)	
	sadio	doente
1	100	0
2	75	25
3	50	50
4	25	75
5	0	100

As variáveis analisadas para composição química foram: compostos fenólicos, lixiviação de potássio, açúcares totais, redutores e não redutores, condutividade elétrica, sólidos solúveis e pH. Os grãos de café foram beneficiados em moinho tipo Croton Mod. TE-580 peneira 50 mesh e as variáveis analisadas em grãos crus, exceto análise sensorial.

Compostos fenólicos: para a extração de polifenóis, utilizou-se a metodologia de Goldstein & Swain (1963) com extrator metanol 50% e a determinação foi realizada por método Folin Denis, descrito por Cunniff (1998).

Açúcares totais: açúcares totais redutores e não redutores foram extraídos segundo método Lane-Enyon, conforme Cunniff (1998) e determinados pela técnica Smogy, adaptada por Nelson (1944).

Lixiviação de potássio: a quantidade de potássio lixiviado foi determinada em fotômetro de chama após 3 horas de embebição dos grãos, segundo metodologia proposta por Prete (1992).

Condutividade elétrica: determinada pela metodologia proposta por Loeffler et al. (1988). Quatro amostras de 50 grãos cada foram pesadas e imersas em 75 mL de água deionizada em recipientes plásticos. Esses recipientes foram colocados em estufa ventilada, a 25°C, por cinco horas. Após esse período, procedeu-se à leitura de condutividade elétrica da solução em condutivímetro.

A análise estatística do experimento foi realizada no programa SISVAR, versão 4.6 (Build 6.1), do qual foi obtida a análise de variância. As variáveis significativas no teste F foram submetidas ao ajuste de modelos de regressão polinomial.

Para visualizar a infecção do fungo, na superfície dos frutos de café, retiraram-se subamostras do tratamento com 100% de frutos doentes para observação em microscópio eletrônico de varredura. O preparo e a observação das amostras foram realizados no Laboratório de Microscopia Eletrônica e Análise Ultraestrutural (LME), no Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras. Imediatamente após colheita, realizaram-se cortes de 1cm² na casca dos frutos, os quais foram imersos em solução fixativa (Karnovisk's modificado), pH 7,2, por um período de 24 horas. Após esse período, as amostras foram colocadas em tampão caccodilato e, em seguida, esses fragmentos foram transferidos para uma solução de tetróxido de ósmio (1%) por 1 hora e, subsequentemente, desidratadas em série de acetona (25%, 50%, 75%, 90% e 100%) por 10 minutos. O processo foi repetido três vezes para concentração de 100%. Depois desse procedimento, as amostras foram levadas para o aparelho de secagem ao ponto crítico. Os espécimes obtidos foram montados em suportes de alumínio "stubs" com de fita de carbono colocada sobre película de papel alumínio, cobertos com ouro e observados em microscópio eletrônico de varredura LEO EVO 40 (Alves, 2005). Diversas imagens foram geradas e registradas digitalmente para observar a infecção do fungo na superfície dos frutos. Dessas imagens, foram selecionadas quatro, as quais foram preparadas no software Photopaint[®] do pacote Corel Draw 9[®].

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de polifenóis aumentaram de forma quadrática (Figura 2) com o aumento da proporção de frutos infectados por *C. coffeicola* (frutos doentes). A concentração de compostos fenólicos é inversamente proporcional à qualidade de bebida e diretamente associada à infecção de fungos e ao estágio de maturação dos frutos (Carvalho et al., 1989). Os frutos utilizados para compor os tratamentos do presente ensaio apresentavam o mesmo estágio de maturação. Assim, os maiores teores de polifenóis devem-se ao aumento da proporção de frutos com cercosporiose.

Os polifenóis, principalmente ácidos clorogênicos e cafeicos, exercem ação protetora antioxidante de aldeídos e participam nos mecanismos de defesa da planta mediante injúrias (Amorim, 1978). Sob condições adversas, como infecções por fungos, a enzima polifenoloxidase atua sobre polifenóis, reduzindo sua ação antioxidante e interferindo no sabor do café após a torração (Fernandes et al., 2001).

