

PERSEU FERNANDO PERDONÁ

**FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO
CAFÉ ARÁBICA NAS REGIÕES DE CAFEICULTURA DE MONTANHA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Laércio Zambolim

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2020**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

P433f
2020 Perdoná, Perseu Fernando, 1987-
Fatores bióticos e abióticos que afetam a produtividade do
café arábica nas regiões de cafeicultura de montanha / Perseu
Fernando Perdoná. – Viçosa, MG, 2020.
54 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Laércio Zambolim.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 52-54.

1. *Coffea arabica*. 2. Café - Doenças e pragas. 3. Insetos
nocivos. 4. Café - Nutrição. 5. Fungicidas. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Fitopatologia. Programa de
Pós-Graduação em Defesa Sanitária Vegetal. II. Título.

CDD 22. ed. 633.7397

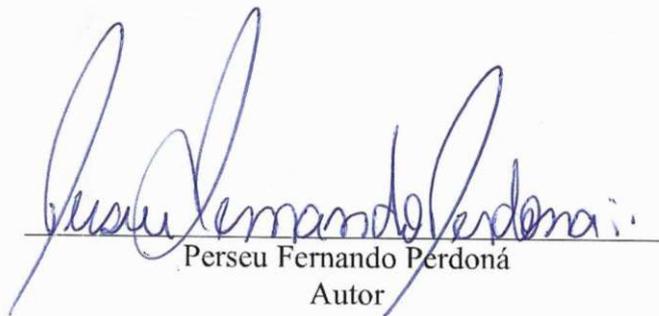
PERSEU FERNANDO PERDONÁ

**FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO
CAFÉ ARÁBICA NAS REGIÕES DE CAFEICULTURA DE MONTANHA**

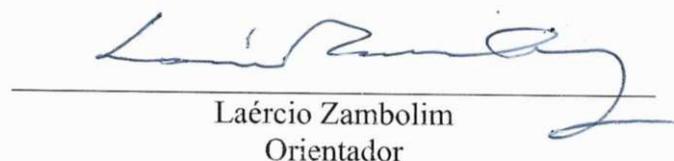
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 31 de julho de 2020.

Assentimento:



Perseu Fernando Perdoná
Autor



Laércio Zambolim
Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus.

Agradeço a minha esposa Sabrina Duarte Bonomo Perdoná que sempre me apoiou e ao meu filho Davi Bonomo Perdoná pela compreensão em minha ausência.

Agradeço aos meus pais Pedro e Marli, por me concederem princípios para que eu possa chegar até aqui.

Agradeço ao meu Gerente Carlos Augusto Pandolfi pelos ensinamentos, confiança e credibilidade, e por todo apoio que me deu durante todo o tempo do mestrado.

Agradeço ao meu Orientador Laércio Zambolim pelo aprendizado e por ter me orientado na condução desta tarefa, mesmo diante das dificuldades impostas neste percurso estive firme me ajudando.

Agradeço imensamente a todos produtores que sem nada receber permitiram a montagem das parcelas de pesquisa dentro de sua propriedade, disponibilizando áreas de lavoura durante todo o tempo de condução do experimento.

Agradeço a Cooperativa Agrária dos Cafeicultores de São Gabriel, pelo auxílio educação que me ofertaram, para ajudar custear o mestrado, me dando a oportunidade, tempo e recurso para conduzir este trabalho.

Agradeço a todos amigos e companheiros de trabalho da Cooabriel que me apoiaram e ajudaram na condução de muitos trabalhos essenciais para o andamento desta tese.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Agradeço ao Departamento de Entomologia da UFV especialmente o Professor Marcelo Picanço pela oportunidade e aprendizado.

RESUMO

PERDONA, Perseu Fernando, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2020. **Fatores bióticos e abióticos que afetam a produtividade do café arábica nas regiões de cafeicultura de montanha.** Orientador: Laércio Zambolim.

Inúmeras doenças bióticas incidem em cafezais, cultivados nas regiões montanhosas da Zona da Mata, do estado de Minas Gerais. Entretanto, são escassas as informações sobre a epidemiologia (curva de progresso das doenças, em relação ao teor de nutrientes e altitude) e, o efeito dos nutrientes sobre tais doenças, notadamente a Ferrugem, cercosporiose, mancha de Phoma, Ascochyta e Mancha Aureolada. Devido a esses fatos, o objetivo desse trabalho foi determinar a curva epidemiológica e, o estado nutricional das plantas, sobre as principais doenças do cafeeiro, da Zona da Mata, do Estado de Minas Gerais. Dezesesseis áreas experimentais, foram demarcadas em 16 municípios, em lavouras adultas, com alta produtividade, de pequenos produtores, no período de agosto de 2013 a julho de 2019, variando de 650 m a 1.250 m de altitude. Os estudos foram efetuados, utilizando cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, em lavouras com 4.500 a 5.000 plantas por hectare. Delimitou-se uma área de 400 plantas, sendo quatro repetições de 100 plantas, onde não foi aplicado nenhum tratamento, para o controle da ferrugem e nem de outras doenças. Na outra área de 400 plantas, foi aplicado fungicidas para o controle da ferrugem, de acordo com as estratégias de cada produtor. Em cada local as parcelas foram casualizadas. Os dados de incidência das doenças foram avaliados nas quatro repetições das testemunhas e dos tratamentos. Além disso, a cada seis meses, foram feitas análises foliares, das quatro repetições, das plantas das parcelas testemunhas e atomizadas. A adubação química do solo, foi feita pelos produtores de cada lavoura, visando conhecer a realidade da condução da cultura, de cada cafeicultor. No final de julho foram feitas as colheitas das plantas das parcelas, calculando-se o rendimento de cada área experimental. Constatou-se que a grande maioria dos produtores de café (cerca de 62,5%), da Zona da Mata de Minas Gerais, não empregam quantidade de nutrientes requerida pelas plantas de café, para uma boa produtividade. Em todas as lavouras dos municípios estudados, nas áreas consideradas testemunhas (sem aplicação de fungicidas) a incidência da ferrugem atingiu cerca de 78 a 89 %. Os picos da cercosporiose ocorreu nos meses de estiagem, em julho, agosto e setembro. Em seis municípios, a doença manteve-se abaixo de 3,6% de incidência, os outros municípios, que não empregaram estratégias recomendadas (Zambolim, 2009), apresentaram incidências variando de 4,2 a 6,3%, índices de incidência quase 100% maior, do

que aquelas áreas que receberam estratégias corretas. Quanto mancha de Phoma, os maiores picos da doença, ocorreram nos municípios Araponga (7,1%) e (8,2%), Manhumirin (6,9%) e (7,4%) e Simonésia (6,9%) e (8,9%) nas áreas atomizadas e testemunhas, respectivamente, no mês de agosto. Nos outros 13 municípios, o pico da doença ocorreu em julho e variou de 2,0 % a 7,2% e de 3,8% a 8,9% de incidência, nas áreas atomizadas e testemunhas, respectivamente. Os 12 municípios com altitude menor que 800m, apresentaram incidência da mancha de Phoma de 2,29% e 3,35%, nas áreas atomizadas e testemunhas, respectivamente. Nos municípios com altitude maior que 1200m (Araponga, Manhumirin e Simonésia), a incidência da doença foi de 3,41% e 4,37%, nas áreas atomizadas e testemunhas, respectivamente. Os índices máximos da mancha de Phoma, obtidos nos 16 municípios avaliados, esteve em torno de 7,0%. Em se tratando da mancha de Ascochyta, a doença foi constatada em todos os municípios avaliados, principalmente em altitudes abaixo de 800m e, nos meses mais chuvosos (novembro, dezembro, janeiro e fevereiro); entretanto, a incidência e severidade foi muito baixa, estando na faixa de 0,6 a 1,5%. Quanto a mancha Aureolada a doença somente foi constatada, em três municípios (São João do Manhuaçu, Reduto e Viçosa). Quanto a produção, encontrou-se diferença significativa pelo teste de Scott-Knot ($p < 0,05$), nos seis municípios (Coimbra, Araponga, Porto Firme Canaã, Piranga e São João do Manhuaçu), em relação aos demais. Nesses municípios os cafeeiros produziram em média, 43,26% a mais, do que a dos outros 10 restantes. A média de produção, das seis melhores lavouras foi de 39,11 Sc.ben./ha, enquanto as outras 10 lavouras, produziram em média 22,19 Sc.ben./ha. Tais municípios que apresentaram maiores produtividades foram aqueles que apresentaram teores foliares acima dos limites requeridos para o cafeeiro. A análise de correlação entre teores de nutrientes nas folhas, porcentagem de controle da ferrugem e produtividade foi positiva e significativa (maior que 0,95).

Palavras-chave: *Coffea arabica*. Doenças. Insetos-pragas. Nutrição. Fungicidas.

ABSTRACT

PERDONA, Perseu Fernando, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2020. **Biotic and abiotic factors that affect the productivity of Arabica coffee in mountain coffee regions.** Advisor: Laércio Zambolim.

Numerous biotic diseases affect coffee plantations, cultivated in the mountainous regions of the forest, in the state of Minas Gerais. However, information about epidemiology (disease progress curve, in relation to nutrient content and altitude) and the effect of nutrients on such diseases, notably Rust, cercosporiosis, Phoma stain, Ascochyta and Aureolate stain, are scarce. Based on these facts, the objective of this work was to determine the epidemiological curve and, the nutritional status of the plants, on the main diseases of the coffee tree, in the forest zone, in the State of Minas Gerais. Sixteen experimental areas were demarcated in 16 municipalities, in adult crops, with high productivity, from small producers, from August 2013 to July 2019, ranging from 650 m to 1,250 m in altitude. The studies were carried out, using the cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, in crops with 4,500 to 5,000 plants per hectare. An area of 400 plants was delimited, with four replications of 100 plants, where no treatment was applied, to control rust and other diseases. In the other area of 400 plants, fungicides were applied to control rust, according to the strategies of each producer. In each location as plots were randomized. Data on the incidence of diseases taken in the four repetitions of the controls and treatments. In addition, every six months, leaf analyzes were performed, of the four replications, of the plants in the control and atomized plots. The chemical fertilization of the soil was carried out by the producers of each crop, knowing the reality of the cultivation of each coffee grower. At the end of July, the plants were harvested from the plots, calculating the yield of each experimental area. It was found that the vast majority of coffee producers (about 62.5%), from the forest area of Minas Gerais, do not use the amount of nutrients caused by coffee plants, for good productivity. In all crops in the municipalities studied, in the areas considered to be witnesses (without application of fungicides) the incidence of rust reached about 78 to 89%. The peaks of cercosporiosis occurred in the dry months, in July, August and September. In six municipalities, the disease remained below 3.6% of incidence, the other municipalities, which did not use strategies recommended by the survey (Zambolim, 2009), presented incidences ranging from 4.2 to 6.3%, rates of incidence almost 100% higher, than those areas that received correct strategies. As for Phoma stain, the biggest peaks of the disease occurred in the municipalities of Araçuaia (7.1%) and (8.2%), Manhumirim (6.9%) and (7.4%) and Simonésia (6.9%)) and (8.9%) in the atomized and witness areas, respectively, in the month of August. In the other 13

municipalities, the peak of the disease occurred in July and varied from 2.0% to 7.2% and from 3.8% to 8.9% of incidence, in the atomized and control areas, respectively. The 12 municipalities with an altitude lower than 800m, had an incidence of Phoma stain of 2.29% and 3.35%, in the atomized and control areas, respectively. In municipalities with an altitude higher than 1200m (Araponga, Manhumirin and Simonésia), the incidence of the disease was 3.41% and 4.37%, in atomized and control areas, respectively. The maximum rates of Phoma stain, obtained in the 16 municipalities evaluated, were around 7.0%. In the case of Ascochyta stain, the disease was observed in all the municipalities evaluated, mainly at altitudes below 800m and, in the rainiest months (November, December, January and February); however, the incidence and severity was very low, ranging from 0.6 to 1.5%. As for the Aureolate spot, the disease was only found in three municipalities (São João do Manhuaçu, Reduto and Viçosa). As for production, a significant difference was found by the Scott-Knot test ($p < 0.05$), in the six municipalities (Coimbra, Araponga, Porto Firme Canaã, Piranga and São João do Manhuaçu), in relation to the others. In these municipalities coffee plants produced an average of 43.26% more than that of the remaining 10. The average production of the six best crops was 39.11 Sc.ben./ha, while the other 10 crops produced an average of 22.19 Sc.ben./ha. Those municipalities that presented the highest productivity were those that presented leaf contents above the limits required for coffee. The correlation analysis between nutrients in leaves, percentage of rust control and productivity was positive and significant (greater than 0.95).

Keywords: Coffea arabica. Diseases. Insect-pests. Nutrition. Fungicides.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 -** Incidência da ferrugem do cafeeiro, nos anos de alta carga de frutos pendentes nas plantas, em função das estratégias de controle empregadas pelos produtores. Médias dos anos 2013-2019.....30
- Figura 2 -** Incidência máxima da ferrugem em função da altitude.....33
- Figura 3 -** Área abaixo da curva do progresso da ferrugem (AACPD), nos anos de alta carga de frutos pendentes nas plantas, de acordo com as estratégias de controle químico, empregada pelos produtores, na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. Médias dos anos 2013 – 2019.....34
- Figura 4 -** Relação entre AACPD e teor de Nitrogênio considerando a evolução da cercosporiose em 16 municípios.....37
- Figura 5 -** Relação entre AACPD e teor de Potássio considerando a evolução da cercosporiose em 16 municípios.....37
- Figura 6 -** Relação entre AACPD e os teores de Nitrogênio e Potássio considerando a evolução da cercosporiose em 16 municípios.....38
- Figura 7 -** Curvas de progresso da incidência da Cercosporiose do cafeeiro, em função das estratégias de controle, empregadas pelos produtores, na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. Média dos anos 2013 a 2019.....40
- Figura 8 -** Área abaixo da curva do progresso da cercosporiose (AACPD), em função das estratégias empregadas pelos produtores, na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. Média dos anos 2013 a 2019.....42
- Figura 9 -** Incidência da Mancha de Phoma, em função das estratégias de controle, empregadas pelos produtores, na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. Média dos anos 2013 a 2019.....45
- Figura 10 -** Área abaixo da curva do progresso da mancha de Phoma (AACPD), em função das estratégias de controle empregadas pelos produtores, na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. Médias dos anos 2013 a 2019.....47
- Figura 11 -** Correlação entre AACPD da Ferrugem e produção.....50
- Figura 12 -** Correlação entre AACPD da Cercosporiose e produção.....50

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Áreas experimentais empregadas, no estudo da curva epidemiológica das doenças e, o teor de nutrientes das lavouras, em municípios da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais.....23
- Tabela 2** - Análise de nutrientes em folhas de café, em 16 municípios da Zona da Mata, do Estado de Minas Gerais. Médias dos anos 2014 a 2019.....28
- Tabela 3** - Parâmetros da função logística acumulada $f(x) = 1 / (1 + e^{-(b_0+b_1x_1)})$, da ferrugem do cafeeiro, em municípios da Zona da Mata, do Estado de Minas Gerais, em áreas atomizadas e não atomizadas.....35
- Tabela 4** - Produtividade de café em sacos beneficiados por hectare em 16 municípios da Zona da Mata de Minas Gerais.....49

SUMÁRIO

1. Introdução.....	11
2 - Objetivo geral.....	21
2.1 - Objetivos específicos.....	21
3. Material e Métodos.....	22
3.1 Localização das áreas experimentais	22
3.2 Detalhes da área experimental.....	25
3.3 Avaliação do progresso da ferrugem do cafeeiro.....	25
3.4 Avaliação do progresso da Cercosporiose	26
3.5 Avaliação do progresso da mancha de Phoma	26
3.6 Avaliação do progresso da mancha de Ascochyta	26
3.7 Avaliação do progresso da mancha Aureolada	26
3.8 Avaliação da produtividade	27
3.9 Controle das doenças nas áreas experimentais	27
4. Análise dos Dados	28
5. Resultado e Discussão	28
6. Conclusão	51
7. Referências Bibliográficas.....	52

1. Introdução

O café é um produto que ocupa posição de destaque mundial, na geração de empregos e renda, tanto para os países produtores como consumidores (PONTES, 2002). Destaca-se como um produto agrícola, dentre os mais importantes, nos aspectos sociais e econômicos para mais de 60 países produtores (OIC, 2012) e para centenas de outros mercados consumidores, constituindo-se em uma das cinco commodity agrícola mais comercializadas no mundo (FAO, 2010).

Há 124 espécies do gênero *Coffea*, destacando-se *Coffea arabica* e *Coffea conephora*, que representam a quase totalidade do café consumido no mundo. (DAVIS et. al., 2011). As duas espécies apresentam diferenças do ponto de vista agrônômico, bioquímico, sensoriais, mercado e da utilização. O que mais se observa é a demanda crescente pelo consumo do grão, com ênfase principalmente em cafés de qualidade superior, bem como a rastreabilidade da produção. (FERRÃO et al., 2017a).

