



VICTOR AUGUSTO MAIA VASCONCELOS

**ADUBAÇÃO FOLIAR, ETILFOSFONATO DE COBRE E
FUNGICIDAS NO MANEJO DA MANCHA DE PHOMA
DO CAFEIEIRO.**

**LAVRAS MG
2019**

VICTOR AUGUSTO MAIA VASCONCELOS

**ADUBAÇÃO FOLIAR, ETILFOSFONATO DE COBRE E FUNGICIDAS NO
MANEJO DA MANCHA DE PHOMA DO CAFEIEIRO.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitopatologia, área de concentração em Fitopatologia, para a obtenção do título de Mestre.

Ph.D. Mário Lúcio Vilela de Resende
Orientador

**LAVRAS-MG
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo (a) próprio (a) autor (a).**

Vasconcelos, Victor Augusto Maia.

Adubação foliar, etilfosfonato de cobre e fungicidas no manejo
da mancha de phoma do cafeeiro / Victor Augusto Maia
Vasconcelos. - 2019.

68 p.:il.

Orientador(a): Mário Lúcio Vilela de Resende.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Phoma tarda. 2. Controle alternativo. 3. Nutrientes. I.
Resende, Mário Lúcio Vilela de. II. Título.

VICTOR AUGUSTO MAIA VASCONCELOS

**ADUBAÇÃO FOLIAR, ETILFOSFONATO DE COBRE E FUNGICIDAS NO
MANEJO DA MANCHA DE PHOMA DO CAFEIEIRO.**

**FOLIAR FERTILIZATION, COPPER ETHYPHOSPHONATE AND
FUNGICIDES IN THE MANAGEMENT OF PHOMA SPOT OF COFFEE.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitopatologia, área de concentração em Fitopatologia, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 29 de agosto de 2019.

Ph.D. Mário Lúcio Vilela de Resende	UFLA
Dra. Sara Maria Chalfoun de Souza	EPAMIG
Prof. Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes	UFLA

Ph.D. Mário Lúcio Vilela de Resende
Orientador

**LAVRAS – MG
2019**

Aos meus pais, Geraldo e Simone; à minha irmã Sany Luiza e aos meus avós paternos e maternos,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde e força, em todos os momentos, para realizar essa importante etapa da minha vida.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, aos professores, estudantes e funcionários.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo suporte financeiro.

Ao meu orientador, professor Ph.D. Mário Lúcio Vilela de Resende, pelo apoio, confiança e por todos ensinamento passados.

Ao meu amigo, Dr Manoel Batista da Silva Júnior por todo ensinamento, apoio e companheirismo em toda a condução do trabalho.

À pesquisadora Deila Magna dos Santos Botelho, pelas valorosas contribuições na montagem e condução dos experimentos, bem como na correção deste trabalho.

Às pesquisadoras Ana Cristina Andrade Monteiro e Natália Chagas Freitas pelos auxílios nos experimentos bioquímicos.

À Satis, pelo apoio na condução do trabalho.

Aos membros da banca, por aceitarem o convite, e pelas relevantes sugestões.

Aos amigos do mestrado e doutorado em Fitopatologia, em especial aos companheiros do Laboratório de Fisiologia do Parasitismo: Fernanda, Bárbara, Bruno, Mariana, Tharyn, Juliana, Ariana, Alexandre, Joyce, Priscilla, Stefanny, Wilder, Caroline, Camila, Rafaela, Alberto, Bruno, Matheus, Fábio, Maria Eduarda, João Paulo, Dario, Moisés e Marluce.

Aos amigos da República Destelados por todos os bons momentos vivenciados.

Aos meus pais , Geraldo e Simone; à minha irmã Sany; meus avós João, Zilda e Efigênia; meus tios, primos e demais familiares por todas as orações, confiança depositada e por acreditarem sempre em mim.

À minha companheira Vitória por todo amor, companheirismo e apoio nos momentos mais difíceis.

A todos que, de uma certa forma, fizeram-se parte importante para a realização deste trabalho.

OBRIGADO!

RESUMO

O café é uma das culturas que mais se destaca no Brasil, em âmbito social e econômico. Vários são os entraves à produção cafeeira, destacando-se as doenças. A mancha de Phoma, doença cujo agente etiológico é o fungo *Phoma tarda*, causa consideráveis perdas em lavouras cafeeiras em elevadas altitudes. Os prejuízos podem ocasionar redução na produtividade de até 43%, devido à queda de folhas, seca de ramos e mumificação de frutos. A busca por produtos eficazes no controle da doença, em substituição aos fungicidas registrados para o seu manejo, e que apresentem baixo impacto ao meio ambiente, vem crescendo gradativamente. Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de nutrientes foliares associados ao etilfosfonato de cobre e fungicidas no manejo da mancha de phoma do cafeeiro. Foram realizados 2 experimentos, sendo um em condições de campo e outro em casa de vegetação. O experimento de campo foi instalado na Fazenda Boqueirão, no município de Campos Gerais, Minas Gerais, a uma altitude de aproximadamente 1112 m. O experimento foi conduzido no período de julho de 2017 a julho de 2019, referente a duas safras (2017/2018; 2018/2019). A lavoura é formada com a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 (*Coffea arabica* L.), com 15 anos de idade. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) com 4 blocos, 8 tratamentos associados ou não à nutrição foliar (presença e ausência) constituindo assim um esquema fatorial 8x2. Os tratamentos foram: T1 (testemunha); T2 (etilfosfonato de cobre- EFCu); T3 (fosetil-Al- FAI); T4 (boscalida- BOS); T5 (iprodiona- IPRO); T6 (EFCu + FAI); T7 (EFCu + BOS); T8 (EFCu + IPRO). Foram avaliadas a incidência da doença, a porcentagem de chumbinhos mumificados, a desfolha, a produtividade, o aspecto físico dos grãos e o teor de nutrientes foliares. A incidência da doença foi menor em todos os tratamentos associados à nutrição, com exceção do EFCu + FAI para a safra 2017/2018. Já na safra 2018/2019 não houve diferença entre os tratamentos em relação à testemunha. Para os chumbinhos mumificados, todos os tratamentos diferiram da testemunha, sendo que a aplicação de EFCu + FAI, EFCu + BOS e EFCu + IPRO resultou em menor porcentual de chumbinhos mumificados nas duas safras avaliadas. Em relação à produtividade, os tratamentos BOS, EFCu + IPRO, EFCu + BOS e EFCu + FAI proporcionaram incremento de 6, 8, 12 e 13 sacos/ha, respectivamente. Com relação ao aspecto físico dos grãos a nutrição foi eficiente no aumento da porcentagem de grãos nas maiores peneiras. Houve acréscimo nos teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), boro (B), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em área sob efeito da nutrição foliar. O experimento em casa de vegetação foi conduzido no período de janeiro a julho de 2019, no Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais. Foram utilizadas mudas de cafeeiro da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, com 4 meses de idade. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC), com 4 repetições e quatro plantas por parcela. Os tratamentos foram: T1 (testemunha); T2 (etilfosfonato de cobre- EFCu); T3 (boscalida- BOS); T4 (EFCu + BOS), escolhidos por apresentarem melhores resultados de controle da mancha de phoma em condições de campo. Foram avaliados a atividade enzimática da fenilalanina amônio liase (PAL), peroxidase (POX), o teor de compostos fenólicos e lignina, o teor de clorofila a e b, bem como a altura de plantas. Não houve diferença nos teores de lignina, clorofila, compostos fenólicos e altura de plantas. O tratamento EFCu promoveu aumento na atividade da POX. Maior atividade da PAL foi quantificada no tratamento com BOS.

Palavras-chave: *Phoma tarda*. Controle alternativo. Nutrientes. Atividade enzimática.

ABSTRACT

Coffee is one of the cultures that most stands out in Brazil, in social and economic scope. There are several obstacles to coffee production, especially diseases. Phoma stain, a disease whose etiological agent is the fungus *Phoma tarda*, causes considerable losses in coffee plantations at high altitudes. The losses can cause a reduction in productivity of up to 43%, due to the fall of leaves, dryness of branches and mummification of fruits. The search for products that are effective in controlling the disease, replacing the fungicides registered for their management, and that have a low impact on the environment, has been growing gradually. Therefore, the objective of the present work was to evaluate the effect of the application of leaf nutrients associated with copper ethylphosphonate and fungicides in the management of coffee phoma spot. Two experiments were carried out, one in field conditions and the other in a greenhouse. The field experiment was installed at Fazenda Boqueirão, in the municipality of Campos Gerais, Minas Gerais, at an altitude of approximately 1112 m. The experiment was carried out from July 2017 to July 2019, referring to two harvests (2017/2018; 2018/2019). The crop is formed with the cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 (*Coffea arabica* L.), aged 15 years. The experimental design used was randomized blocks (DBC) with 4 blocks, 8 treatments associated or not with leaf nutrition (presence and absence), thus constituting an 8x2 factorial scheme. The treatments were: T1 (control); T2 (copper ethylphosphonate-EFCu); T3 (fosetyl-Al-FAl); T4 (boscalida- BOS); T5 (iprodiona-IPRO); T6 (EFCu + FAl); T7 (EFCu + BOS); T8 (EFCu + IPRO). The incidence of the disease, the percentage of mummified pellets, defoliation, productivity, the physical appearance of the grains and the leaf nutrient content were evaluated. The incidence of the disease was lower in all treatments associated with nutrition, with the exception of EFCu + FAl for the 2017/2018 crop. In the 2018/2019 harvest, there was no difference between treatments compared to the control. For mummified pellets, all treatments differed from the control, and the application of EFCu + FAl, EFCu + BOS and EFCu + IPRO resulted in a lower percentage of mummified pellets in the two evaluated harvests. Regarding productivity, the BOS, EFCu + IPRO, EFCu + BOS and EFCu + FAl treatments provided an increase of 6, 8, 12 and 13 bags / ha, respectively. Regarding the physical aspect of the grains, nutrition was efficient in increasing the percentage of grains in the largest sieves. There was an increase in the levels of calcium (Ca), magnesium (Mg), boron (B), iron (Fe), manganese (Mn) and zinc (Zn) in the area under the effect of leaf nutrition. The greenhouse experiment was conducted from January to July 2019, at the Department of Phytopathology at the Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais. Coffee seedlings of the cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, 4 months old, were used. The experimental design used was randomized blocks (DBC), with 4 replicates and 4 plants per plot. The treatments were: T1 (control); T2 (copper ethylphosphonate-EFCu); T3 (boscalida- BOS); T4 (EFCu + BOS), chosen because they present better results of phoma spot control in field conditions. The enzymatic activity of phenylalanine ammonium lyase (PAL), peroxidase (POX), the content of phenolic compounds and lignin, the content of chlorophyll a and b, and the height of plants were evaluated. There was no difference in the levels of lignin, chlorophyll, phenolic compounds and plant height. The EFCu treatment promoted an increase in POX activity. Greater PAL activity was quantified in the treatment with BOS.

Keywords: *Phoma tarda*. Alternative control. Nutrients. Enzymatic activity.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 A cultura do cafeeiro	14
2.2 Mancha de phoma: etiologia, sintomatologia e epidemiologia	15
2.3 Nutrição mineral no manejo de doenças	16
2.4 Mecanismos de defesa de plantas e indução de resistência a patógenos.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Experimento em campo.....	23
3.1.1 Condições experimentais	23
3.1.2 Delineamento experimental.....	24
3.2 Avaliações no campo	25
3.2.1 Incidência da mancha de phoma.....	25
3.2.2 Avaliação da incidência da mancha de phoma em frutos de café	26
3.2.3 Enfolhamento.....	26
3.2.4 Produtividade	27
3.2.5 Nutrição foliar.....	27
3.3 Análises físicas dos grãos.....	28
3.3.1 Classificação por peneira de grãos.....	28
3.4 Análise estatística	28
3.5 Experimento em casa de vegetação.....	28
3.5.1 Material vegetal	28
3.5.2 Obtenção de inóculo de <i>Phoma tarda</i> e inoculação	29
3.5.3 Proteção de mudas de cafeeiro contra a mancha de phoma	29
3.6 Análises bioquímicas	30
3.6.1 Análise da atividade enzimática	30
3.7 Lignina e Compostos fenólicos.....	31
3.7.1 Lignina solúvel.....	31
3.7.2 Compostos fenólicos solúveis.....	32
3.8 Teores de clorofila A e B	32
3.9 Altura de Plantas.....	33
3.10 Análise estatística	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 Incidência da mancha de phoma	33
4.2 Avaliação da incidência da mancha de phoma em frutos de café.....	38

4.3 Enfolhamento	42
4.4 Produtividade	48
4.5 Nutrição foliar	49
4.6 Análises físicas dos grãos.....	53
4.7 Análises da atividade enzimática	54
4.8 Lignina e compostos fenólicos.....	56
4.9 Teores de clorofila a e b, e altura de plantas	57
5 CONCLUSÃO.....	58
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
7 REFERÊNCIAS.....	59
ANEXOS	68

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma das mais importantes atividades agrícolas no Brasil. Maior produtor mundial de café, estima-se que a safra 2018/2019 esteja entre 50,92 e 54,48 milhões de sacas (60kg) do produto beneficiado, produzida em 2,16 milhões de hectares (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2019). A produtividade e o rendimento dos cafezais são totalmente dependentes das condições climáticas e do manejo de pragas e doenças (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010). Dentre esses fatores, destacam-se as doenças, principalmente a ferrugem, a cercosporiose e a mancha de phoma (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010; SALGADO et al., 2009) que ocasionam perdas na produtividade e qualidade.

Embora essas doenças sejam limitadas a determinadas regiões, onde há condições climáticas específicas, a incidência de mancha de phoma teve um aumento significativo em lavouras cafeeiras nos últimos anos em áreas onde nunca haviam ocorrido anteriormente (LORENZETTI et al., 2015). A mancha de phoma do cafeeiro é importante em diversas regiões produtoras de café, tendo sua ocorrência em campo, bem como em viveiros de mudas. Os sintomas da doença são caracterizados por lesões foliares de formato irregular e coloração escura, seca de ramos e queda de flores e frutos em plantas adultas. O agente etiológico dessa doença é o fungo *Phoma tarda* (R. W. Stewart) H. Verm., no entanto, outras espécies foram encontradas em associação com o cafeeiro, sendo elas *Phoma exigua* e *Phoma jolyana* (SALGADO & PFENNING, 2000).

As variações climáticas destacam-se como um dos fatores abióticos que mais afetam a agricultura, influenciando na produtividade das lavouras, como também no progresso de doenças de plantas (SMITH & TIRPAK, 1989). Para que ocorra a doença é necessário que haja uma interação entre um hospedeiro suscetível, um patógeno virulento e fatores ambientais favoráveis (AGRIOS, 2005). Moraes et al. (2012), em estudo correlativo entre mudanças climáticas e distribuição espaço-temporal da mancha de phoma, verificaram que a ocorrência dessas alterações climáticas, em perspectivas futuras, ocasionará a modificação da distribuição temporal da mancha de phoma no Brasil. De acordo com Lorenzetti et al. (2015), a variação de temperatura entre 15-20°C aumenta, consideravelmente, o comprimento do tubo germinativo, possibilitando a infecção do patógeno, acarretando no progresso da doença, principalmente quando há ocorrência de longos períodos de molhamento foliar.

Atualmente, o controle químico é a medida mais utilizada para o manejo da doença. Entretanto, a frequente utilização de agroquímicos vem sendo cada vez mais contestada,

devido aos danos causados ao homem e ao ambiente. Ressalta-se que o uso excessivo e repetitivo desses pode vir a gerar resistência de fitopatógenos a fungicidas (CIA; PASCHOLATI; BENATO, 2007). Diante disso, a nutrição mineral e a indução de resistência aparecem como soluções viáveis para o manejo integrado de doenças.

O uso de fertilizantes foliares, com destaque para os fosfitos e fosfonatos, tem ganhado elevada importância no controle de doenças de plantas. Produtos à base de fosfitos podem ativar o sistema de defesa das plantas contra doenças. Os micronutrientes presentes em sua composição são considerados cofatores de um grande número de enzimas que atuam no metabolismo das plantas, enfatizando-se aquelas envolvidas em resposta de defesa. Estes compostos, além de funcionar como nutrientes, fazem parte da constituição de vários produtos utilizados no controle de fitopatógenos, tendo ação direta sobre o patógeno (SPOLTI et al., 2015; DALIO et. al., 2012) ou indiretamente, promovendo a indução de resistência sistêmica pela síntese de fitoalexinas, compostos fenólicos e proteínas associadas à patogênese (PR-proteínas) (CARMONA; SAUTUA, 2011; SAUTTER et al., 2008; SILVA et. al., 2019). Diversos estudos têm sido realizados com o intuito de entender o efeito dos fosfitos/fosfonatos no manejo de doenças do cafeeiro, bem como de outras culturas de importância comercial (COSTA et al., 2014; SILVA et al., 2016; MONTEIRO et. al., 2016; GADAGA et al., 2017; SILVA JÚNIOR et al., 2018).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação de nutrientes foliares associados ao etilfosfonato de cobre e fungicidas para controle da mancha de phoma, além do incremento em produtividade do cafeeiro, em condições de campo. Adicionalmente, quantificar o efeito do etilfosfonato de cobre na ativação de mecanismos enzimáticos e fisiológicos envolvidos nas respostas de defesa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do cafeeiro

A cultura do cafeeiro é originária da Etiópia, região central do continente africano. Pertence à família Rubiaceae, gênero *Coffea*, do qual tem-se o conhecimento de 103 espécies (DAVIS et al., 2006), sendo que duas dessas apresentam grande destaque mundial, *Coffea arabica* e *Coffea canephora*. Ambas espécies possuem um alto teor de cafeína, sendo dessa forma as mais cultivadas em todo o mundo (GUNNING et. al., 2018).

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo. Estima-se que a produção para a safra de 2018/19 será entre 50,92 milhões e 54,48 milhões de sacas beneficiadas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2019). Dentre os estados produtores, destaca-se Minas Gerais, responsável por mais de 50% da produção nacional. Outros estados produtores são Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia, Paraná, Rio de Janeiro, Goiás e Mato Grosso. A área total cultivada no país com café (arábica e conilon) totaliza 2,16 milhões hectares, equivalente à safra 2018, tendo a produtividade média esperada para o ano de 2019 entre 27,4 e 29,58 sacas/ha (CONAB, 2019).

O agronegócio brasileiro tem o café como um dos principais produtos exportados, tendo impacto direto no cumprimento de metas sociais, bem como no desenvolvimento da economia do país (OIC, 2019). No entanto, alguns fatores abióticos, como deficiências nutricionais e condições climáticas, e fatores bióticos, como pragas e doenças podem reduzir consideravelmente sua produtividade e qualidade dos grãos (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010), afetando conseqüentemente seu valor de mercado.

2.2 Mancha de phoma: etiologia, sintomatologia e epidemiologia

O primeiro relato do fungo agente etiológico da mancha de phoma foi realizado por Stevens, em 1923, na Costa Rica, sendo encontrado em folhas de *C. arabica*, posteriormente identificado como *Phyllosticta coffeicola*. Com o passar dos anos, devido aos crescentes danos causados, a doença foi ganhando importância, sendo identificada uma nova espécie de fungo em 1953, denominado *Phoma costarricensis* (CARVALHO; CHALFOUN; CUNHA, 2010). De acordo com Salgado e Pfenning (2000) e Pfenning, Salgado e Almeida (2007), há várias espécies do gênero *Phoma* que colonizam a parte aérea do cafeeiro, sendo elas *P. tarda*, *P. costarricensis*, *P. jolyana*, *P. herbarum* e *P. leveillei*. No Brasil, a mancha de phoma tem como agente etiológico o fungo *Phoma tarda* (R. W. Stewart). Esse patógeno é causador de uma das mais importantes doenças fúngicas do cafeeiro, pois ocorre desde a formação de mudas em viveiro, até a fase de produção da cultura (LIMA et al., 2010).

No campo, os principais sintomas foliares são a ocorrência de manchas necróticas de coloração escura, apresentando tamanho variado, que se iniciam em brotos terminais da região apical, nas folhas tenras, onde ainda não há barreiras físicas de resistência, atingindo, dessa forma, os tecidos mais jovens. Quando essas lesões atingem os bordos foliares as folhas podem se curvar, deformar e até mesmo rachar, fato que pode vir a ser confundido com deficiência de boro. Em ramos doentes ocorrem lesões profundas e escuras, desencadeando a

seca da ponta para a base. Pode ainda infectar as rosetas florais, causando, de forma indireta, a mumificação de flores e frutos (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010).