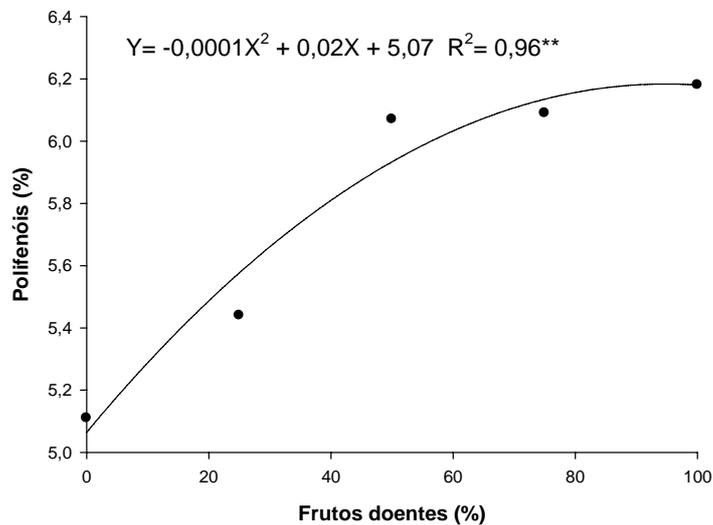


FIGURA 2 Polifenóis, em função de diferentes proporções de frutos de café infectados por *Cercospora coffeicola*.

Os açúcares totais, redutores e não redutores reduziram com o aumento da proporção de frutos doentes (Figura 3). Os valores encontrados no presente ensaio foram elevados, comparados aos observados por Mendonça et al. (2007). Esses autores, em trabalhos com a cultivar Catuaí Amarelo, encontraram valores de: 10,26%, 8,86% e 1,40%, para açúcares totais, redutores e não redutores, respectivamente. Porém, esses teores elevados são justificáveis devido à colheita seletiva de frutos no mesmo estágio de maturação (frutos cereja), tanto para frutos sadios quanto para doentes.

Cafés de melhor qualidade de bebida possuem teores mais elevados de açúcares, pois esses participam de importantes reações químicas que ocorrem durante a torração, dentre elas a reação de Maillard e/ou caramelização, responsáveis pela formação da cor, do sabor e do aroma peculiares da bebida (Pereira, 1997). Os açúcares estão presentes, em maior quantidade, no

mesocarpo mucilaginoso, servindo como substrato para o crescimento de fungos (Malta et al., 2002). A redução dos açúcares, com o aumento da proporção de frutos doentes, deve-se à retirada de nutrientes da mucilagem no processo de colonização do fungo *C. Coffeicola*.

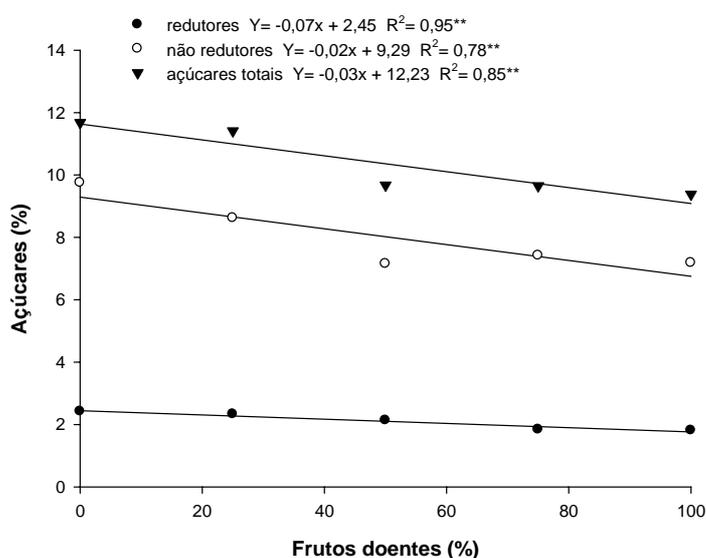


FIGURA 3 Açúcares totais, em função de diferentes proporções de frutos de café infectados por *Cercospora coffeicola*.

Para lixiviação de potássio e condutividade elétrica, observou-se aumento linear com o aumento da proporção de frutos doentes (Figuras 4 e 5, respectivamente). Sabe-se que a lixiviação de potássio e a condutividade elétrica, são bons indicadores da integridade de membranas (Amorim, 1978). Sendo assim, cafés de pior qualidade apresentaram maior lixiviação de potássio devido à maior degradação de membranas, resultando em maior efluxo desse íon. O potássio é relatado como principal íon que influencia a condutividade

elétrica. Em estudos com condutividade elétrica de exsudatos de grãos de café relacionados com a qualidade da bebida, Prete (1992) observou alta correlação entre potássio lixiviado e condutividade elétrica. No presente ensaio, esse fato deve-se ao fato de o fungo *C. coffeicola* ser necrotrófico e, portanto, produz enzimas que degradam as paredes celulares e, conseqüentemente, ocorre o extravazamento do conteúdo celular.