As principais doenças foliares do cafeeiro são a ferrugem, a Cercosporiose, a mancha de Phoma, a mancha de Ascochyta e a mancha Aureolada (Zambolim et al., 1997; 1999; Vale et al., 2000). No manejo das doenças do cafeeiro, além dos três fatores responsáveis pelo surgimento de epidemias (patógeno, hospedeiro e ambiente), há que considerar o tipo de solo, disponibilidade de nutrientes, densidade de plantas por área e o estado nutricional (Zambolim et al., 2002).

A densidade de plantas por área afeta diretamente as doenças, podendo aumentar a severidade e provocar modificações no meio ambiente, alterando o microclima no dossel das plantas. Por outro lado, a disponibilidade de nutrientes presentes no solo pode predispor o cafeeiro ao ataque de certas doenças, tais como, a ferrugem, Cercosporiose, mancha de Phoma, mancha de Ascochyta e mancha Aureolada (Fernandez Borrero, et al., 1966; Miguel et al., 1976; Pozza et al., 2000; Pozza et al., 2001; Lima et al., 2010; Talamini et al., 2003). Além disso, o estado nutricional das plantas de cafeeiro e o seu grau de resistência genética, podem determinar a severidade de tais doenças. É de se esperar, portanto, que com maior número de plantas por área (5.000 plantas/ha) a severidade da ferrugem e da mancha de Ascochyta tende a aumentar sua importância devido ao microclima favorável. Nestas condições, a folhagem permanece molhada por mais tempo, o que favorece a germinação e a penetração dos esporos (Zambolim et al., 1997; 1999).

Estudos têm demonstrado que a despeito do controle fitossanitário, a incidência da ferrugem atingem índices muito elevados com maiores densidades de plantio (Vale et al., 2000).

Nos espaçamentos mais adensados, há um prolongamento do período de molhamento foliar, aumento da umidade relativa e redução da insolação no interior das lavouras. Esses fatores, possivelmente, mantêm a temperatura no interior da copa das plantas, numa faixa adequada para o desenvolvimento de certas doenças. Os anos de alta produtividade do cafeeiro, coincidem com alta severidade da ferrugem. Entretanto, não se sabe ainda cientificamente por que a doença só atinge alta severidade com os anos de alta carga pendente de frutos no cafeeiro (Zambolim et al, 1992).

A modernização da cafeicultura constitui uma meta importante a ser perseguida para que a propriedade possa ser gerida como empresa. A cafeicultura, portanto, deve ser eficiente, otimizar ao máximo os recursos naturais renováveis e tecnologias apropriadas para obter produtividades máximas e estáveis, com menor custo de produção e impacto ambiental. Além disso, a globalização da economia, afeta diretamente a dinâmica dos mercados e exige do tomador de decisão escolhas rápidas e acertadas.

A cafeicultura é uma atividade de risco, devido às oscilações de preços e às quebras de safra. Dentre os fatores que afetam a produtividade da cafeicultura estão o clima adverso, a falta e o desequilíbrio dos nutrientes, falta de chuva e as doenças bióticas e abióticas (Vale et al, 2000; Zambolim et al., 2002).

O excesso e falta de precipitações além de afetar o crescimento e o desenvolvimento do cafeeiro, influencia também, no pegamento das floradas e no favorecimento da ocorrência de doenças fúngicas, tais como a ferrugem, manchas de *Ascochyta*, *Phoma* e Olho Pardo. A mancha Aureolada, também é extremamente favorecida pelas chuvas. As chuvas intensas e de granizo podem predispor ao ataque do cafeeiro a mancha Aureolada (Zambolim & Brenes, 2018).

Regiões sujeitas a ventos frios e altas altitudes, podem predispor o cafeeiro, a mancha de *Phoma*. A perda atribuída a essas doenças em folhas do cafeeiro deve-se à desfolha prematura, que reduz a área fotossintética da planta, com conseqüente morte dos ramos plagiotrópicos (Gree, 1993; Fernández-Borrero, 1969; Zambolim, 2018c).

A ferrugem causada por *Hemileia vastatrix* Berk. & Broome ataca as plantações de café em todas as regiões do mundo onde é cultivada. No Brasil, foi constatada em janeiro de 1970, por Arnaldo Gomes Medeiros, no sul da Bahia em *C. arabica*. Quatro meses depois a doença foi encontrada em cafeeiros arábicos em quase todos os estados do Brasil. Hoje a doença pode ser encontrada em todas as regiões cafeeiras, podendo causar perdas de cerca de 35 %, onde as condições climáticas são favoráveis. Em condições de estiagem prolongada nos períodos de maior severidade da doença, as perdas na produção podem chegar a mais de 50 %. Os principais

danos causados pela ferrugem são a queda precoce das folhas e a seca dos ramos que, em consequência, não produzem frutos no ano seguinte.

De acordo com Zambolim, a ferrugem nos anos 2012 a 2014 foi responsável por prejuízos variando de 25 a 60 % nos países produtores de *C. arabica*, na América Central (Nicarágua, Honduras, Panamá) e na América do Sul (Equador). Os danos da ferrugem nesses países foram causados por vários fatores dentre os quais destacam-se: plantio da cultivar Caturra, susceptível à ferrugem, clima favorável, adensamento de plantas no campo, lavouras formadas sob sombra e desequilíbrio em nutrientes (Zambolim et al., 1997; 1999; 2018a).

A curva de progresso da ferrugem nos anos agrícolas de alta produção, em lavouras cultivadas em altitudes variando de 550 a 950 m, inicia-se em dezembro-janeiro e, de fevereiro a março, aumenta em escala logarítmica. De abril a maio, o aumento exponencial até atingir o pico em junho/julho. A partir de julho a doença começa diminuir, devido às baixas temperaturas, à queda de folhas provocada pela colheita, à senescência natural e também ao fato de que a grande severidade da doença provoca intensa desfolha das plantas. No ano agrícola seguinte, como a produção será baixa, a doença não ultrapassará 20 % a 30 % de incidência, mesmo em condições favoráveis do clima. O pico da ferrugem pode variar em função da altitude e da temperatura de maio a setembro (Zambolim et al., 2002). Por razões ainda não esclarecidas, a maior severidade de ataque da ferrugem ocorre em anos de alta carga de frutos pendentes nas plantas.

Uma vez que esta condição ocorra, outros fatores complementares que favorecem o desenvolvimento de epidemias da ferrugem são: nutrição desequilibrada, alta densidade foliar no início do período chuvoso e condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da doença, principalmente a temperatura, umidade relativa e o molhamento foliar prolongado (Carvalho & Chalfoun, 1998; 2010).

A temperatura afeta a germinação dos uredósporos de *H. vastatrix*, sendo ótima a 22,0°C, enquanto que abaixo de 15°C e acima de 28,5°C há grande redução neste processo em *C. arabica*. O período de incubação e o período latente variam de 25 a 55 dias e de 28 a 60 dias, respectivamente em campo. A luz inibe tanto a germinação como o crescimento do tubo germinativo dos uredósporos de *H. vastatrix*. Portanto, as condições favoráveis ao processo germinativo dos uredósporos ocorrem durante a noite (Capucho et al., 2011).

O vento é o mais importante agente de disseminação dos uredosporos do fungo a longas distâncias. A curta distância, a chuva tem papel primordial. A altitude exerce importância fundamental no desenvolvimento da ferrugem. Altitudes de 550 m até 950 m favorecem a ferrugem; acima de 1.000 m a incidência e severidade da doença decrescem, devido ao

abaixamento da temperatura à medida que a altitude aumenta. Com o decréscimo da severidade da ferrugem aumenta também o período latente do fungo nos tecidos do cafeeiro (Zambolim et al., 1997; 1999; 2018a;2002; Carvalho & Chalfoun, 1998; 2010).

A ferrugem além de ser uma doença agressiva ainda apresenta alta variabilidade genética; mais de 50 raças de *H. vastatrix* já foram identificadas no mundo (Várzea et al., 2005). No Brasil, já foram identificadas 15 raças do patógeno (Zambolim et., 2005; Zambolim, 2018a). No país baseia-se no controle químico pela aplicação de fungicidas (Souza et al., 2011; Zambolim, 2018a).

A cercosporiose ou Mancha de Olho Pardo, causada por (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke (*Mycosphaerella coffeicola* (Cooke) Stev. & Wellman)) é uma das doenças mais antigas do cafeeiro nas Américas e no Brasil. Atualmente, a doença se encontra amplamente disseminada nas lavouras de café, recebendo várias denominações: “Cercosporiose”, “Manchas Circulares”, “Olho Pardo”, “Olho de Pomba”, “Chasparria”, “Mancha de Hierro”, “Mancha del Fruto del Café” e “Brown Eye Spot”. No Brasil, as primeiras referências do seu aparecimento surgiram por volta de 1887. É relatado que nas regiões altas do Estado do Espírito Santo, a partir de 1971, ocorreram ataques intensos da doença no campo, chegando a causar danos de 30% na produção. Em condições de campo, a Cercosporiose causa grandes danos em cafeeiros de regiões produtoras de café da Colômbia, Porto Rico, Costa Rica, El-Salvador e Honduras, principalmente em lavouras sem a fertilização adequada (Fernandez Borrero et al., 1966). No Brasil quase 100 % das plantas de *C. arabica* crescendo no campo apresentam sintomas da Cercosporiose. Entretanto, dificilmente ocorre danos nas plantas fertilizadas apropriadamente.

Ainda não se conhece a sua fase teleomórfica, portanto na natureza o fungo reproduz-se de forma assexuada. O fungo produz um estroma fino com 50 µm de diâmetro, globular, marrom-escuro, fasciculado, variando de 3 a 30 hastes. Os conidióforos estão dispostos de forma irregular neste estroma, apresentando coloração marrom-claro levemente esbranquiçados na extremidade, algumas vezes ramificados, multiseptados, com 1 a 7 geniculações leves a abruptas e tamanho variando de 4 a 275 µm, apresentando as cicatrizes dos esporos na ponta. Os conídios são hialinos, aciculares a obclavados, quase retos, de base truncada e ponta aguda, indistintamente multiseptados, medindo de 2 a 150 µm de comprimento e 5 a 7µm de diâmetro. Os conídios são formados principalmente à noite e em dias frios e nublados, sendo disseminados por ventos e água (chuva, irrigação). Atingindo o cafeeiro e havendo umidade suficiente, os conídios germinam e o tubo germinativo penetra diretamente pela cutícula. No caso de infecção de frutos, o patógeno pode atingir as sementes. As condições ideais para a ocorrência da doença são umidade relativa alta e temperaturas entre 10°C e 25°C. O período de

incubação varia em função da temperatura, podendo ser de nove a quinze dias (Inomoto et al., 1969; Santos et al., 2004).

Para que a Cercosporiose não cause prejuízos econômicos na cultura do café, a incidência máxima da doença sem causar prejuízo fica entre 10 e 15%, sendo nesse percentual considerado aceitável para a cultura (ZAMBOLIM, 2009). A severidade da doença está diretamente relacionada à nutrição das plantas, principalmente com deficiência de nitrogênio (VENTURA, 1995).

A Cercosporiose é uma doença importante em cafeeiros estabelecidos em plena exposição solar ou com nutrição desequilibrada. Diversas outras condições favorecem o ataque do fungo como: baixas temperaturas, alta umidade, ventos frios, excesso de insolação, nutrição desequilibrada ou deficiente (principalmente nitrogênio e potássio), sistema radicular pouco desenvolvido (causado por adensamento de solo ou “pião torto”), deficiência hídrica severa e lavouras formadas em solos arenosos (Zambolim et al., 1997; 1999).

A intensidade dos sintomas da Cercosporiose, bem como as variáveis fisiológicas da planta, pode ser influenciada por fatores como temperatura, molhamento foliar, intensidade luminosa, oferta de água, fertilidade do solo e desequilíbrio nutricional. Os nutrientes minerais exercem funções específicas no metabolismo vegetal, afetando, assim, seu crescimento e sua produção. Além disso, a nutrição mineral pode promover modificações morfológicas ou químicas que aumentam ou reduzem a resistência das plantas às doenças, como as alterações nas paredes das células da epiderme, tornando-as mais grossas, com maior acúmulo de celulose e lignina e ainda mais resistentes, bem como alterar a composição química e a síntese de compostos fenólicos. Para expressar a resistência é necessário, além de outros fatores, que os nutrientes estejam em equilíbrio (Pozza et al., 2001; 2010). Quando a nutrição é balanceada, células epidérmicas lignificadas e com cutícula espessa são formadas, servindo como barreira física, evitando a penetração das hifas. Nesse caso, ocorre o melhor controle na permeabilidade da membrana citoplasmática, evitando a saída de açúcares e aminoácidos para os espaços intercelulares, capazes de nutrir os patógenos. Além da formação de compostos fenólicos, os benefícios da nutrição mineral balanceada são muitos.

Baixas dosagens de nitrogênio e altas de potássio, sem a presença do cálcio, proporcionam aumento na severidade da Cercosporiose e conseqüentemente maior desfolha do cafeeiro. O nitrogênio (N) é o nutriente mineral mais abundante na matéria seca das plantas e é responsável por promover o crescimento vigoroso da planta, sendo essencial para a produção de aminoácidos, proteínas, hormônios de crescimento, fitoalexinas e fenóis. No caso da Cercosporiose do cafeeiro, o aumento das doses de N, até o máximo recomendado, ao contrário

do que ocorre com outras doenças, reduz a intensidade. Além disso, o momento de aplicação do adubo, o seu maior parcelamento, a dose utilizada, a fonte de N usado, o tipo de solo e a interação de tais fatores podem influenciar no aumento ou na redução da doença (Malavolta, 1989).

O potássio (K) é um dos nutrientes de maior importância para a cultura do cafeeiro, sendo o segundo elemento mais exigido pela cultura. Plantas deficientes em K tornam-se mais suscetíveis à Cercosporiose devido à função metabólica desempenhada por este elemento. O potássio ativa enzimas, que atuam na fotossíntese e na respiração, auxilia na formação de aminoácidos e açúcares, atua na absorção celular, regula a abertura e o fechamento dos estômatos, além de estar envolvido no transporte de carboidratos para os frutos e outros órgãos do cafeeiro, sendo capaz de contribuir com a resistência das plantas a doenças, pragas e veranicos. Em geral, a nutrição adequada em potássio resulta em menor incidência de doenças devido ao aumento da resistência à penetração e à colonização de patógenos (VENTURA; ZAMBOLIM, 2012). Acima da dose de equilíbrio, em trabalhos com solução nutritiva e no campo, observou-se aumento na Cercosporiose provavelmente devido à competição do K^+ com os cátions Ca^{2+} e Mg^{2+} . Essa competição pela absorção dos cátions ocasionou em desordem nutricional, reduziu a espessura da cutícula e da parede celular e favoreceu a penetração de *C. coffeicola*. Tanto no campo quanto no viveiro, muitas vezes é comum encontrar excesso de K sem a devida calagem. Essa última, essencial tanto para aumentar o pH quanto para fornecer os íons Ca e Mg, fundamentais em processos de resistência e também para a fotossíntese e respiração, pode também reduzir a toxidez por alumínio e aumentar a CTC (t) do solo (Malavolta, 1989).

O cálcio (Ca) é constituinte essencial da parede celular da planta. A deficiência de Ca resulta em parede celular fina e com menor rigidez, tornando a planta vulnerável ao patógeno. Ca é utilizado na síntese de novas paredes celulares na lamela média, bem como na divisão celular. Trabalhos tem mostrado que o aumento das doses de cálcio em solução nutritiva e no campo, até o ideal e com equilíbrio na solução do solo, houve redução na área abaixo da curva de progresso da incidência da cercosporiose (Malavolta, 1989; Pozza et al. 2001; 2010).

A resposta das plantas à nutrição fosfatada no estágio inicial de crescimento e de desenvolvimento pode estar relacionada ao papel do P na síntese de proteínas e reações enzimáticas, por constituir proteínas necessárias à divisão celular, atuar no processo de absorção iônica, transferência de energia, além de ter grande influência sobre o desenvolvimento do sistema radicular. No solo, o fósforo pode reduzir a oferta de ferro, manganês, zinco e cálcio,

elementos que estão envolvidos no mecanismo de resistência das plantas às doenças. Com isso, indiretamente, o excesso de fósforo pode afetar a sanidade das plantas.

As plantas absorvem magnésio na forma de Mg^{2+} e a principal função deste macronutriente é a ativação de enzimas, cofator enzimático e também como componente da molécula de clorofila. Com isso, o magnésio pode afetar o tamanho, a estrutura e a função dos cloroplastos, sendo, portanto, essencial nos processos de fotossíntese, respiração e síntese de compostos orgânicos (Malavolta, 1989).

A mancha de Phoma causada por *P. tarda* foi constatada em 1975 em cafezais localizados nas regiões altas do Estado do Espírito Santo, encontrando-se, atualmente, disseminada nas principais áreas cafeeiras com altitude superior a 900 m. As regiões cafeeiras do Alto Paranaíba (Minas Gerais) têm sido intensamente atacadas pelo patógeno, principalmente, na Serra do Salitre nas localidades do Chapadão dos Ferros e das Emas. Lavouras formadas nas regiões altas de Araxá, estado de Minas Gerais também tem sido grandemente afetadas pela doença. A doença tem causado também danos em cafezais de diversas regiões do sul e Zona da Mata de Minas, mesmo aquelas abaixo de 900 m de altitude, desde que implantadas em locais sujeitos a ventos intensos e frios. Nessas condições a doença pode se tornar limitante para a cultura do café, a não ser que plantas do tipo quebra vento, sejam implantadas antes da formação da lavoura. Surtos esporádicos também podem ocorrer em mudas, em viveiros, se as plantas forem expostas a ventos frios. As maiores perdas na produção são verificadas em plantações sujeitas à ação de ventos frios, principalmente nos anos com excesso de chuvas no inverno.

A doença é causada por várias espécies do gênero Phoma. As espécies encontradas nos cafezais do País são: *Phoma tarda*, *Phoma costarricensis*, *Phoma herbarum*, *Phoma jolyana* var. *jolyana* e *Phoma leveillei* de acordo com Saldado e Pfenning (2006). Entre as espécies encontradas, *P. tarda* e *P. costarricensis* são as causadoras da mancha de folhas. Em casos de surtos epidêmicos, favorecidos pelas alterações do ambiente, comuns nas regiões onde essas espécies ocorrem, elas ocasionam seca dos ramos, devido à queima, e posterior morte das brotações novas, rosetas florais e frutinhas, comprometendo o desenvolvimento da planta e a sua posterior produção. Já as espécies *Phoma herbarum*, *Phoma jolyana* var. *jolyana* e *Phoma leveillei* ocorrem em associação com outras espécies de *Phoma*, presentes em regiões de temperaturas mais elevadas, causando lesões necróticas. Phoma é um fungo mistospórico. Temperaturas entre 16 a 20°C, altitude acima de 1.000 m e ventos constantes favorecem a doença. Estas condições podem ocorrer no início (setembro – outubro) e final do período das chuvas (março a abril). O fungo sobrevive por curto período de tempo em folhas caídas no solo

(Zambolim, 2018c). A disseminação dentro da planta e de planta para planta ocorre por respingos de chuvas e água de irrigação (Lima, et al., 2010).

A mancha de *Ascochyta* causada por *Ascochyta coffee* foi observada pela primeira vez na Etiópia em 1954 (Stewart, 1957), e no Brasil em 1902. Entretanto, somente na década de 80 a 90 a doença passou a ser observada em lavouras de café do Brasil, tanto no campo quanto em viveiro de formação de mudas. Em 1991, a doença foi relatada em cafezais plantados acima de 900 m de altitude no Alto Paranaíba (São Gotardo e Patrocínio em Minas Gerais). Nestes locais ocorreu o primeiro relato de ataque severo da doença em condições de campo no Brasil. Atualmente, a mancha de *Ascochyta* pode ser encontrada em quase 100 % das regiões onde se cultiva o café no Estado de Minas Gerais e em outros estados como Bahia (Vitória da Conquista, Barra do Choça) e no Espírito Santo (região serrana). A doença ocorre esporadicamente em outras regiões produtoras de café no Brasil, sendo considerada de importância secundária. Em viveiros, ocorre sempre que as condições de umidade são favoráveis. As condições que favorecem a doença são alta umidade nas folhas e no solo devido ao excesso de irrigação em viveiros. Viveiros localizados em locais encharcados e sujeitos a neblina também favorecem a doença. Não se conhecem os prejuízos que a doença causa; entretanto, o ataque, quer seja no campo quer em viveiro, causa desfolha intensa das plantas. A desfolha em condições de campo expõe os ramos à ação dos raios solares, o que ocasiona seca de ponteiros. A mancha de *Ascochyta* pode ser encontrada também em associação com a mancha de *Phoma* e com a Cercosporiose, formando um complexo de doenças. As três doenças podem surgir na mesma planta e até numa mesma folha. Quando as doenças surgem juntas, causam desfolha intensa e provocam a seca de ponteiros dos ramos do cafeeiro (Zambolim, 2018d).

A doença é causada pelo fungo mistospórico *Ascochyta coffeae*. Os conídios do fungo são hialinos, ovais com um septo e são formados em picnídios escuros e globosos, com ostíolo proeminente nas lesões. A doença ocorre comumente em lavouras de café, principalmente em altitudes superiores a 900 m, mas podem ser encontradas também em altitudes de 650 a 850 m em regiões que predominam alta umidade e chuvas constantes. As condições favoráveis à doença são alta umidade, período chuvoso prolongado e temperaturas variando de 18 a 26 °C. A doença se torna mais severa nas faces da lavoura mais úmidas e mais expostas a ventos frios. Na lavoura, a maior desfolha das plantas ocorre do lado do poente, face em que as folhas permanecem molhadas por maior período de tempo.

A doença ocorre nos cafezais nas regiões produtoras em épocas diferentes de acordo com a estação chuvosa. Na Zona da Mata e Sul de Minas Gerais pode ocorrer nos meses de

novembro a março; no Paraná e na região de Garça, em São Paulo, de fevereiro a junho, e na região do Alto Paranaíba do Triângulo Mineiro, de novembro a março.

A germinação dos conídios na superfície foliar requer água líquida e, após a penetração, o período de incubação varia de acordo com a temperatura, podendo ser de três a cinco dias. A disseminação do fungo ocorre dentro da planta por respingos de chuva, que disseminam os conídios das lesões de uma folha a outra e de planta para planta, por chuvas finas. A sobrevivência do fungo em lesões nas folhas caídas no solo é de curta duração aproximadamente 40 a 60 dias.

A incidência da doença varia de região para região, variando de maneira geral de 8 a 10 %, sendo considerada baixa. Entretanto, em lavouras de café da região da Barra do Choça na Bahia, a incidência pode atingir 30 a 50 %, nos meses chuvosos de março a junho, levando as plantas a desfolha intensa e seca dos ramos plagiotórpicos (Zambolim, 2018d).

A mancha aureolada causada por *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* é conhecida também como crestamento bacteriano ou mancha bacteriana e foi descrita no Brasil pela primeira vez em 1956, no município de Garça, no Estado de São Paulo. Surtos esporádicos da doença foram relatados posteriormente. Há relatos de ataque severo em mudas ainda em viveiro. Em condições de campo, foram registrados no Estado do Paraná, após a geada de 1975, surtos da doença em plantas em fase de recuperação, atingindo principalmente as brotações. Na região de São Gotardo, no Estado de Minas Gerais, na década de 80, a doença surgiu em épocas chuvosas, provocando intensa seca de ramos. Hoje a doença ocorre no Sul e na Zona da Mata Mineira após a ocorrência de chuvas de granizo. Desfolha e seca de ramos podem ocorrer nessas condições. Entretanto a doença não progride se as condições climáticas favoráveis não persistirem (Zambolim at. al., 2018f).

As condições favoráveis a doença são alta precipitação pluviométrica, altas temperaturas e injúria mecânica. A bactéria necessita de água na superfície dos órgãos da planta para penetrar e causar a doença. A penetração da bactéria nos tecidos foliares ocorre por aberturas naturais (estômatos) e por injúrias mecânicas causadas por implementos agrícolas e chuva de granizo. A doença geralmente ocorre na fase de granação dos frutos, coincidindo com períodos de intensa precipitação pluviométrica principalmente granizo em campo. Nestas condições, a evolução da doença é muito rápida. A abrasão das folhas entre si e as partículas de areia trazidas pelo vento provocam injúrias nas folhas e nos ramos, que funcionam como porta de entrada da bactéria nos tecidos (Zambolim at. al., 2018f).

Lesões nas folhas e ramos provocados pela mancha-de-olho-pardo, mancha de *Phoma* e de *Ascochyta* e bicho mineiro podem também facilitar a penetração da bactéria, quer no campo

ou em viveiros de café. A disseminação da bactéria ocorre dentro da planta e de planta para planta pela ação de respingos de chuvas. A doença pode incidir nas plantas de outubro a janeiro e de abril a julho e pode variar com a região e as condições climáticas.

Todos estes fatores que afetam a produção necessitam ser pesquisados, principalmente em cafeicultura de montanha, visando à adoção de medidas apropriadas para se obter o máximo de produtividade do cafeeiro. As doenças bióticas e abióticas sofrem grandes influências do clima em todas as fases fenológicas do cafeeiro, afetando conseqüentemente na produtividade e qualidade do produto. Daí a importância deste estudo, principalmente em cafeicultura de montanha, para que se possa aumentar a produtividade e qualidade do café produzido. São escassas as informações sobre a curva epidemiológica das principais doenças que atingem o cafeeiro, notadamente o efeito dos nutrientes na severidade das doenças em cafeicultura de montanha. Uma das hipóteses a ser testada é a de que a nutrição adequada e equilibrada pode reduzir a intensidade de doenças e evitar atomizações desnecessárias à cultura.

2 - Objetivo geral

Estudar a curva epidemiológica e o estado nutricional do cafeeiro na incidência da ferrugem, Cercosporiose, mancha de Phoma, Ascochyta e Aureolada em cafeicultura de montanha.

2.1 - Objetivos específicos

1. Avaliar a curva epidemiológica da ferrugem do cafeeiro, Cercosporiose, Mancha de Phoma, Mancha de Ascochyta e Mancha Aureolada em relação ao estado nutricional das plantas em cafeicultura de montanha;

3. Material e Métodos

3.1 Localização das áreas experimentais

Os experimentos foram conduzidos em lavouras cafeeira, no período de agosto de 2013 a julho de 2019, em lavouras adultas, de alta produtividade, localizada em 16 municípios, na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, variando de 615 m a 1.250 m de altitude (Tabela 1). Os estudos foram efetuados, utilizando cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, em lavouras com 4.500 a 5.000 plantas por hectare. Cada município contou com uma área experimental.

Tabela 1. Áreas experimentais e o número de aplicações de defensivos agrícolas empregadas, no estudo da curva epidemiológica das doenças e, o teor de nutrientes das lavouras, em municípios da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais.

Município	Altitude (m)	Idade da lavoura (anos)	Produtos e número de atomizações para o controle de doenças				
			Ferrugem	Mancha Olho Pardo	Mancha Phoma	Mancha Ascochyta	Mancha Aureolada
1.Coimbra	725	7	Triazol + inseticida via solo (Uma aplicação) + Duas aplicações foliares triazol + estrobilurina	Não	Não	Não	Não
2.Ervália	790	8	Triazol + inseticida via solo (Uma aplicação)	Não	Não	Não	Não
3.Teixeiras	680	7	Cupricos (Duas aplicações) + triazol + estrobilurina (Uma aplicação).	Não	Não	Não	Não
4.Viçosa	650	9	Triazol + estrobilurina (Duas aplicações)	Não	Não	Não	Não
5.Araponga	1215	8	Atomizações com cobre (Duas aplicações) + triazol + estrobilurina (Duas aplicações)	Não	Não	Não	Não
6.Canaã	800	7	Pulverização com cobre (Cinco aplicações)	Não	Não	Não	Não
7.Porto Firme	750	8	Duas de triazol + estrobilurina + 2 de cobre	Não	Não	Não	Não
8.Piranga	785	7	Triazol + estrobilurina (Duas aplicações) + Pulverização com cobre (Duas aplicações)	Não	Não	Não	Não
9.Cajuri	810	8	Triazol + estrobilurina (Uma aplicação)	Não	Não	Não	Não

			+ Pulverização com cobre (Três aplicações)				
10.São Miguel do Anta	700	6	Pulverização com cobre (Três aplicações)	Não	Não	Não	Não
11.São João do Manhuaçu	805	6	Triazol + estrobilurina (Duas aplicações) + Pulverização com cobre (Três aplicações)	Não	Não	Não	Não
12.Manhumirin	1250	7	Triazol + estrobilurina (Uma aplicação) + Pulverização com cobre (Uma aplicação)	Não	Não	Não	Não
13.Reduto	820	8	Pulverização com cobre (Duas aplicações)	Não	Não	Não	Não
14.Simonésia	1210	9	Triazol + estrobilurina (Uma aplicação)+ Pulverização com cobre (Uma aplicação)	Não	Não	Não	Não
15. Inhapim	615	8	Triazol + estrobilurina (Uma aplicação)+ Pulverização com cobre (Uma aplicação)	Não	Não	Não	Não
16.São Sebastião do Anta	760	8	Triazol + estrobilurina (Três aplicações)	Não	Não	Não	Não

3.2 Detalhes da área experimental

Em cada município foi escolhida aleatoriamente, uma lavoura de café utilizada para produção comercial. Em cada lavoura escolhida, delimitou-se uma área de 400 plantas, onde não foi aplicado tratamento para o controle das doenças foliares. A área selecionada foi subdividida em quatro parcelas de 100 plantas. Separou-se também outra área com 400 plantas onde foram aplicados fungicidas para o controle da ferrugem de acordo com as estratégias de cada produtor. Esta área foi também subdividida em quatro parcelas de 100 plantas.

Os dados de incidência e severidade das doenças (ferrugem, mancha de Phoma, mancha de Ascochyta, mancha Aureolada e Cercosporiose) foram obtidos em intervalos mensais, em ambas as áreas selecionadas, em suas respectivas subparcelas. A cada seis meses, foram feitas análises foliares das quatro repetições das plantas das parcelas tratado e não tratado.

A adubação química do solo foi feita pelos próprios produtores, visando representar a realidade da condução da cultura praticado por cada cafeicultor em sua respectiva propriedade, desta forma, retratando a realidade dos produtores.

3.3 Avaliação do progresso da ferrugem do cafeeiro.

A avaliação do progresso da ferrugem foi feita por meio de amostras de folhas, coletadas mensalmente em todos os meses do ano, retirando-se ao acaso, cinco folhas de cada lado da planta, entre o terço médio e o inferior, no 3º ou 4º par de folhas completamente desenvolvidas, dos ramos plagiotrópicos totalizando 10 folhas / planta e 50 folhas por repetição. Após a coleta, as folhas foram acondicionadas em sacos plásticos, previamente identificados, e encaminhados para o laboratório onde foi avaliada a incidência e a severidade da ferrugem, pela contagem do número de folhas com sinais da doença. A porcentagem de infecção em cada unidade experimental foi calculada utilizando-se da seguinte fórmula: % de infecção = (no de folha com ferrugem / no total de folhas) x 100.

A área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) do cafeeiro para incidência foi calculada pelo método de integração trapezoidal, de acordo com a equação proposta por Campbell e Madden (1990).

O período usado no cálculo da AACPD foi desde a data da primeira avaliação no mês de agosto até a data da última avaliação no mês de julho do ano seguinte.

O mesmo método foi utilizado para avaliação das demais doenças, bem como o período de análise das mesmas no campo.

3.4 Avaliação do progresso da Cercosporiose

A avaliação do progresso da Cercosporiose foi feita, por meio de amostras de folhas, coletadas mensalmente em todos os meses do ano, retirando-se ao acaso, cinco folhas de cada lado da planta, no terço superior, no 2º ou 3º par de folhas completamente desenvolvidas, dos ramos plagiotrópicos, totalizando 10 folhas / planta e 50 folhas por repetição. Após a coleta, as folhas foram acondicionadas em sacos plásticos, previamente identificados, e encaminhados para o laboratório onde foi avaliada a incidência da Cercosporiose, pela contagem do número de folhas com sintomas da doença.

3.5 Avaliação do progresso da mancha de Phoma

A avaliação do progresso da mancha de Phoma foi feita por meio de amostras de folhas, coletadas mensalmente em todos os meses do ano, retirando-se ao acaso, cinco folhas de cada lado da planta, no terço superior, no 1º ou 2º par de folhas completamente desenvolvidas dos ramos plagiotrópicos, totalizando 10 folhas / planta e 50 folhas por repetição. Após a coleta, as folhas serão acondicionadas em sacos plásticos, previamente identificados, e encaminhados para o Laboratório, onde foi realizada a contagem do número de folhas com sintomas da doença

3.6 Avaliação do progresso da mancha de Ascochyta

A avaliação do progresso da mancha de Ascochyta foi feita por meio de amostras de folhas, coletadas mensalmente em todos os meses do ano, retirando-se ao acaso, cinco folhas de cada lado da planta, no terço superior, no 2º ou 3º par de folhas completamente desenvolvidas dos ramos plagiotrópicos, totalizando 10 folhas / planta e 50 folhas por repetição. Após a coleta, as folhas foram acondicionadas em sacos plásticos, previamente identificados, e encaminhados para o Laboratório, onde foi avaliada a incidência da mancha de Ascochyta, pela contagem do número de folhas com sintomas da doença.

3.7 Avaliação do progresso da mancha Aureolada

A avaliação do progresso da mancha Aureolada foi feita por meio de amostras de folhas, coletadas mensalmente em todos os meses do ano, retirando-se ao acaso, cinco folhas de cada

lado da planta, no terço superior, no 2º ou 3º par de folhas completamente desenvolvidas dos ramos plagiotrópicos, totalizando 10 folhas / planta e 50 folhas por repetição. Após a coleta, as folhas foram acondicionadas em sacos plásticos, previamente identificados, e encaminhados para o Laboratório, onde foi avaliada a incidência da mancha Aureolada, pela contagem do número de folhas com sintomas da doença.

3.8 Avaliação da produtividade

Foi avaliada a produtividade (sacas de 60 kg de café beneficiado. ha⁻¹) nas safras de 2013 a 2019. Avaliou-se anualmente, a produção de frutos, em litros de “café da roça” por parcela, sendo as colheitas realizadas entre os meses de junho e julho de cada ano, considerando um rendimento médio de 480 litros de “café da roça” para cada saca de 60 Kg de café beneficiado (Carvalho et al., 2009). Plantas de cada unidade experimental com mais de 80% de frutos no estágio de cereja, foram colhidas de uma só vez e pesadas separadamente. Em cada unidade experimental, foi retirada uma amostra de dois litros, de café cereja, para calcular o rendimento.

3.9 Controle das doenças nas áreas experimentais

Cada produtor adotou sua própria estratégia de controle das doenças. Na Tabela 1 encontra-se o número de atomizações empregadas para o controle das doenças.

4. Análise dos Dados

Todas as análises foram feitas utilizando o *software Statistical Analysis System (versão 8.0, SAS Institute, Cary, NC)*. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância. A normalidade e a homogeneidade das variâncias foram testadas usando o procedimento *UNIVARIATE (SAS Institute, 2001)*.

5. Resultado e Discussão

Os resultados das análises de folhas, em diferentes municípios, considerando a média de 2014 a 2019 encontra-se resumido na Tabela 2. Observa-se que houve variação do teor de nutrientes (N, P, K, Ca, S, Mg, Zn, B, Mn e Fe) entre as 16 lavouras dos municípios avaliados, nos seis anos avaliados. Observou-se que seis municípios, (Coimbra, Araponga, Porto Firme, Piranga, São Miguel do Anta e São Sebastião do Anta) apresentaram concentração de nutrientes, acima dos limites ideais estabelecidos, para a cultura do café. As outras 10 lavouras, apresentaram concentração de nutrientes na análise foliar, abaixo dos limites estabelecidos, para a cultura. Esses resultados demonstram que, a grande maioria dos produtores de café da Zona da Mata de Minas Gerais não empregam a quantidade de nutrientes, requerida pelas plantas de café, para obtenção de uma boa produtividade. Todas essas lavouras, pertencem a cafeicultura familiar, e possivelmente não demandam de recursos para a fertilização adequada, entretanto, seis cafeicultores são mais bem instruídos, e por isso, seguem melhor as recomendações técnicas.

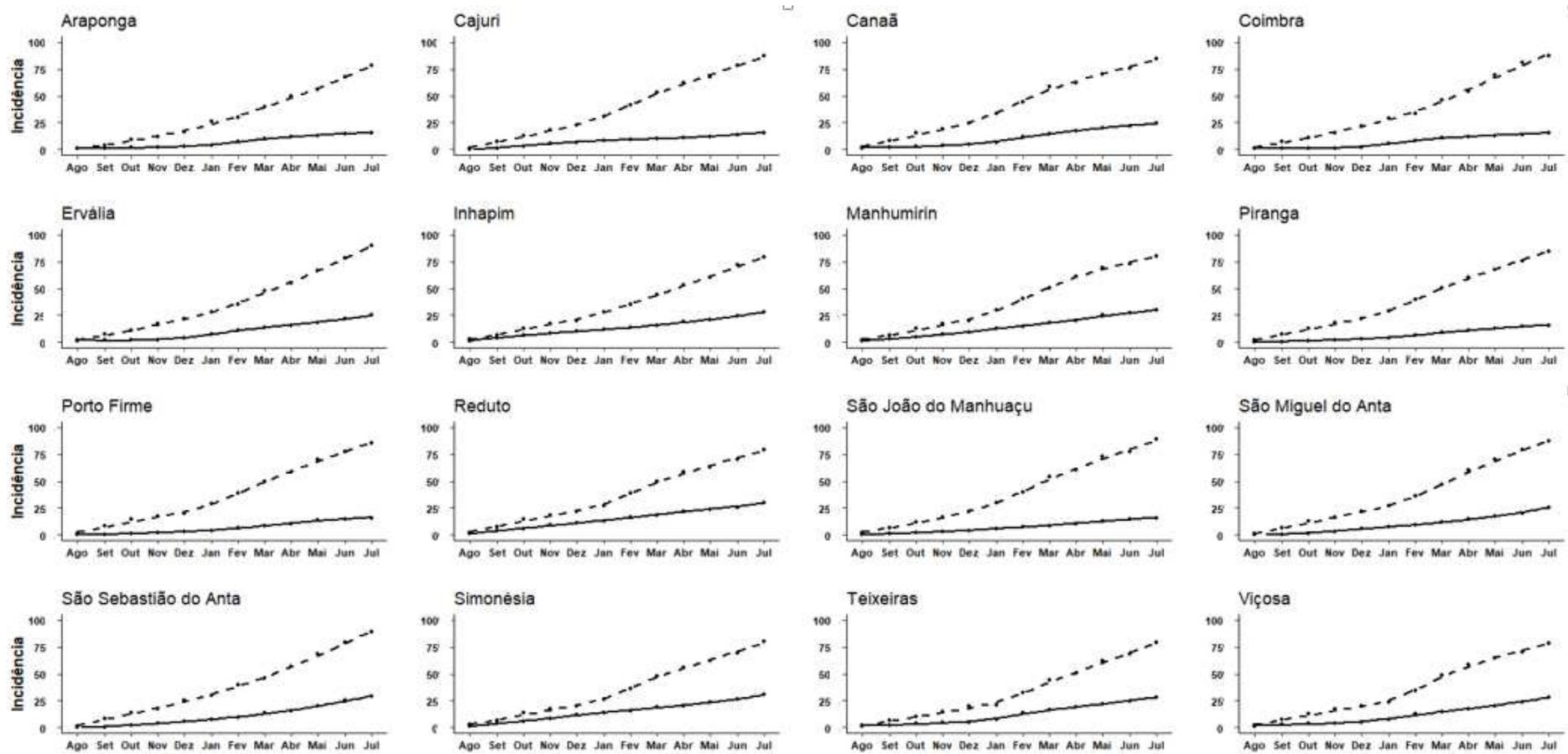
Tabela 2. Análise de nutrientes em folhas de café, em 16 municípios da Zona da Mata, do Estado de Minas Gerais. Médias dos anos 2014 a 2019.

Município	Produtor	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	B	Mn	Fe
		Dag/kg (%)						Mg/kg			
		2,5-3,5	0,05-0,15	1,2-2,3	0,5-1,5	0,2-0,5	0,05-0,20	7-20	30-80	30-200	50-200
1.Coimbra	S.V.	3,7	0,17	2,51	2,1	0,55	0,18	20,0	91,2	257	212
2.Ervália	V.F.S.	2,8	0,09	1,35	0,8	0,19	0,10	12,0	34,6	168	142
3.Teixeiras	F.S.G.	2,7	0,10	1,12	0,9	0,16	0,09	10,5	39,4	198	150
4.Viçosa	J.B.	2,1	0,08	1,20	0,5	0,20	0,08	9,4	35,2	175	138
5.Araponga	J.B.D.	3,6	0,16	2,45	2,2	0,60	0,26	22,3	92,0	230	223
6.Canaã	M.G.R.	2,5	0,05	1,05	0,5	0,12	0,04	9,0	32,0	135	45
7.Porto Firme	E.S.	3,9	0,15	2,45	1,7	0,62	0,19	24,0	98,3	255	213
8.Piranga	C.A.S.	3,7	0,16	2,47	1,9	0,59	0,18	26,0	99,1	267	238
9.Cajuri	C.A.T.	1,9	0,07	1,34	1,0	0,25	0,09	7,0	39,2	159	59

10.S. Miguel Anta	E.A.G.	3,5	0,15	2,17	1,6	0,47	0,19	19,7	71,0	248	239
11.S. João Manhuaçu	M.A.J.	2,2	0,09	1,33	0,9	0,18	0,09	12,2	38,5	199	174
12.Manhumirin	D.F.S.	2,7	0,08	1,01	0,8	0,23	0,10	10,9	40,8	186	158
13.Reduto	J.B.	2,6	0,10	1,09	0,3	0,37	0,10	12,8	38,4	205	160
14.Simonésia	G.S.	2,5	0,09	1,11	0,5	0,32	0,09	11,4	39,8	235	154
15. Inhapim	J.A.S.	2,2	0,05	1,05	0,5	0,23	0,07	9,9	30,1	267	182
16.S. Sebastião Anta	S.M.	3,8	0,16	2,45	1,5	0,43	0,19	20,9	74,2	275	249

As curvas de progresso e os resultados da incidência (%) da ferrugem do cafeeiro, em parcelas atomizadas e testemunhas, em 16 municípios da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, encontram-se na Figura 1. Em todas as lavouras dos municípios estudados, nas áreas consideradas testemunhas (sem aplicação de fungicidas) a incidência da ferrugem atingiu cerca de 78 a 89 %, índice considerado muito alto. Isso demonstra que a doença nessas lavouras, onde foram coletados os dados para o presente trabalho, atingiram valores consideráveis, para se avaliar os resultados das estratégias empregadas pelos produtores.

Figura 1. Incidência da ferrugem do cafeeiro em função das estratégias de controle empregadas pelos produtores. Médias dos anos 2013 a 2019.



(-.-.) Testemunha; (---) Controle químico.

Estratégias empregadas de controle químico: Araponga: cobre (2) e triazol + estrobilurina (2); Cajuri: triazol + estrobilurina (2) e cobre (3); Canaã: cobre (5); Coimbra: triazol + inseticida via solo (1 vez) e triazol + estrobilurina (2); Ervália: triazol + inseticida via solo (1 vez); Inhapim: triazol + estrobilurina (1) e cobre (1); Manhumirim: triazol + estrobilurina (1) e cobre (1); Piranga: triazol + inseticida via solo (1 vez) e triazol +

estrobilurina (2); Porto Firme: triazol + estrobilurina (2) e cobre (2); Reduto: cobre (2); São João do Manhuaçu: triazol + estrobilurina (2) e cobre (3); São Miguel do Anta: cobre (3); São Sebastião do Anta: triazol + estrobilurina (3) e cobre (1); Simonésia: triazol + estrobilurina (1) e cobre (1); Teixeiras: triazol + estrobilurina (1) e cobre (2); Viçosa: triazol + estrobilurina (2).

A ferrugem nos anos de alta carga de frutos pendentes das plantas das parcelas testemunhas atingiu valores de incidência de 8,8 % (lavoura de Canaã) no mês de setembro; nas lavouras dos municípios que foram atomizadas a incidência da ferrugem atingiu 5,4 % no mês de novembro; no mês de dezembro a doença atingiu 12,0 %. Esses resultados demonstram que, em anos de alta carga de frutos pendentes nas plantas, a curva de progresso da ferrugem inicia mais cedo, desde que haja chuvas, nos meses de setembro/outubro/novembro. O pico da ferrugem em todos os municípios avaliados foi em julho. Pico da doença na Região Sul de Minas também foi verificado por Talamini et al. (2003).

Observou-se que a ferrugem, nas lavouras dos municípios de Coimbra, Araponga, Porto Firme, Piranga, Cajuri São João do Manhuaçu que utilizaram o controle químico corretamente, seja pela aplicação de triazol + inseticida via solo ou foliar com a aplicação de triazol + estrobilurina e fungicida cúprico 2 a 3 aplicações e ou somente fungicida cúprico, com 4 aplicações, iniciaram em agosto/setembro com 0,1 a 2,0% de incidência e atingiu o pico, em julho com 16 - 18%. As curvas da doença em todas as lavouras avaliadas seguiu o formato de uma sigmoide (Figura 1). Tais índices de ferrugem na época da colheita (pico da doença), demonstram que, as estratégias empregadas nas lavouras dos desses municípios, foram eficientes. Índice da ferrugem do cafeeiro na colheita até 20% é aceitável sob o ponto de vista do controle eficiente da doença (Zambolim et al., 1997; 1999; 2000; 2018a). Entretanto, nas outras lavouras dos 10 municípios restantes (Ervália, Viçosa, Teixeiras, Canaã, São Miguel do Anta, Manhumirin, Reduto, Simonésia, Inhapim e São Sebastião do Anta) a incidência atingiu valores em torno de até 30% na colheita. Tais índices demonstram que, as estratégias de manejo da ferrugem adotadas pelos produtores, nessas lavouras, não foram eficientes. Em lavouras desses municípios foram utilizado número reduzido de aplicação de produtos químicos no ciclo agrícola da cultura, quer seja via solo ou por via foliar, propiciando que a doença alcançasse altos índices de incidência (Zambolim et al., 1997; 1999; 2000; 2018a).

Outra observação importante foi com relação ao comportamento da doença em relação a altitude. Observou-se aumento da ferrugem entre altitude de 700 a 850 metros, considerado o ponto ideal para manifestação dessa. Acima de 1000 metros a doença começa a decair devido as baixas temperaturas, desfavorecendo o crescimento e disseminação do fungo. Figura 2.

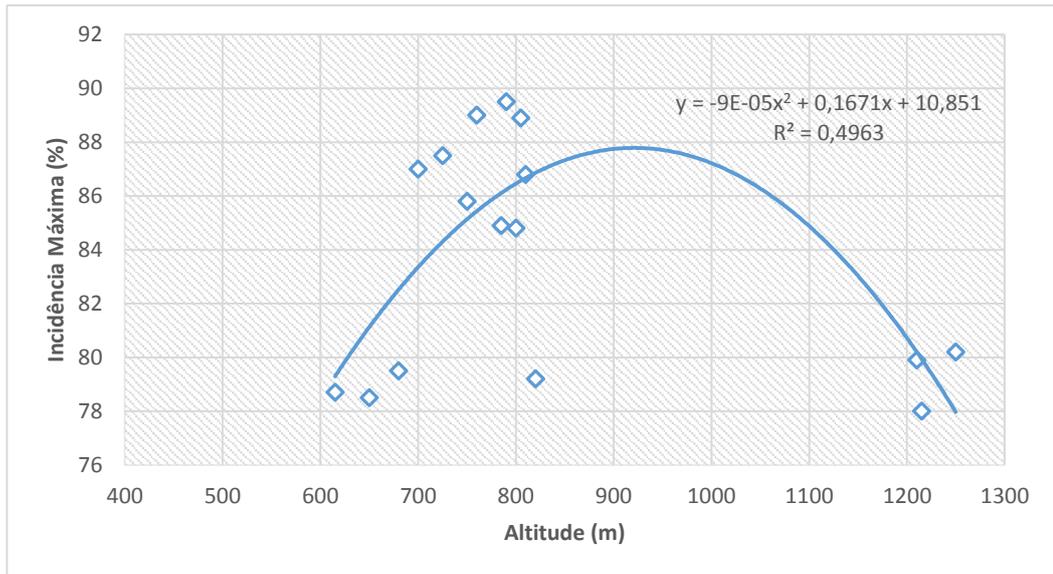
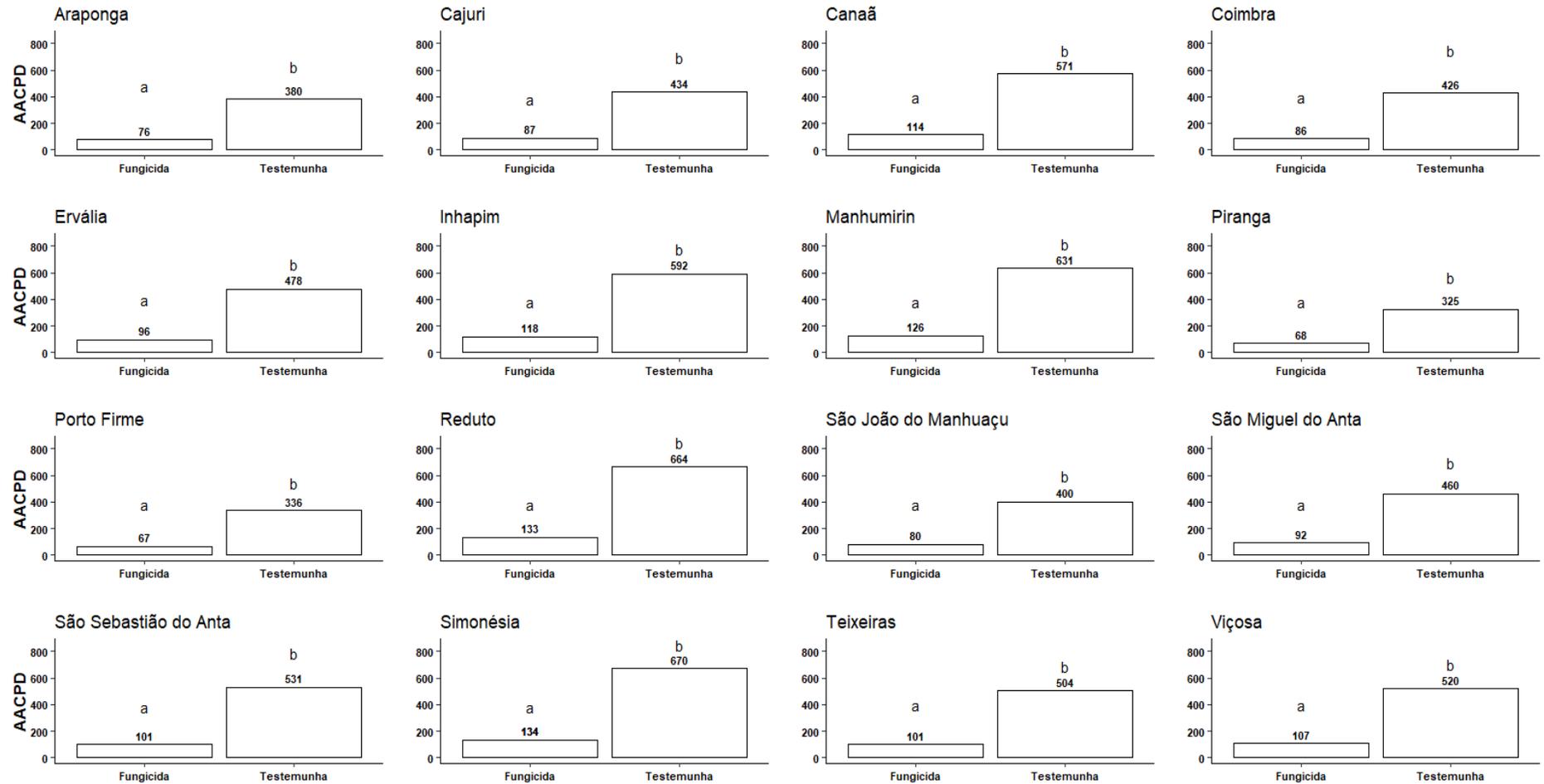


Figura 2: Incidência máxima da ferrugem em função da altitude.

As áreas abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) encontram-se na Figura 3. Os menores valores de AACPD foram obtidos nas lavouras dos municípios de Porto Firme, Piranga, Araponga, Coimbra, São João do Manhuaçu e Cajuri. A AACPD nas lavouras desses municípios variou de 67,3 a 86,8. A incidência da ferrugem foi menor significativamente pelo teste de *Scot-Knot*, considerando esses seis municípios em relação aos outras dez lavouras. As lavouras dos outros 10 municípios atingiram valores de AACPD entre 92,2 a 134,0 (Figura 3). Esses resultados demonstram mais uma vez que, quando o controle químico da ferrugem é feito com base em orientação técnica, obtém-se resultados positivos no controle da doença.

Figura 3 - Área abaixo da curva do progresso da ferrugem (AACPD), nos anos de alta carga de frutos pendentes nas plantas, de acordo com as estratégias de controle químico, empregada pelos produtores, na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. Médias dos anos 2013 – 2019.



*Médias com letras diferentes não difere entre si, pelo teste de SCOTT-KNOTT ($P < 0,05$).

Estratégias empregadas no controle químico da ferrugem: Araponga: cobre (2) e triazol + estrobilurina (2); Cajuri: triazol + estrobilurina (2) e cobre (3); Canaã: cobre (5); Coimbra: triazol + inseticida via solo (1 vez) e triazol + estrobilurina (2); Ervália: triazol + inseticida via solo (1 vez); Inhapim: triazol + estrobilurina (1) e cobre (1); Manhumirim: triazol + estrobilurina (1) e cobre (1); Piranga: triazol + inseticida via solo (1 vez) e triazol + estrobilurina (2); Porto Firme: triazol + estrobilurina (2) e cobre (2); Reduto: cobre (2); São João do Manhuaçu: triazol + estrobilurina (2) e cobre (3); São Miguel do Anta: cobre (3); São Sebastião do Anta: triazol + estrobilurina (3) e cobre (1); Simonésia: triazol + estrobilurina (1) e cobre (1); Teixeiras: triazol + estrobilurina (1) e cobre (2); Viçosa: triazol + estrobilurina (2).

Na Tabela 3 encontra-se os parâmetros da função logística acumulada $f(x) = 1 / (1 + e^{-(b_0 + b_1 x_1)})$, da ferrugem do cafeeiro, em municípios da Zona da Mata, do Estado de Minas Gerais, em áreas tratamento e testemunha. Observa-se que, os valores do intercepto da regressão (b_0) variaram de 0,26 a 0,42 nas áreas atomizadas; nas áreas testemunhas a variação foi de 0,37 a 0,45. Quanto aos valores do coeficiente da variável preditora, em relação as avaliações mensais (b_1), variaram de -3,35 a -4,62 e de -3,72 a -3,10, nas áreas atomizadas e testemunhas, respectivamente. O R^2 da regressão foi superior a 0,90, o que demonstra que os valores foram bem ajustados. Esses resultados mostram que a ferrugem foi muito mais severa nas áreas testemunhas, sendo significativo pelo teste t de Student ($p \leq 0,05$) e variou muito em relação as diversas áreas dos municípios avaliados. Em relação ao AIC, o modelo logístico foi escolhido dentre os modelos de Gompertz, exponencial e Linear devido apresentar menores valores de AIC.

Tabela 3. Parâmetros da função logística acumulada $f(x) = 1 / (1 + e^{-(b_0 + b_1 x_1)})$, da ferrugem do cafeeiro, em municípios da Zona da Mata, do Estado de Minas Gerais, em áreas atomizadas e não atomizadas.

Município	Tratamento	b_0^*	b_1^*	R^2	AIC
Coimbra	Fungicida	0,26	-4,52	0,897	10,65
	Testemunha	0,44	-3,36	0,991	5,86
Ervália	Fungicida	0,28	-4,30	0,962	67,45
	Testemunha	0,44	-3,57	0,992	10,71
Teixeiras	Fungicida	0,27	-3,98	0,966	73,23
	Testemunha	0,40	-3,53	0,994	10,98
Viçosa	Fungicida	0,27	-4,04	0,981	71,53
	Testemunha	0,39	-3,32	0,991	11,16
Araponga	Fungicida	0,26	-4,58	0,925	58,29

	Testemunha	0,41	-3,72	0,994	10,80
Canaã	Fungicida	0,27	-4,13	0,947	69,17
	Testemunha	0,41	-3,12	0,991	11,16
Porto Firme	Fungicida	0,30	-3,40	0,996	57,35
	Testemunha	0,42	-3,10	0,935	10,95
Cajuri	Fungicida	0,20	-3,88	0,894	60,74
	Testemunha	0,43	-3,37	0,996	10,90
Inhapim	Fungicida	0,21	-3,39	0,978	76,18
	Testemunha	0,38	-3,25	0,996	11,29
Manhumirin	Fungicida	0,24	-3,59	0,963	7,91
	Testemunha	0,41	-3,31	0,994	1,12
Piranga	Fungicida	0,28	-4,86	0,939	57,36
	Testemunha	0,42	-3,37	0,996	11,05
Reduto	Fungicida	0,22	-3,35	0,955	80,49
	Testemunha	0,37	-3,12	0,992	11,43
São João do Manhuaçu	Fungicida	0,25	-4,52	0,950	58,36
	Testemunha	0,45	-3,52	0,996	10,67
São Miguel do Anta	Fungicida	0,31	-4,63	0,970	65,78
	Testemunha	0,45	-3,61	0,995	10,66
São Sebastião do Anta	Fungicida	0,32	-4,62	0,981	69,55
	Testemunha	0,42	-3,39	0,990	10,97
Simonésia	Fungicida	0,22	-3,37	0,956	80,25
	Testemunha	0,38	-3,24	0,994	11,27

b_0 = intercepto da regressão; b_1 = coeficiente da variável preditora em relação as avaliações mensais; R^2 - Coeficiente de determinação ajustada para o modelo logístico; AIC= Coeficiente de Informação de Akaike; * Parâmetros diferentes de 0 pelo teste t de Student ($p \leq 0,05$).

Quanto a Cercosporiose causada por *Cercospora coffeicola*, a doença teve comportamento diferente na intensidade e nas diferentes épocas do ano. A doença ocorreu em todos os meses do ano em maior ou menor intensidade. Observou-se vários picos da doença, ao longo da epidemia, nos diferentes municípios avaliados, tanto nas áreas atomizadas quanto na áreas testemunhas. Os picos da doença nas parcelas testemunhas, coincidiram com o pico das áreas atomizadas, em todos municípios, tendo sido atingido nos meses de março, abril (Figura 7). Segundo vários autores, existe uma associação entre deficiência hídrica e desenvolvimento da cercosporiose, seja devido a períodos de estiagem prolongada ou solos onde há pouca retenção de água (Miguel et al., 1976; Santos et al., 2004). A deficiência hídrica, que normalmente está associada à deficiência nutricional, ou o desequilíbrio da relação N/K, também podem favorecer o desenvolvimento da doença (Fernández Borrero et al., 1966; Boldini, (2001); Talamini et al., 2003; Lima et al. 2010). Nas figuras 4, 5 e 6 é demonstrado o

comportamento da doença frente o nível dos elementos N, K e ambos ao mesmo tempo na AACPD.

Figura 4 - Relação entre AACPD e teor de Nitrogênio na folha considerando a evolução da cercosporiose em 16 municípios.

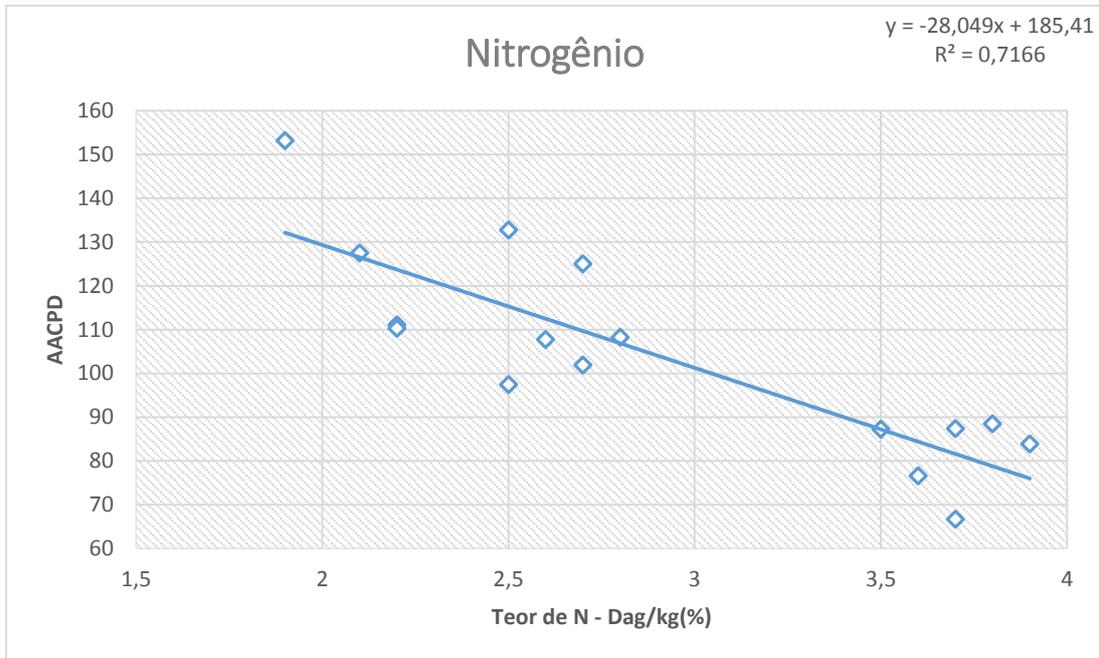


Figura 5 - Relação entre AACPD e teor de Potássio na folha considerando a evolução da cercosporiose em 16 municípios.

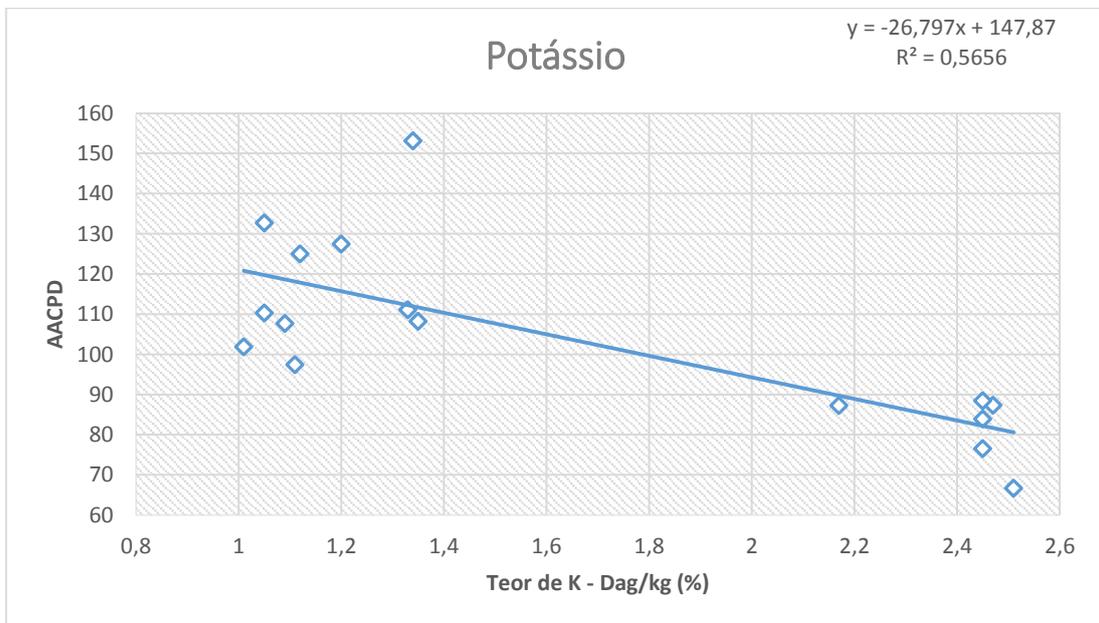
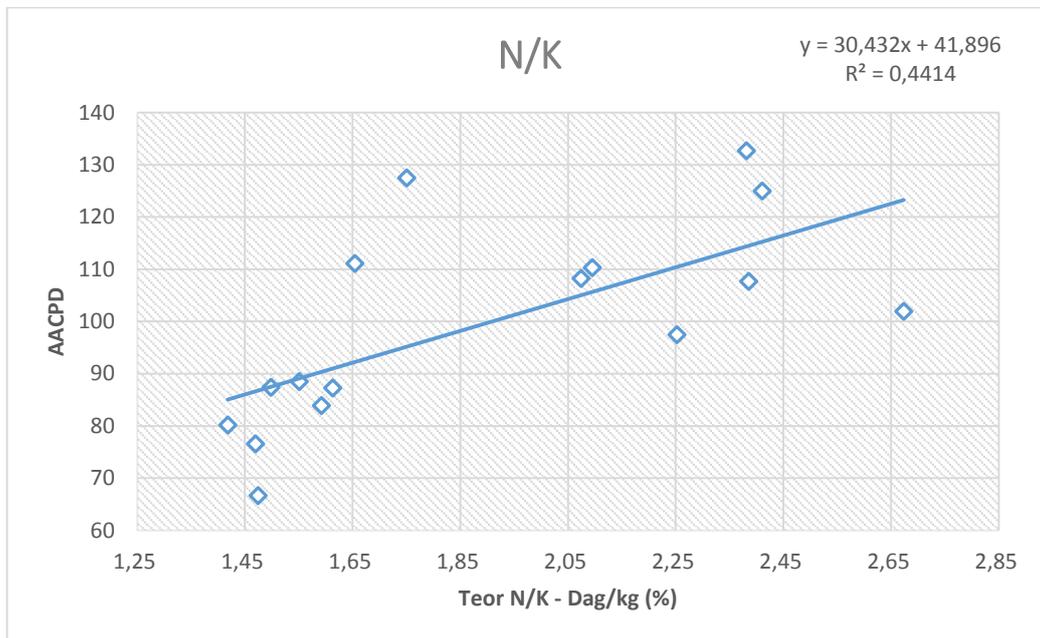


Figura 6 - Relação entre AACPD e os teores de Nitrogênio e Potássio na folha considerando a evolução da cercosporiose em 16 municípios.



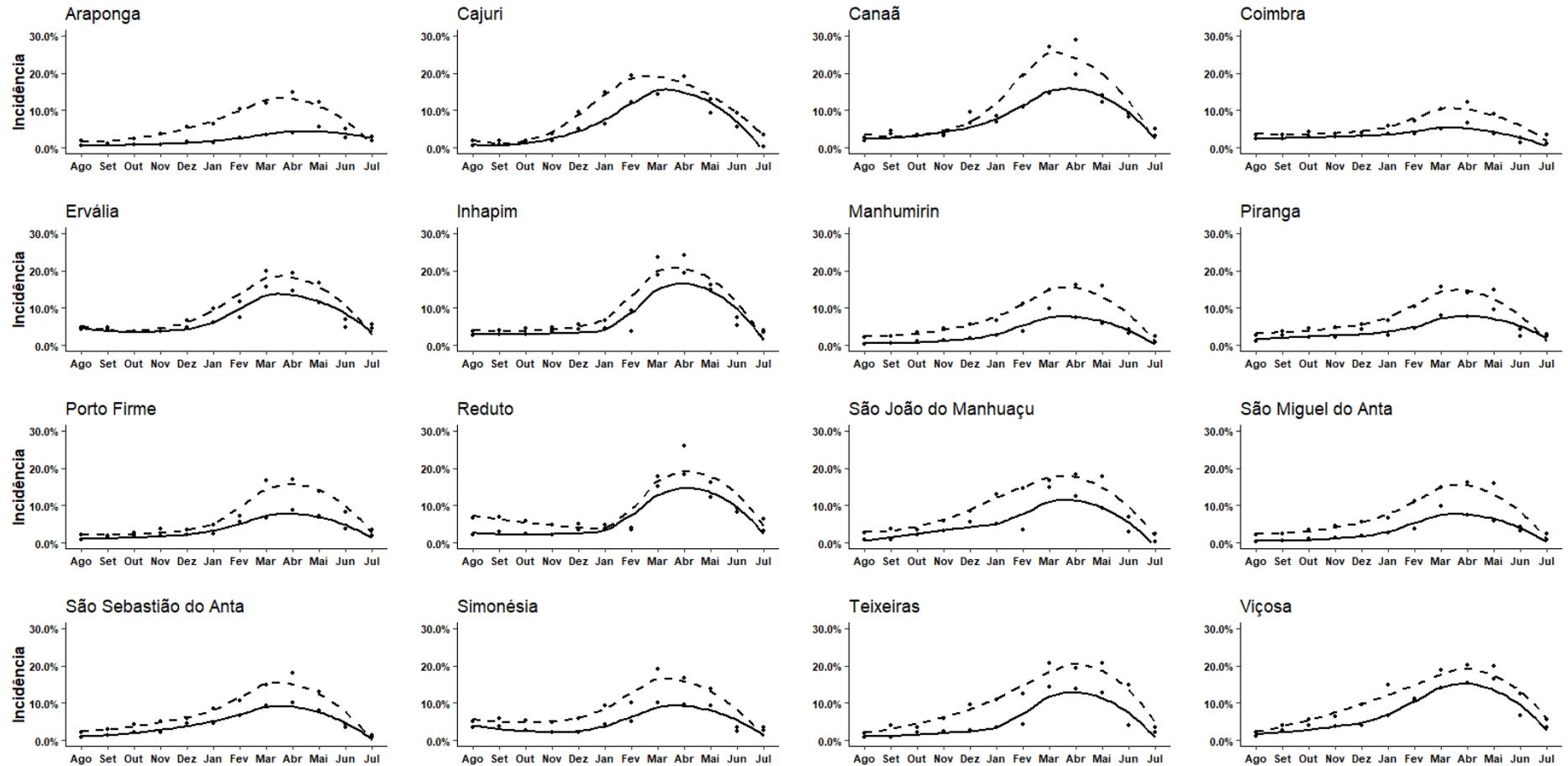
De acordo com esses autores, a cercosporiose esteve presente em todo o período de avaliação, de dezembro/2003 a dezembro/2004, e apresentou índices mais baixos nos meses de fevereiro e março de 2004. No início das avaliações a incidência de cercosporiose estava com índices de aproximadamente 2%, teve leve crescimento no mês de dezembro, chegando a 6% e em janeiro (Fernández Borrero, 1966). Talamini et al., 2003 relatou que, o pico da Cercosporiose foi em março, em trabalhos no sul de Minas Gerais. Carvalho & Chalfoun (1998) relatou que a maior incidência da cercosporiose ocorre de janeiro a maio. No presente trabalho, observou-se que no final do período das chuvas, nos meses de março, abril e maio ocorreram os picos da doença, Figura 7. Em outro trabalho o pico da Cercosporiose, foi atingido no mês de julho (Boldini, 2001; Santos (2002); Miranda 2004). Portanto, a cercosporiose varia em intensidade, de acordo com cada região, com a nutrição da planta, insolação, altitude e o meio ambiente (Zambolim, 2018d).

O município em que a incidência da cercosporiose foi máxima, em áreas atomizadas foi Inhapim (18,9%) e, o de menor incidência foi Araponga (3,6%), no mês de março. Nas áreas testemunhas, a máxima incidência ocorreu no município de Cajuri 40,1% e a mínima foi 14,1%, em Piranga.

Os municípios (Coimbra, Araponga, Porto Firme, Piranga, Cajuri, São João do Manhuaçu), que empregaram estratégias corretas, no controle da ferrugem, também foram os que obtiveram os melhores resultados, no controle da cercosporiose. A incidência da

cercosporiose nesses municípios, variou de 3,4% a 14,2%, nas áreas atomizadas FIGURA 7. Os mesmos fungicidas triazóis + estrobilurinas e ou cúpricos, empregados para o controle da ferrugem, foram também eficientes para o controle da cercosporiose. Os índices alcançados não comprometem a produtividade do cafeeiro, sendo considerados aceitáveis, portanto, as estratégias adotadas pelos produtores desses municípios, foram eficientes. Os outros municípios, onde também suas áreas foram atomizadas, mas que não empregaram estratégias recomendadas, apresentaram incidências até 18% (Canaã, Ervália, Inhapim, Manhumirim, Reduto, São Miguel do Anta, São Sebastião do Anta, Simonésia, Teixeiras e Viçosa).

Figura 7. Curvas de progresso da incidência da Cercosporiose do cafeeiro, em função das estratégias de controle, empregadas pelos produtores, na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. Média dos anos 2013 a 2019.

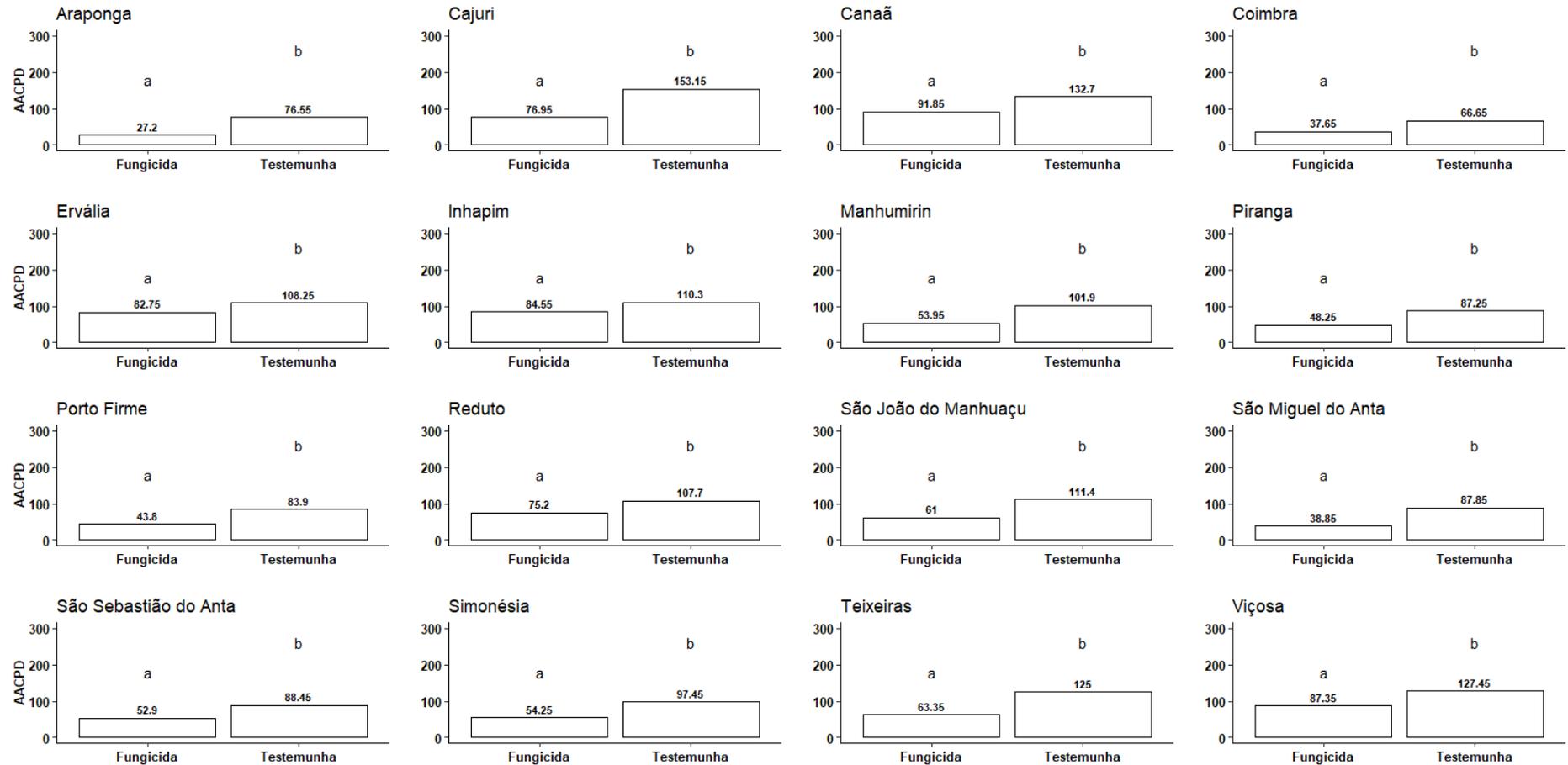


(-.-) Testemunha; (---) Controle químico.

Estratégias empregadas de controle químico: Araponga: cobre (2) e triazol + estrobilurina (2); Cajuri: triazol + estrobilurina (2) e cobre (3); Canaã: cobre (5); Coimbra: triazol + inseticida via solo (1 vez) e triazol + estrobilurina (2); Ervália: triazol + inseticida via solo (1 vez); Inhapim: triazol + estrobilurina (1) e cobre (1); Manhumirim: triazol + estrobilurina (1) e cobre (1); Piranga: triazol + inseticida via solo (1 vez) e triazol + estrobilurina (2); Porto Firme: triazol + estrobilurina (2) e cobre (2); Reduto: cobre (2); São João do Manhuaçu: triazol + estrobilurina (2) e cobre (3); São Miguel do Anta: cobre (3); São Sebastião do Anta: triazol + estrobilurina (3) e cobre (1); Simonésia: triazol + estrobilurina (1) e cobre (1); Teixeiras: triazol + estrobilurina (1) e cobre (2); Viçosa: triazol + estrobilurina (2).

A AACPD (cercosporiose) mostra que houve diferença significativa entre a testemunha e as áreas atomizadas com fungicidas (Figura 8). Os menores valores de AACPD foram obtidos nas lavouras dos municípios de Porto Firme, Piranga, Araponga, Coimbra, São João do Manhuaçu e Cajuri. A AACPD nas lavouras desses municípios variou de 67,3 a 86,8 unidades. A incidência da cercosporiose foi menor significativamente pelo teste de Scot-Knot, considerando esses seis municípios, em relação aos outras dez lavouras. As lavouras dos outros 10 municípios atingiram valores de AACPD entre 92,2 a 134,0 unidades (Figura 8). Esses resultados demonstram mais uma vez que, quando o controle químico da ferrugem é realizado, obtém-se resultados positivos no controle da cercosporiose.

Figura 8. Área abaixo da curva do progresso da cercosporiose (AACPD), em função das estratégias empregadas pelos produtores, na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. Média dos anos 2013 a 2019.



*Médias com letras diferentes não difere entre si, pelo teste de SKOTT-KNOT ($p < 0,05$).

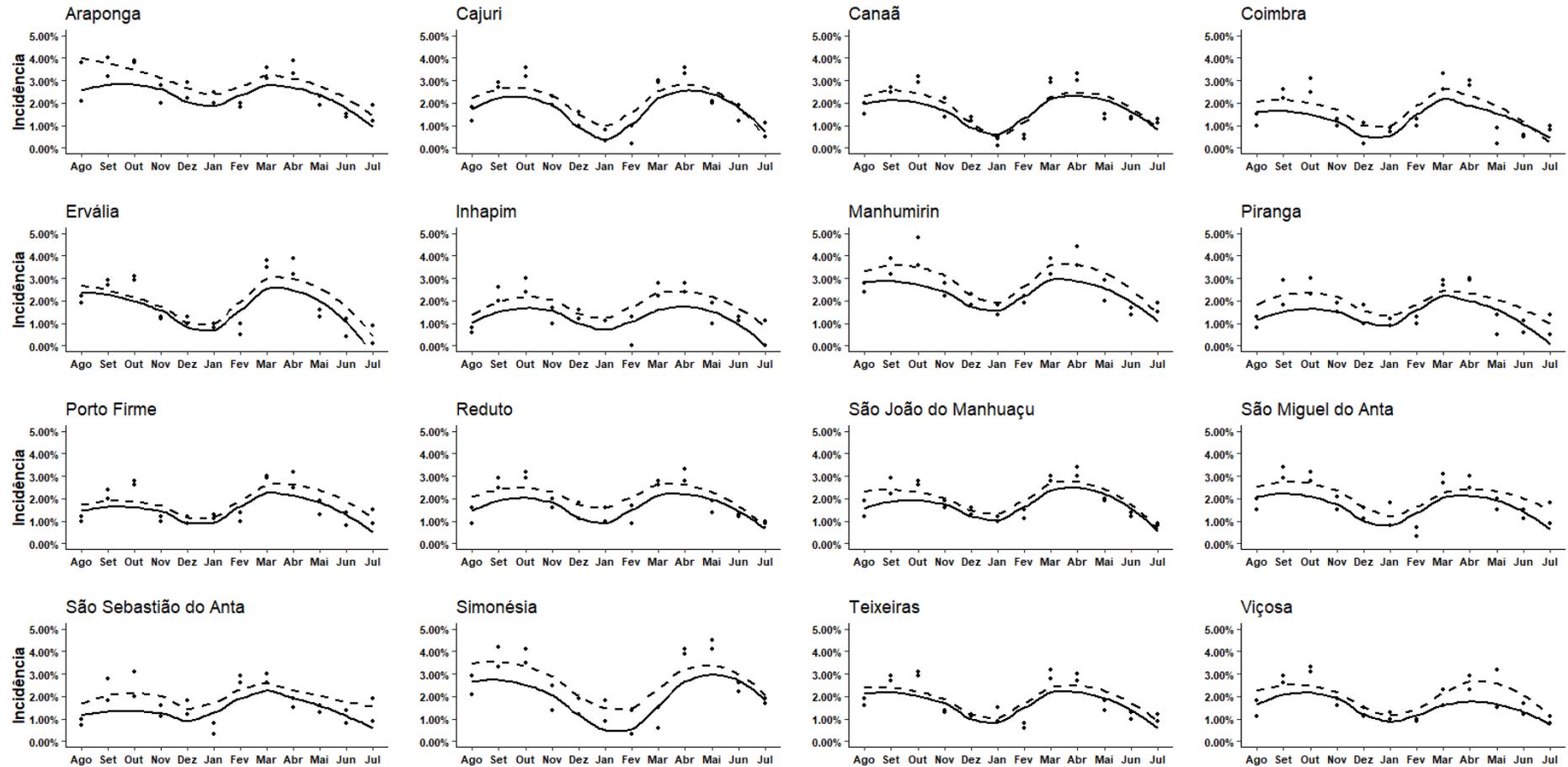
(-.-) Testemunha; (---) Controle químico.

Estratégias empregadas de controle químico: Araponga: cobre (2) e triazol + estrobilurina (2); Cajuri: triazol + estrobilurina (2) e cobre (3); Canaã: cobre (5); Coimbra: triazol + inseticida via solo (1 vez) e triazol + estrobilurina (2); Ervália: triazol + inseticida via solo (1 vez); Inhapim: triazol + estrobilurina (1) e cobre (1); Manhumirim: triazol + estrobilurina (1) e cobre (1); Piranga: triazol + inseticida via solo (1 vez) e triazol + estrobilurina (2); Porto Firme: triazol + estrobilurina (2) e cobre (2); Reduto: cobre (2); São João do Manhuaçu: triazol + estrobilurina (2) e cobre (3); São Miguel do Anta: cobre (3); São Sebastião do Anta: triazol + estrobilurina (3) e cobre (1); Simonésia: triazol + estrobilurina (1) e cobre (1); Teixeiras: triazol + estrobilurina (1) e cobre (2); Viçosa: triazol + estrobilurina (2).

Quanto mancha de Phoma causada por *Phoma tarda*, a doença teve comportamento diferente em intensidade e nas diferentes épocas do ano (Figura 9). Observou-se os maiores picos da doença nos meses de setembro, outubro, março e abril, nos municípios Araponga com incidência média de 3,2% e 3,8%, Manhumirim 3,4% e 4,2% e Simonésia 3,7% e 4,2%, nas áreas atomizadas e testemunhas, respectivamente. Considerando a média desses três municípios, nos picos da doença, as incidências foram 3,8% e 4,1%, nas áreas atomizadas e testemunhas. Nos quatro municípios, com incidência intermediária, obteve-se em média 1,6% e 1,9% (Ervália, Manhumirim, Simonésia e Araponga) para áreas atomizadas e testemunha, respectivamente. Nos nove municípios de menor incidência, o pico da doença ocorreu também nos meses de setembro, outubro, março e abril e a média da incidência foi de 1,4% e 1,8% (Porto Firme, Reduto, São João do Manhuaçu, São Miguel do Anta, São Sebastião do Anta, Teixeiras, Viçosa, Inhapim, Canaã), para as áreas atomizadas e testemunhas, respectivamente. Portanto, observa-se que a doença não alcançou 4,5%, de incidência nas áreas testemunhas. Os índices obtidos são considerados muito baixos e, portanto não há benefício no controle químico da doença. Em condições de campo, a doença apresenta-se com maior intensidade no início e final do período de inverno, quando as condições climáticas são bastante favoráveis à doença. Os períodos de maior incidência da doença ocorreu entre os meses de março/abril (final do período chuvoso) e setembro/outubro (início do período chuvoso). Os resultados obtidos no presente trabalho, também foram relatados por outros pesquisadores em outras regiões cafeeiras, do estado de Minas Gerais (Carvalho & Chalfoun, 1998; Salgado et al., 1997; Zambolim et al., 1997; 1999). Entretanto, dependendo da região e das condições de clima, a doença pode evoluir também em outros meses. Os 10 municípios com altitude menor que 800m (Inhapim, Viçosa, Teixeiras, São Miguel do Anta, Coimbra, Porto Firme, São Sebastião do Anta, Piranga, Ervália e Canaã) apresentaram incidência da mancha de Phoma de 2,3% e 3,3%,

nas áreas atomizadas e testemunhas, respectivamente. Nos três municípios, com altitude maior que 1.200m (Araponga, Manhumirin e Simonésia) a incidência da doença foi de 3,4% e 4,4%, nas áreas atomizadas e testemunhas, respectivamente. Há inúmeros trabalhos relatando a maior severidade da mancha de Phoma, em altitudes acima de 800m (Carvalho & Chalfoun 1998; Zambolim et al., 1999; Zambolim et al. 1997; Salgado et al., 1997; Zambolim, 2018b). Em altas altitudes, geralmente ocorre maior intensidade de ventos, que ocasiona injúria no primeiro e segunda para de folhas o que facilita a entrada do fungo. Além disso, em altas altitudes, a temperatura é menor favorecendo a doença. Além disso, se o nível de nitrogênio for alto e o potássio for baixo a doença será mais severa (Lima et al., 2010). As injúrias causadas por ventos nas folhas constitui porta de entrada do fungo nas folhas do cafeeiro. De modo geral, temperaturas entre 18° C a 19° C, chuva de granizo, entrada de frentes frias, neblina, umidade relativa elevada e períodos prolongados de vento frio, são os principais fatores climáticos que favorecem a doença, e durante o experimento não houve tais condições para favorecer a manifestação da doença. Estas condições são comuns em regiões altitude elevada, principalmente no início e final do período chuvoso (Carvalho & Chalfoun, 1998; Zambolim et al., 1999; Zambolim et al. 1997; Salgado et al., 1997). Em altitudes inferiores a 800m, ainda pode ocorrer ataque da mancha de Phoma, mas torna-se necessário, a presença de ventos. Não foram feitas atomizações com fungicidas específicos, para o controle da mancha de Phoma. O índice máximo da mancha de Phoma, obtidos nos 16 municípios avaliados, não passou de 4,5%; índice até 10% nas folhas, não interfere na produtividade do cafeeiro. Portanto, a mancha de Phoma não afetou a produtividade do cafeeiro nos 16 municípios estudados.

Figura 9. Incidência da Mancha de Phoma, em função das estratégias de controle, empregadas pelos produtores, na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. Média dos anos 2013 a 2019.



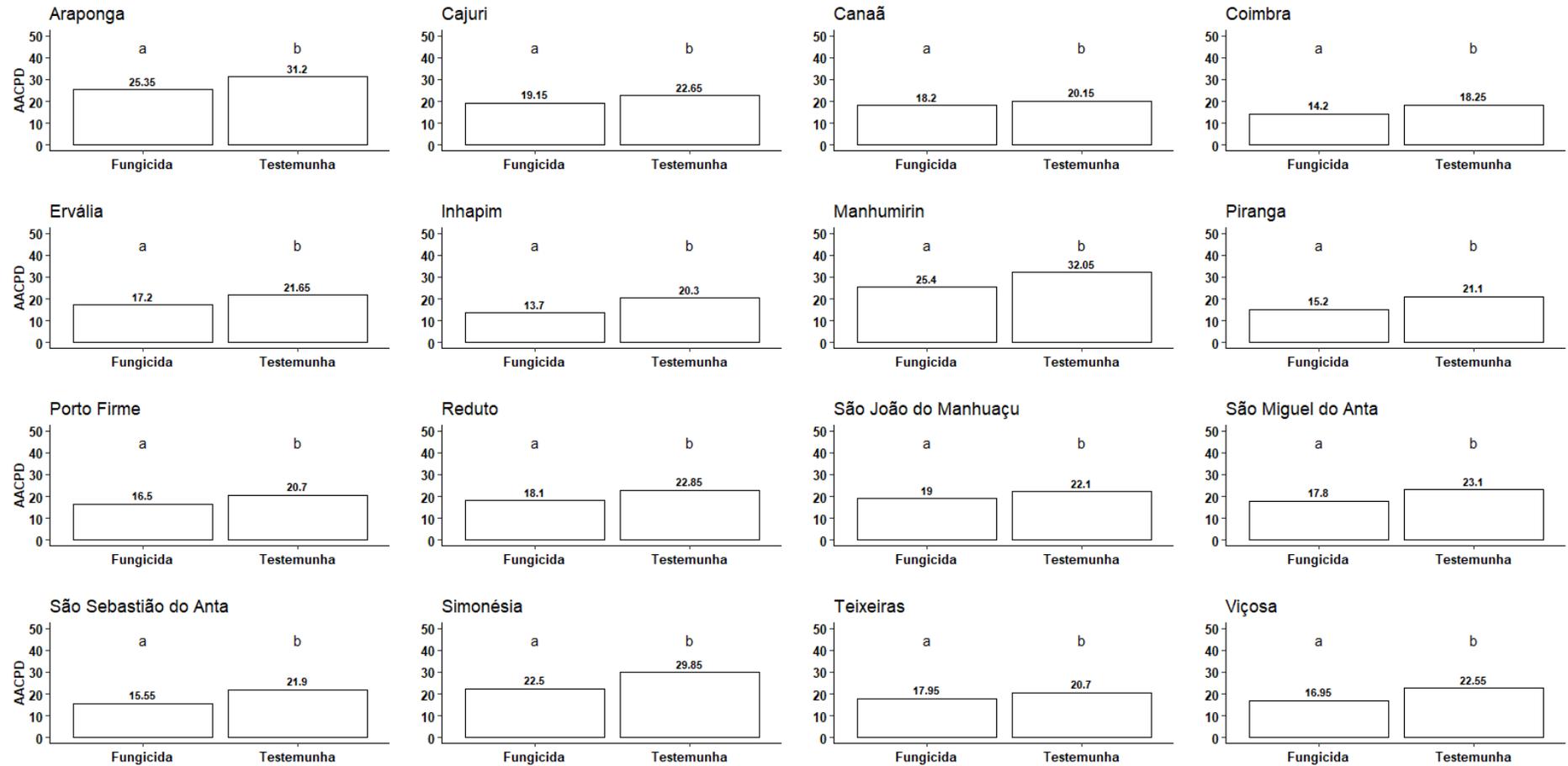
(-.-) Testemunha; (---) Controle químico.

Estratégias empregadas de controle químico: Araponga: cobre (2) e triazol + estrobilurina (2); Cajuri: triazol + estrobilurina (2) e cobre (3); Canaã: cobre (5); Coimbra: triazol + inseticida via solo (1 vez) e triazol + estrobilurina (2); Ervália: triazol + inseticida via solo (1 vez); Inhapim: triazol + estrobilurina (1) e cobre (1); Manhumirin: triazol + estrobilurina (1) e cobre (1); Piranga: triazol + inseticida via solo (1 vez) e triazol + estrobilurina (2); Porto Firme: triazol + estrobilurina (2) e cobre (2); Reduto: cobre (2); São João do Manhuaçu: triazol + estrobilurina (2) e cobre (3); São Miguel do Anta: cobre (3); São Sebastião do Anta: triazol + estrobilurina (3) e cobre (1); Simonésia: triazol + estrobilurina (1) e cobre (1); Teixeiras: triazol + estrobilurina (1) e cobre (2); Viçosa: triazol + estrobilurina (2).

Houve diferença significativa para a AACPD (mancha de Phoma) entre a testemunha e as áreas atomizadas com fungicidas (Figura 10). Os menores valores de AACPD (mancha de Phoma), nas áreas atomizadas foram obtidos nas lavouras, dos municípios de Inhapim (13,7), São Sebastião do Anta (15,5), Porto Firme (16,5) e Ervalia (17,2). O maior valor de AACPD (mancha de Phoma), na área atomizada foi de 26,4 no município de Manhumirin. Para as áreas testemunhas, o menor valor para AACPD (mancha de Phoma) foi de 20,14 em Canaã, enquanto que o maior valor foi de 32,05 no município de Manhumirin.

A mancha de Phoma, de acordo com a literatura é mais severa em regiões de altas altitudes (Carvalho & Schalfoun, 1998; Lima et al., 2010; Zambolim, 1997). No presente trabalho, a severidade da mancha de Phoma foi maior nos municípios com maior altitude, acima de 1.200 m (Manhumirin - 25,4, Araponga - 25,3 e Simonésia - 22,5). Nas áreas testemunhas, os menores valores de AACPD (mancha de Phoma), ocorreu nos municípios de Inhapim (20,3), Porto Firme (20,7), Teixeiras (20,7) tendo altitude menor que 800 m. Os maiores valores ocorreu nos municípios de Araponga (31,2), Manhumirin (32,05) e Simonésia (29,85), com altitude maior que 1.200 m. Esses resultados demonstram que, não houve relação entre os municípios onde foi realizado o controle eficiente da ferrugem com menor incidência da Mancha de Phoma.

Figura 10. Área abaixo da curva do progresso da mancha de Phoma (AACPD), em função das estratégias de controle empregadas pelos produtores, na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. Médias dos anos 2013 a 2019.



*

Médias com letras diferentes não difere entre si, pelo teste de SKOTT-KNOT ($p < 0,05$).

(-.-) Testemunha; (---) Controle químico.

Estratégias empregadas de controle químico: Araponga: cobre (2) e triazol + estrobilurina (2); Cajuri: triazol + estrobilurina (2) e cobre (3); Canaã: cobre (5); Coimbra: triazol + inseticida via solo (1 vez) e triazol + estrobilurina (2); Ervália: triazol + inseticida via solo (1 vez); Inhapim: triazol + estrobilurina (1) e cobre (1); Manhumirim: triazol + estrobilurina (1) e cobre (1); Piranga: triazol + inseticida via solo (1 vez) e triazol + estrobilurina (2); Porto Firme: triazol + estrobilurina (2) e cobre (2); Reduto: cobre (2); São João do Manhuaçu: triazol + estrobilurina (2) e cobre (3); São Miguel do Anta: cobre (3); São Sebastião do Anta: triazol + estrobilurina (3) e cobre (1); Simonésia: triazol + estrobilurina (1) e cobre (1); Teixeiras: triazol + estrobilurina (1) e cobre (2); Viçosa: triazol + estrobilurina (2).

Em se tratando de mancha de mancha de *Ascochyta*, a doença foi constatada em todos os municípios avaliados, principalmente em altitudes abaixo de 800m, nos meses mais chuvosos (novembro, dezembro, janeiro e fevereiro). Tais condições climáticas coincidem com trabalhos relatados por diversos autores (Salgado et al., 1997, Stewart 1957, Zambolim, 2018c). Como as condições climáticas, não se estenderam por mais de 8 horas diárias, a severidade da doença obtida 0,6 a 1,5 % nos municípios avaliados não comprometeram a produtividade das lavouras. Tais índices, portanto não interferiram na produtividade do cafeeiro.

Quanto a mancha Aureolada causada por *Pseudomonas syringae* pv. *garcae*, a doença só ocorre quando há chuvas de granizo, que provocam ferimentos nas folhas ou por aberturas naturais (estômatos). Além disso, a doença requer alta temperatura e água líquida na superfície foliar (Zambolim et al. 1999; Vale et al., 2000; Carvalho et al., 2010, Zambolim, 2018e). Nos 16 municípios avaliados, a doença somente foi constatada, em três municípios (São João do Manhuaçu, Reduto e Viçosa). Entretanto, a severidade da doença foi muito baixa com severidade em torno de 0,1 a 0,8%. Tais índices de severidade não afetaram a produtividade do cafeeiro devido as condições climáticas não favorecer a doença. As condições favoráveis são: lavouras atingidas por chuvas de pedra; altitudes elevadas, altas temperaturas e umidade relativa e, excesso de nitrogênio na planta (Zambolim, 2018e). Tais condições não ocorreram nos municípios analisados.

Quanto a produção, observou-se que as seis lavouras que mais produziram pertencem aos municípios de Coimbra, Araponga, Porto Firme, Piranga, São Miguel do Anta e São Sebastião do Anta, com uma média de 37,63 Sc. ben./ha (Tabela 4), enquanto os outros 10

municípios produziram em média, 27,60 Sc. ben./ha. As produtividades das lavouras dos dez municípios foi 26,56 % menor do que, o valor médio das seis melhores produções.

Tabela 4. Produtividade de café em sacos beneficiados por hectare em 16 municípios da Zona da Mata de Minas Gerais.

Município	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Média
	Sacos beneficiados por hectare						
1.Coimbra	9,6ab	42,7b	12,6	55,0	8,5	37,3	37,6
2.Ervália	10,0ab	45,7ab	11,9	52,6	7,5	40,4	27,5
3.Teixeiras	11,0a	49,0a	9,9	49,4	7,8	39,5	27,7
4.Viçosa	8,6ab	39,0b	13,3	48,7	9,1	39,2	26,3
5.Araponga	9,0ab	47,7a	12,9	51,4	8,3	42,6	38,6
6.Canaã	11,0a	44,4b	10,5	56,9	7,6	39,5	28,3
7.Porto Firme	9,7ab	46,0a	9,9	48,7	8,9	36,0	36,5
8.Piranga	12,9a	42,0b	11,4	51,4	6,9	41,0	37,6
9.Cajuri	11,3a	39,9b	9,9	52,0	7,5	37,9	26,4
10.S. Miguel Anta	8,6ab	48,5a	8,9	48,7	8,9	39,5	37,2
11.S. João Manhuaçu	7,5b	50,2a	13,4	49,9	9,0	41,0	28,5
12.Manhumirin	6,8b	52,1a	11,5	52,0	10,0	42,0	29,0
13.Reduto	7,3b	48,5a	13,6	51,5	8,5	43,5	28,8
14.Simonésia	5,9b	47,4a	14,5	47,3	9,3	39,8	27,3
15. Inhapim	7,3b	40,1b	12,8	49,7	9,4	41,4	26,7
16.S. Sebastião Anta	9,3ab	39,9b	11,4	56,0	10,4	43,6	38,4
CV (%)	11,3	12,5	10,8	13,6	12,9	11,5	13,5

As médias dos picos máximos de incidência da ferrugem nas lavouras dos seis municípios que adotaram estratégias de controle da ferrugem, e apresentaram maiores produtividades foi de 15,95%; por outro lado, as lavouras dos dez municípios, que não adotaram as estratégias adequadamente e que apresentaram menores produtividades foi de 27,5%. Esses resultados estão de acordo com Souza et al., (2011), Carvalho, Shalfoun, (1998) e Carvalho et al., (2010). As Figura 11 e 12 ilustram a produção em relação a AACPD para a Ferrugem e Cercosporiose.

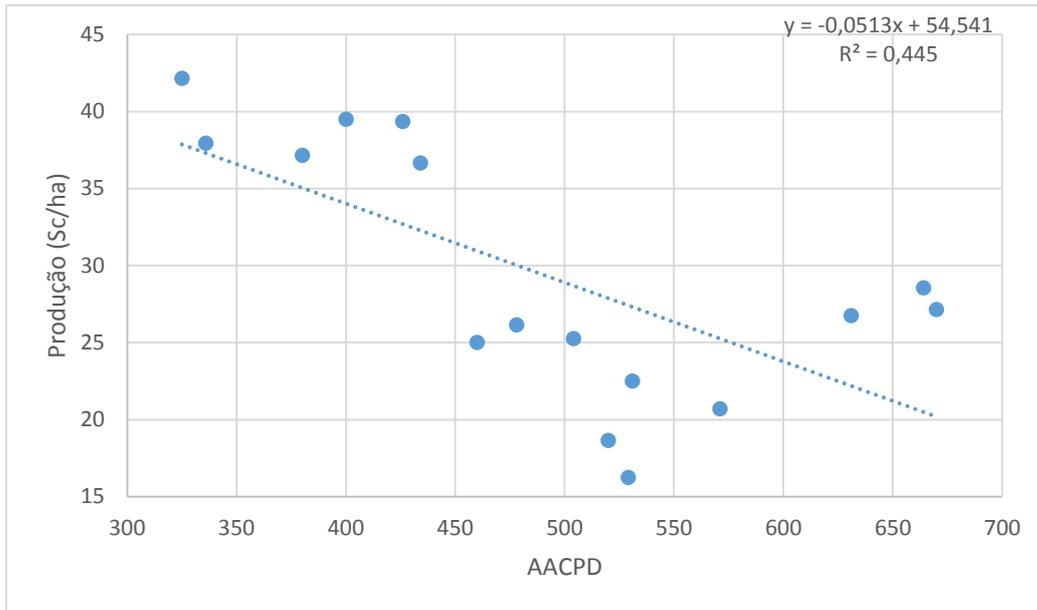


Figura 11: Correlação entre AACPD da Ferrugem e produção.

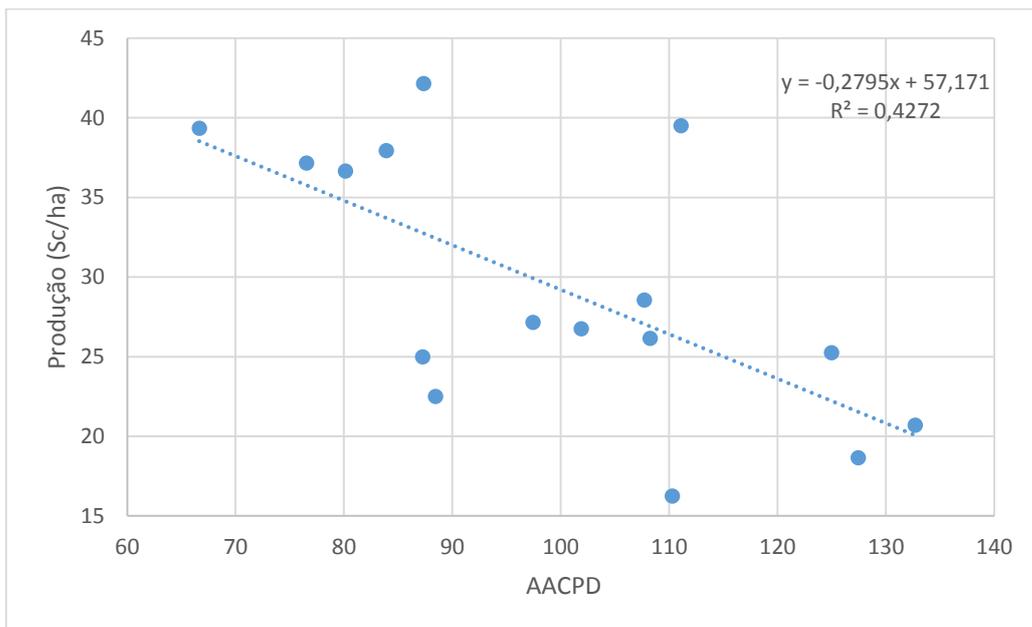


Figura 12: Correlação entre AACPD da Cercosporiose e produção.

A análise de correlação entre teores de nutrientes nas folhas, porcentagem de controle da ferrugem e produtividade foi positiva e significativa (maior que 0,95). Portanto, maiores teores de nutrientes, maior taxa de controle da ferrugem foram importantes para a obtenção de maior produtividade das lavouras dos seis municípios (Coimbra, Araponga, Cajuri, Porto Firme, Piranga, São João do Manhuaçu).

6. Conclusão

O estudo realizado apontou informações muito importantes para o correto manejo das principais doenças da cultura do café, e como essas podem se manifestar com diferentes intensidades a depender do período do ano e estado nutricional.

Dentre as principais doenças do cafeeiro, se destaca a ferrugem. Nos campos montados das áreas experimentais, as parcelas sem nenhum tratamento chegaram a atingir 89% de infestação no pico da doença, enquanto que nas áreas com tratamento essa não excedeu a 27%. Onde houve menor manifestação da doença são áreas que além do manejo fitossanitário mais eficiente, os produtores também investiram mais na nutrição, deixando as plantas nutridas e validando a lógica de que quando essas estão bem nutridas são menos sujeitas ao ataque de agentes fitopatogênicos, mesmo em anos de alta carga.

Quanto a cercosporiose, a nutrição tem relação direta com a infestação deste fungo, tendo sido constatado estatisticamente, através dos dados obtidos pelas análises foliar e solo, que dentre os elementos essenciais que mais influenciam para o surgimento da doença se destaca o Nitrogênio e o Potássio, e que quando há desequilíbrio entre ambos o cafeeiro fica mais propício à doença.

Grande percentual (75%) das parcelas não atomizadas apresentaram picos da cercosporiose chegando a 48,5%. Nas áreas atomizadas, em seis municípios a doença manteve-se abaixo de 3,6% de incidência, e os outros municípios, onde também suas áreas foram atomizadas, mas que não empregaram estratégias recomendadas para a correta nutrição, apresentaram incidências variando de 4,2 a 6,3%. Tal resultado comprova que mesmo não estando as plantas nutridas adequadamente, os fungicidas empregados para o controle e prevenção da ferrugem, apresentam eficiência para a cercosporiose.

Quanto à produtividade, os seis municípios que apresentaram controle eficiente da ferrugem e fertilização adequado do solo obtiveram produção em média 43,26% superior ao restante das parcelas.

Houve correlação positiva e significativa (maior que 0,95) entre teores de nutrientes nas folhas e a porcentagem de controle da ferrugem e produtividade.

Para as demais doenças desse estudo, não foi constatado nível que justifique intervir para realizar tratamento, isso mesmo em condições favoráveis à manifestação dessas, e que portanto, o tratamento realizado para a ferrugem, bem como a boa nutrição do cafeeiro já são dois meios de manejo dessas doenças.

7. Referências Bibliográficas

- Boldini, J.M. Epidemiologia da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro irrigado e fertirrigado. 2001. 67p. (Dissertação – Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Capucho, A.S., Zambolim, L., Cabral, P.G.C., Maciel-Zambolim, E., Caixeta, E.T. Germinação e infecção da ferrugem em cafeeiro conilon sob diferentes temperaturas e molhamentos foliares. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2011, Araxá, MG. Anais... Brasília-DF, 2011.
- PONTES, Stefano. The latte revolution? Regulation, markets and consumption in the global coffee chain. *World development*, 2002, 30.7: 1099-1122.
- OIC. International Coffee Organization. Aspects botanicals, 2012. Disponível em: <http://www.i-ico.org/pt/botanical-p.asp.htm>. Acesso em: 26 Out. 2019.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010. Disponível em: <https://www.fao.org.br/>. Acesso em 26 Out 2019.
- DAVIS, Aaron P., et al. Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data; implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 2011, 167.4: 357-377.
- FERRÃO, R. G. et al. *Coffea canephora*. In: FERRÃO, R. G. et al. (Eds.) **Café Conilon**. 2. ed. Vitória: Incaper, 2017a. p. 37–54.
- Carvalho, V.L. & Chalfoun, S.M. Manejo integrado das principais doenças do cafeeiro. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, Minas Gerais, 19(193):27-35. 1998.
- Carvalho, V.L., Chalfoun, S.M. & Cunha, R.L. da. Manejo de doenças do cafeeiro. In: Rebeles, P.R. & Cunha, R.L. (Eds.). *Café arábica – do plantio a colheita v.1*. Epamig, Lavras, MG. 2010. P. 689-756.
- Fernández Borrero, O.; Mestre, A.M.; Duque, S.L. Efecto de la fertilizacion en la incidencia de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) en frutos de café. *Cenicafé*, Caldas, Colombia, v.17, n.1, p.516, 1966.
- Inmoto, M.M., Kubo, R.K., Silva, R.A., Oliveira, C.M.O., Tomazini, M.D., Lopez-Duque, S., Fernandez-Borrero, O. Epidemiologia de la mancha de hierro del cafeto (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cook). *Cenicafé* 20:3-19, 1969.
- Malavolta, E. Função dos nutrientes na planta e qualidade dos produtos agrícolas. In: Simpósio sobre adubação e qualidade dos produtos agrícolas, 1, Ilha Solteira, 1989. Anais, Ilha Solteira, FEIS/UNESP/ANDA/Potafos, 1989. 42p.
- Miguel, A.E. et al. Efeito associado da nutrição e pulverização com fungicidas no controle de cercosporiose em frutos do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 4, 1976, Caxambu/MG. Resumos... Rio de Janeiro: IBC, 1976. p.9194.

Miranda, J.C. Intensidade de doenças foliares na cafeicultura fertirrigada. 2004. 52p. (Dissertação – Mestrado 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. Effect of mineral nutrition on occurrence of brown-eye leaf spot in coffee seedlings. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36 (1):53-60, 2001.

Pozza, A.A.A., Martinez, H.E.P., Pozza, E.A., Caixeta, S.L., Zambolim, L. Intensity of brown-eye spot in young coffee plants under influence of N and K doses in nutrient solution. *Summa Phytopathologica* 26:29-34, 2000.

Lima, L.M. et al. Relação nitrogênio/potássio com mancha de phoma e nutrição de mudas de cafeeiro em solução nutritiva. *Tropical Plant Pathology*, Lavras, 35(4): 223-228, 2010.

Salgado, M., Pfenning, L. Identificação e caracterização morfológica de espécies de *Phoma* do cafeeiro no Brasil. *Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*. p.183-186. 2006.

Salgado, M., Souza, S.M.C., Carvalho, V.L. Ocorrência dos fungos *Ascochyta* sp. e *Phoma* sp. causadores de manchas foliares (leaf spot) nas regiões cafeeiras de Minas Gerais. In: Congresso brasileiro de fitopatologia, 30, 1997, Poços de Caldas. Resumos...Brasília: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 1997. p.19.

Santos, F. da S., Souza, P.E.; Pozza, E.A. Epidemiologia da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) fertirrigado. *Summa Phytopathologica*, v. 30, n.1, p.3137, 2004.

Santos, F. da S. Progresso da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado. 2002. 71p. (Dissertação – Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Souza, A.F., Zambolim, L., Cecon, P.R. 2011. Chemical approaches to manage coffee leaf rust in drip irrigated trees. *Australasian Plant Pathology*, v. 40, p.293-300.

Stewart R. B. (1957). "Leaf blight and stem dieback of coffee caused by an undescribed species of *Ascochyta*". *Mycologia*, 49(3): 430-433. Doi:10.2307/3755694. JSTOR 3755694.

SOUZA, A. F.; COSTA, H.; MENDES, C.; FREITAS, R.L.; ZAMBOLIM, E. M.; JESUS JÚNIOR, W. C. de; PEREIRA, O. L. First report of *Corynespora cassiicola* in Brazil. *Australasian Plant Disease notes*, v. 4, p. 72-74, 2009.

Talamini, V., Pozza, E.A., Souza, P.E., Silva, A.M. da. 2003. Progresso da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) com diferentes épocas de início e parcelamentos da fertirrigação. *Ciênc. agrotec.*, 27 (1): 141-149. doi.org/10.1590/S1413-70542003000100017.

Vale, F.X.R., Zambolim, L., Jesus Junior, W.C. de. Efeito de fatores climáticos na ocorrência e no desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro. *Anais: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*. 2000. p. 171-174.

Várzea, V. M. P., Marques, D. V. 2005. Population variability of *Hemileia vastatrix* vs. Coffee durable resistance. In: Zambolim, L. et al. (eds). Durable resistance to coffee leaf rust. Viçosa: UFV, p.53-74.

- Zambolim, L. (ed.). Controle de Doenças de Plantas. Vol. 1, Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 1997. p.83-180.
- Zambolim, L., Acuña, R.S., Vale, F.X.R., Chaves, G.M. Influência da produção do Cafeeiro sobre o desenvolvimento da ferrugem (*Hemileia vastatrix*). Fitopatologia Brasileira 17:32-35, 1992.
- Zambolim, L., Maciel-Zambolim, E, Vale, F.X.R., Pereira, A.A., Sakiyama, N.S., Caixeta, E.T. Physiological races of *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. in Brazil –Physiological variability, current situation and future prospects. In: Zambolim, L., Maciel-Zambolim, E., Várzea, V.M.P.(Eds.). Durable Resistance to Coffee Leaf Rust. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. p. 75-98. 2005.
- Zambolim, L., Vale, F. X. R., Costa, H., Pereira, A.; Chaves, G. M.; Epidemiologia e Controle integrado da ferrugem do cafeeiro. In: Zambolim, L. (Ed.), O estado da arte de tecnologias na produção de café. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 369-450.
- Zambolim, L., Vale, F.X.R. Perdas na produtividade e qualidade do cafeeiro causadas por doenças bióticas e abióticas. In: Zambolim, L. Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade. Viçosa, MG: UFV, 2000. p. 239-261.
- Zambolim, L., Vale, F.X.R., Pereira, A., Chaves, G.M.; Manejo integrado das doenças do cafeeiro. In: Zambolim, L. (Ed.), Encontro sobre produção de café com qualidade, I, 1999, Viçosa, MG. Anais...Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 134-215.
- Zambolim, L.; Vale, F.X.R.; Pereira, A.A.; Chaves, G.M. Café (*Coffea arabica* L.): Controle de doenças – doenças causadas por fungos, bactérias e vírus. In: Vale, F.X.R.; Zambolim, L. (Eds.). Controle de doenças de plantas: grandes culturas. Vol. 1. Viçosa, MG. UFV. 1997. p. 83-140.
- Zambolim, L. & Brenes, B.M. Doenças do café no Brasil. Viçosa, MG. UFV, 2018. 315p.
- Zambolim, L. Ferrugem. In: Zambolim, L.; Brenes, B.M. (Eds.). Doenças do café no Brasil. Viçosa, MG. UFV, 2018a. p. 17-48.
- Zambolim, L. Mancha de Phoma. In: Zambolim, L.; Brenes, B.M. (Eds.). Doenças do café no Brasil. Viçosa, MG. UFV, 2018b. p. 49-56.
- Zambolim, L. Mancha de Ascochyta. In: Zambolim, L.; Brenes, B.M. (Eds.). Doenças do café no Brasil. Viçosa, MG. UFV, 2018c. p. 57-64.
- Zambolim, L. Cercosporiose. In: Zambolim, L.; Brenes, B.M. (Eds.). Doenças do café no Brasil. Viçosa, MG. UFV, 2018d. p. 65-76.
- Zambolim, L. Mancha-aureolada. In: Zambolim, L.; Brenes, B.M. (Eds.). Doenças do café no Brasil. Viçosa, MG. UFV, 2018e. p. 103-110.
- VENTURA, J.A. Doenças. In: COSTA, E. B da.; SILVA, A. E. S. da; ANDRADE NETO. A. P. M. de; DAHER, F. de A (Coord.). *Manual Técnico para a cultura de café no Estado do Espírito Santo*. Vitória: SEAG, p. 82-89, 1995.