A ocorrência da doença ocasiona danos ao cafeeiro como desfolha, necrose de ramos ou rosetas, ocasionando em queda de botões florais, queda indireta de flores, mumificação e consequente queda dos chumbinhos. Ocorre também a podridão seca de ponteiros e de extremidade dos ramos, resultando em perdas consideráveis de produtividade, que variam de 15 a 43% (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010).

A penetração do fungo é facilitada por danos mecânicos nos tecidos foliares, sendo esses causados por insetos ou o atrito entre as folhas, em decorrência de ventos excessivos que ocorrem em épocas frias, favoráveis para a reprodução deste patógeno. O microclima favorável para o desenvolvimento desse fungo é a ocorrência de temperaturas amenas (18 a 19 °C), altitude acima de 900 m, grande incidência de chuvas e ventos frios. Caso ocorra ausência de chuvas, mas umidade suficiente para causar no mínimo 4 horas de molhamento foliar, ocorrerá a penetração do fungo (LIMA et al., 2010; LORENZETTI et al., 2015; SALGADO et al., 2009; SANTOS et al., 2014). Essas condições são comumente observadas nos meses de março/abril e setembro/outubro.

A primeira constatação dessa doença no Brasil ocorreu em 1973, no Espírito Santo (FARIA; ZAMBOLIN; CHAVES, 1978), e em regiões do Triângulo Mineiro e Alta Paranaíba, em Minas Gerais, nos cafezais localizados em elevadas altitudes. Entretanto, essa doença vem sendo encontrada em outras regiões, em lavouras que estão expostas a ventos fortes e frios, com suas faces voltadas para o sul, sudeste e leste (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010).

2.3 Nutrição mineral no manejo de doenças

Ao fornecer às plantas nutrição mineral adequada, pode-se observar que o incremento promovido pelos nutrientes é refletido em consideráveis aumentos de produtividade. Esses nutrientes possuem funções específicas nas plantas, atuando no metabolismo vegetal, desempenhando papéis importantes como alterações na composição química, anatômica e morfológica da planta, podendo promover um aumento ou decréscimo da resistência dessas ao ataque de patógenos (POZZA et al., 2004; DORDAS, 2008).

A nutrição mineral é responsável por promover inúmeras mudanças nas plantas, podendo alterar a intensidade de doenças. Dentre as modificações que ocorrem, destaca-se a espessura da parede celular e cutícula, a conservação de compostos solúveis nas células, a

exemplo de açúcares simples e aminoácidos, variações na lignificação dos tecidos, na suberização, na silificação, como também na síntese e acúmulo de compostos fenólicos (MARSCHNER, 1995).

Em lavouras cafeeiras, é de grande importância realizar um correto manejo nutricional. As plantas, ao entrarem em fase de alta produção, podem apresentar um desequilíbrio fisiológico, condicionado por desbalanços nutricionais, comumente causados pelo dreno de nutrientes foliares, que serão direcionados para os frutos (GUIMARÃES et al., 2002). Com esse desbalanço nutricional, as plantas tendem a ficar mais suscetíveis ao ataque de patógenos. Dessa forma, vale ressaltar a necessidade de se promover uma eficiente nutrição no campo, visto que os nutrientes minerais podem aumentar ou reduzir a intensidade de doenças de plantas, determinando, muitas das vezes, a suscetibilidade ou resistência do hospedeiro ao patógeno (MARSCHNER, 2012).

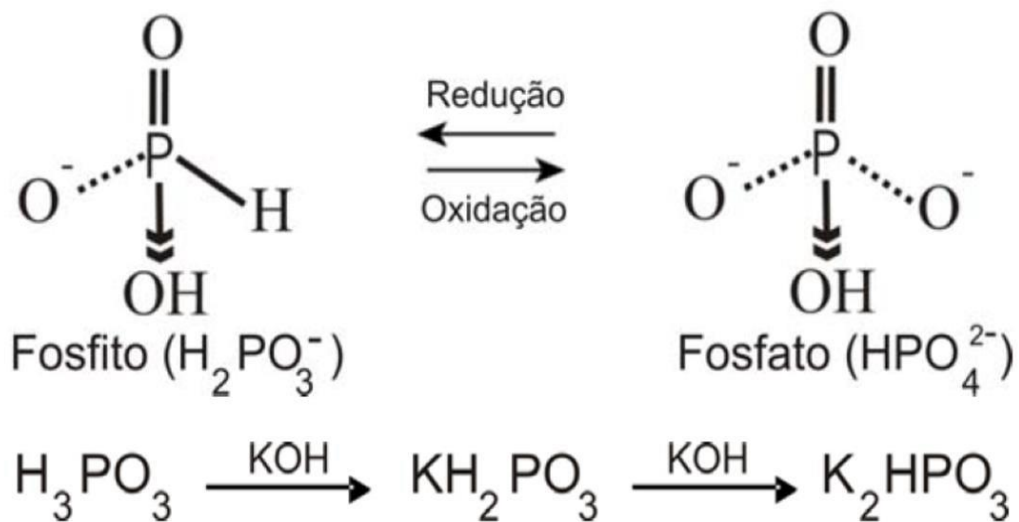
Os nutrientes minerais existentes são 13, os quais dividem-se em dois grupos, segundo a sua exigência pelas plantas, sendo os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e os micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn) (EPSTEIN, 1999). Os macronutrientes são absorvidos em grandes quantidades pelas plantas, em contrapartida, os micronutrientes são absorvidos em quantidades menores. A obtenção desses nutrientes ocorre via solo, por absorção do sistema radicular, podendo ocorrer por fluxo de massa, difusão e interceptação, quando os mesmos se encontram em sua forma inorgânica. Outra maneira de fornecer esses nutrientes às plantas é pela adubação foliar, complementando assim suas exigências nutricionais. Ressalta-se que a aplicação deve ser feita de forma prudente, com o intuito de evitar a fitotoxidez das plantas (REZENDE et al., 2005).

Atualmente, destaca-se a crescente utilização de produtos comercializados como fertilizantes foliares ricos em micronutrientes. Dentre esses, os fosfitos e fosfonatos são relatados frequentemente em estudos como indutores de resistência em plantas, incluindo a síntese de fitoalexinas (JACKSON et. al. 2000; NOJOSA, 2003; NOJOSA; RESENDE; RESENDE 2005; MONTEIRO et. al., 2016), além de promoverem o controle de doenças (COSTA et. al. 2014; SILVA JÚNIOR, 2018).

Em meio aos nutrientes, o fósforo destaca-se como um dos mais exigidos para o desenvolvimento das plantas. Devido a sua alta reatividade e rápida combinação com outros elementos, não há sua ocorrência natural de forma livre, sendo o ânion fosfato (HPO_4^{2-}) a principal forma de fósforo usada pelas plantas para sua nutrição. Em contra partida, os fosfitos são sais inorgânicos decorrentes da reação de uma base, como por exemplo o hidróxido de cálcio e de potássio, com o ácido fosforoso (H_2PO_3). A origem dos fosfitos

advém do fungicida etil- fosfonato (fosetyl- Al), o qual tem eficiência comprovada em induzir a síntese de fitoalexinas e possuir a característica de movimentar-se pelo floema das plantas (CARMONA; SAUTUA, 2011). Ambos diferem apenas pela substituição de um átomo de oxigênio por um de hidrogênio em sua molécula (Figura 1). A substituição desse átomo acarreta em consideráveis diferenças na forma em que os dois compostos atuam nos organismos. Recentemente, a formulação dos fosfitos e fosfonatos tem sido como sais de manganês, potássio, cobre ou zinco, sendo utilizados no controle de oomicetos (RESENDE et. al., 2008; MELO et. al., 2016).

Figura 1 - Diferença entre fosfito e fosfato, e reação de formação do fosfito de potássio.



Fonte: Dalio et al., (2012).

Os fosfitos são promissores no manejo de doenças de plantas pois, além de proporcionar nutrição e ativação dos mecanismos de resistência latentes das plantas, eles também agem por toxidez direta ao fungo (DALIO et al., 2012). Outra característica de suma importância dos fosfitos está atrelada ao seu custo reduzido, quando comparado ao dos fungicidas químicos que são frequentemente utilizados (BUFFARA et al., 2013).

Na literatura, existem diversos estudos que comprovam a eficiência de fosfitos e nutrientes minerais no manejo de doenças da cultura do cafeeiro, bem como em outras espécies vegetais. Nojosa et al. (2009), em estudo com mudas de cafeeiro aplicadas com o indutor de resistência acibenzolar- S-metil, um fertilizante foliar a base de boro, enxofre, manganês e zinco, e uma formulação de fosfito de potássio, constataram que todos os tratamentos testados promoveram redução da área abaixo da curva de progresso da mancha de

phoma. Costa et al. (2014) observaram que a pulverização de fosfito de manganês, fosfito de potássio, e formulações à base de subproduto da indústria cafeeira e cítrica, em cafeeiros adultos, promoveram uma redução na intensidade da ferrugem e da cercosporiose, com consequente redução da desfolha e aumento de produtividade. Os tratamentos com fosfito de manganês e fosfito de manganês + fosfito de potássio + formulação à base de subproduto da indústria cítrica, proporcionaram aumentos na produtividade de 72 e 88%, respectivamente, em ano de alta produtividade.

A aplicação de fosfito de potássio, na cultura do cafeeiro, proporcionou redução de 62,5% da severidade da antracnose, doença cujo agente etiológico é o fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (OGOSHI et al., 2013). De acordo com os autores, o fosfito inibiu a germinação de conídios, a formação do apressório e consequentemente o crescimento micelial do fungo. Costa et al. (2014) observaram que a aplicação de fosfito de potássio apresentou efeito tóxico na germinação de esporos de *Hemileia vastatrix*, bem como na germinação de conídios e no crescimento micelial de *Cercospora coffeicola*. A aplicação de um extrato vegetal a base de folhas de cafeeiro infectadas por *Hemileia vastatrix* (NEFID), fosfito de zinco e a mistura desses dois produtos tem ação fungitóxica sobre a incidência de oídio, em mudas de eucalipto (SILVA et al., 2016). Segundo Gadaga et al. (2017), a aplicação de fosfitos de potássio e manganês foram eficazes no controle da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) do feijoeiro comum, em condições de campo, além de promover atividade de enzimas de defesa.

Em estudos realizados por Silva Júnior et al. (2018), foi observado que o uso de um fertilizante foliar a base de macro e micronutrientes, um a base de cobalto e molibdênio, o fosfito de manganês e a interação entre esses produtos, foram eficientes na redução da severidade da mancha de phoma, em mudas de cafeeiro. Verificou-se também o aumento da atividade de enzimas de defesa e dos teores de clorofila a e b.

2.4 Mecanismos de defesa de plantas e indução de resistência a patógenos

Para se proteger do ataque de patógenos, as plantas possuem mecanismos de defesa, os quais podem ser constitutivos ou induzidos. Os patógenos são percebidos pelas plantas pelo fato de reconhecerem moléculas patogênicas eliciadoras ou resultantes das injúrias causadas às plantas (DURRANT; DONG, 2004). Ao reconhecerem essas moléculas, ocorre uma rápida transdução de sinais dentro da célula, fazendo com que haja a expressão de vários genes de

defesa, com o objetivo de limitar, ou até mesmo inibir o progresso do patógeno dentro da planta (HARRISON; BALDWIN, 2004).

Como mecanismos de defesa constitutivos pode-se ressaltar a formação de camada de cera, cutícula, aumento na espessura da parede celular, maior número de tricomas, modificações nos estômatos e fibras vasculares, como também a ativação de substâncias químicas pré-formadas, com destaque para os fenóis, glicosídeos fenólicos e cianogênicos, alcaloides, lactonas insaturadas, inibidores proteicos e enzimas hidrolíticas (PASCHOLATI; LEITE, 1995; HANKS; NELSON, 2016). Em relação aos mecanismos induzidos, enfatiza-se a produção de fitoalexinas, proteínas relacionadas à patogênese (PRPs), espécies ativas de oxigênio (EAOs), aumento da lignificação, dentre outros (PASCHOLATI; LEITE, 1995).

O processo de sinalização é realizado pelas células vegetais, e pode ser dividido em três etapas: (1) reconhecimento ou percepção do sinal, realizado pelos receptores específicos ou inespecíficos de padrões, que percebem um determinado sinal de um eliciador. Os eliciadores são substâncias ou compostos reconhecidos pelos receptores, podendo ser bióticos ou abióticos. Os principais eliciadores bióticos são os padrões moleculares associados ao patógeno (PAMPs) e os oligolaguronídeos (OGAs). Como eliciadores abióticos cita-se os fosfitos, silicatos, hormônios, etc; (2) transdução do sinal, que é o processo de transmissão direta ou indireta do sinal da membrana ao núcleo, normalmente é realizado por mensageiros secundários, alterações nas fosforilações de proteínas, sendo os mais comuns as proteínas-G, as espécies ativas de oxigênio, o óxido nítrico, os ácidos salicílico e jasmônico e o etileno; (3) tradução do sinal, que é a ativação de genes que induzem a síntese de proteínas relacionadas à patogênese (proteínas PRPs) e de determinadas enzimas regulatórias envolvidas com a produção de metabólitos secundários (CAMPOS et al., 2011).

Em razão do ataque de patógenos às células vegetais, mecanismos de defesas são ativados, sendo mediados por um conjunto de genes que codificam diversas proteínas. A indução de resistência é a ativação desses mecanismos que se encontram reprimidos nas plantas. A resistência induzida dividi-se em resistência sistêmica adquirida (SAR) e resistência sistêmica induzida (RSI). Na SAR a resistência ocorre de forma sistêmica, podendo ser disparada por eliciadores bióticos (PAMPs, OGAs) ou abióticos. A resposta sinalizada é mediada pelo ácido salicílico, ocorrendo a produção de proteínas relacionadas à patogênese (PRPs), síntese de fitoalexinas e reação de hipersensibilidade (HR). Na RSI a sinalização é realizada pelo etileno e o ácido-jasmônico, não ocorrendo o acúmulo de PRPs. A mesma é disparada por organismos não patogênicos, como rizobactérias e agentes de controle biológico (BARROS et al., 2010; STANGARLIN et al., 2011).

A explosão oxidativa é a primeira resposta de defesa da planta, após o patógeno ser reconhecido. Neste processo ocorre a rápida formação de espécies ativas de oxigênio (EAOs ou ROS), comumente desencadeada pela enzima NADPH-oxidase, localizada na membrana celular. Esta enzima, ao promover a oxidação do oxigênio molecular, formará o radical superóxido (O_2^-), o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), o radical hidroxila (OH^-) e o oxigênio singlete (1O_2). A superóxido-dismutase (SOD) é a responsável por converter o superóxido a peróxido de hidrogênio (H_2O_2), e a peroxidase (POX) juntamente com a catalase (CAT) convertem o peróxido de hidrogênio a água (H_2O) e oxigênio (O_2). As EAOs são frequentemente formadas no metabolismo celular, porém, se ocorrer o seu acúmulo, haverá toxidez das células (THAKUR; SOHAL, 2013). Além disso, as EAOs podem causar sérios danos às plantas, afetando os pigmentos fotossintéticos, os lipídios, as proteínas e os ácidos nucléicos (MOLLER, 2001).

O estresse, causado por fatores bióticos ou abióticos, faz com que as plantas produzam um complexo sistema de defesa constituído de compostos antioxidantes, bem como um diversificado arsenal de enzimas, como a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase (POX), glutathione-redutase e ascorbato peroxidase (APX). Estas enzimas são utilizadas para proteger as células dos danos oxidativos e estabilizar as EAOs (RESENDE; SALGADO; CHAVES, 2003; HOSSAIN; UDDIN, 2011).

As POXs são uma importante classe de proteínas PRPs, representando um conjunto de dezenas de isoenzimas, aptas a catalisar a oxidação de vários substratos, como compostos fenólicos e substâncias aromáticas, resultando na formação de quinonas e água. Além dessa função de oxidar os compostos fenólicos, que são tóxicos para aos patógenos, as POXs também elevam a sua velocidade de polimerização, em substâncias análogas à lignina, que se aderem junto à parede celular, influenciando diretamente no crescimento e desenvolvimento do patógeno (FOYER; NOCTOR, 2011). Em plantas infectadas por patógenos, pulverizadas com indutores de resistência, pode-se observar que as respostas de defesa estão intimamente ligadas à oxidação de compostos fenólicos, sendo estes, tóxicos aos patógenos (SUTIC; SINCLAIR, 1991). A formação de parede celular, suberização e lignificação, em plantas, são produtos resultantes da ação das POXs (KUHN; PASCHOLATI, 2010).

Uma molécula de grande importância para as plantas é a lignina. Destaca-se como a segunda substância orgânica com maior presença nos vegetais, sendo menos abundante em plantas somente em relação a celulose. Na biossíntese da lignina há o envolvimento de um considerável número de enzimas. A formação da lignina ocorre pela polimerização de precursores produzidos na rota dos fenilpropanoides, tendo como seu ponto inicial o processo

de desaminação da fenilalanina para ácido transcinâmico, que em seguida é catalisada pela enzima fenilalanina amônia-liase (PAL), produzindo também, compostos como as fitoalexinas (STICHER; MAUCHI-MANI; MÉTRAUX, 1997; MANDAL; CHAKRABORTY; DEY, 2010). Dentre as funções da lignina, vale ressaltar a sua importância na proteção das plantas, além de promover suporte e resistência mecânica. A lignificação interfere no desenvolvimento do fungo nos tecidos vegetais de várias maneiras, como: formação de barreira mecânica à evolução e desenvolvimento do patógeno; permutação da parede celular, tornando-a mais resistente ao ataque de enzimas hidrolíticas; elevação da resistência das paredes à difusão de toxinas produzidas pelos patógenos, que dificultam a utilização dos nutrientes do hospedeiro pelo agente invasor (CAVALCANTI et al., 2005).

Cada vez mais, novos métodos físicos e biológicos têm sido desenvolvidos visando o controle de doenças de plantas, se tornando alternativas viáveis em relação ao controle químico comumente utilizado, principalmente em função da menor emissão de resíduos tóxicos para o meio ambiente. A utilização de métodos como a indução de resistência em plantas, o tratamento realizado com fosfitos e fosfonatos, dentre outros, leva ao surgimento de mais uma opção em relação ao uso dos fungicidas sintéticos, levando em consideração a eficiência de controle (WILSON; WISNIEWSKI, 1994; BULHÕES et al., 2012).

Em trabalhos realizados com diferentes genótipos de café, a resistência ao fungo *Hemileia vastatrix* é evidenciada por uma alta liberação de peróxido de hidrogênio, morte celular vegetal localizada, restringindo o crescimento fúngico, bem como o aumento de atividade de enzimas de defesa e compostos fenólicos (DINIZ et al., 2012; GUERRA-GUIMARÃES et al., 2009; RAMIRO et al., 2009; SILVA et al., 2002, 2008). De acordo com Burra et al. (2014), o tratamento com diferentes indutores de resistência como ácido β -aminobutírico (BABA), tiamina (vitamina B1), acibenzolar-S-metil (ASM) e fosfito ($H_2PO_3^-$), em plantas de batata, promoveram um aumento da resistência após o ataque de patógenos. Segundo Pôssa (2015), ao realizar o tratamento de folhas de café com os indutores de resistência Bion[®] e GreenForce CuCa, pode-se constatar um acréscimo de resistência à *H. vastatrix*. Monteiro et al. (2016), utilizando fosfito de Mn para controle da ferrugem do cafeeiro, em mudas de café, observaram uma redução de 63% da severidade da doença. O mesmo tratamento induziu a transcrição de genes que codificam enzimas (POX, CAT, GLU e PAL) e aumentou a atividade de enzimas oxidativas (APX, SOD e PPO).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos díspares para avaliar o efeito do Fulland - etilfosfonato de cobre (EFCu), Aliette - fosetil- Al (FAI), Cantus - boscalida (BOS), Rovral - iprodiona (IPRO), de forma isolada, bem como suas associações, EFCu + FAI, EFCu + BOS, EFCu + IPRO. O primeiro experimento, conduzido em campo, teve como objetivo de elucidar a influência da nutrição no controle da mancha de phoma, além do incremento em produtividade. O segundo, conduzido em casa de vegetação, objetivando-se avaliar o possível efeito do EFCu (escolhido por apresentar melhor resultado no manejo da mancha de phoma em condições de campo) com a ativação de enzimas de defesa de mudas de cafeeiro inoculadas com *P. tarda*, como também o incremento nos teores de clorofila e na altura de plantas.