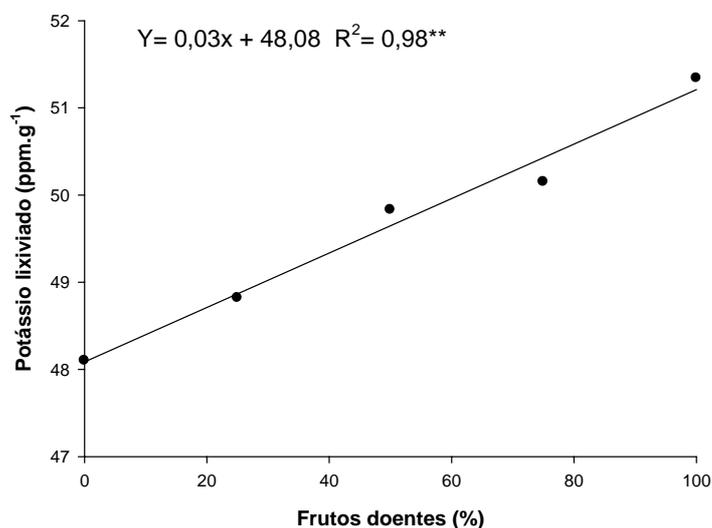


FIGURA 4 Potássio lixiviado, em função de diferentes proporções de frutos de café infectados por *Cercospora coffeicola*.

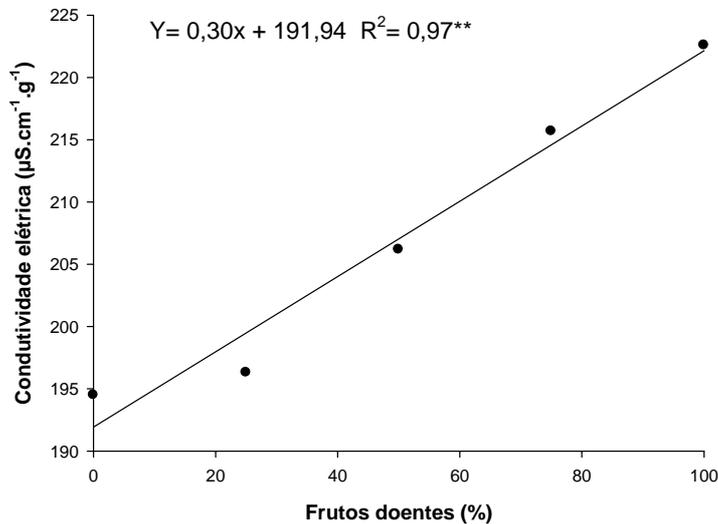


FIGURA 5 Condutividade elétrica, em função de diferentes proporções de frutos de café infectados por *Cercospora coffeicola*.

Os teores de sólidos solúveis também foram influenciados com o aumento de frutos doentes, sendo observada redução linear (Figura 6). Em estudos com grãos de café no estágio cereja, da cultivar Catuaí Amarelo, Mendonça et al. (2005) encontraram 29,5% para sólidos solúveis no processo de preparo “via seca”. Assim, os teores de sólidos solúveis obtidos, no presente ensaio, para 100% de frutos sadios, se aproximam dos valores observados por Mendonça et al. (2005). Ainda segundo esses mesmos autores, teores de sólidos solúveis mais elevados são desejáveis, pois contribuem para o rendimento industrial e asseguram melhor qualidade da bebida.

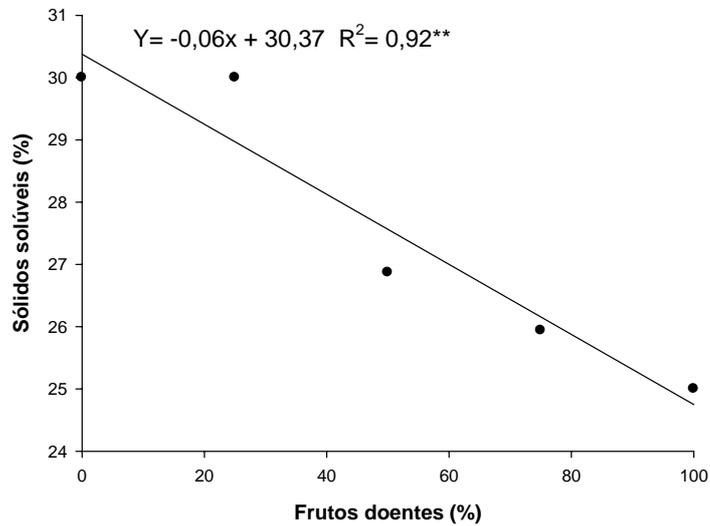


FIGURA 6 Sólidos solúveis, em função de diferentes proporções de frutos de café infectados por *Cercospora coffeicola*.