3.1 Experimento em campo

3.1.1 Condições experimentais

O experimento foi instalado na Fazenda Boqueirão, Campos Gerais, Minas Gerais. A área experimental está situada a uma altitude de aproximadamente 1112 m, latitude de 21°12'03" Sul e longitude de 45°44'58" Oeste, em espaçamento 3,0m X 0,8m, com 3.571 plantas ha⁻¹. O experimento de campo foi conduzido durante o período de julho de 2017 a julho de 2019, referente a duas safras (2017/2018; 2018/2019). Considerou-se o primeiro ano de avaliação o período entre julho de 2017 e junho de 2018, e o segundo ano entre julho de 2018 e julho 2019. A lavoura é formada pela cultivar, Catuaí Vermelho IAC 144 (*Coffea arabica* L.), com 15 anos de idade.

Durante o período experimental, a lavoura recebeu tratamentos culturais pertinentes ao sistema de manejo convencional já praticado na fazenda. No manejo da cercosporiose e da ferrugem realizou-se 3 aplicações do fungicida azoxystrobin + ciproconazol (0,5 L/ha) ao final dos meses de novembro, janeiro e março, nas 2 safras. Todos os produtos (tratamentos e aplicações para doenças não alvo) foram aplicados com auxílio de pulverizador costal motorizado com volume de calda de 400 L/ha e pressão média de 30 psi.

Os tratamentos, doses e épocas de aplicação para controle da mancha de phoma estão descritos na Tabela 1. As pulverizações foram realizadas nos meses de setembro e outubro, início do período chuvoso, onde ainda há a ocorrência de temperaturas mais baixas. Essa é

uma das épocas mais críticas para o controle da doença, a qual exige condições climáticas bastante específicas para ocorrer. Para as pulverizações foi utilizado pulverizador costal motorizado, com volume de calda de 400 L/ha.

Tabela 1 - Tratamentos, épocas de aplicação e doses dos produtos utilizados no experimento em condições de campo

Tratamentos	Doses (L - Kg/ha)	Épocas de aplicação
1) Testemunha	---	---
2) EFCu	2,00	set, out
3) FOS	2,00	set, out
4) BOS	0,15	set, out
5) IPRO	1,00	set, out
6) EFCu + FOS	2,00 + 2,00	set, out
7) EFCu + BOS	2,00 + 0,15	set, out
8) EFCu + IPRO	2,00 + 1,00	set, out

Legenda: EFCu: etilfosfonato de cobre; FOS: fosetil- Al; BOS: boscalida; IPRO: iprodiona. Em todas as aplicações foi utilizado o adjuvante Vitaphix Power (50 mL/ha). Fonte: Do autor (2019).

3.1.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com 4 blocos, 8 tratamentos associados à nutrição foliar (presença e ausência) constituindo assim um esquema fatorial 8x2. A nutrição foliar foi realizada seguindo o portfólio de aplicação da empresa SATIS Ltda (Tabela 2). As parcelas experimentais foram constituídas de 10 plantas, das quais as 6 plantas centrais foram consideradas úteis.

Tabela 2 - Produtos comerciais, especificações, doses e épocas de aplicação utilizados na nutrição foliar do cafeeiro em condições de campo

Produto	Especificação	Doses (L- kg/ha)	Estádio
Vitan ^(LF)	Aminoácidos + macro e micronutrientes	1,00	Pós colheita
Humicbor ^(LF)	Ácidos húmicos polióis e boro	1,50	Pré florada
Vitakelp ^(LF)	Extrato de alga	0,50	
Vitaphol SM Café ^(SF) Vitan ^(LF)	K, S, Mg, B, Mn, Mo, Zn, EDTA Aminoácidos + macro e micronutrientes	2,50 1,00	Chumbinho
Vitaphol SM Café ^(SF) Vitan ^(LF)	K, S, Mg, B, Mn, Mo, Zn, EDTA Aminoácidos + macro e micronutrientes	2,50 1,00	
Stayflex ^(LF)	Componentes salicílicos + Boro	0,80	Expansão dos frutos
Sturdy ^(LF)	Extrato de algas e fósforo	1,50	
Vitan ^(LF)	Aminoácidos + macro e micronutrientes	1,00	Grão verde
Matury ^(LF)	Acetato de K (inibidor de etileno)	4,00	
Humicbor ^(LF)	Ácidos húmicos polióis e boro	1,50	
Sturdy ^(LF)	Extrato de algas e fósforo	1,50	
Vitaphol SM Café ^(SF)	K, S, Mg, B, Mn, Mo, Zn, EDTA	2,50	
Matury ^(LF)	Acetato de K (inibidor de etileno)	6,00	Grão verde cana/cereja

Legenda: ^(LF)Produto de formulação líquida aplicado via foliar; ^(SF)Produto de formulação sólida aplicado via foliar. Fonte: Do autor (2019).

3.2 Avaliações no campo

3.2.1 Incidência da mancha de phoma

Após a demarcação do experimento e surgimento dos sintomas da mancha de phoma, foram iniciadas as avaliações. Em ambos os anos foram realizadas avaliações em intervalos mensais. Para avaliar a incidência foram amostrados 6 ramos plagiotrópicos (3 ramos de cada lado da planta, no terço médio), 12 folhas por planta (6 folhas de cada lado da planta, 3° e/ou 4° par de folhas, por método não destrutivo), em 6 plantas por parcela, totalizando 72 folhas por parcela. A incidência da doença foi determinada, com base na porcentagem de folhas com sintomas da doença, em relação ao total amostrado, conforme a Equação 1 (CAMPBELL; MADDEN, 1990).

$$I (\%) = \frac{NFD}{NTF} * 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

I (%) = incidência da doença em porcentagem;

NFD = número de folhas doentes;

NTF = número total de folhas amostradas.

3.2.2 Avaliação da incidência da mancha de phoma em frutos de café

Para avaliar o número de chumbinhos sadios e doentes, foram demarcados 2 ramos plagiotrópicos (1 ramo de cada lado da planta, no terço médio), 2 rosetas por planta (1 roseta de cada lado da planta, 3° e/ou 4°, por método não destrutivo) em 6 plantas por parcela, totalizando 12 rosetas por parcela. Quando os frutos atingiram estágio de chumbinho, foi contabilizado o número total/ roseta, separando os frutos sadios dos que apresentavam sintomas da doença (mumificados). Foi determinado o controle promovido pelos tratamentos na porcentagem de chumbinhos mumificados, segundo metodologia estabelecida por Abbott (1925).

3.2.3 Enfolhamento

O enfolhamento das parcelas foi avaliado nas mesmas datas da avaliação da doença, por meio da escala diagramática, proposta por Boldini (2001), sendo os respectivos valores: nota 1 (0 a 20% de enfolhamento), 2 (21 a 40%), 3 (41 a 60%), 4 (61 a 80%) e 5 (81 a 100%). Após a obtenção dos dados de incidência e de enfolhamento médio de todos os tratamentos, foram plotadas as curvas de progresso, ao longo do tempo dessas duas variáveis, para os anos 1 (2017/2018) e 2 (2018/2019), separadamente.

Os dados de incidência e de enfolhamento foram integralizados, em área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) e do enfolhamento (AACPE), segundo Shaner e Finney (1977), de acordo com a Equação 2.

$$AACPI \text{ ou } AACPE = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(Y_i + Y_{i+1})}{2} * (T_{i+1} - T_i) \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

AACPI ou AACPE = área abaixo da curva de progresso da doença (incidência ou enfolhamento);

Y_i = proporção da doença na i -ésima observação;

T_i = tempo em dias na i -ésima observação;

n = número total de observações;

3.2.4 Produtividade

A colheita foi realizada manualmente no mês de junho, do ano de 2018, primeira safra. A produtividade do cafeeiro foi determinada com base na massa dos frutos maduros colhidos nas plantas, quando as plantas atingiram média de no máximo 20% de frutos verdes. Posteriormente, procedeu-se a conversão para a produtividade (sacas de 60 Kg de café beneficiado por ha^{-1}), de acordo com a fórmula:

Produtividade = $[(Kg/planta \times 0,2) \times \text{número de plantas/ha}] / 60 \text{ Kg}$, considerando que 10 Kg de café cereja equivalem a 2 Kg de café beneficiado, ou seja, com rendimento em peso de 20% (CARVALHO et al., 2006). Os dados de colheita da safra de 2019 não foram computados no presente trabalho uma vez que o manejo realizado pelo produtor neste ano foi o de “safra zero”.

3.2.5 Nutrição foliar

Para avaliar os teores de nutrientes foliares foi realizada uma coleta de folhas antes do início da aplicação dos tratamentos. Após a colheita realizou-se uma segunda coleta. As amostras foliares obtidas foram secas em estufa a 45 °C, durante 7 dias. Em seguida, as mesmas foram encaminhadas para o Laboratório de Análise Foliar e de Solo da CAPEBE (Cooperativa Agropecuária de Boa Esperança Ltda), onde foram quantificados os teores de macro e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn). Com base nos resultados de teores nutricionais obtidos foi realizada a análise, comparando o incremento proporcionado em lavouras com a presença e ausência da nutrição.

3.3 Análises físicas dos grãos

3.3.1 Classificação por peneira de grãos

Após a colheita, foi retirada uma amostra 5L do total colhido para a etapa de beneficiamento. Os grãos já beneficiados foram utilizados para realizar a classificação por peneiras (BORÉM, 2007). Para isso, 100 g de cada amostra foram utilizadas nas peneiras de 19, 13, 18, 12, 17, 11 e 16 mesh, respectivamente. Em cada uma dessas peneiras foram contabilizados o número de os grãos retidos e o percentual de retenção das peneiras, classificando, posteriormente, os grãos.

3.4 Análise estatística

Para verificar os pressupostos da análise de variância, os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), pelo teste F. Os valores médios, quando significativos, foram submetidos ao teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa “R” versão 3.1.3.

3.5 Experimento em casa de vegetação

O experimento em casa de vegetação foi conduzido de janeiro de 2019 a julho de 2019, localizado no Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.

3.5.1 Material vegetal

Para o preparo das mudas utilizadas nos experimentos, sementes de cafeeiro cv. Catuaí Vermelho IAC 144 foram semeadas em bandejas contendo areia lavada. Assim que atingiram a fase “orelha de onça”, essas foram transplantadas para sacos de polietileno de 0,5 L, contendo substrato composto por solo, areia e substrato comercial para hortaliças na proporção de 2:1:1 (v/v/v). As mesmas, após o transplante, foram irrigadas periodicamente e adubadas conforme a recomendação de Ribeiro et al. (1999). As mudas, ao atingirem quatro pares de folhas totalmente expandidas, foram transferidas para câmara tipo Fitotron (Eletrolab

– São Paulo/Brasil), em condições controladas de temperatura (20 °C), umidade (80%) e fotoperíodo de 12 horas sob luz fluorescente, 15 dias antes do início do experimento, para aclimação às condições ambientais, sendo mantidas durante todo o período experimental.

3.5.2 Obtenção de inóculo de *Phoma tarda* e inoculação

Utilizou-se no ensaio o isolado CML 986 de *Phoma tarda* da Coleção Micológica de Lavras. O cultivo do fungo foi realizado em placas de Petri contendo o meio de cultura extrato de malte-ágar (MA 2%), as quais foram mantidas em BOD (Bio-Oxygen Demand) na temperatura de 20 °C e fotoperíodo de 12h, pelo período de 15 dias. As mudas foram inoculadas, por pulverização, com suspensão de esporos de *P. tarda*, na concentração de 2×10^6 conídios/mL na face adaxial das folhas (LIMA et al., 2010). Para esse experimento, a inoculação com *P. tarda* foi realizada sete dias após a aplicação dos tratamentos.

3.5.3 Proteção de mudas de cafeeiro contra a mancha de phoma

Os produtos utilizados foram o Fulland[®] (etilfosfonato de cobre), produzido pela empresa Satis Ltda., na dose de 5 mL/L, e o fungicida Cantus[®] (boscalia), produzido pela BASF, na dose 0,36 g/L, escolhidos por apresentarem melhores resultados de controle da mancha de phoma em condições de campo. A testemunha foi pulverizada com água destilada. As mudas de cafeeiro com 5 meses de idade, apresentando quatro pares de folhas, foram pulverizadas com os produtos e as doses descritas na Tabela 3, utilizando-se um pulverizador manual, sete dias antes da inoculação com o patógeno, como mencionado anteriormente.

Tabela 3 - Tratamentos e doses dos produtos utilizados no experimento em condições de casa de vegetação

Tratamentos	Doses (L – Kg/ha)
1) Testemunha	---
2) EFCu	2,00
3) BOS	0,15
5) EFCu + BOS	2,00 + 0,15

Legenda: EFCu: etilfosfonato de cobre; BOS: Boscalida. Em todas as aplicações foi utilizado o adjuvante Vitaphix Power (50 mL/ha). Fonte: Do autor, 2019.

3.6 Análises bioquímicas

O material vegetal para a análise bioquímica foi coletado nos tempos: 0, 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas após a aplicação dos tratamentos (haa). Coletou-se os três primeiros pares de folhas totalmente expandidos, do ápice para a base, nos tempos de coleta determinados, as quais foram congeladas em nitrogênio líquido. Em seguida, as amostras foram armazenadas em ultrafreezer a -80°C para preservação do material e realização das análises posteriores. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC), com 4 repetições e quatro plantas por parcela, para cada tempo de coleta (0, 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas).

3.6.1 Análise da atividade enzimática

Para a obtenção dos extratos utilizados na determinação da atividade das enzimas POX e PAL, amostras de aproximadamente 200 mg de tecido foliar foram maceradas com N_2 líquido em almofariz, com adição de polivinilpirrolidona (PVP) 1% (p/p), até a obtenção de um pó fino. Para realizar a análise da POX, o material obtido foi homogeneizado em tampão fosfato de potássio 400 mM pH 7,8, EDTA 10 mM e ácido ascórbico 200 mM. Logo após, os mesmos foram homogeneizados e centrifugados a 13.000 g, por 15 minutos, a 4°C ; para a análise enzimática utilizou-se os sobrenadantes (BIEMELT; KEETMAN; ALBRECHT, 1998).

A atividade da POX foi determinada pela oxidação do guaiacol, de acordo com a metodologia de Urbanek et al. (1991). Adicionou-se 20 μL do extrato enzimático, ajustado para 200 μL de solução contendo fosfato de potássio 100 mM pH 7,0, guaiacol 50 mM e peróxido de hidrogênio 250 mM. Após incubação a 30°C , por 2 minutos, a absorbância foi medida a 480nm. O coeficiente de extinção molar de 26,6 mM/cm foi utilizado para calcular a atividade da POX ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg prot}$) (MAEHLEY; CHANCE, 1954).

Para a determinação da enzima fenilalanina amônia-liase (PAL), a cada um grama de tecido foliar macerado foi adicionado 3 mL de tampão fosfato de sódio 50 mM pH 6,5, acrescido de 1 mM de PMSF (fluoreto de fenilmetilsulfonilo) e 1% de PVP. A solução foi centrifugada a 13.000 g, por 15 minutos, a 4°C e o sobrenadante foi usado como fonte enzimática. A atividade da PAL foi determinada conforme metodologia descrita por Zucker (1965). Foram adicionados 5 μL do extrato enzimático, ajustado para 200 μL de solução tampão Tris-HCl 100 mM pH 8,8, contendo fenilalanina 50 mM. Após a incubação a

°C, por 20 minutos, a absorbância foi medida a 280nm. O cálculo da atividade enzimática da PAL foi expresso em ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg prot}$).

A proteína total de cada extrato enzimático foi mensurada, de acordo com a metodologia de Bradford (1976), usando uma curva padrão de albumina sérica bovina.

3.7 Lignina e Compostos fenólicos

Para a realização destas análises, utilizou-se o material vegetal coletado, 240 horas após a inoculação do patógeno (hai), sendo imediatamente congelado em nitrogênio líquido e armazenado em ultrafreezer a -80°C para efetuar as análises posteriores. O material coletado foi macerado em nitrogênio líquido, com auxílio de almofariz e pistilo até obter um pó fino. Logo após, as amostras foram liofilizadas por 48 horas. Do material liofilizado, uma alíquota de 30mg foi transferida para microtubo de 2mL, homogeneizada com 1,5mL de metanol a 80% e sob agitação por 15 horas, em agitador rotativo, mantida sob proteção da luz à temperatura ambiente. A suspensão foi centrifugada a 12.000 rpm, por 5 minutos. Transferiu-se o sobrenadante (extrato metanólico) para novo microtubo, com o qual se realizou a determinação de compostos fenólicos solúveis, enquanto o resíduo sólido foi utilizado para determinação de lignina solúvel, como descrito a seguir.

3.7.1 Lignina solúvel

Foram adicionados ao resíduo sólido 1,5mL de metanol a 80%, homogeneizado e centrifugado, a 12.000 rpm, por 7 minutos, a 25°C . Descartou-se o sobrenadante e o resíduo foi seco em estufa a 45°C , por 15 horas, overnight, mantendo os tubos abertos. Em seguida, o resíduo foi hidratado com 1,5mL de solução de ácido tioglicólico:HCl (ácido clorídrico) 2M (1:10), com agitação suave e colocado em banho-maria a 100°C por 4 horas. No processo a seguir, as amostras foram centrifugadas, a 12.000 rpm, por 10 minutos, a 25°C ; o sobrenadante foi descartado e o precipitado lavado com 1,5 mL de água ultrapura e centrifugado novamente, a 12.000 rpm, por 10 minutos, a 25°C . Logo após, o sobrenadante foi descartado e o precipitado foi ressuspenso em 1,5 mL de NaOH (hidróxido de sódio) 0,5M e acondicionado, em agitador rotativo, por 15 horas, à temperatura ambiente. Centrifugou-se a mistura obtida a 12.000 rpm, por 10 minutos, a 4°C . O sobrenadante foi vertido em um novo microtubo, ao qual foram adicionados 200 μL de HCl concentrado. A suspensão adquirida foi conservada em câmara fria (4°C), por 4 horas, para possibilitar a precipitação da lignina

ligada ao ácido tioglicólico. Em seguida, a mistura foi centrifugada a 12.000 rpm, por 10 minutos, a 4°C, o sobrenadante descartado e o precipitado ressuspensão em 2mL de NaOH 0,5M. A absorbância desta solução foi estabelecida por espectrofotometria a 280 nm, e o cálculo dos valores foram feitos com base na curva da lignina e expressos em µg de lignina solúvel por miligrama de massa seca ($\mu\text{g (mg MS)}^{-1}$) (adaptado de DOSTER; BOSTOCK, 1988).

3.7.2 Compostos fenólicos solúveis

Alíquotas de 150 µL do extrato metanólico foram misturadas a 150 µL do reagente de Folin-Ciocalteu 0,25 N, por 5 minutos. Ao homogeneizado obtido, foram adicionados mais 150 µL de Na₂CO₃ (carbonato de sódio) 1 M, por 10 minutos. Em seguida, a mistura foi diluída com 1 mL de água ultrapura e acondicionada à temperatura ambiente, por uma hora. Os valores de absorbância desta reação foram estabelecidos a 725 nm, em espectrofotômetro, e calculados com base na curva do catecol. Os compostos fenólicos foram definidos em equivalente µg de catecol por miligrama de massa seca ($\mu\text{g (mg MS)}^{-1}$) (SPANOS; WROLSTAD, 1990).

3.8 Teores de clorofila a e b

Em mudas de cafeeiro, utilizando-se dos mesmos tratamentos para a atividade enzimática, foram avaliados os teores de clorofila a e b. O ensaio foi conduzido em delineamento de blocos casualizados com 4 repetições e 1 planta por repetição.

Para a extração e quantificação de clorofilas coletou-se material vegetal, 240 horas após a inoculação do patógeno (hai), sendo imediatamente congelado em nitrogênio líquido e armazenado em ultra freezer a -80°C para efetuar as análises posteriores. Foram pesados 0,1 g do material coletado sendo o mesmo macerado em 5 mL de acetona (80%), com auxílio de almofariz e pistilo. Em seguida, o extrato obtido foi filtrado em lã de vidro e o volume completado para 10 mL, com a adição de acetona (80%), com auxílio de um balão volumétrico de 25 mL. Posteriormente, realizou-se a leitura da absorbância desta solução, estabelecida por espectrofotometria a 663,2 nm, 646,8 nm e 470 nm. Os valores obtidos foram transformados para teores de clorofilas a, b e totais nas folhas, expressos em unidades de área ($\mu\text{g.cm}^{-2}$) e de massa fresca ($\mu\text{g. g}^{-1}$), segundo metodologia proposta por Richardson et al.