O aumento da proporção de frutos doentes alterou a acidez dos grãos (Figura 7). Os valores de pH encontrados no presente ensaio estão de acordo com os obtidos por Siqueira & Abreu (2006) em estudos com grãos de café crus, dos quais obtiveram valor de pH 5,88. Segundo esses mesmos autores, o pH é indicativo de alterações nos frutos, como fermentações indesejáveis.

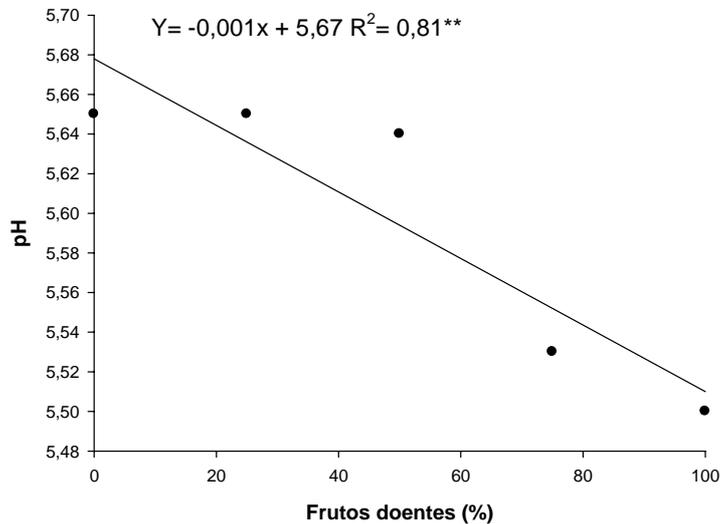


FIGURA 7 pH, em função de diferentes proporções de frutos de café infectados por *Cercospora coffeicola*.

Quimicamente, a acidez dos grãos de café é constituída predominantemente de ácidos não voláteis, tais como oxálico, málico, cítrico, tartárico, pirúvico e ácidos voláteis, representados pelos ácidos acético, propiônico, valérico e butírico (Feldman et al., 1969). Esses ácidos são originários de diversas rotas bioquímicas, bem como da fermentação ocasionada por microrganismos dos açúcares existentes na polpa e na mucilagem dos frutos, alterando a acidez dos grãos (Chalfoun, 1996). A redução da acidez com o aumento da proporção de frutos doentes é indicativo de que a cercosporiose influencia esse processo de fermentação natural dos grãos, seja de forma direta, pela produção de enzimas e toxinas ou indireta, por servir como porta de entrada para bactérias e outros fungos, os quais podem causar fermentações indesejáveis.

Em relação à composição física dos grãos de café do tipo “chato”, observa-se redução da quantidade de frutos retidos na peneira 19 e aumento na

peneira 16, indicando que a cercosporiose influenciou na formação dos frutos, resultando em frutos de menor tamanho (Figura 8). Para as demais peneiras, não houve diferença significativa.

Os grãos chatos, geralmente, originam-se de duas lojas do ovário e apresentam comprimento maior, comparado à largura, sendo a parte dorsal convexa e a parte central plana ou levemente côncava. Para esse tipo de grão, as peneiras variam de 10 a 19, sendo que nas peneiras 19, 18 e 17 ficam retidos grãos graúdos e nas peneiras 16, 15, 14, 13, 12, 11 e 10 grãos miúdos (Loures et al., 2007).