(2002). Os Cálculos de μg de clorofila/g de matéria fresca foliar, seguiram as respectivas equações:

$$\text{Clorofila a: } 12.25 \times A_{663,2} - 2,79 \times A_{646,8}$$

$$\text{Clorofila b: } 21.50 \times A_{646,8} - 5,10 \times A_{663,2}$$

3.9 Altura de plantas

Em mudas de cafeeiro, utilizando-se dos mesmos tratamentos para a atividade enzimática, avaliou-se a eficácia dos mesmos no crescimento das plantas, com base na medição da altura das mudas de cafeeiro. A primeira medição foi realizada antes da aplicação dos produtos, e a segunda 30 dias após. Esta variável foi mensurada em cm, adotando-se, como critério, a distância entre o colo da planta e a extremidade do broto terminal do ramo ortotrópico. A diferença obtida pelas medições foi o incremento fornecido pelos tratamentos.

3.10 Análise estatística

Para verificar os pressupostos da análise de variância, os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), pelo teste F. Os valores médios, quando significativos, foram submetidos ao teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa “R” versão 3.1.3.

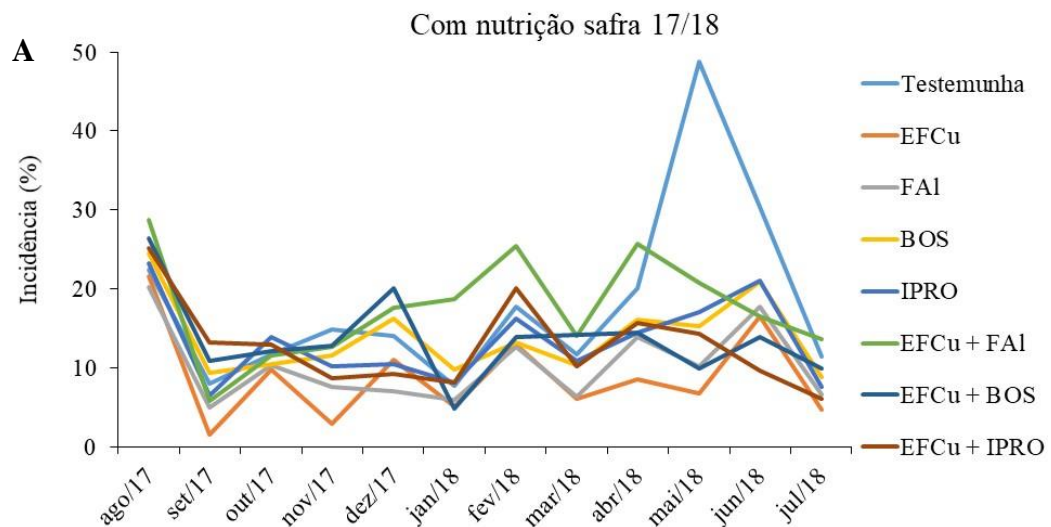
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

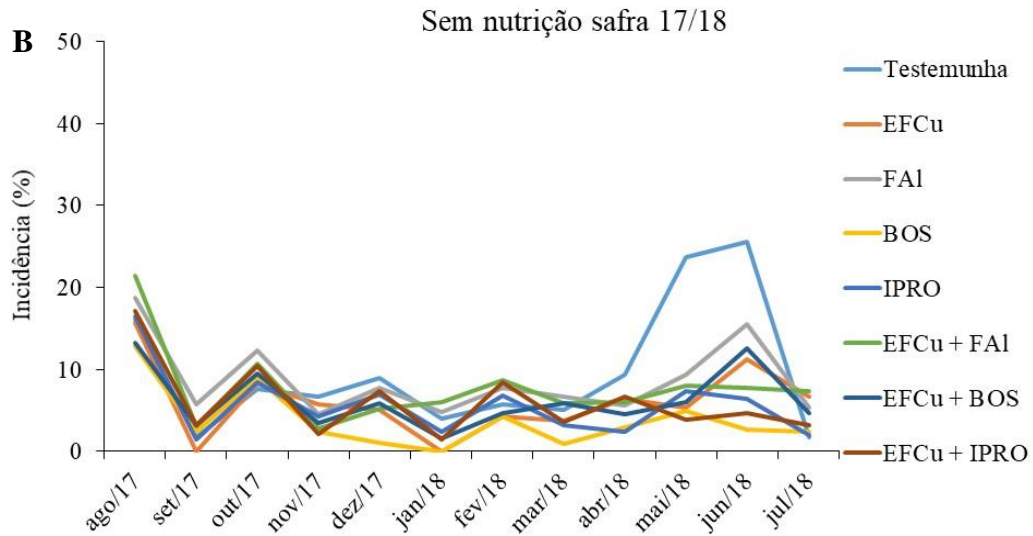
4.1 Incidência da mancha de phoma

Na safra 17/18 todos os tratamentos testados, com exceção da associação entre EFCu + FAI, promoveram redução no progresso da incidência da mancha de phoma quando comparados à testemunha. Na área com aplicação da nutrição foliar observou-se maior incidência da doença, quando comparado à área sem nutrição (Figura 2). Tal resultado pode ser explicado pela possível ação dos nutrientes na lavoura, onde os mesmos, ao serem

disponibilizados para as plantas, induziram a multiplicação celular e consequente crescimento foliar, dando origem a um maior número de brotações (TAIZ; ZEIGER, 2017). Essas brotações são consideradas uma importante porta de entrada para o fungo, devido ao seu tecido foliar mais tenro. Logo, a localização da lavoura experimental teve importância relevante na disseminação da doença, visto que, a mesma encontrava-se em uma região de elevada altitude, exposta a intensas correntes de vento. Dessa forma, possivelmente a intensa ocorrência de vento promovia um grande atrito entre os ramos das plantas, causando ferimentos foliares, facilitando a entrada e colonização do patógeno (CARVALHO; CHALFOUN, 1998; CHALFOUN; CARVALHO, 2008).

Figura 2 – Curva de progresso da incidência da mancha de phoma em função dos tratamentos e da presença (A) ou ausência (B) da nutrição foliar, mensalmente, em cafeeiros cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, na safra 2017/2018.

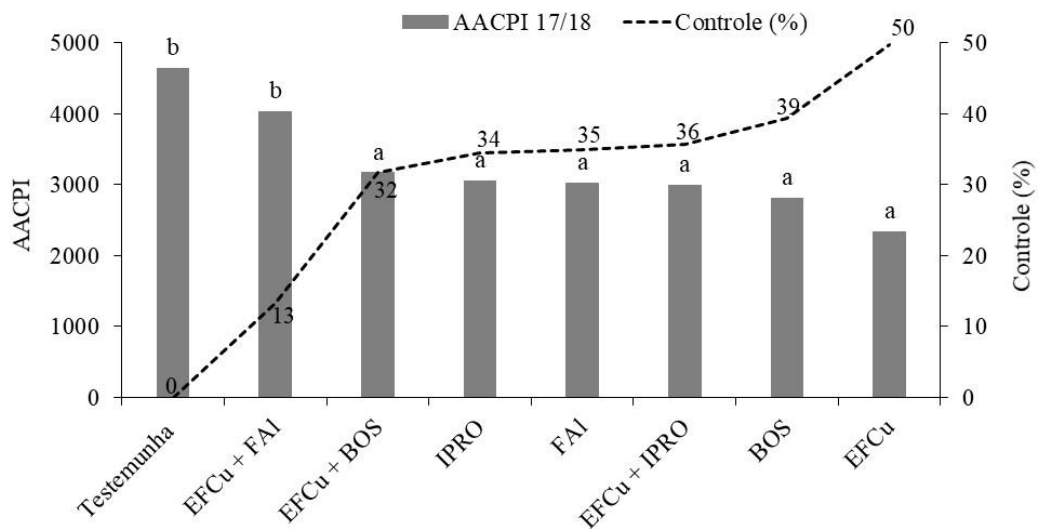




Legenda: Produtos: EFCu: etilfosfonato de cobre; FAI: fosetil- Al; BOS: boscalida; IPRO: iprodiona.
Fonte: Do autor (2019).

Para a área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) da safra 17/18, todos os tratamentos, de forma isolada ou em associação entre si, diferiram-se significativamente da testemunha, a exceção da interação entre EFCu + FAI. Observou-se que não houve interação significativa entre os tratamentos e a nutrição foliar. Os tratamentos EFCu + BOS, IPRO, FAI, EFCu + IPRO, BOS e EFCu, promoveram controle de 32, 34, 35, 36, 39 e 50%, respectivamente (Figura 3).

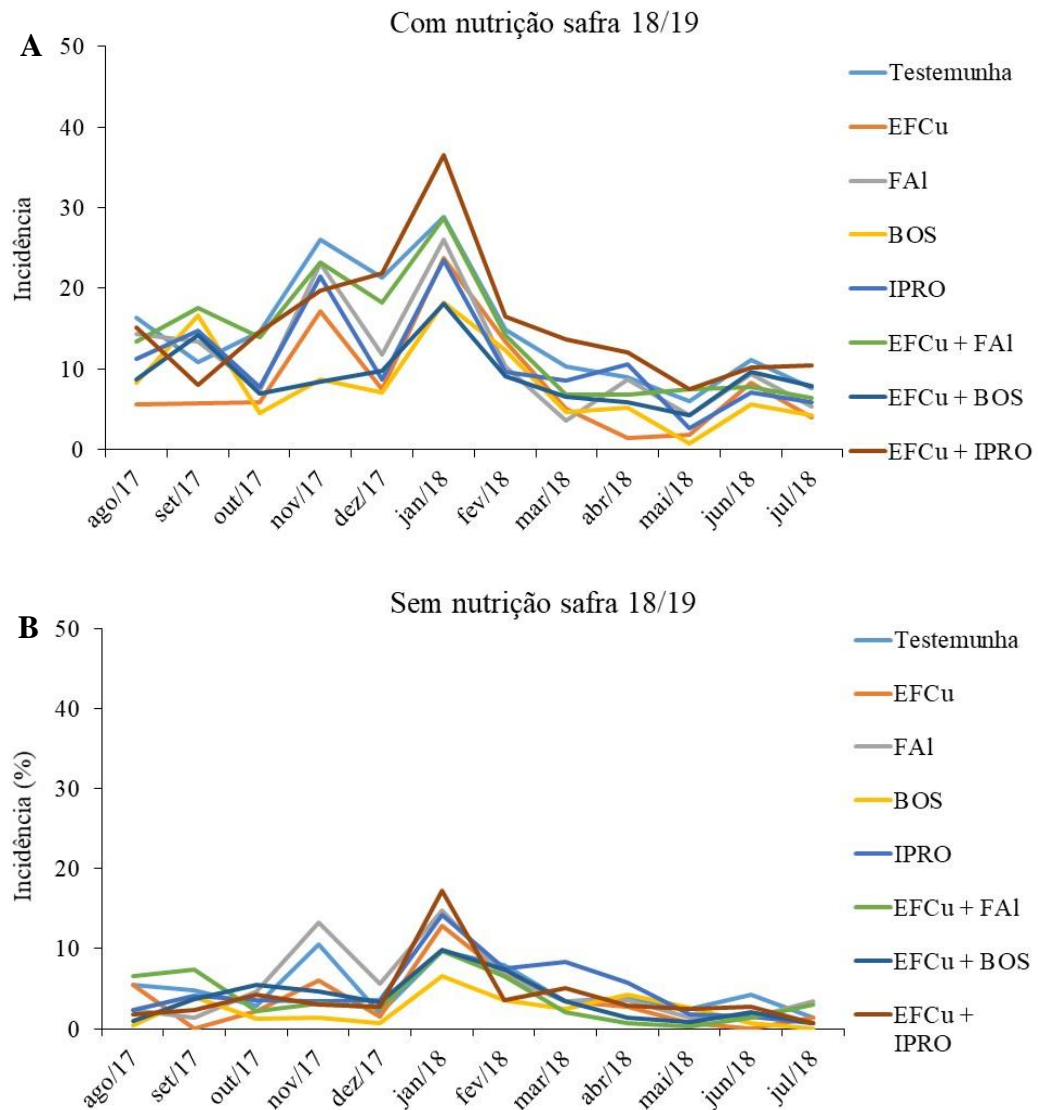
Figura 3 - Efeito dos tratamentos na área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) da mancha de phoma, em cafeeiros cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, na safra 2017/2018, em relação ao controle.



Legenda: Produtos: EFCu: etilfosfonato de cobre; FOS: fosetil- Al; BOS: boscalida; IPRO: iprodiona.
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% ($p \leq 0,05$), pelo teste de Scott-Knott.
Fonte: Do autor (2019).

Analisando o progresso da incidência da mancha de phoma para a safra 18/19, observa-se que ao efetuar o tratamento das plantas com a nutrição foliar, houve maior incidência de doença na área quando comparada à sua não aplicação (Figura 4). A explicação para o referido acontecimento está intimamente relacionada ao da safra anterior, 17/18, onde supostamente houve influência dos nutrientes na emissão de um maior número de brotações, e consequente aumento da doença.

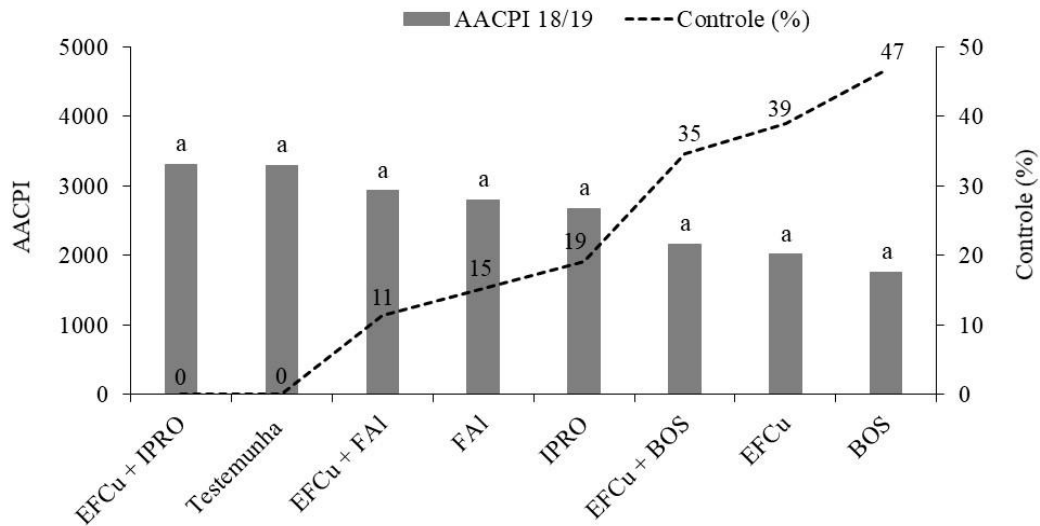
Figura 4 – Curva de progresso da incidência da mancha de phoma em função dos tratamentos e da presença (A) ou ausência (B) da nutrição foliar, mensalmente, em cafeeiros cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, na safra 2018/2019.



Legenda: Produtos: EFCu: etilfosfonato de cobre; FAI: fosetil- Al; BOS: boscalida; IPRO: iprodiona.
Fonte: Do autor (2019).

Em relação à área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) da safra 18/19, todos os tratamentos apresentaram AACPI semelhante. A maioria dos tratamentos promoveu um controle da doença mais efetivo que a testemunha (Figura 5). Verificou-se que não houve interação significativa entre os tratamentos e a nutrição foliar.

Figura 5 - Efeito dos tratamentos na área abaixo da curva do progresso da incidência (AACPI) da mancha de phoma, em cafeeiros cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, na safra 2018/2019.



Legenda: Produtos: EFCu: etilfosfonato de cobre; FOS: fosetil- Al; BOS: boscalida; IPRO: iprodiona. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% ($p \leq 0,05$), pelo teste de Scott-Knott. Fonte: Do autor (2019).

Observa-se que na safra 2017/2018 o período de maior ocorrência da doença foi de março a julho, enquanto na safra 2018/2019, o maior pico encontra-se entre os meses de outubro e março. Na primeira safra, a lavoura encontrava-se em ano de alta produtividade, tendo a maior parte dos nutrientes drenados pelos frutos. Dessa forma, as plantas garantem que a maioria dos fotoassimilados sejam direcionados aos frutos ao invés das folhas, reduzindo assim sua propagação vegetativa. Contudo, na segunda safra ocorre o inverso, visto que, a planta vegetará por um maior período de tempo devido à poda drástica realizada logo após a colheita do primeiro ano, reduzindo assim a produção frutos. Essa alternância entre produção e crescimento vegetativo é explicada pela bienalidade do cafeeiro. De acordo com Silva et al. (2010) a bienalidade é um fenômeno característico do cafeeiro, pois a planta necessita vegetar por um determinado período para que possa alcançar altos níveis de produção na safra subsequente. A ocorrência desse fato é responsável por ocasionar oscilações entre anos de alta e baixa produtividade. Levando em consideração essa diferença observada nas duas safras, pode-se elucidar um melhor planejamento de controle da doença, ao saber que no ano de baixa produção há maior ocorrência do patógeno na lavoura. Assim,

promover um controle no ano onde o cafeeiro encontra-se em elevado processo de vegetação pode influenciar para que haja uma menor incidência da doença no ano subsequente, garantindo melhores números em produtividade.

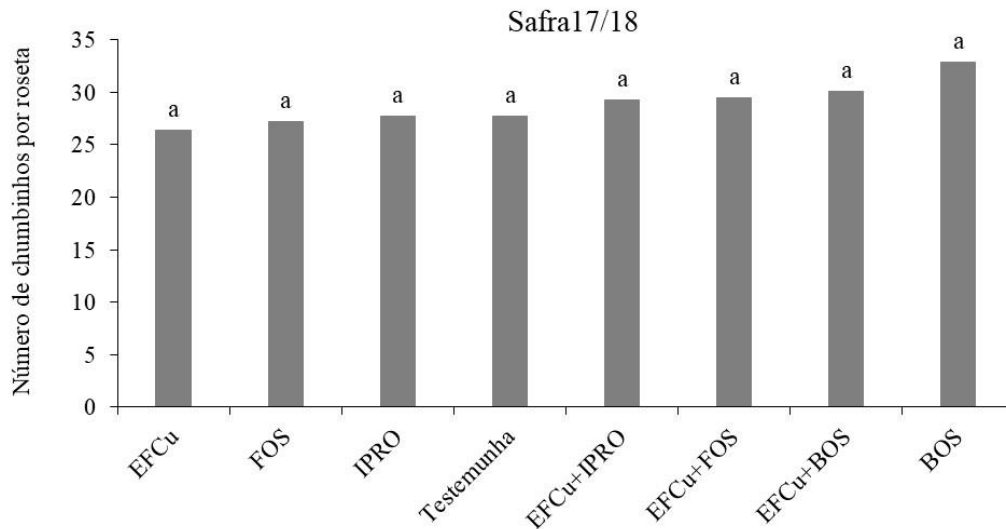
Ao misturar compostos que apresentem diferentes mecanismos de ação, pode-se promover a ampliação de seus espectros de ação, elevar a durabilidade da atividade antifúngica, ou mesmo potencializar seus efeitos ao se explorar suas interações de sinergismo (GISI, 1996). Em trabalho realizado por Töfoli; Mello; Domingues (2012), utilizando uma mistura de mancozeb + fosfito de potássio, foi observado maior controle da requeima do tomateiro em relação à aplicação isolada dos produtos, refletindo diretamente na produtividade. Dados obtidos por Costa et al. (2014) corroboram com os resultados encontrados no presente trabalho. O mesmo, utilizando um fosfito de manganês e um fosfito de potássio + formulação à base de subproduto da indústria cítrica, em duas safras, no controle da ferrugem do cafeeiro, observou redução na incidência e severidade da doença.

O controle proporcionado pelo fosfito, associado ou não a outros tratamentos, pode ter ocorrido devido à indução de resistência por ele proporcionada, bem como do seu efeito de toxidez direta ao patógeno (DALIO et al., 2012).

4.2 Avaliação da incidência da mancha de phoma em frutos de café

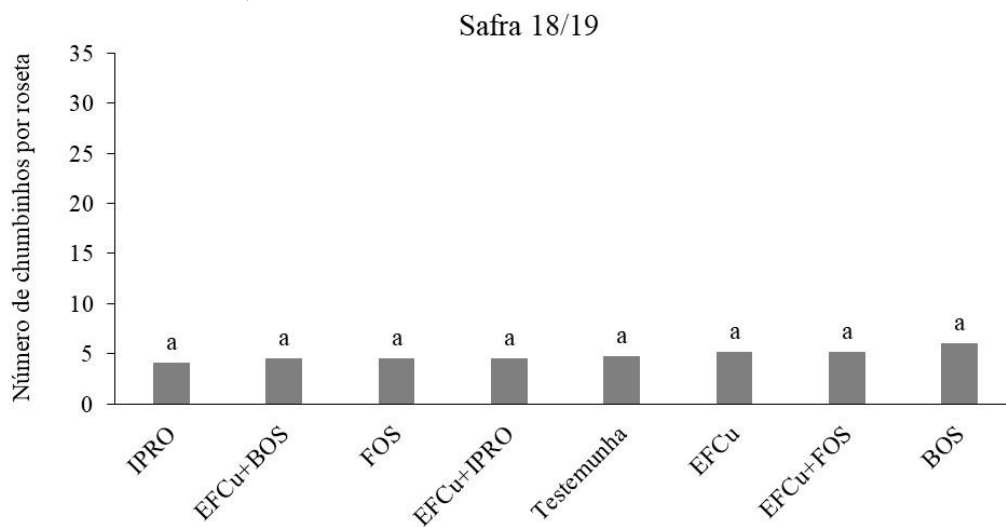
Para o número de chumbinhos não houve interação entre os tratamentos e nutrição foliar, em nenhuma das safras. Na safra 17/18 não houve diferença entre os tratamentos, no entanto a nutrição foliar promoveu um maior número de chumbinhos por roseta (Figura 6) quando comparado à safra subsequente. Na safra 18/19 não houve diferença significativa entre os tratamentos, bem como para a nutrição foliar (Figura 7). Para a mesma safra, o número de chumbinhos por roseta foi consideravelmente inferior à safra 17/18, podendo ser explicado pelo manejo da lavoura ser o de “safra zero”, tendo, dessa forma, redução da produção. A poda realizada ao fim da primeira safra foi a do tipo esqueletamento, considerada drástica por consistir na eliminação da maioria dos ramos plagiotrópicos, a cerca de 40 cm do tronco, ocasionando em um desbalanço na produção, que só será recuperada no ano seguinte (SILVA et al., 2016).

Figura 6 - Efeito dos tratamentos no número de chumbinhos por roseta em cafeeiros cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, na safra 2017/2018.



Legenda: Produtos: EFCu: etilfosfonato de cobre; FOS: fosetil- Al; BOS: boscalida; IPRO: iprodiona. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% ($p \leq 0,05$), pelo teste de Scott-Knott. Fonte: Do autor (2019).

Figura 7 - Efeito dos tratamentos no número de chumbinhos por roseta em cafeeiros cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, na safra 2018/2019.

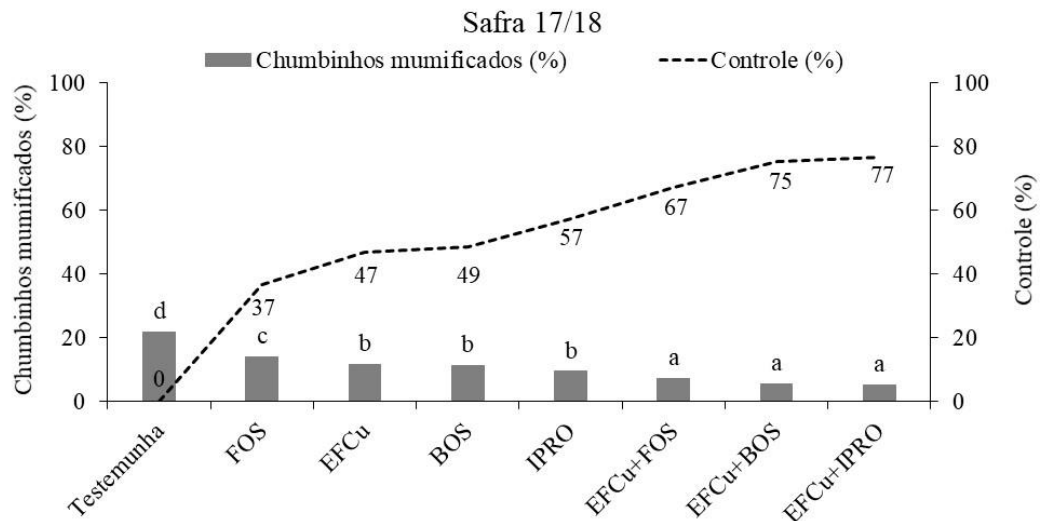


Legenda: Produtos: EFCu: etilfosfonato de cobre; FAI: fosetil- Al; BOS: boscalida; IPRO: iprodiona. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% ($p \leq 0,05$), pelo teste de Scott-Knott. Fonte: Do autor (2019).

Em relação ao número de chumbinhos mumificados não houve interação significativa entre os tratamentos e a nutrição foliar para a safra 17/18. No manejo da doença em frutos, todos os tratamentos diferiram estatisticamente da testemunha, sendo o EFCu + FOS, EFCu + BOS e EFCu + IPRO os mais eficientes, promovendo um controle de 67, 75 e 77%, respectivamente (Figura 8). A aplicação da nutrição foliar foi eficiente para a redução da

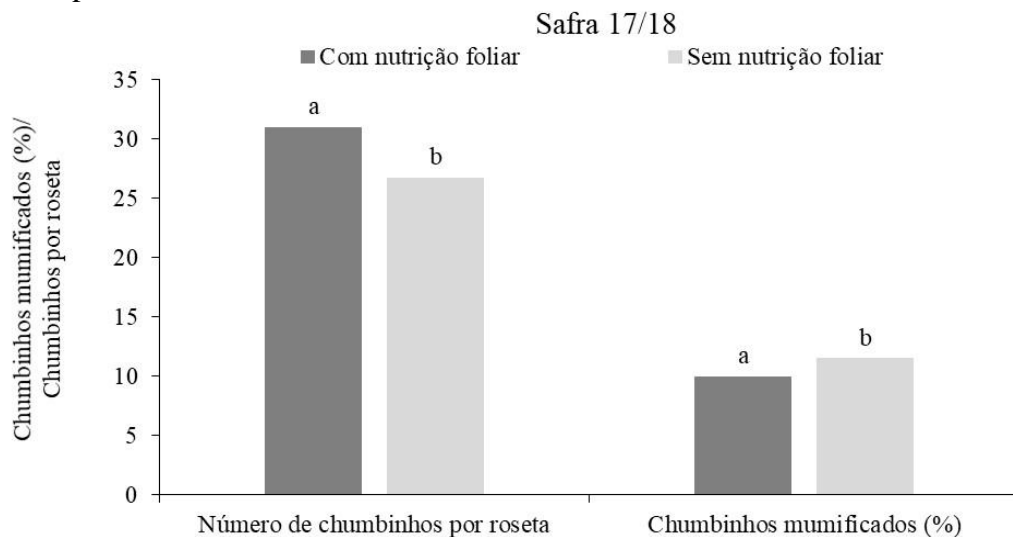
mumificação de chumbinhos, bem como no aumento do número de chumbinhos por roseta, quando comparada com a sua não aplicação (Figura 9).

Figura 8 - Efeito dos tratamentos na porcentagem de chumbinhos mumificados em cafeeiros cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, na safra 2017/2018.



Legenda: Produtos: EFCu: etilfosfonato de cobre; FAI: fosetil- Al; BOS: boscalida; IPRO: iprodiona. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% ($p \leq 0,05$), pelo teste de Scott-Knott. Fonte: Do autor (2019).

Figura 9 - Efeito da nutrição foliar na porcentagem de chumbinhos mumificados e número de chumbinhos por roseta dos cafeeiros cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, na safra 2017/2018.



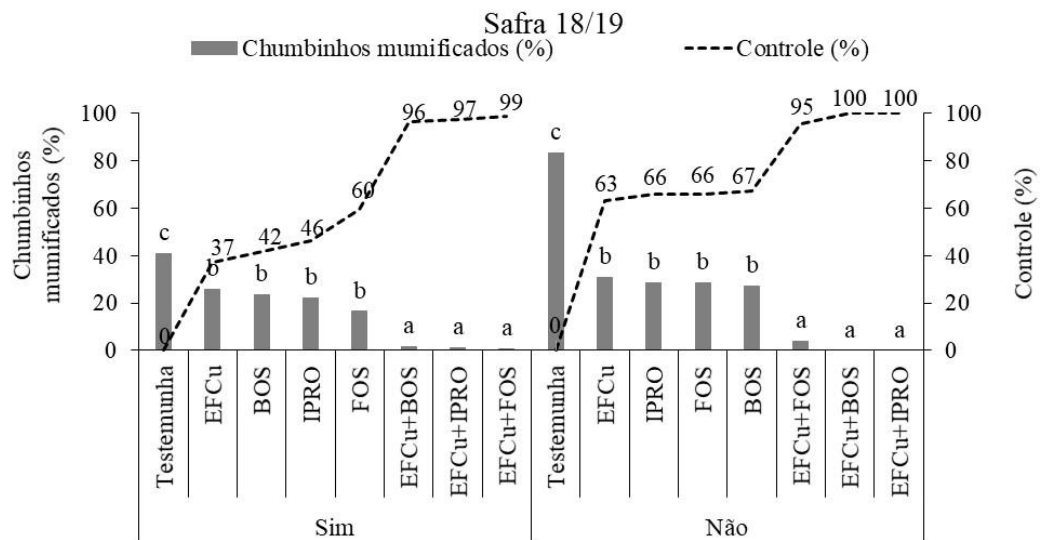
Legenda: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% ($p \leq 0,05$), pelo teste de Scott-Knott. Do autor (2019).

Para a safra 18/19 observa-se que os tratamentos EFCu + BOS, EFCu + IPRO e EFCu + FOS, em associação com a nutrição foliar, diferiram da testemunha e promoveram controle

de 96, 97 e 99%, respectivamente. Na ausência de nutrição foliar, todos os tratamentos diferiram-se significativamente da testemunha, tendo as misturas EFCu + FOS, EFCu + BOS e EFCu + IPRO promovido também os maiores controles que foram de 95, 100 e 100%, respectivamente (Figura 10).

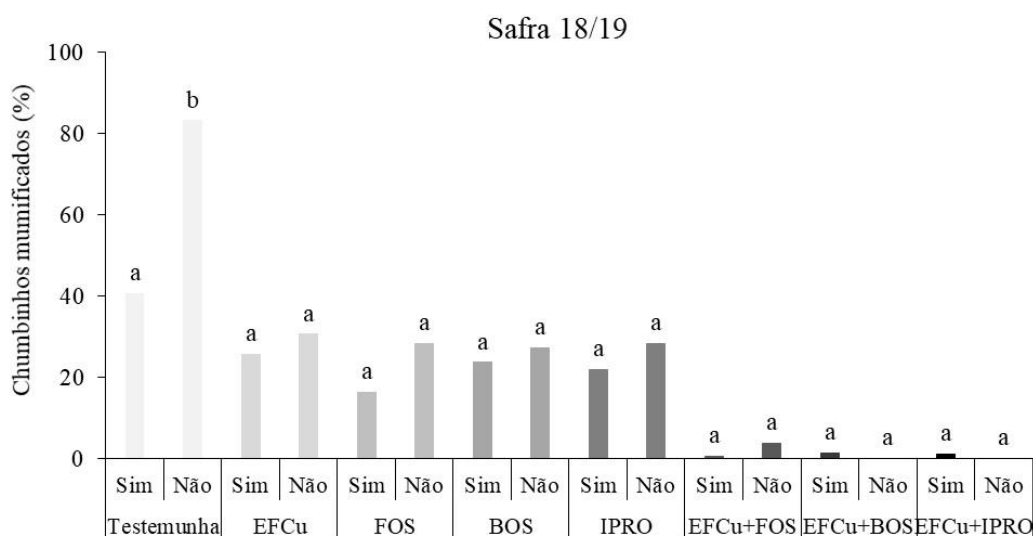
Ao desdobrar a nutrição foliar dentro dos tratamentos, observou-se que houve diferença significativa apenas na testemunha, onde a nutrição foliar reduziu a mumificação. Nos demais tratamentos não houve diferenças entre o uso ou não dos fertilizantes foliares (Figura 11).

Figura 10 - Efeito dos tratamentos na porcentagem de chumbinhos mumificados em cafeeiros cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, na safra 2018/2019.



Legenda: Produtos: EFCu: etilfosfonato de cobre; FAI: fosetil- Al; BOS: boscalida; IPRO: iprodiona. Sim: presença da nutrição; Não: ausência da nutrição. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% ($p \leq 0,05$), pelo teste de Scott-Knott. Do autor (2019).

Figura 11 - Desdobramento da interação entre tratamentos e nutrição na porcentagem de chumbinhos mumificados em cafeeiros cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, na safra 2018/2019.



Legenda: Produtos: EFCu: etilfosfonato de cobre; FAI: fosetil- Al; BOS: boscalida; IPRO: iprodiona. Sim: presença da nutrição; Não: ausência da nutrição. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% ($p \leq 0,05$), pelo teste de Scott-Knott. Fonte: Do autor (2019).

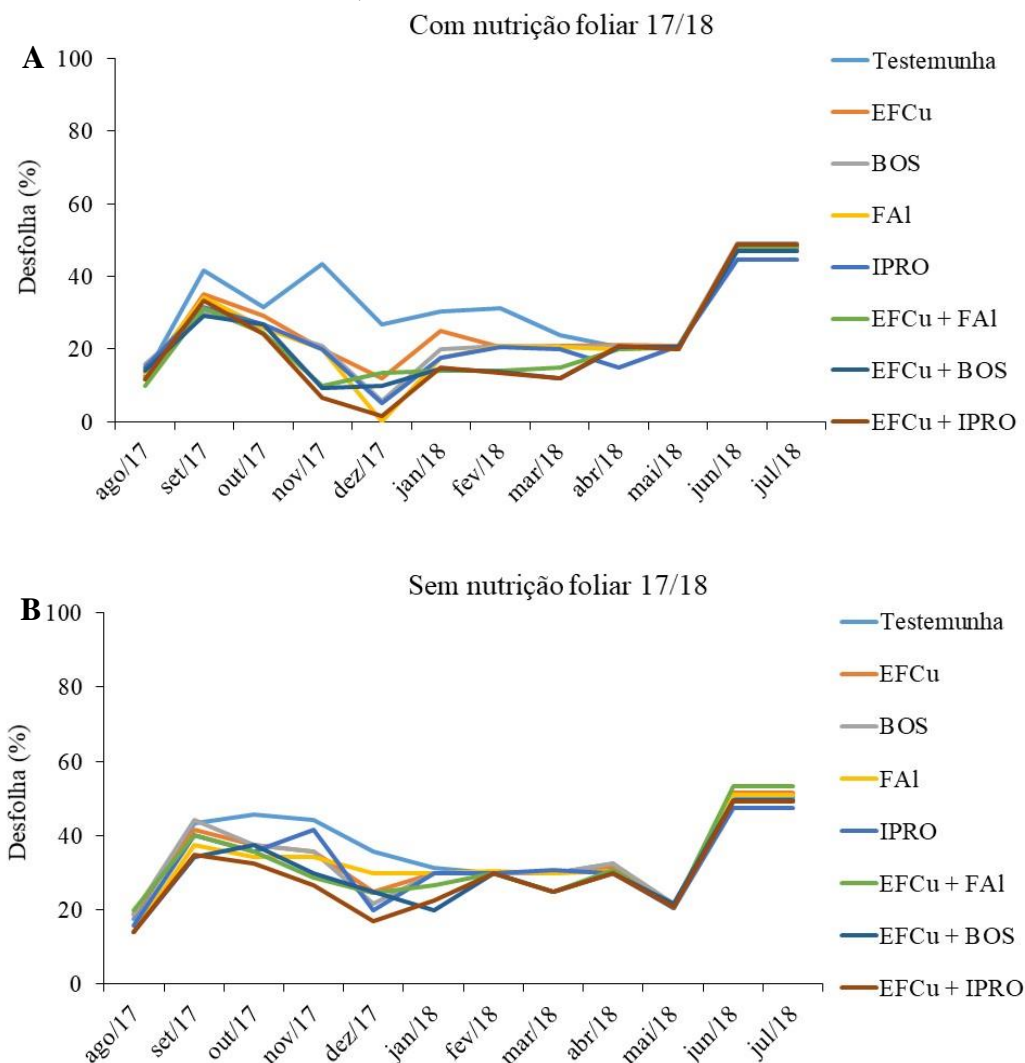
O controle da mumificação de chumbinhos, promovido pelo fosfonato em associação com os fungicidas, pode ter ocorrido devido ao efeito de toxidez direta ao fungo. Outro fato se deve a eficiência da aplicação de fosfonato está relacionada à sua melhor assimilação pelas plantas em razão da presença do fósforo. Fosfitos/ fosfonatos induzem a ativação de mecanismos de defesa, produzindo fitoalexinas e substâncias naturais de autodefesa (NOJOSA; RESENDE; RESENDE, 2005; REUVENI; AGAPOV; REUVENI, 1994). Os fosfitos e fosfonatos são absorvidos rapidamente por folhas, raízes caules e frutos, tendo caráter sistêmico dentro da planta, de forma ascendente e descendente. Na literatura são escassos trabalhos relatando o uso de fosfitos e fosfonatos no controle da mancha de phoma em frutos de cafeeiro.

4.3 Enfolhamento

Para o enfolhamento na safra 17/18 pode-se observar que todos os tratamentos promoveram a redução da desfolha quando comparados à testemunha. Os tratamentos com EFCu aplicado de forma isolada ou associado aos fungicidas diferiram significativamente da testemunha. Na área onde foram aplicados os fertilizantes foliares houve maior redução da desfolha (Figura 12). O bom desempenho do tratamento EFCu e dos nutrientes na

manutenção do enfolhamento do cafeeiro, quando aplicados de forma isolada ou em associação aos fungicidas foi, provavelmente, devido ao controle da mancha de phoma.

Figura 12 – Curva de progresso da desfolha devido à mancha de phoma, em função dos tratamentos com presença (A) ou ausência (B) da nutrição foliar, mensalmente, em cafeeiro cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, na safra 2017/2018.

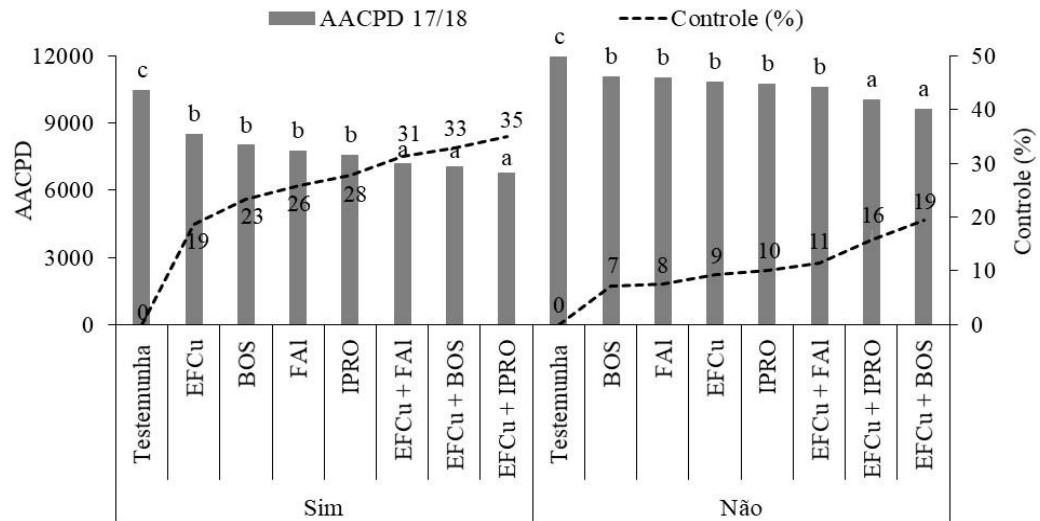


Legenda: Produtos: EFCu: etilfosfonato de cobre; FAI: fosetil- Al; BOS: boscalida; IPRO: iprodiona.
Fonte: Do autor (2019).

Em relação à AACPD, houve interação entre os tratamentos e a nutrição foliar. Na safra 17/18 ao desdobrar os tratamentos dentro da nutrição foliar, observa-se que os tratamentos EFCu+Al, EFCu+BOS e EFCu+IPRO, com aplicação de nutrição foliar, diferiram da testemunha e promoveram controle de 31, 33 e 35%, respectivamente, quando associados à nutrição (Figura 13). Já na ausência da aplicação da nutrição foliar, todos os tratamentos diferiram da testemunha, promovendo um controle de 7 a 19% (Figura 13).