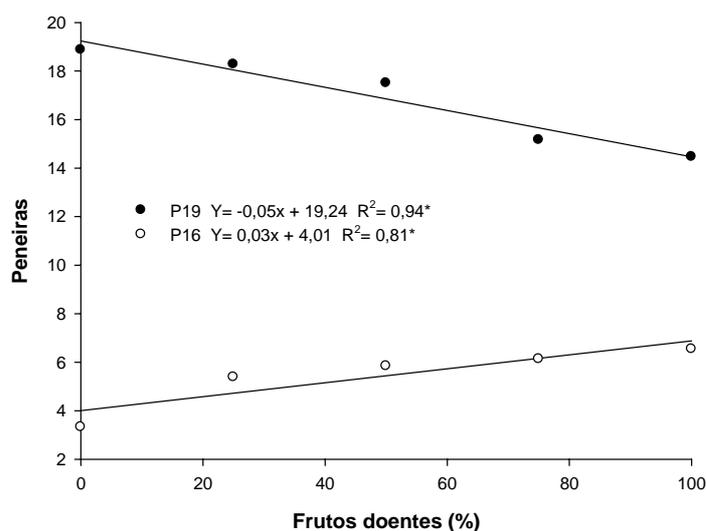


FIGURA 8 Classificação por peneiras, P19 (peneira 19) e P16 (peneira 16), em função de diferentes proporções de frutos de café infectados por *Cercospora coffeicola*.

Para grãos tipo moça, houve redução na quantidade de grãos retidos na peneira M12 (Figura 9), sem diferença significativa nas demais peneiras.

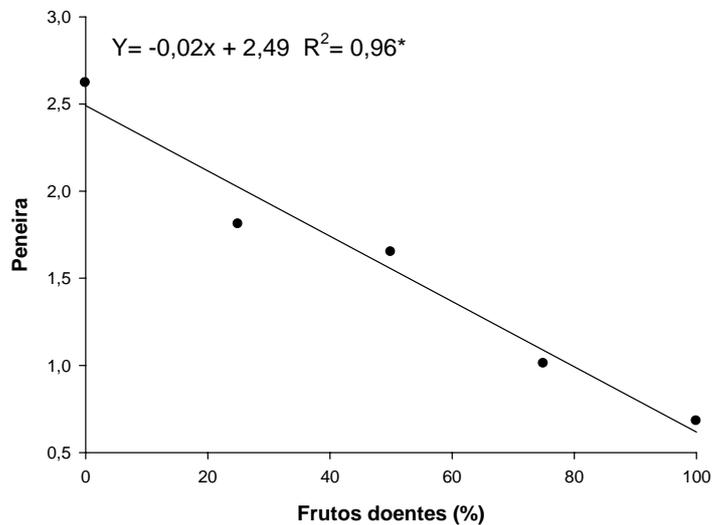


FIGURA 9 Classificação por peneiras, em função de diferentes proporções de frutos de café infectados por *Cercospora coffeicola*.

Grãos moca são aqueles provenientes da não fecundação de um dos óvulos, desenvolvendo apenas um grão que ocupa todo espaço dentro do fruto. As peneiras são 13 e 12 para moca graúdo e 11, 10, 9 e 8, para moca miúdo (Loures et al., 2007). Sabe-se que frutos infectados por *C. Coffeicola* podem ter o processo de maturação acelerado e formação de frutos chochos e mal granados. Assim, justifica o aumento da quantidade de grãos retidos em peneiras de crivos menores com aumento da proporção de frutos doentes.

Por meio da microscopia de varredura, foi possível visualizar a esporulação do fungo na superfície dos frutos de café (Figura 10-A) com formação de esporodóquios e conídios (Figura 10- B, C e D). O fungo *C. coffeicola* forma suas estruturas reprodutivas a partir de estômatos, formando, nessas áreas, lesões deprimidas e com o progresso da doença ocorre aderência da

casca ao pergaminho. Essas lesões servem como porta de entrada para outros fungos e bactérias e podem causar fermentações indesejáveis.