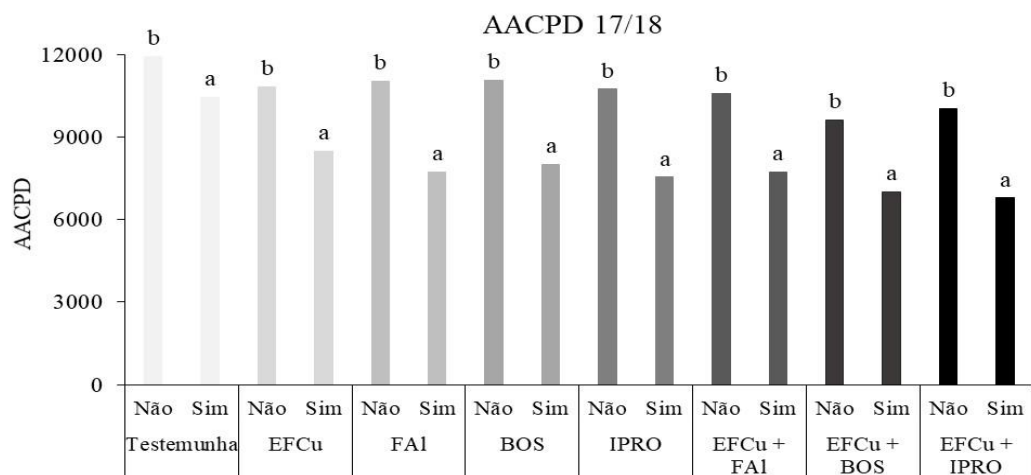
Desdobrando a nutrição dentro dos tratamentos observou-se que independente do tratamento a nutrição foliar reduziu consideravelmente a AACPD (Figura 14).

Figura 13 - Efeito dos tratamentos na área abaixo da curva de progresso da desfolha (AACPD) em cafeeiros, cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, na safra 2017/2018.

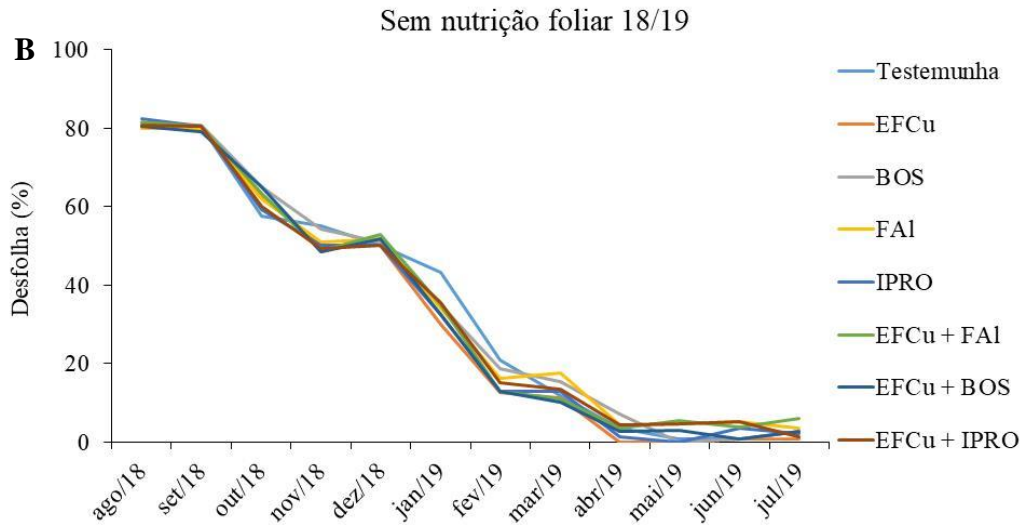


Legenda: Produtos: EFCu: etilfosfonato de cobre; FAI: fosetil-Al; BOS: boscalida; IPRO: iprodiona. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% ($p \leq 0,05$), pelo teste de Scott-Knott. Fonte: Do autor (2019).

Figura 14 - Desdobramento da interação entre tratamentos e nutrição na área abaixo da curva de progresso da desfolha (AACPD) em cafeeiros, cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, na safra 2017/2018.



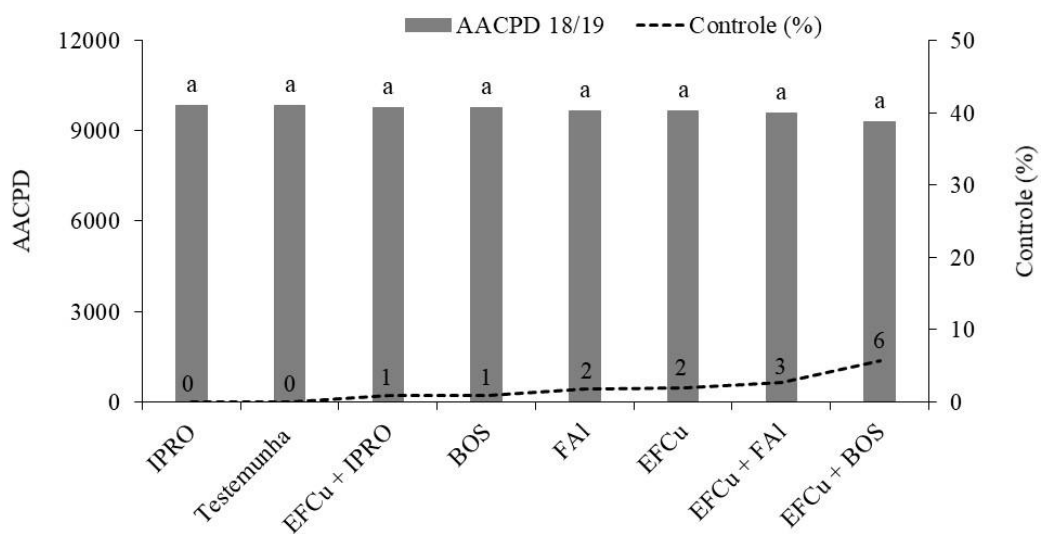
Legenda: Produtos: EFCu: etilfosfonato de cobre; FAI: fosetil-Al; BOS: boscalida; IPRO: iprodiona. Sim: presença da nutrição; Não: ausência da nutrição. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% ($p \leq 0,05$), pelo teste de Scott-Knott. Fonte: Do autor (2019).



Legenda: Produtos: EFCu: etilfosfonato de cobre; FAI: fosetil-Al; BOS: boscalida; IPRO: iprodiona.
Fonte: Do autor (2019).

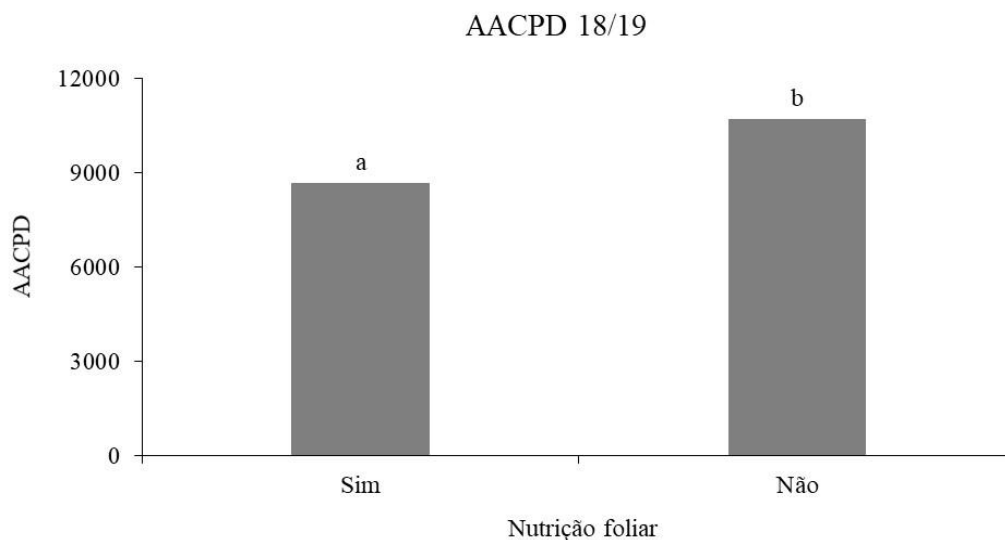
Na safra 18/19 não houve diferença significativa entre os tratamentos em relação à testemunha, independentemente da aplicação ou não dos fertilizantes foliares (Figura 16). Observa-se que, na área onde ocorreu a aplicação dos nutrientes, houve uma redução na AACPD quando comparado à área sem aplicação dos mesmos. A aplicação dos nutrientes foi efetiva para a redução AACPD (Figura 17).

Figura 16 - Efeito dos tratamentos na área abaixo da curva de progresso da desfolha (AACPD) em cafeeiros, cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, na safra 2018/2019.



Legenda: Produtos: EFCu: etilfosfonato de cobre; FAI: fosetil-Al; BOS: boscalida; IPRO: iprodiona.
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% ($p \leq 0,05$), pelo teste de Scott-Knott.
Fonte: Do autor (2019).

Figura 17 - Efeito da nutrição foliar na área abaixo da curva de progresso da desfolha (AACPD) em cafeeiros, cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, na safra 2018/2019.



Legenda: Sim: presença da nutrição; Não: ausência da nutrição. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% ($p \leq 0,05$), pelo teste de Scott-Knott. Fonte: Do autor (2019).

No presente trabalho, a aplicação do EFCu e da nutrição foliar proporcionaram resultados satisfatórios para o enfolhamento dos cafeeiros, nas duas safras de avaliação. Outros autores obtiveram resultados semelhantes, como Ribeiro Júnior (2008), que em ano de alta produtividade do cafeeiro e com maior intensidade da ferrugem e da cercosporiose, aplicando fosfito de potássio, manganês e zinco, observou que esses tratamentos promoveram uma redução da desfolha em 44%, quando comparado à testemunha. De acordo com Costa et al. (2014), o tratamento de cafeeiros em condição de campo, utilizando um fosfito de potássio + formulação à base de subprodutos da indústria de citrus, um fosfito de manganês, uma formulação à base de subprodutos da indústria de café a 1º Brix, uma formulação à base de subprodutos da indústria de café a 1º Brix + nutrientes, associados ou não ao fungicida (ciproconazol + azoxistrobina), promoveram uma retenção foliar de até 75%. Monteiro (2014) em análise do enfolhamento de cafeeiros, pré-colheita, em duas safras, utilizando um fosfito de potássio, um fosfito de manganês, um fosfito de cobre, uma formulação à base de subprodutos da indústria cafeeira + cobre e cálcio, uma formulação à base de subprodutos da indústria cafeeira e cítrica e um fertilizante foliar, associados ou não ao fungicida (epoxiconazol + piraclostrobina), observou que todos diferiram da testemunha, proporcionando retenção foliar de até 89%. Silva et. al (2019) verificaram que tratamentos indutores de resistência: fosfonato de K 1 (P_2O_5 (35%) e K_2O (25%)); fosfonato de K 2 (P_2O_5 (33.6%) e K_2O (29.0%)); fosfonato de Mn (P_2O_5 (51.0%) e Mn (9.7%)) e fosfonato de cobre

(P₂O₅ (20.3%) e Cu (4.0%)), em combinação com fungicida (epoxiconazol + piraclostrobina), o fungicida isoladamente, o Greenforce CuCa (formulação à base de subprodutos da indústria cafeeira + cobre e cálcio) e o óxido cuproso isoladamente, proporcionaram menor porcentagem de desfolha, apresentando efeito similar, e diferindo-se dos demais tratamentos.

4.4 Produtividade

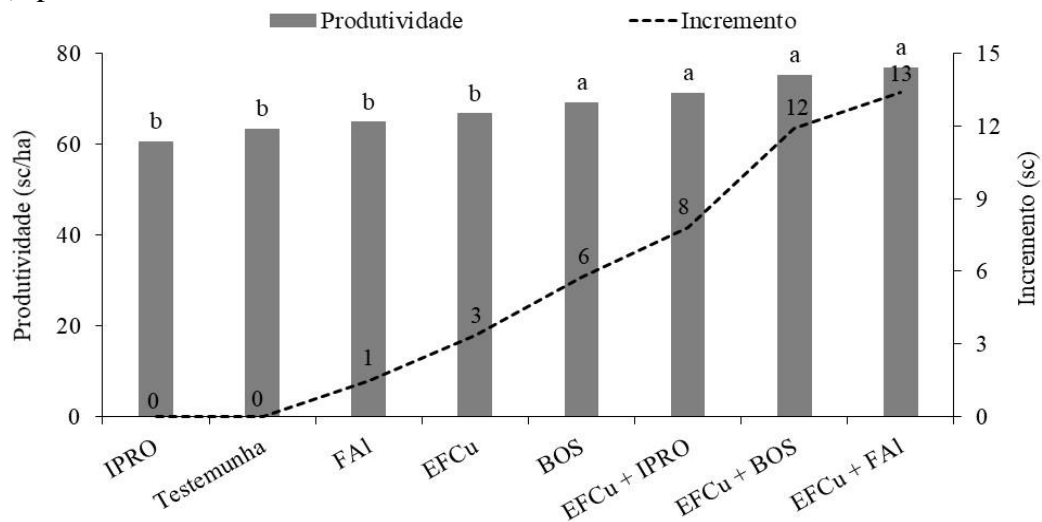
Os tratamentos BOS, EFCu + IPRO, EFCu + BOS e EFCu + FAI, apresentaram produtividade de 69,01; 71,06; 75,15 e 76,64 sacas/ha, respectivamente, no ano de 2018, sendo superiores à testemunha e aos demais tratamentos, que não diferiram estatisticamente entre si (Figura 18). Não foi possível avaliar a produtividade para a safra de 2018/2019, uma vez que foi adotado esquema de safra zero, aliado ao ano de baixa produção devido à bienalidade negativa do cafeeiro. O ciclo fenológico do cafeeiro tem grande influência em sua produção, pois, promove uma alternância entre altos e baixos rendimentos. Desse modo, a planta precisa vegetar em um ano para ter um aumento em produção no ano seguinte (RENA; MAESTRI, 1985).

O bom desempenho do etilfosfonato de cobre na produtividade, quando associado aos fungicidas foi, provavelmente, devido ao controle da mancha de phoma pelo seu efeito de toxidez direta ao fungo (COSTA et al., 2014; DALIO et al., 2012; KING et al., 2010; NOJOSA et al., 2009) , bem como, por induzir a ativação dos mecanismos de resistência latentes das plantas (DALIO et al., 2012; GADAGA; ABREU; RESENDE; RIBEIRO JÚNIOR, 2017; MONTEIRO et al., 2016), além de proporcionar um incremento em nutrição.

Outros autores também observaram o aumento da produção de cafeeiros em decorrência da aplicação de fosfitos. Ribeiro Júnior (2008), ao aplicar fosfito de zinco e fosfito de potássio em cafeeiros adultos, verificou que ambos contribuíram para um aumento de 49% e 44%, respectivamente, na produção, em relação à testemunha. Costa et al. (2014) observaram que a aplicação de fosfito de manganês e fosfito de manganês + fosfito de potássio + formulação à base de subproduto da indústria cítrica em cafeeiros adultos , proporcionou aumento na produtividade de 72 e 88%, respectivamente, em ano de alta produtividade. Silva et al. (2019) avaliando cafeeiros com aplicação de fosfonato de K 1 (P₂O₅ (35%) e K₂O (25%)) + fungicida (epoxiconazol + piraclostrobina); fosfonato de Mn (P₂O₅ (51.0%) e Mn (9.7%)) + fungicida ; Green Force CuCa (formulação a base de

subprodutos da indústria cafeeira suplementado com Cu e Ca) + fungicida; Green Force CuCa; fosfonato de K 2 (P_2O_5 (33.6%) e K_2O (29.0%)) + fungicida; e fosfonato de K 2, no manejo da cercosporiose, verificaram que os tratamentos testados proporcionaram as maiores produtividades (53, 52, 47, 58, 46, 50 e 51 sacos/ha, respectivamente) não diferindo-se estatisticamente entre si.

Figura 18 - Efeito dos tratamentos na produtividade em cafeeiros, cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, na safra 2017/2018. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% ($p \leq 0,05$), pelo teste de Scott-Knott.



Legenda: Produtos: EFCu: etilfosfonato de cobre; FAI: fasetil-Al; BOS: boscalida; IPRO: iprodiona. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% ($p \leq 0,05$), pelo teste de Scott-Knott. Fonte: Do autor (2019).

4.5 Nutrição foliar

Os teores de macro e micronutrientes quantificados para a safra 17/18 apresentaram resultados satisfatórios. Foi observado um acréscimo considerável nos teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), boro (B), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em área onde foi realizada a nutrição foliar. As quantidades de fósforo e potássio não se diferiram em relação aos teores iniciais, independentemente da nutrição. Para o nitrogênio e enxofre não foi observado nenhum incremento proporcionado pelos produtos. O teor de cobre foi expressivamente maior em área onde não foi realizada a aplicação dos nutrientes (Tabela 5).

O cobre (Cu) é pouco exigido pelas plantas, no entanto é essencial para completar o seu ciclo vegetativo. A sua deficiência pode reduzir a produção e o crescimento das plantas, mesmo havendo a presença em quantidades corretas dos demais nutrientes essenciais (BARBOSA et al., 2013; CARMO et al., 2012). O mesmo tem efeito benéfico nas plantas

devido a sua atuação como micronutriente tonificante e de ação fungicida (MARTINEZ et al., 2014). Atua na fotossíntese, na respiração, metabolismo de proteínas, dentre outros, além de estar intimamente relacionado com a resistência de plantas a doenças fúngicas e bacterianas. Seu efeito como fungicida e bacteriostático depende da dose utilizada (CARVALHO; CUNHA; SILVA, 2012). Desta forma, o uso do cobre acarreta em melhorias no desenvolvimento e conseqüentemente na produtividade dos cafezais.

Tabela 5 - Teores de macro e micronutrientes em cafeeiros, cultivar Catuai Vermelho IAC 144, na safra 2017/2018

Nutriente	%						ppm					
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
Teor inicial	3,73	0,13	1,82	1,06	0,38	0,31	29,00	18,50	120,00	227,66	25,30	
	a	a	a	c	b	a	b	c	c	b	b	
Com nutrição 17/18	3,10	0,13	1,74	1,92	0,45	0,19	123,33	74,50	283,66	292,33	45,85	
	b	a	ab	a	a	b	a	b	a	a	a	
Sem nutrição 17/18	3,00	0,10	1,58	1,56	0,43	0,18	36,33	147,33	186,66	295,22	20,03	
	b	b	b	b	ab	b	b	a	b	a	b	

Legenda: N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; S: enxofre; B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% ($p \leq 0,05$), pelo teste de Tuckey. Fonte: Do autor (2019).

De acordo com os resultados obtidos, o controle da incidência da mancha phoma pode estar relacionado com o acréscimo do teor de cálcio. A concentração desse nutriente nos tecidos das plantas afeta a incidência de doenças através de três mecanismos: reconhecimento de organismos invasores na membrana plasmática; essencialidade na estabilidade de biomembranas e estabilidade da parede celular (HUBER; RÖMHELD; WEINMANN, 2012).

O boro é um micronutriente importante no desenvolvimento de plantas. Desempenha funções na estruturação da parede celular, bem como na estabilidade da membrana, apresentando efeito positivo na redução da severidade de doenças (BROWN et al., 2002; DORDAS, 2008; MARSCHNER, 1995). Entretanto, o desempenho do boro na resistência contra patógenos ainda é pouco conhecido (BLEVINS; LUKASZEWSKI, 1998; BROWN et al., 2002). O expressivo aumento nos teores de boro observados para o a análise foliar do presente trabalho pode ter influenciado positivamente na produção para a safra 17/18, pois a deficiência desse elemento afeta o pegamento das flores (CHAVES, 2015). De acordo com Pozza et al. (2004), o Mn, Fe, Cu e B estão envolvidos em mecanismos de defesa de plantas contra patógenos. Atualmente, há um elevado número de fertilizantes foliares ricos em micronutrientes que, por sua vez, ao serem fornecidos às plantas, atuarão como cofatores de enzimas da rota dos fenilpropanoides (VALENTE, 2012). Alguns desses produtos merecem destaque como os fosfitos de cobre, zinco e manganês.