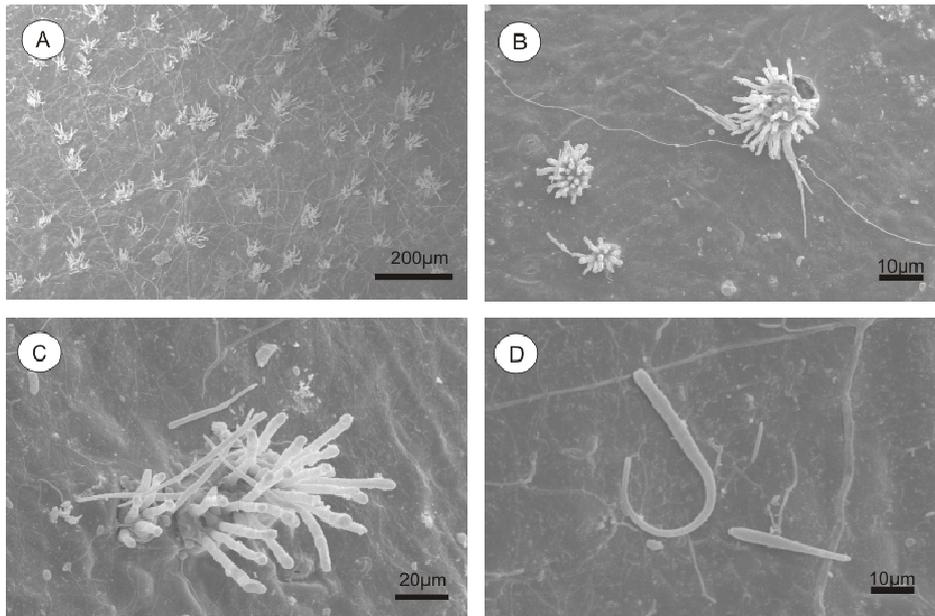


FIGURA 10 Eletromicrografia de varredura de *Cercospora coffeicola* infectando frutos de café. A- Esporulação do fungo na superfície dos frutos, B e C- Detalhe da esporulação do fungo na superfície do fruto a partir dos estômatos, D- Detalhe dos conídios.

6 CONCLUSÃO

- Com aumento da proporção de frutos doentes, houve aumento de forma quadrática no teor de polifenóis e linear do potássio lixiviado e condutividade elétrica e redução linear dos açúcares totais, sólidos solúveis e pH.

- Para composição física, observaram-se redução na quantidade de grãos retidos em peneiras de crivos maiores e aumento em peneiras de crivos menores.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E. **Curso introdutório de microscopia eletrônica de varredura.** Lavras: UFLA, 2005. 43 p.

ALVES, E. **População fúngica associada ao café (*Coffea arabica* L.) beneficiado e à fase pré e pós-colheita:** relação com a bebida e local de cultivo. 1996. 48 p. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

AMORIM, H. V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a determinação da qualidade.** 1978. 85 f. Tese (Livre Docência em Bioquímica) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

BOLDINI, J. M. **Epidemiologia da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro café (*Coffea arabica*, L.) irrigado e fertirrigado por gotejamento.** 2001. 68 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CARVALHO, V. D.; CHALFOUN, S. M.; COUTO, A. C.; CHAGAS, S. J. R.; VILELA, E. R. Efeito do tipo de colheita e local de cultivo na composição físico-química e química do grão beneficiado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 15., 1989, Maringá, PR. **Resumos...** Rio de Janeiro: MIC/IBC, 1989. p. 23-24.

CHALFOUN, S. M. S. **O café (*Coffea arabica* L.) na Região Sul de Minas Gerais:** relação da qualidade com fatores ambientais, estruturais e tecnológicos. 1996. 125 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CUNNINFF, P. A. **Official methods of analysis of AOAC international.** Arlington: Association of Official Analytical Chemists International, 1998. 1024 p.

FELDMAN, J. R.; RYDER, W. S.; KUNG, J. T. Importance of nonvolatile compounds to the flavor of coffee. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 17, n. 4, p. 733-739, July/Aug. 1969.

FERNANDES, S. M.; PINTO, N. A. V. D.; THÉ, P. M. P.; PEREIRA, R. G. F. A.; CARVALHO, V. D. Teores de polifenóis, ácido clorogênico, cafeína e proteína em café torrado. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 7, n. 3, p. 197-199, set./dez. 2001.

GOLDSTEIN, J. L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. **Phytochemistry**, Oxford, v. 2, n. 4, p. 371-382, Dec. 1963.

KRUG, H. P. Cafês duros III: relação entre porcentagem de microrganismos e qualidade do café. **Revista do Instituto do café**, São Paulo, v. 27, n. 163. p. 1827-1831, 1941.

LOEFFLER, T. M.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean quality. **Journal of Seed Technology**, Sangamon, v. 12, n. 1, p. 3-6, Dec. 1988.

LOURES, C. R.; ALVES, O. A. A. R.; ALOISE-JÚNIOR, R. **Classificação e degustação do café (*Coffea arabica*)**. Brasília: LK, 2007. 123 p.

MALTA, M. R.; SANTOS, M. L.; SILVA, F. A. M. Qualidade de diferentes cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1385-1390, maio 2002.

MATOS, A. T.; CABANELLAS, C. F. G.; SILVA, J. S.; MACHADO, M. C. Qualidade de bebida de grãos de café processados com água sob recirculação e tratamento físico-químico. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 14, n. 3, p. 141-147, jul./set. 2006.

MENDONÇA, L. M. V. L.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDES, A. N. G. Parâmetros bromatológicos de grãos crus e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 239-243, abr./jun. 2005.

MENDONÇA, L. M. V. L.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDES, A. N. G.; BORÉM, F. M.; MARQUES, E. R. Composição química de grãos crus de cultivares de *Coffea arabica* L. suscetíveis e resistentes à *Hemileia vastatrix* Berg et Br. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 413-419, mar./abr. 2007.

NELSON, N. A photometric adaptation of somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemists**, Baltimore, v. 153, n. 1, p. 370-380, Jan. 1944.

PEREIRA, R. G. F. A. **Efeito da inclusão de grãos defeituosos na composição química e qualidade do café (*Coffea arabica*, L.) “estritamente mole”**. 1997. 96 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

POZZA, E. A. A importância das doenças foliares do cafeeiro. In: _____. **Manejo fitossanitário da cultura do cafeeiro**. Lavras: UFLA, 2008. p. 81-94.

PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica*, L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. 1992. 125 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

SIQUEIRA, H. H.; ABREU, C. M. P. Composição físico-química e qualidade do café submetido a dois tipos de torração e com diferentes formas de processamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 112-117, jan./fev. 2006.

ZAMBOLIM, L.; VALLE, F. X. R. do; ZAMBOLIN, E. M. Doenças do cafeeiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de fitopatologia**. São Paulo, Ceres, 2005. v. 2, p. 165-180.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com uso da geoestatística, foi possível detectar, no sistema de cultivo convencional, dependência espacial entre os pontos amostrados para AACPI e AACPS, durante o período de agosto/07 a fevereiro/2008. Porém, no segundo período, fevereiro a agosto/2008, não houve correlação entre intensidade da mancha de phoma e os pontos amostrados, independente do sistema de cultivo. Comparando-se os dois sistemas, foram observadas maiores amplitudes entre valores máximos e mínimos da intensidade da doença no sistema convencional, indicando que existem locais onde as pulverizações estão subdimensionadas. Com a interpolação dos dados de AACPI e AACPS, foi possível visualizar locais com maiores e menores intensidades da mancha de Phoma.

Essa informação é importante para a determinação de distâncias de amostragens e para a agricultura de precisão, que objetiva o manejo localizado na lavoura. Em ensaios posteriores, recomenda-se avaliar a produtividade dos cafeeiros em cada ponto amostrado, correlacionando com a nutrição dos cafeeiros por, no mínimo, dois anos consecutivos. No ensaio conduzido em câmara de crescimento com fornecimento de diferentes proporções N/K via raiz, em solução nutritiva, observou-se influência do N e do K na intensidade da doença e no estado nutricional das mudas de cafeeiro. Sendo assim, é necessário estudar os mecanismos de defesa envolvidos na resistência das plantas de cafeeiro à mancha de phoma e verificar a relação N/K com a intensidade da doença em campo.

ANEXOS

TABELA 1A	Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos valores da AACPI e AACPS da mancha de phoma, em função da relação N/K na solução nutritiva. UFLA, Lavras, MG, 2009.....	Páginas 104
TABELA 2A	Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos valores de peso da matéria seca das mudas de cafeeiro, em função da relação N/K na solução nutritiva. UFLA, Lavras, MG, 2009.....	104
TABELA 3A	Resumo da análise de variância (quadrados médios) das concentrações, g kg ⁻¹ , de N, P, K, Ca, Mg e S, em função da relação N/K em solução nutritiva. UFLA, Lavras, MG, 2009.....	105
TABELA 4A	Resumo da análise de variância (quadrados médios) das concentrações, mg kg ⁻¹ , de B, Cu, Zn, Mn e Fe, em função da relação N/K em solução nutritiva. UFLA, Lavras, MG, 2009.....	105
TABELA 5A	Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos teores, de polifenóis (POL), açúcares-redutores (AR), não redutores (ANR), totais (AT) e potássio lixiviado (LK), em função de diferentes proporções de diferentes proporções de frutos infectados por <i>C. coffeicola</i> . UFLA, Lavras, MG, 2009.....	106
TABELA 6A	Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos teores, de condutividade elétrica (CE), sólidos solúveis (SS), pH, peneiras (P19, P16 e M12), em função de diferentes proporções de diferentes proporções de frutos infectados por <i>C. coffeicola</i> . UFLA, Lavras, MG, 2009.....	106

TABELA 1A Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos valores da AACPI e AACPS da mancha de phoma, em mudas de cafeeiro, em função da relação N/K na solução nutritiva. UFLA, Lavras, MG, 2009.