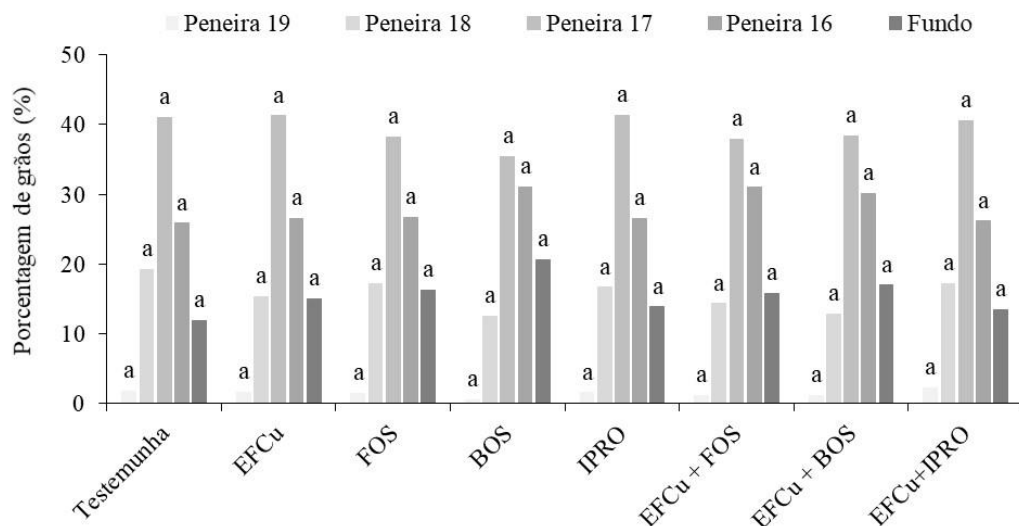
Especificamente na cultura do cafeeiro, a ocorrência de um desbalanço nutricional entre nitrogênio/potássio (N/K) acarreta em um aumento da infecção por *C. coffeicola* (LIMA et al., 2010). Em estudo com *Phoma tarda*, Lima et al. (2010) verificaram que o desequilíbrio da relação N/K tem grande influência na incidência e severidade da mancha de phoma em mudas de cafeeiro. Observou-se também que o fornecimento de Ca e K afeta a intensidade da mancha de phoma. A AACPS foi reduzida a efeito de doses menores de Ca e K, no entanto, a redução da AACPI deve-se ao fato de menores doses de Ca e maiores de K. Nojosa et al. (2009) ao aplicar uma formulação de fertilizante foliar à base de cobre, boro, enxofre, manganês e zinco, uma formulação de fosfito de potássio, e o indutor ASM, observou um controle da AACPD de 63,40, 63,18 e 80%, respectivamente.

De acordo com Silva Júnior et al. (2018), um fertilizante foliar a base cobalto e molibdênio, e a interação entre um fertilizante foliar a base de macro e micronutrientes (N, S, B, Fe e Zn) e um fosfito de manganês, promoveram a redução da AACPS da mancha de phoma, com controle 69 e 74%, respectivamente.

4.6 Análises físicas dos grãos

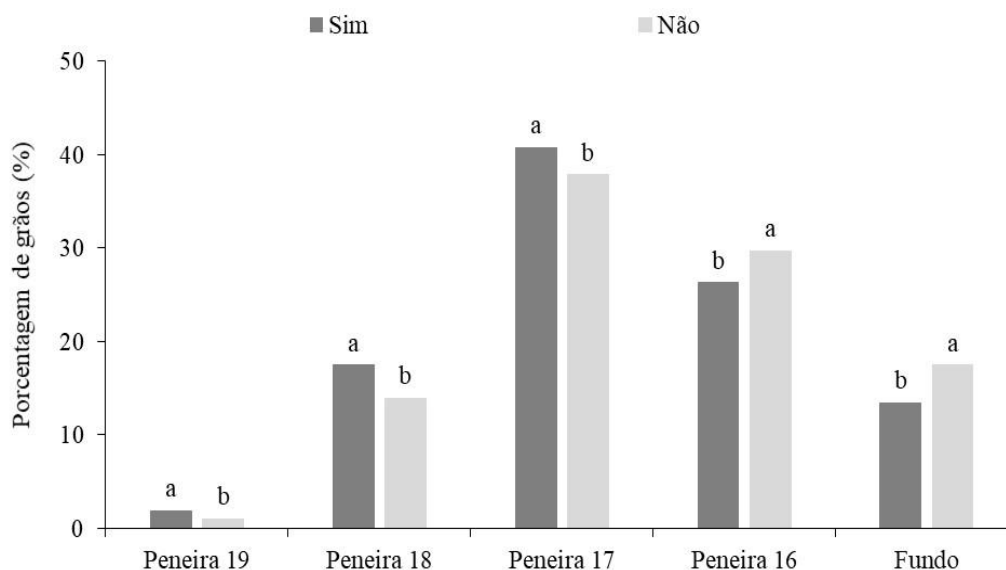
Na análise física dos grãos, safra 17/18, não foi observada nenhuma diferença significativa entre os tratamentos na interação entre a porcentagem de grãos e retenção nas peneiras (Figura 19). O resultado do efeito da nutrição na porcentagem de grãos e retenção nas peneiras foi positivo, observando-se um incremento em grãos retidos em peneiras de 17, 18 e 19 mesh, quando comparado à área sem nutrição foliar (Figura 20). Os grãos classificados de acordo com as peneiras acima citadas são utilizados na classificação do café, depois de realizada a retirada dos defeitos. Esse incremento observado na retenção em maiores peneiras (acima de 16 mesh), promovido pela nutrição, aliado a um correto manejo pós-colheita pode vir a contribuir para uma melhoria na classificação do produto, agregando em seu valor de mercado. Mello et al. (1999) verificaram que a aplicação foliar de sulfato de zinco, em doses crescentes em cafeeiro influenciou positivamente na produção, e que ao aumentar as doses de Zn, houve maior porcentagem de grãos classificados nas maiores peneiras. De acordo com Neves; Martinez; Cecon, (2011) o fornecimento de Zn influenciou de forma positiva na produção e na qualidade dos grãos de café, determinado em função do seu tamanho, porcentagem de grãos brocados, condutividade elétrica e lixiviação do potássio dos grãos.

Figura 19 - Efeito dos tratamentos na interação entre porcentagem de grãos e peneiras, na safra 2017/2018.



Legenda: Produtos: EFCu: etilfosfonato de cobre; FAl: fosetil- Al; BOS: boscalida; IPRO: iprodiona. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% ($p \leq 0,05$), pelo teste de Scott-Knott. Do autor (2019).

Figura 20 - Efeito da nutrição na interação entre porcentagem de grãos e peneiras, na safra 2017/2018.



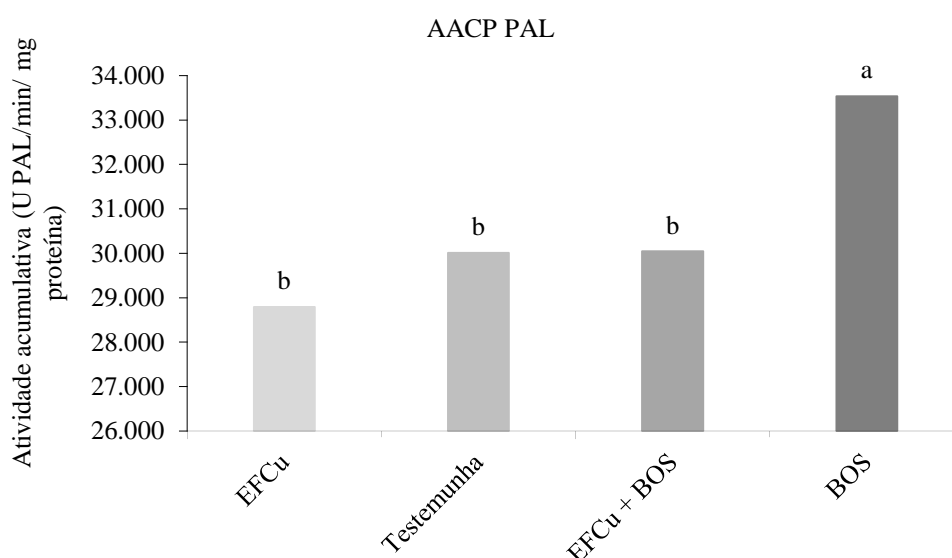
Legenda: Sim: presença da nutrição; Não: ausência da nutrição. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% ($p \leq 0,05$), pelo teste de Scott-Knott.

4.7 Análises da atividade enzimática

Na avaliação da área abaixo da curva da atividade da PAL (AACP PAL), verificou-se que o tratamento com o fungicida BOS, quando aplicado de forma isolada, foi o que apresentou maior atividade enzimática, 7 dias após a inoculação. Os demais tratamentos não diferiram entre si, expressando uma menor atividade da enzima (Figura 21). Pesquisas têm mostrado que o BOS, um fungicida da classe dos anilidas, além de ter função como fungicida, tem participação no sistema fisiológico das plantas. Esse efeito pode estar atrelado a resultados da fotossíntese líquida e atividade da redutase do nitrato, em associação com a baixa produção de etileno (SIRTOLI; RODRIGUES; GOTO, 2011). De acordo com os mesmos autores, foram determinadas ações desse produto na atividade de enzimas antioxidantes, bem como da superóxido dismutase, catalase e peroxidase, confirmando, dessa forma, seu efeito antiestresse nas plantas tratadas. A PAL é a enzima responsável pela conversão do aminoácido fenilalanina em ácido transcinâmico, presente no início da via dos ácidos hidroxicinâmicos. Esses estão na origem de um grande número de compostos como os flavonoides, lignina, entre outros (TAHERIE; TARIGHI, 2011). De acordo com Ruela et al. (2019) a aplicação de diferentes fungicidas, isoladamente (boscalida, piraclostrobina e azoxistrobina) ou em associação (piraclostrobina + boscalida), promoveram alterações nas

concentrações hormonais das plantas tratadas, em relação às que não receberam o tratamento. Além disso, a aplicação isolada de boscalida proporcionou um aumento na concentração de auxinas, citocininas e ácido abscísico. Os fitohormônios são substâncias que, mesmo estando em baixas concentrações, ocasionam em alterações fisiológicas nas plantas. O crescimento, enraizamento, expansão de frutos e altura de plantas está relacionado com os teores de auxinas (TAIZ; ZEIGER, 2017); as citocininas estão associadas à divisão celular, evitando a senescência das folhas. Araújo et al. (2015), observou que uma formulação de fosfito de potássio promoveu indução da rota dos fenilpropanoides. Esta rota metabólica é responsável pela regulação e produção de diversos compostos envolvidos no metabolismo secundário na defesa das plantas, contra o ataque de *Ceratocystis fimbriata*.

Figura 21 – Área abaixo da curva do progresso da PAL (AACP PAL), em mudas de cafeeiros, submetidas à pulverização com fungicida e fosfonato, inoculadas com *Phoma tarda* (Pt).

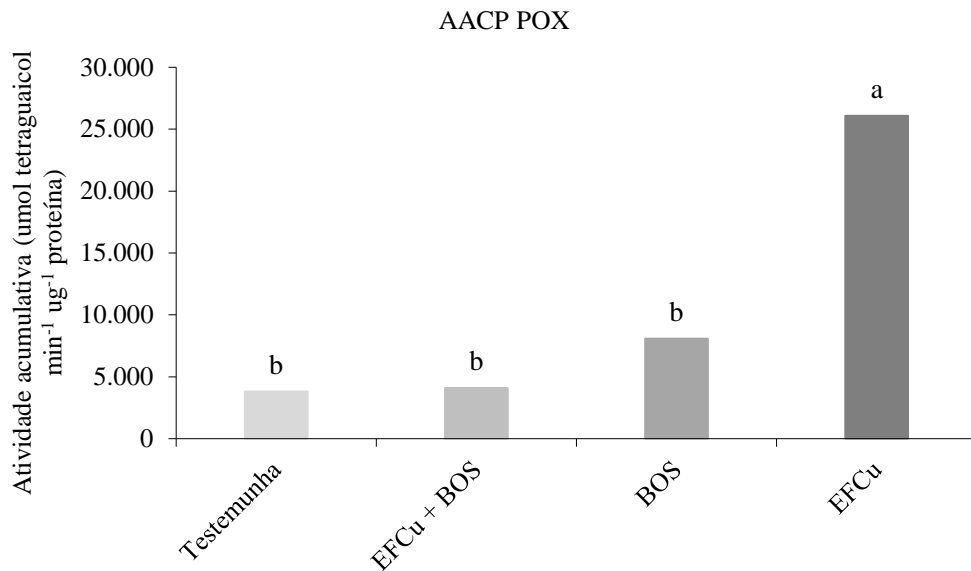


Legenda: Atividade da enzima PAL em mudas de *Coffea arabica*. As plantas foram submetidas à pulverização com EFCu: etilfosfonato de cobre; BOS: Boscalida; EFCu + BOS; água (Testemunha), sendo posteriormente inoculadas. A inoculação com *Phoma tarda* (Pt) ocorreu 7 dias após aplicação dos tratamentos (daa). Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste Scott Knott ($P \leq 0,05$). Fonte: Do autor (2019).

Para a enzima POX, analisando a área abaixo da curva de progresso (AACP POX), observou-se que o tratamento com o EFCu foi o que promoveu uma maior atividade enzimática. Não ocorreu diferença significativa entre os demais tratamentos testados. Formulações como o EFCu, apresentam em sua constituição eliciadores que, provavelmente, disparam respostas de defesa em plantas. Em adição a esses eliciadores, nutrientes como o cobre, presentes na formulação do produto, promovem um incremento nutricional às plantas acarretando, possivelmente, no aumento da resistência contra patógenos (DATNOFF;

ELMER; HUBER, 2007). Uma função importante do cobre está associada ao sistema redox das plantas, estimulando à ativação de enzimas relacionadas diretamente com a detoxificação de radicais superóxido (MARSCHNER, 2012). De acordo com Monteiro et al. (2016), ao utilizar um fosfito de manganês, foi observado que houve redução na severidade da ferrugem em mudas de cafeeiro. Além disso, os resultados obtidos fornecem evidências de que este produto induz transcrição de genes de defesa (peroxidase, catalase, glucanase e fenilalanina amônia-liase), que codificam proteínas que participam da resposta de defesa das plantas.

Figura 22 - Área abaixo da curva do progresso da POX (AACP POX), em mudas de cafeeiros, submetidas à pulverização com fungicida e fosfonato, inoculadas com *Phoma tarda* (Pt).



Legenda: Atividade da enzima POX em mudas de *Coffea arabica*. As plantas foram submetidas à pulverização com EFCu: etilfosfonato de cobre; BOS: Boscalida; EFCu + BOS; água (Testemunha), sendo posteriormente inoculadas. A inoculação com *Phoma tarda* (Pt) ocorreu 7 dias após aplicação dos tratamentos (daa). Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste Scott Knott ($P \leq 0,05$). Fonte: Do autor (2019).

4.8 Lignina e compostos fenólicos

Para a análise de lignina solúvel e compostos fenólicos não foi observada diferença significativa entre os tratamentos testados. Não houve aumento no teor de lignina e compostos fenólicos em plantas tratadas com EFCu, BOS e a interação destes EFCu + BOS, em mudas de cafeeiro. De acordo com Hanks & Nelson (2016), o acúmulo de fenóis e lignina estão diretamente associados aos componentes estruturais das reações de defesa de plantas a patógenos. Costa et al. (2010), não observaram diferenças nos teores de lignina em mudas de cacauero inoculadas e não inoculadas com *Moniliophthora perniciosa* e tratadas com o indutor de

resistência ASM. Botelho et al. (2009), também não observaram diferença no teor de lignina, em mudas de cafeeiro cultivar Catuaí Vermelho IAC 99, avaliadas 40 dias após inoculação com *Cercospora coffeicola*. Silva (2018) utilizando os indutores de resistência acibenzolar-S-metil (ASM) e Greenforce CuCa (CuCa) em mudas de cafeeiro inoculadas com *Hemileia vastatrix* não verificou aumento no teor de lignina, quando comparado à testemunha. A não identificação de diferença no teor de lignina, bem como de compostos fenólicos, pode estar correlacionada ao tempo de coleta, sendo este insuficiente para detectar o incremento destes compostos.

4.9 Teores de clorofila a e b, e altura de planta

Na análise dos teores de clorofila a e b, tanto quanto para a altura de plantas não foi observada diferença entre os tratamentos testados. Não houve acréscimo nos teores de clorofila, como também na altura de mudas tratadas com o EFCu, BOS e a interação destes EFCu + BOS, no manejo da mancha de phoma em mudas de cafeeiro. A não observação do acréscimo das concentrações de clorofila a e b pode estar relacionada à composição dos tratamentos, uma vez que estes não apresentam nitrogênio em sua constituição, sendo este nutriente um dos componentes da molécula de clorofila.

A semelhança na altura de plantas dos tratamentos avaliados, pode ser explicada pela ausência do nutriente Mn na constituição dos tratamentos utilizados. De acordo com Gong et al. (2011), a deficiência de Mn inibi consideravelmente a síntese de clorofila e a atividade da rubisco carboxilase e rubisco activase, tendo como consequência uma redução no crescimento de plantas.

5 CONCLUSÃO

- ✓ O etilfosfonato de cobre (EFCu) controlou a mancha de phoma do cafeeiro em condições de campo, para duas safras avaliadas, de forma igual ao fungicida registrado para o controle da doença.
- ✓ A interação entre o etilfosfonato de cobre (EFCu) e os demais fungicidas testados foi eficiente no manejo da mumificação de chumbinhos, na redução da desfolha, além de promover incremento em produtividade. Na mumificação de chumbinhos, para a safra 17/18 observou-se um controle de 77%, e para a safra 18/19 um controle de 100%. A associação dos produtos com a nutrição foliar, promoveu um controle de até 35% da desfolha. Para a produtividade verificou-se um acréscimo de até 13 sc/ha em relação à testemunha.
- ✓ Houve acréscimo nos teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), boro (B), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) obtidos por meio da nutrição foliar.
- ✓ A nutrição foliar promoveu maior porcentagem de grãos classificados nas peneiras mais altas.
- ✓ O tratamento com etilfosfonato de cobre (EFCu), em mudas de cafeeiro, apresentou maior efeito na atividade enzimática da peroxidase. O fungicida boscalida (BOS) promoveu maior atividade da fenilalanina amônia liase.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Produtos a base de nutrientes vem sendo cada vez mais utilizados no manejo de doenças de plantas. Sua eficiência, já comprovada por diversos trabalhos, garante ótimos resultados para o produtor, que ao utilizá-los no manejo integrado de doenças, poderá reduzir o uso de agroquímicos na lavoura devido ao seu emprego simultâneo ou alternado com os fungicidas comerciais. A implementação desses produtos, aliada a boas práticas de cultivo, pode diminuir riscos de contaminações ambientais, garantindo assim, uma melhor qualidade ao produto final. Além dos produtores aumentarem o seu padrão de qualidade, os consumidores também estarão sendo impactados diretamente, visto que poderão adquirir produtos com baixo ou nenhum resíduo de pesticida.

7 REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, p. 265-266, 1925.
- AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. Elsevier. Burlington, VT, USA. 922 pp, 2005.
- ARAÚJO, L. et al. Induction of phenylpropanoid pathway by acibenzolar-S-methyl and potassium phosphite increases mango resistance to *Ceratocystis fimbriata* infection. **Plant Disease**, v. 99, p. 447-459, 2015.
- BARBOSA, I. R. H. et al. Foliar copper uptake by maize plants: effects on growth and yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 9, p. 1561-1568, 2013.
- BARROS, F. C. et al. Indução de resistência em plantas contra fitopatógenos. **Bioscience Journal**, v. 26, p. 231-239, 2010.
- BIEMELT, S.; KEETMAN, U.; ALBRECHT, G. Re-aeration following hypoxia or anoxia leads to activation of the antioxidative defense system in roots of wheat seedlings. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 116, n. 2, p. 651-658, Feb. 1998.
- BLEVINS, D. G.; LUKASZEWSKI, K. M. Boron in plant structure and function. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, Palo Alto, v. 49, n. 1, p. 481-500, 1998.
- BOLDINI, J. M. **Epidemiologia da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro irrigado e fertirrigado**. 2001. 67 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.
- BOLLER T. Ethylene in pathogenesis and disease resistance. In: Mattoo AK, Suttle JC, eds. The plant hormone ethylene. Boca Raton, FL: CRC Press, p. 293-314, 1991.
- BORÉM, F. M. **Pós-colheita do café**. UFLA: Lavras, 2007.
- BOTELHO, D. M. S. et al. Aspectos anatômicos e fisiológicos de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) com cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cook.) adubadas com ácido silícico. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 93-99, jul./dez. 2009.
- BROWN, P. H. et al. Boron in plant biology. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 4, n. 2, p. 205-223, Feb. 2002.
- BUEGE, J. A.; AUST, S. D. Microsomal lipid peroxidation. **Methods in Enzimology**, New York, v. 52, p. 302-310, 1978.
- BUFFARA, C. R. S.; ANGELOTTI, F.; TESSMANN, D. J.; SOUZA, C. D.; VIDA, J. B. Atividade de fosfito de potássio na pré e pós-infecção de *Phakopsora euvtis* em folhas de videira. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, p. 3333-3339, 2013.

BULHÕES, C. C. et al. Produtos alternativos no controle de antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), cladosporiose (*Cladosporium herbarum*) e bacteriose (*Xanthomonas campestris* pv. *passiflorae*) em maracujazeiro no norte de Mato Grosso. **Campo Digital: revista ciências exatas e da terra e ciências agrárias**, Campo Mourão, v. 7, n. 1, p. 12-19, dezembro 2012.

BURRA, D. D. et al. Phosphite-induced changes of the transcriptome and secretome in *Solanum tuberosum* leading to resistance against *Phytophthora infestans*. **BioMed Central Plant Biology**, London, v. 14, p. 254, Oct. 2014.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley, 532 p., 1990.

CAMPOS, M. A.; RESENDE, M. L. V. ; SILVA, M. S. . Interações moleculares planta-patógeno. In: FALEIRO, F. G.; ANDRADE, S. R. M. DE; REIS JR., F. B. (Ed.) (Org.). **Biotecnologia aplicada à agropecuária**. p. 355-377. 1^{ed}. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, p. 355-377, 2011.

CARMO, D. L. et al. Micronutrientes em solo e folha de cafeeiro sob sistema agroflorestal no sul de minas gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 76-83, 2012.

CARMONA, M.; SAUTUA, F. Os fosfitos no manejo de doenças nas culturas extensivas. **Revista Plantio Direto & Tecnologia Agrícola**, Brasília, v. 126, p. 19-22, 2011.

CARVALHO, A. Taxonomia de *Coffea arabica* L.: algumas recombinações genéticas. **Bragantia**, Campinas, v. 12, n. 4/6, p. 171-178, junho 1952.

CARVALHO, G. R. et al. Avaliação e seleção de progênies resultantes do cruzamento de cultivares de café Catuaí com Mundo Novo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 5, p. 838-843, 2006.

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

CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M.; CUNHA, R. L. Manejo de doenças do cafeeiro. In: REIS, P. R; CUNHA, R. L. (Ed.). **Café arábica do plantio à colheita**. Lavras: EPAMIG, v. 1, p. 689- 756, 2010.

CARVALHO, V. L.; CUNHA, R. L.; SILVA, N. R. N. Alternativas de controle de doenças do cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 42-49, 2012.

CAVALCANTI, L. S. et al. (Ed). **Indução de Resistência em Plantas Contra Patógenos e Insetos**. Piracicaba, FEALQ, p. 263, 2005.

CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. L. Complexo Seca de Ponteiros em cafeeiros. **Manejo fitossanitário da cultura do cafeeiro**. Lavras MG. FAEPE, Universidade Federal de Lavras. pp. 95-104, 2008.

CHAVES, E. **Potássio, fósforo, boro e irrigação na distribuição espaço-temporal da cercosporiose do cafeeiro**. 2015, 156 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; BENATO, E. A. Indução de resistência no manejo de doenças pós-colheita. In: RODRIGUES, F. A.; ROMEIRO, R. S. **Indução de resistência em plantas a patógenos**. Viçosa: Ed. da UFV, p. 245-280, 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café: Primeiro levantamento**, Brasília, v. 6– Safra 2019, n. 1, p. 1-62, janeiro 2019.

COSTA, B. H. G. et al. Suppression of rust and brown eye spot diseases on *Coffea* by phosphites and by-products of coffee and citrus industries. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 162, p. 635-642, janeiro, 2014.

COSTA, J. C. B. et al. Indução de resistência em mudas de cacaueteiro contra *Moniliophthora perniciosa* por produto à base de mananoligossacarídeo fosforilado. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 285-294, 2010.

DALIO, R. J. D. et al. O triplo modo de ação dos fosfitos em plantas. In: Wilmar C. Luz. (Org.). **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 20, p.206-242, 2012.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 55-81, janeiro/março 2006.

DA SILVA, A. C. et al. Extrato vegetal, fosfito e sulfato de zinco no controle do oídio em eucalipto. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 47, n. 1, p. 93–100, 2016.

DATNOFF, L. E. et al. **Mineral nutrition and plant disease**. American Phytopathological Society (APS Press), 2007.

DAVIS, A. P. et al. An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). **Botanical Journal of The Linnean Society**, London, v. 152, n. 4, p. 465-512, Dec. 2006.

DINIZ, I. et al. Cellular and molecular analyses of coffee resistance to *Hemileia vastatrix* and nonhost resistance to *Uromyces vignae* in the resistance-donor genotype HDT832/2. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 133, n. 1, p. 141-157, May 2012.

DORDAS, C. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. **Agronomy for sustainable development**, v. 28, n. 1, p. 33-46, 2008.

DOSTER, M. A.; BOSTOCK, R. M. Quantification of lignin formation in almond bark in response to wounding and infection by *Phytophthora* species. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 78, n. 4, p. 473-477, Apr. 1988.

DURRANT, W.E.; DONG, X. Systemic acquired resistance. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 42, p. 185-209, 2004.

ELAD, Y. Production of ethylene in tissues of tomato, pepper, french-bean, and cucumber in response to infection by *Botrytis cinerea*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 36, p. 277- 287, 1990.

EPSTEIN, E. S. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology and Evolution**, Davis, v. 50, p. 641-664, June 1999.

FARIA, J. C.; ZAMBOLIN, L.; CHAVES, G. M. Tenacidade de fungicidas cupricos veiculados em óleo mineral emulsionado ou puro, sobre a folhagem do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Fitopatologia brasileira**, 1978.

FOYER, C. H.; NOCTOR, G. Ascorbate and glutathione: the heart of the redox. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 155, n. 1, p. 2-18, January 2011.

GADAGA, S. J. C et al. Phosphites for control of anthracnose in common bean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 1, p. 36-44, 2017.

GISI, U. Synergistic interaction of fungicides in mixtures. **Phytopathology**, v. 86, n. 11, p. 1273-1279, 1996.

GONG, X. et al. Cerium relieves the inhibition of photosynthesis of maize caused by manganese deficiency. **Biological Trace Element Research**, Clifton, v. 141, n. 1/3, p. 305-316, June, 2011.

GOTO, M.; YAGUCHI, Y.; HYODO, H. Ethylene production in citrus leaves infected with *Xanthomonas citri* and its relation to defoliation. **Physiological Plant Pathology**, v. 16, p. 343-350, 1980.

GUERRA- GUIMARÃES, L. et al. Chitinases of *Coffea arabica* genotype resistant to orange rust *Hemileia vastatrix*. **Biologia Plantarum**, Plantarum, v. 53, n. 4, p. 702- 706, 2009.

GUIMARÃES, T. G. C. et al. Adubação e nutrição do cafeeiro em sistema orgânico de produção. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 214/215, p. 63-81, 2002.

GUNNING, Y. et al. 16-O-methylcafestol is present in ground roast Arabica coffees: Implications for authenticity testing. **Food Chemistry**, v. 248, p. 52–60, 2018.

HANKS, T.; NELSON, R. Multiple disease resistance in plantas. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 54, p. 229-252, August 2016.

HARRISON, M. J.; BALDWIN, I. T. Biotic interactions: ploy and conter- ploy in the biotic interections of plants. **Current Opinion in Plant Biology**, London, v. 7, n. 4, p. 353-355, August 2004.

HOSSAIN, M. A.; UDDIN, S. N. Mechanisms of waterlogging tolerance in wheat: Morphological and metabolic adaptations under hypoxia or anoxia. **Australian Journal of Crop Science**, v. 5(9), p. 1094-1101, 2011.

Huber, D., Römheld, V., & Weinmann, M. Relationship between Nutrition, Plant Diseases and Pests. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**, 283–298, 2012.

JACKSON, T. J. et al. Action of the fungicide phosphate on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. **Plant Pathology**, Bethesda, v. 49, n. 1, p. 147-154, January 2000.

KING, M. et al. Defining the phosphite-regulated transcriptome of the plant pathogen *Phytophthora cinnamomi*. **Molecular Genetics and Genomics**, V. 284, P. 425–435, 2010.

KRUG, C. A.; MENDES, J. E. T.; CARVALHO, A. **Taxonomia de *Coffea arabica* L.:** descrição das variedades e formas encontradas no Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônômico, p. 57, 1939.

KUHN, O. J.; PASCHOLATI, S. F. Custo adaptativo da indução de resistência em feijoeiro mediada pela rizobactéria *Bacillus cereus* ou acibenzolar-S-metil: atividade de enzimas, síntese de fenóis e lignina e biomassa. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 2, p. 107-114, June, 2010.

LIMA, L. M. de et al. Relação nitrogênio/potássio com mancha de Phoma e nutrição de mudas de cafeeiro em solução nutritiva. **Tropical Plant Pathology**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 223-228, julho/agosto 2010.

LORENZETTI, E. R. et al. Effect of temperature and leaf wetness on *Phoma tarda* leaf spot in coffee seedlings. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 1-9, janeiro/março 2015.

MAEHLY, A. C.; CHANCE, B. Methods of biochemical analysis. by Glick D., **Interscience**, New York, p. 454, 1954.

MANDAL, S. M.; CHAKRABORTY, D.; DEY, S. Phenolic acids act as signalling molecules in plant-microbe symbioses. **Plant Signaling & Behaviour**, Georgetown, v. 5, n. 4, p. 359–368, April, 2010.

MARSCHENER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic, p.889, 1995.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, p. 889, 2012.

MARTINEZ, H. E. P. et al. Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 838-848, nov/dez, 2014.

MELLO, E. M.; GUIMARÃES, P. T. G.; SILVA, E. B.; NOGUEIRA, F.D. Efeito da aplicação foliar de sulfato de zinco na produção do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, p. 84-95, 1999.

MELO, L. G. D. L. et al. Indutores de resistência abióticos no controle da fusariose do abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 10, p. 1703-1709, outubro 2016.

MOLLER, I. M. Plant mitochondria and oxidative stress: electron transport, NADPH turnover, and metabolism of reactive oxygen species. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 52, p. 561-91, June, 2001.

MONTEIRO, A.C. A. **Indutores de resistência no manejo da ferrugem e cercosporiose do cafeeiro (*Coffea arabica*): análises bioquímicas e moleculares**. 2014, 132 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

MONTEIRO, A. C. A. et al. Manganese phosphite in coffee defence against *Hemileia vastatrix*, the coffee rust fungus: biochemical and molecular analyses. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 164, p. 1043–1053, 2016.

MORAES, W. B. et al. Impact of climate change on the leaf spot of coffee in Brazil. **Interciencia**, Venezuela, v. 37, n. 4, p. 272-278, abril, 2012.

NEVES, Y. P.; MARTINEZ, H. E. P.; CECON, P. R. Effect of zinc and its form of supply on production and quality of coffee beans. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, p. 2431-2436, 2011.

NOJOSA, G. B. A. **Efeito de indutores na resistência de *Coffea arabica* L. à *Hemileia vastatrix* BERK & BR. e *Phoma costarricensis* ECHANDI**. 2003. 102 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

NOJOSA, G. B. A.; RESENDE, M. L. V.; RESENDE, A. V. Uso de fosfitos e silicatos na indução de resistência. In: CAVALCANTI, L. S. et. al. (Ed.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, v. 1, p. 139-153, 2005.

NOJOSA, G. B. A. et al. Efeitos de indutores de resistência em cafeeiro contra a mancha de Phoma. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 35, n. 1, p. 60-62, 2009.

Organização Internacional do Café (OIC). **Café Sustentável**. London, 2019. Disponível em: http://www.ico.org/pt/sustainable_coffee_p.asp. Acesso em: 20 julho de 2019.

OGOSHI, C. et al. Potassium phosphite: a promising product in the management of diseases caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in coffee plants. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, p. 1558-1565, novembro, 2013.

PASCHOLATI, S. F.; LEITE, B. Hospedeiro: mecanismos de resistência. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 417-453, 1995.

PFENNING, L. H.; SALGADO, M.; ALMEIDA, A. R. Complexo Phoma: características e meios de controle. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM CAFÉ, 7., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, (Documento, 80), p. 91, 2007.

PÔSSA, K. F. **Abordagem proteômica das folhas da cultivar mundo novo (*Coffea arabica* L.) induzida para a resistência à ferrugem**. 2015. 132 p. Tese (Doutorado em Biotecnologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

POZZA, A. A. A. et al. Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 185-188, 2004.

POZZA, E. A.; CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M. Sintomas de injúrias causadas por doenças em cafeeiro. In: GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; BALIZA, D. P.(Ed.). **Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas**. Lavras: UFLA, p. 69-101, 2010.

RAMIRO, D. A. et al. Biphasic haustorial differentiation of coffee rust (*Hemileia vastatrix* race II) associated with defence responses in resistant and susceptible coffee cultivars. **Plant Pathology**, Bethesda, v. 58, n. 5, p. 944-955, May 2009.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, v. 11, p. 26-40, 1985.

RESENDE, M. L. V.; SALGADO, S. M. L.; CHAVES, Z. M. Espécies ativas de oxigênio na resposta de defesa de plantas a patógenos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 123-130, janeiro/fevereiro 2003.

RESENDE, M. L. V. et al. **Manejo fitossanitário da cultura do cafeeiro**. Brasília, Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 35 p., 2008.

REUVENI, R. et al. Effects of foliar sprays of phosphates on powdery mildew (*Sphaerotheca pannosa*) of roses. **Journal of Phytopathology**, v. 142, n. 4, p. 331-337, 1994.

REZENDE, P. M. et al. Adubação foliar: I., épocas de aplicação de fósforo na cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1105- 1111, novembro/dezembro 2005.

RIBEIRO JÚNIOR, P. M. **Fosfitos na proteção e na indução de resistência do cafeeiro contra *Hemileia vastatrix* e *Cercospora coffeicola***. 2008. 107 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: **5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359 p.

RICHARDSON AD; DUIGAN SP; BERLYN GP. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. **New Phytologist** v. 153, p. 185-194, 2002.

RUELA, V. M. et al. Growth and physiological response of coffee seedlings treated with fungicides. **Coffee Science**, v. 14, n. 2, p. 138-146, 2019.

SALGADO, M.; PFENNING, L. H. Identificação e caracterização morfológica de espécies de Phoma do cafeeiro no Brasil. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉ DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Calda. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, p. 183-186, 2000.

SANTOS, L. S. D. et al. Incidência da Mancha de phoma em cafeeiro irrigado por gotejamento, sob diferentes manejos de irrigação. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 77-89, janeiro/março 2014.

SAUTTER, C. K. et al. Síntese de trans-resveratrol e controle de podridão em maçãs com uso de elicitores em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 9, p. 1097-1103, set. 2008.

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

SHAPIRO, S. S., WILK, M. B. **An analysis of variance test for normality**. v. 70, p. 235–243, 1965.

SILVA JÚNIOR, M. B. da et al. Foliar fertilizers for the management of phoma leaf spot on coffee seedlings. **Journal of Phytopathology**, v. 166, n. 10, p. 686-693, 2018.

SILVA, A. C. et al. Extrato vegetal, fosfito e sulfato de zinco no controle do oídio em eucalipto. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 47, n.1, p. 93-100, 2016.

SILVA, F. M. da; et al. Efeitos da colheita manual na bienalidade do cafeeiro em Ijaci, Minas Gerais. **Ciência Agrotec.**, Lavras, v.34, n.3, p. 625-632, maio/jun., 2010.

SILVA, J. A. G. et al. Resistance inducers applied alone or in association with fungicide for the management of leaf rust and brown eye spot of coffee under field conditions. **Journal of Phytopathology**, v. 167, n. 7-8, p. 430-439, 2019.

SILVA, J. A. G. da. **Indutores de resistência e demais associações no manejo da ferrugem e cercosporiose do cafeeiro (Coffea arabica): análises bioquímicas e fisiológicas**. 2018. 131 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) –Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

SILVA, M. C. et al. Hypersensitive cell death and post-haustorial defence responses arrest the orange rust (*Hemileia vastatrix*) growth in resistant coffee leaves. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, Londo, v. 60, n. 4, p. 169-183, 2002.

SILVA, M. C. et al. Involvement of peroxidases in the coffee resistance to orang rust (*Hemileia vastatrix*). **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 72, n. 1/3, p. 29-38, 2008.

SILVA, V. A. et al. Recuperação de cultivares de café submetidas ao esqueletamento aos quatro anos e meio de idade. **Coffee Science**, v. 11, n. 1, 2016.

SIRTOLI, L.F.; RODRIGUES, J.D.; GOTO, R. Efeito fisiológico do fungicida boscalida na atividade do nitrato redutase e nas características fitotécnicas de pepineiro japonês enxertado e não enxertado. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 10, n. 3, p. 58-69, 2011.

SMITH, J. B.; TIRPAK, D. **The Potential Effects of Global Climate Change on the United States**. Environmental Protection Agency. Washington, DC, USA. 401 pp, 1989.

SPANOS, G. A.; WROLSTAD, R. E. Influence of processing and storage on the phenolic composition of Thompson seedless grape juice. **Journal of Agricultural & Food Chemistry**, Washington, v. 38, n. 7, p. 1565-1571, July 1990.

SPOLTI, P. et al. Modo de ação de fosfitos de potássio no controle da podridão olho de boi em maçã. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 41, n. 1, p. 42-48, 2015.

STALL, R. E.; HALL, C. B. Chlorosis and ethylene production in pepper leaves infected with *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. **Phytopathology**, v. 74, p. 373-375, 1984

STANGARLIN, J. R. et al. A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 10, p. 18-46, 2011.

STICHER, L.; MAUCH-MANI, B.; MÉTRAUX, J. P. Sistemic acquired resistance. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 35, p. 235-270, 1997.

SUTIC, D. D.; SINCLAIR, J. B. **Anatomy and physiology of diseased plants**. Boston: CRC, p. 232, 1991.

TAHERI, P.; TARIGHI, S. A survey on basal resistance and riboflavin-induced defense responses of sugar beet against *Rhizoctonia solani*. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 168, n. 10, p. 1114–1122, July 2011.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 5. ed Editora: Artmed, 888 p., 2017.

THAKUR, M.; SOHAL, B. S. Role of elicitors in inducing resistance in plants against pathogen infection: a review. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 2013, p. 1–11, December, 2013.

TÖFOLI, J. G.; MELLO, S. C.; DOMINGUES, R. J. Efeito do fosfito de potássio e em mistura com fungicidas no controle da requeima do tomateiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, p. 201 – 208, abr./jun. 2012.

URBANEK, H.; KUZNIAKGEBAROWSKA, E.; HERKA, K. Elicitation of defense responses in bean-leaves by botrytis-cinerea polygalacturonase. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 13, n.1, p. 43-50, 1991.

VALENTE, T. C. T. **Expressão gênica e atividade de catalase e fenilalanina amonia liase ativadas por indutores de resistência em cafeeiro**. 2012, 67 p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Vegetal) –Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

ZUCKER, M. Induction of phenylalanine deaminase by light and its relation to chlorogenic acid synthesis in potato tuber tissue. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 40, n. 5, p. 779-784, Sept. 1965.

WANG, K. L.-C.; LI, H.; ECKER, J. R. Ethylene biosynthesis and signaling networks. **The plant cell**, v. 14, n. suppl 1, p. S131-S151, 2002.

WILSON, C. L.; WISNIEWSKI, M. E. **Biological control of postharvest plant diseases of fruits and vegetables: theory and practice**. Boca Raton: CRC Press, p. 465, 1994.

ANEXOS

Tabela 4 – Nível de significância dos tratamentos testados em relação a AACPI, AACPD, número de chumbinhos, chumbinhos mumificados, produtividade e teor foliar de nutrientes

	Safr 17/18				Safr 18/19			
	Bloco	Fator			Bloco	Fator		
		Tratamento	Nutrição foliar	Tratamento* Nutrição foliar		Tratamento	Nutrição foliar	Tratamento* Nutrição foliar
AACPI***	NS	**	**	NS	**	NS	**	NS
AACPD	*	**	**	*	*	**	**	*
Número de Chumbinhos	*	*	**	NS	*	*	**	NS
Chumbinhos mumificados	NS	**	**	NS	NS	**	**	NS
Produtividade	NS	**	NS	NS	NS	**	NS	NS
Teor foliar de nutrientes		Não avaliado		Não avaliado		Não avaliado		Não avaliado

Legenda: AACPI: área abaixo da curva de progresso da incidência; AACPD: área abaixo da curva de progresso da desfolha; ^{NS} Não significativo; *Significativo a 5%; **Significativo a 1%; ***Significativo no teste de Shapiro-Wilk a 5%. Fonte: Do autor (2019).