FV	GL	AACPI	AACPS
N	4	65234,02**	4045,21*
K	4	160685,37**	12346,26**
N x K	16	10016,27 ^{ns}	209,83 ^{ns}
Bloco	2	15932,22 ^{ns}	203,47 ^{ns}
Resíduo	48	11315,07	971,50
CV (%)		23,51	33,43

**Significativo, pelo teste F, a 1% de probabilidade; * Significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativa.

TABELA 2A Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos valores de peso da matéria seca das mudas de cafeeiro, em função da relação N/K na solução nutritiva. UFLA, Lavras, MG, 2009.

FV	GL	MSPA
N	4	8,015
K	4	3,67
N x K	16	1,68
Bloco	2	2,24
Resíduo	48	0,77
CV (%)		14,96

**Significativo, pelo teste F, a 1% de probabilidade; * Significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativa.

TABELA 3A Resumo da análise de variância (quadrados médios) das concentrações, g kg⁻¹, de N, P, K, Ca, Mg e S, em função da relação N/K em solução nutritiva. UFLA, Lavras, MG, 2009.

FV	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
N	4	111,18 **	0,06 ^{ns}	12,96 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,11 ^{ns}
K	4	97,04*	0,34 ^{ns}	75,34**	5,78**	0,19**	0,48**
N x K	16	24,61 ^{ns}	0,15 ^{ns}	16,20 ^{ns}	1,19 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Bloco	2	16,48 ^{ns}	0,19 ^{ns}	13,37 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Resíduo	48	28,63	0,15	6,14	0,79	0,03	0,05
CV (%)		12,20	17,00	10,73	10,87	8,14	9,99

**Significativo, pelo teste F, a 1% de probabilidade; * Significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativa.

TABELA 4A Resumo da análise de variância (quadrados médios) das concentrações, mg kg⁻¹, de B, Cu, Zn, Mn e Fe, em função da relação N/K em solução nutritiva. UFLA, Lavras, MG, 2009.

FV	GL	B	Cu	Zn	Mn	Fe
N	4	13,30 ^{ns}	12,79 ^{ns}	13,65 ^{ns}	662,64 ^{ns}	462,94 ^{ns}
K	4	226,82**	5,18 ^{ns}	49,56 ^{ns}	2564,46 ^{ns}	8334,36 ^{ns}
N x K	16	36,61 ^{ns}	4,24 ^{ns}	3,59 ^{ns}	1047,72 ^{ns}	2267,93 ^{ns}
Bloco	2	4,89 ^{ns}	5,39 ^{ns}	16,19 ^{ns}	3067,71 ^{ns}	1404,78 ^{ns}
Resíduo	48	17,78	2,31	8,89	1637,45	2045,49
CV (%)		10,26	20,70	15,59	35,80	14,62

**Significativo, pelo teste F, a 1% de probabilidade; * Significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativa.

TABELA 5A Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos teores, de polifenóis (POL), açúcares-redutores (AR), não redutores (ANR), totais (AT) e potássio lixiviado (LK), em função de diferentes proporções de diferentes proporções de frutos infectados por *C. coffeicola*. UFLA, Lavras, MG, 2009.

FV	GL	POL	AR	ANR	AT	LK
Proporção	4	0,90**	0,31**	5,15 **	8,22**	6,23*
Bloco	3	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,70*	0,67 ^{ns}
Resíduo	12	0,009	0,005	0,17	0,16	1,64
CV (%)		1,62	3,26	5,07	3,82	2,58

**Significativo, pelo teste F, a 1% de probabilidade; * Significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativa.

TABELA 6A Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos teores, de condutividade elétrica (CE), sólidos solúveis (SS), pH, peneiras (P19, P16 e M12), em função de diferentes proporções de diferentes proporções de frutos infectados por *C. coffeicola*. UFLA, Lavras, MG, 2009.

FV	GL	CE	SS	pH	P19	P16	M12
Proporção	4	589,00**	21,56**	0,02**	15,06*	6,32**	2,26*
Bloco	3	25,01 ^{ns}	1,54 ^{ns}	0,01 ^{ns}	3,10 ^{ns}	2,06 ^{ns}	1,30 ^{ns}
Resíduo	12	21,53	2,71	0,001	5,15	1,28	0,73
CV (%)		2,24	5,97	0,58	13,47	20,75	54,82

**Significativo, pelo teste F, a 1% de probabilidade; * Significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativa.