



XIMENA MAIRA DE SOUZA VILELA

**FUNGICIDAS SISTÊMICOS PARA FERRUGEM DO
CAFEIEIRO: CONTROLE E EFICIÊNCIA NA MISTURA COM
CÚPRICOS E FERTILIZANTES FOLIARES**

LAVRAS - MG

2020

XIMENA MAIRA DE SOUZA VILELA

**FUNGICIDAS SISTÊMICOS PARA FERRUGEM DO CAFEIRO: CONTROLE E
EFICIÊNCIA NA MISTURA COM CÚPRICOS E FERTILIZANTES FOLIARES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutora.

Pesq. Dr. Rubens José Guimarães
Orientador

Pesq. Dr. Edson Ampélio Pozza
Coorientador

LAVRAS - MG

2020

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

Vilela, Ximena Maira de Souza.

Fungicidas sistêmicos para ferrugem do cafeeiro: controle e eficiência na mistura com cúpricos e fertilizantes foliares / Ximena Maira de Souza Vilela. – 2019.

87 p. : il.

Orientador: Rubens José Guimarães.

Coorientador: Edson Ampélio Pozza.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. *Coffea arabica*. 2. *Hemileia vastatrix*. 3. Fungicidas Sistêmicos.
I. Guimarães, Rubens José. II. Pozza, Edson Ampélio. III. Título.

XIMENA MAIRA DE SOUZA VILELA

FUNGICIDAS SISTÊMICOS PARA FERRUGEM DO CAFEIEIRO: CONTROLE E EFICIÊNCIA NA MISTURA COM CÚPRICOS E FERTILIZANTES FOLIARES

SYSTEMIC FUNGICIDES FOR COFFEE RUST: CONTROL AND EFFICIENCY IN THE MIX OF COPPER AND FOLIAR FERTILIZERS

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutora.

APROVADA em 13 de dezembro de 2019.

Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza	UFLA
Prof. Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes	UFLA
Pesq. Dr. Rodrigo Luz da Cunha	EPAMIG
Pesq. Dra. Sara Maria Chalfoun de Souza	EPAMIG

Pesq. Dr. Rubens José Guimarães
Orientador

**LAVRAS - MG
2020**

A Deus,

que sempre se faz presente na minha vida através das oportunidades de evoluir, colocando pessoas do bem no meu caminho, cuidando e me livrando dos perigos, ao Invisível Evidente.

AGRADEÇO

Aos meus pais, Heitor e Rosane, por sempre estarem ao meu lado se esforçando para me oferecer o melhor e apoiar incondicionalmente.

Ao meu filho, Felipe, por ser o motivo principal de minha busca na evolução contínua e me tornar seu exemplo.

A todos os meus amigos e familiares que se fazem presentes, na minha vida, incentivando, comemorando comigo as conquistas e oferecendo o ombro nos momentos difíceis.

OFEREÇO

Ao cafeeiro brasileiro, razão deste estudo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Departamento de Agricultura e ao Setor de Cafeicultura (INOVACAFÉ), pela oportunidade e honra de ter estudado nessa renomada instituição.

Aos pesquisadores Rubens José Guimarães (orientador) e Edson Ampélio Pozza (coorientador), pelos ensinamentos, incentivo, compreensão e amizade ao longo desses anos.

Aos membros da banca avaliadora: ao professor Edson Ampélio Pozza, ao professor Antônio Nazareno Guimarães Mendes, ao pesquisador Rodrigo Luz da Cunha e a pesquisadora Sara Maria Chalfoun de Souza, pela disponibilidade e valiosas contribuições ao trabalho.

Aos amigos do programa de Pós-Graduação da UFLA, Iara Eleutérica, João Paulo Pennacchi, Diego Vilela, Aline, Jaqueline, Joana e Taissa, pela amizade e ajuda.

Ao técnico do Laboratório de Epidemiologia Silvio, pelo auxílio no experimento.

Ao colega de empresa Jaime Vasco Sanson, o qual foi fundamental na execução do projeto, além da amizade.

Aos estagiários, Marcos Vilela e Marcos Mendonça, pelo auxílio na execução do experimento.

Ao contribuinte brasileiro, por financiar os meus estudos, o qual me proporcionou um ensino público gratuito e de qualidade.

A todos que, de alguma forma, ajudaram na realização deste trabalho, minha gratidão.

MUITO OBRIGADA!

“Escolha um trabalho que você ame e não terá de trabalhar um único dia de sua vida.”

Confúcio

" Você nunca sabe a força que tem, até que a sua única alternativa é ser forte"

Johnny Depp

RESUMO

O uso de fungicidas é o principal método utilizado para controlar a ferrugem do cafeeiro. O manejo ideal é feito, utilizando-se uma combinação de fungicidas via solo e foliar. O tratamento via solo deve ser aplicado de forma preventiva, em razão do tempo despendido para o produto ser absorvido e translocado das raízes para as folhas. Na sequência, deve-se realizar monitoramento da doença e das condições meteorológicas para a(s) pulverização(ões) foliares com fungicidas, nessa modalidade. Nessas aplicações, a mistura de tanque tem sido largamente utilizada, no Brasil, a fim de otimizar tempo, custo e diminuir compactação do solo. As misturas podem sofrer ações que se manifestam de forma aditiva, sinérgica ou antagonica, afetando ou não a eficiência de controle da doença. Sendo assim, objetivou-se avaliar o impacto das misturas, quando se utilizam os fungicidas triazol e/ou estrobilurina, juntamente com fertilizante foliar e fungicidas cúpricos, no controle da ferrugem e o reflexo na desfolha e produtividade da cultura, além de avaliar o comportamento de diferentes princípios ativos, aplicados via solo, na incidência da ferrugem, na fisiologia de mudas e em cafeeiros em produção, durante duas safras consecutivas. Todos os experimentos foram instalados em blocos casualizados com 4 repetições. Os tratamentos avaliados para o fungicida foliar foram: 1) Testemunha com fertilizante foliar; 2) Azoxistrobina+Ciproconazol aplicado em mistura com fungicida cúprico e fertilizante foliar; 3) Azoxistrobina+Ciproconazol aplicado separado; 4) Ciproconazol aplicado em mistura com fungicida cúprico e fertilizante foliar; 5) Ciproconazol aplicado separado; 6) Azoxistrobina aplicado em mistura com fungicida cúprico e fertilizante foliar; 7) Azoxistrobina aplicado separado; 8) Fungicida cúprico e fertilizante foliar. Foi avaliada incidência da ferrugem, desfolha, produtividade, pH e condutividade elétrica da calda. Os tratamentos para avaliar os fungicidas via solo foram: 1) Em casa de vegetação: Testemunha; Dinotefuran+Flutriafol 0,5 L.ha⁻¹; Dinotefuran+Flutriafol 1,0 L.ha⁻¹; Dinotefuran+Flutriafol 2,0 L.ha⁻¹; Dinotefuran+Flutriafol 4,0 L.ha⁻¹; Thiametoxan+Ciproconazol 1,0 kg.ha⁻¹ e Imidacloprido+Triadimenol 5,0 L.ha⁻¹. Foi avaliada incidência da ferrugem nas mudas, caracteres morfológicos (altura, diâmetro, peso seco de folha, caule e raiz), índice *Soil Plant Analysis Development* (SPAD) e caracteres fisiológicos, utilizando-se o Analisador Portátil de CO₂ por infravermelho (IRGA). 2) Em campo: Testemunha; Dinotefuran+Flutriafol 2,0 L.ha⁻¹; Thiametoxan+Ciproconazol 1,0 kg.ha⁻¹; Imidacloprido+Triadimenol 5,0 L.ha⁻¹ e Imidacloprido+Flutriafol 2,0 L.ha⁻¹. Foi avaliada incidência da ferrugem, desfolha e produtividade. Conclui-se que a mistura de tanque com os fungicidas contendo ciproconazol e/ou azoxistrobina mais o cúprico e o fertilizante foliar comprometeu negativamente a eficiência de controle da ferrugem do cafeeiro, reduzindo o enfolhamento. Houve alteração de pH e condutividade elétrica quando realizada mistura dos fungicidas ciproconazol e azoxistrobina com fertilizante foliar e com hidróxido de cobre. Na mistura com o fertilizante foliar, o pH foi alterado para menor e a condutividade elétrica para maior, já com o hidróxido de cobre o pH foi alterado para maior e a condutividade permaneceu constante. Em casa de vegetação todos os fungicidas controlaram a ferrugem do cafeeiro. Em se tratando do produto via solo, o tratamento com Dinotefuran + Flutriafol na dose de 2,0 L.ha⁻¹ proporcionou maior altura e peso de mudas. No campo, todos os tratamentos reduziram a incidência da ferrugem em comparação com a testemunha. O tratamento Dinotefuran + Flutriafol na dose de 2,0 L.ha⁻¹ manteve, nas duas safras, as menores incidências da doença e maior enfolhamento e produtividade na segunda safra. Não foram observados sintomas de fitotoxidez.

Palavras-chave: Controle químico. *Hemileia vastatrix*. Mistura de tanque. Drench.

ABSTRACT

The use of fungicides is the main method to control coffee rust in susceptible cultivars. The ideal management is done using fungicides on soil and leaves. The soil treatment must be applied preventively due to the time required for the product to be absorbed and translocated from the roots to the leaves. The disease and weather conditions should be monitored for the application of foliar fungicides. The tank mix has been widely used in Brazil for spraying and aims to optimize time and cost and reduce soil compaction. The mixes can undergo additive, synergistic or antagonistic actions that can affect the efficiency of disease control. Therefore, the objective of this paper was to evaluate the efficiency of fungicides triazole and strobilurin mixed with foliar fertilizer and copper fungicides to control coffee rust in the field and determine their effect on defoliation and crop productivity. The behavior of different active principles applied via soil was evaluated regarding the rust incidence on seedling physiology and also the productive coffee trees during two consecutive harvests. All experiments were organized in randomized blocks with four replicates. The foliar fungicide treatments evaluated were 1) Control, consisting of a foliar fertilizer; 2) Azoxystrobin + Cyproconazole mixed with copper fungicide and foliar fertilizer; 3) Azoxystrobin + Cyproconazole applied separately; 4) Cyproconazole mixed with copper fungicide and foliar fertilizer; 5) Cyproconazole applied separately; 6) Azoxystrobin mixed with copper fungicide and foliar fertilizer; 7) Azoxystrobin applied separately, and 8) Copper fungicide and foliar fertilizer. The rust incidence, defoliation, productivity, pH and electrical conductivity of the spray solution were measured. The soil fungicide treatments consisted, in a greenhouse, of the Control; Dinotefuran + Flutriafol 0.5 L.ha⁻¹; Dinotefuran + Flutriafol 1.0 L.ha⁻¹; Dinotefuran + Flutriafol 2.0 L.ha⁻¹; Dinotefuran + Flutriafol 4.0 L.ha⁻¹; Thiamethoxan + Cyproconazole 1.0 kg.ha⁻¹ and Imidacloprid + Triadimenol 5.0 L.ha⁻¹. In seedlings, the rust incidence, morphological characters (height, diameter, and dry weight of the leaves, stem, and root), Soil Plant Analysis Development index (SPAD), and physiological characters using Infrared Gas Analyzer (IRGA) were evaluated. In the field, the treatments were the Control; Dinotefuran + Flutriafol 2.0 L.ha⁻¹; Thiamethoxan + Cyproconazole 1.0 kg.ha⁻¹; Imidacloprid + Triadimenol 5.0 L.ha⁻¹, and Imidacloprid + Flutriafol 2.0 L.ha⁻¹. The rust incidence, defoliation and productivity were measured. In conclusion, the tank mix with fungicides containing Cyproconazole and/or Azoxystrobin mixed with the copper and foliar fertilizers negatively compromised the control efficiency of the coffee rust, reducing leafing. The pH and electrical conductivity changed when the fungicides Cyproconazole and Azoxystrobin were mixed with foliar fertilizer and copper hydroxide. The pH decreased and the electrical conductivity increased in the mix with foliar fertilizer, while the pH increased and the electrical conductivity remained constant when using copper hydroxide. All the fungicides controlled coffee rust under greenhouse conditions. In the case of the soil applications, the treatment with Dinotefuran + Flutriafol at a dose of 2.0 L.ha⁻¹ provided greater height and weight to the seedlings. In the field, all treatments reduced the coffee rust incidence when compared to the control treatment. The treatment with Dinotefuran + Flutriafol at a dose of 2.0 L.ha⁻¹ maintained the lowest incidence of the disease in both harvests and the highest leafing and productivity in the second harvest. There were no phytotoxicity symptoms.

Keywords: Chemical control. *Hemilea vastatrix*. Tank mixture. Drench.

LISTA DE FIGURAS

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1

- Figura 1 - Médias mensais da incidência da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) em todos os tratamentos (A) e das variáveis climáticas: Temperatura média diária e Precipitação acumulada (B). Período de janeiro a maio de 2016. UFLA, Lavras, MG, 2019.....38
- Figura 2 - Área abaixo da curva do progresso da doença para incidência (AACPI) da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) do cafeeiro e porcentagem de controle, após tratamento com fungicidas, período de janeiro a maio de 2016. T-Ff: testemunha com fertilizante foliar; CA-M: ciproconazol+azoxistrobina em mistura de tanque com fungicida cúprico à base de hidróxido de cobre+fertilizante foliar; CA-S: ciproconazol+azoxistrobina separado; C-M: ciproconazol em mistura de tanque com fungicida cúprico, à base de hidróxido de cobre+fertilizante foliar; C-S: ciproconazol separado; A-M: azoxistrobina em mistura de tanque com fungicida cúprico à base de hidróxido de cobre+fertilizante foliar; A-S: azoxistrobina separado; Ff Cu: fertilizante foliar + fungicida cúprico à base de hidróxido de cobre. UFLA, Lavras, MG, 2019.....41
- Figura 3 - Porcentagem média de enfolhamento das plantas do cafeeiro, após tratamento com fungicidas. Médias seguidas pelas mesmas letras nas barras não diferem entre si, por meio do teste Skott-Knott a 5% de probabilidade. T-Ff: testemunha com fertilizante foliar; CA-M: ciproconazol+azoxistrobina em mistura de tanque com fungicida cúprico à base de hidróxido de cobre+fertilizante foliar; CA-S: ciproconazol+azoxistrobina separado; C-M: ciproconazol em mistura de tanque com fungicida cúprico à base de hidróxido de cobre+fertilizante foliar; C-S: ciproconazol separado; A-M: azoxistrobina em mistura de tanque com fungicida cúprico a base de hidróxido de cobre+fertilizante foliar; A-S: azoxistrobina separado; Ff Cu: fertilizante foliar + fungicida cúprico à base de hidróxido de cobre. UFLA, Lavras, MG, 2019.....44

- Figura 4 - Valores médios de pH da calda e condutividade elétrica das misturas dos fungicidas avaliados com fertilizante foliar e fungicida cúprico. H₂O: água; Cu(OH)₂: hidróxido de cobre; Fert foliar: fertilizante foliar; OM: óleo mineral; Cipro: ciproconazol; azoxi: azoxistrobina. Médias seguidas por mesmas letras nas barras não diferem entre si por meio do teste Skott-Knott a 5% de probabilidade. Os tratamentos com asterisco na frente foram os avaliados à campo. UFLA, Lavras, MG, 2019.....46
- Figura 5 - Produtividade média e Incremento de café, após tratamentos com fungicidas triazol e estrobilurina, em mistura com fertilizante foliar e fungicida cúprico, período de janeiro a maio de 2016. Médias seguidas pelas mesmas letras nas barras não diferem entre si, por meio do teste Skott-Knott a 5% de probabilidade. T-Ff: testemunha com fertilizante foliar; CA-M: ciproconazol+azoxistrobina em mistura de tanque com fungicida cúprico à base de hidróxido de cobre+fertilizante foliar; CA-S: ciproconazol+azoxistrobina separado; C-M: ciproconazol em mistura de tanque com fungicida cúprico à base de hidróxido de cobre+fertilizante foliar; C-S: ciproconazol separado; A-M: azoxistrobina em mistura de tanque com fungicida cúprico à base de hidróxido de cobre+fertilizante foliar; A-S: azoxistrobina separado; Ff Cu: fertilizante foliar + fungicida cúprico à base de hidróxido de cobre. UFLA, Lavras, MG, 2019.....49

ARTIGO 2

- Fig. 1.** Altura e diâmetro médios das mudas do cafeeiro, em função dos fungicidas aplicados. UFLA, Lavras/MG, 2019. Médias seguidas por mesmas letras não diferem entre si a 5%, por meio do teste Scott-Knott..... 69
- Fig. 2.** Peso médio dos órgãos secos (PS) das mudas do cafeeiro, em função dos fungicidas aplicados. UFLA, Lavras/MG, 2019..... 70
- Fig. 3.** Índice SPAD médio, em função dos fungicidas aplicados. UFLA, Lavras/MG, 2019..... 71
- Fig. 4.** A, B, C, D, E e F. Médias de Fotossíntese (A), Condutância estomática (B), Carbono intercelular (C), Transpiração (D), Carbono intercelular/Carbono atmosférico (E) e Eficiência do uso da água (F) em função dos fungicidas aplicados. UFLA, Lavras/MG, 2019. 72
- Fig. 5.** A, B, C e D. Precipitação acumulada e Umidade Relativa média (UR) (A e

B); médias mensais das variáveis climáticas: temperaturas máxima (max), mínima (min) e média (C e D); médias de Incidência e Desfolha (E e F), na primeira e segunda safra. UFLA, Lavras/MG, 2019. 74

Fig. 6. A, B, C e D. AACPD e AACPE: área abaixo da curva de progresso da doença e área abaixo da curva de progresso do enfolhamento (A e B); Produtividade em sacas/ha (C e D). Nos anos de 2016 e 2017; Médias seguidas por mesmas letras nas barras não diferem entre si, por meio do teste Skott-Knott a 5% de probabilidade. UFLA, Lavras/MG, 2019..... 78

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1

- Tabela 1. Tratamentos do experimento, contendo ativos utilizados, concentração do produto formulado, tipo de formulação, dose em gramas de ativo e de produto comercial por hectare e modo da aplicação. UFLA, Lavras/MG, 2019.34
- Tabela 2. Tratamentos do experimento de laboratório para análise de pH e Condutividade Elétrica.36
- Tabela 3. Incidência média mensal da ferrugem do cafeeiro, Área Abaixo da Curva de Progresso da Incidência da Ferrugem (AACPI) e Controle em função dos fungicidas e modalidades de aplicação. UFLA, Lavras/MG, 2019.39

ARTIGO 2

- Tabela 1.** Tratamentos avaliados no experimento em mudas. UFLA, Lavras/MG, 2019.61
- Tabela 2.** Tratamentos avaliados no experimento a campo, contendo ativos utilizados, concentração do produto formulado, tipo de formulação, dose em gramas de ativo e de produto comercial por hectare e modo da aplicação. UFLA, Lavras/MG, 2019.65
- Tabela 3.** Área abaixo da curva de progresso da incidência da ferrugem (AACPF) e área foliar lesionada com ferrugem (AFL), nas mudas do cafeeiro, em função dos fungicidas aplicados. UFLA, Lavras/MG, 2019.68
- Tabela 4.** Médias de altura, diâmetro e peso seco dos órgãos das mudas do cafeeiro em função dos fungicidas aplicados. UFLA, Lavras/MG, 2019.69
- Tabela 5.** Valores médios da Incidência da ferrugem e Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença em função dos fungicidas aplicados na primeira safra. UFLA, Lavras/MG, 2019.75
- Tabela 6.** Valores médios da Incidência da ferrugem e Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença em função dos fungicidas aplicados na segunda safra. UFLA, Lavras/MG, 2019.76
- Tabela 7.** Valores médios do Enfolhamento e Área Abaixo da Curva de Progresso do Enfolhamento em função dos fungicidas aplicados na primeira safra. UFLA, Lavras/MG, 2019.76

Tabela 8. Valores médios do Enfolhamento e Área Abaixo da Curva de Progresso do Enfolhamento em função dos fungicidas aplicados na segunda safra. UFLA, Lavras/MG, 2019.....	77
---	----

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	15
1 INTRODUÇÃO	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Importância do Café	17
2.2 Importância da Ferrugem	18
2.3 Controle da Ferrugem	19
REFERÊNCIAS	24
SEGUNDA PARTE - ARTIGOS	29
ARTIGO 1 - MISTURA DE FUNGICIDAS TRIAZOL E ESTROBILURINA COM HIDRÓXIDO DE COBRE E FERTILIZANTE FOLIAR NO CONTROLE DA FERRUGEM DO CAFEIEIRO	29
ARTIGO 2 - APLICAÇÃO DE PRODUTOS VIA SOLO NO CONTROLE DA FERRUGEM E SEU EFEITO NA FISIOLOGIA DO CAFEIEIRO	56
CONSIDERAÇÕES FINAIS	87

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Na cafeicultura brasileira, apresenta-se grande diversidade entre as várias regiões produtoras que compõem o parque cafeeiro do país, tanto em termos de ambiente quanto dos problemas enfrentados. Apesar de toda essa diversidade, permanece um sério obstáculo, em comum, há cinco décadas, a ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome).

A ferrugem é a principal doença da cultura. O fungo, ao colonizar a planta, prejudica o metabolismo da mesma, além de provocar desfolha, comprometendo a produtividade, tanto no mesmo ano da epidemia quanto no ano seguinte.

Desde o aparecimento da doença, no Brasil, nos anos 1970, estuda-se sobre como melhor manejá-la, a fim de minimizar os prejuízos. Uma das alternativas de combate à ferrugem do cafeeiro é a adoção de cultivares resistentes. Seria a mais viável, se não fosse a presença de 50 raças, fisiologicamente, descritas, no mundo, sendo 15 delas presentes no Brasil. Entre elas, algumas são capazes de romper a resistência das variedades provenientes de cruzamentos do Híbrido de Timor, como é o caso da raça XXXIII, que teve o DNA sequenciado e identificados 5 genes relacionados à quebra de resistência (PORTO et al., 2019). Desse modo, o uso de fungicidas ainda é o método mais eficiente e praticado entre os cafeicultores para controlar a ferrugem.

Existem duas modalidades de aplicação de fungicidas para o controle da ferrugem do cafeeiro, via solo e foliar. A aplicação, no solo, é utilizada em 44% do parque cafeeiro nacional, sendo Sul de Minas e Mogiana as regiões mais adeptas a essa prática (SPARK SMARTER DECISIONS, 2019). Nessa modalidade, são utilizados os fungicidas sistêmicos do grupo químico dos triazóis, têm alta sistemicidade, se distribuem ampla e rapidamente pela planta. Trata-se de uma importante estratégia preventiva para o cafeicultor manter a lavoura com baixa pressão da ferrugem, contribuindo para o controle efetivo do fungicida foliar e assegurando a baixa ocorrência da doença, durante todo o ciclo da cultura, além de proporcionar maior vigor e crescimento dos ramos do cafeeiro (POZZA; POZZA, 2012). A ação esperada do fungicida aplicado via solo pode ser influenciada pela interação com a molécula inseticida que também compõe a maioria dos produtos dessa modalidade. Nesse sentido, torna-se importante analisar a eficiência desses produtos tanto na incidência da ferrugem quanto na fisiologia do cafeeiro.

A pulverização com fungicidas foliares se dividem em dois segmentos, dos “strobi mix”, mistura de estrobilurina com triazol, com adoção de 60% e dos fungicidas cúpricos com adoção de 49% das áreas cultivadas com café no Brasil (SPARK SMARTER DECISIONS, 2019).

O número de tratamentos, por safra, para combater problemas fitossanitários do cafeeiro, seja praga, doença, planta daninha, bactéria ou nematoide, utilizando defensivos agrícolas são, em média, 11 no café arábica e 7 no café robusta. O número médio de aplicações, por safra, é de 5, para as duas espécies (SPARK SMARTER DECISIONS, 2019). Portanto, sendo o número de tratamentos, por safra, maior que o número de aplicações, conclui-se que a maioria das pulverizações são realizadas em mistura de tanque.

A prática da mistura de tanque é amplamente utilizada na cafeicultura, a fim de otimizar tempo, custo e diminuir compactação do solo. Todavia, a interação dos produtos utilizados, em mistura, é pouco explorada no meio científico, faltam respostas, principalmente, para qual a interferência no controle da doença.

Especificamente, sobre as pulverizações com fungicidas foliares, as principais misturas envolvem strobi mix com cúpricos e fertilizantes foliares.

Em decorrência desses fatores, é imprescindível avaliar qual o impacto das misturas praticadas no campo, para controle da ferrugem, tanto na eficácia de controle da doença quanto o reflexo na cultura, em relação à desfolha e produtividade. Importante também avaliar os distintos ativos disponíveis no mercado para aplicação via solo, seus efeitos na incidência da ferrugem, reflexo em desfolha e produtividade, além de possíveis efeitos fisiológicos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância do Café

A cafeicultura é uma atividade do setor agrícola, essencial para o desenvolvimento socioeconômico do Brasil, sendo um dos principais contribuintes para a arrecadação de impostos e geração de renda (FASSIO; SILVA, 2015). O café é uma cultura perene de clima tropical pertencente à família Rubiaceae, subgrupo *Erythrocoffea*, que possui duas principais espécies de interesse e importância econômica, *Coffea arabica* Lineu (café arábica) e *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (café robusta) que respondem por 60 e 40% da produção mundial, respectivamente (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2019).

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial e o segundo maior consumidor de café, sendo que, os principais estados produtores são: Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia e Paraná, nessa ordem. Nos estados MG, SP, BA e PR é cultivado principalmente café arábica, já no ES e RO o cultivo principal é com o café robusta. A produção de 2019 totalizou 49,31 milhões de sacas de 60 quilos de café beneficiado, sendo 34,30 milhões de sacas do café arábica e de 15,01 milhões, do robusta (CONAB, 2019).

A produtividade média do Brasil é de 27 sacas por hectare. É uma boa média quando comparada a de outros países produtores, porém pode ser considerada baixa quando comparada a dados de pesquisas experimentais e às médias de produtividade alcançadas em fazendas que praticam um bom manejo das lavouras, proporcionando a expressão do máximo potencial produtivo das plantas. Dentre os principais fatores que contribuem para a diminuição da produtividade média brasileira, destacam-se lavouras antigas e depauperadas, deficiências nutricionais, bienalidade de produção, oscilações nos preços internacionais do produto, estresse abiótico e biótico, baixa tecnologia de produção e problemas fitossanitários. Dentre os problemas de fitossanidade encontram-se as doenças: cercosporiose, mancha de phoma, antracnose, entre outras, destacando-se a ferrugem que dependendo da intensidade, pode estar associada a perdas em larga escala (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010), variando de 35 a 50% da produção (GARÇON et al., 2004).

2.2 Importância da Ferrugem

Hemileia vastatrix Berkeley & Broome, conhecida como ferrugem do café, foi descrita, em 1869 na Ásia. É considerada umas das doenças mais importantes do mundo (TALHINHAS et al., 2016; ZAMBOLIM, 2016). Entre 1869 e 1985, essa doença se espalhou em todas as regiões de produção de café do mundo, sendo responsável por significativas perdas na lavoura, pela facilidade de adaptação desse fungo a diferentes regiões climáticas (McCOOK; VANDERMEER, 2015).

Essa doença causa queda prematura das folhas, podendo resultar na morte dos ramos, e diminuição da taxa fotossintética, que reduz cerca de 30 a 50% da produtividade por ano, os primeiros sintomas são manchas cloróticas na superfície adaxial, logo após, são visualizadas pústulas de cor amarelo alaranjada na superfície abaxial (CAPUCHO et al., 2013; POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010; ZAMBOLIM, 2016).

As condições climáticas favoráveis à infecção ocorrem quando a temperatura atinge de 21 a 25°C, com molhamento foliar de, no mínimo, quatro horas e umidade relativa do ar superior a 85%. Nessa faixa de temperatura, na presença de água livre nas folhas e em condições de baixa luminosidade, os uredósporos germinam dentro de três horas. Seus esporos são disseminados a longas distâncias por vento, sendo a chuva o principal disseminador do patógeno dentro da lavoura (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010).

A intensidade da ferrugem do cafeeiro varia de acordo com as condições climáticas e também com a carga pendente da lavoura. Ocorrência de chuvas esporádicas, durante o período de outono/ inverno e condições favoráveis ao hospedeiro para a infecção, favorece índices elevados de incidência, possibilitando o prolongamento do ciclo da ferrugem durante o ano. Cunha, Guimarães e Chalfoun (2004) avaliando a incidência da ferrugem, durante dois anos consecutivos, encontraram no primeiro ano, em lavoura de carga pendente alta, incidência de 82% na testemunha. No ano seguinte, chegou a 41%, segundo os autores, a menor incidência está relacionada à baixa produtividade e às condições climáticas que estavam mais favoráveis no primeiro ano.

A principal forma de controle da ferrugem é o uso de fungicidas. Entre os recomendados, encontram-se os protetores e os sistêmicos, os quais têm sido utilizados no controle integrado da ferrugem e de outras doenças (POZZA; ZAMBOLIM; POZZA, 1997).

2.3 Controle da Ferrugem

O controle da ferrugem do cafeeiro com o uso de fungicidas protetores e sistêmicos é uma prática amplamente adotada e que se mostra eficiente (PARREIRA; NEVES; ZAMBOLIM, 2009).

Dentre os fungicidas protetores existentes no mercado, encontram-se os cúpricos que vêm sendo utilizados no controle, desde a identificação da ferrugem na Índia, Indonésia, África e no Brasil (MARIOTTO et al., 1976; MAYNE; NARASIMHAN; SREENIVASAN, 1933; RAYNER, 1961). Um dos benefícios desse fungicida é o efeito tônico às plantas, traduzido na cor verde escura das folhas e, retardamento da desfolha. Na ausência de pulverização com cobre, observa-se intensa queda de folhas na estação seca (GRIFFITHS, 1972). Zambolim (2016) relata que a taxa de desfolhamento depende do nível de incidência de ferrugem, que, por conseguinte, está diretamente relacionada à eficiência do(s) fungicida(s) utilizado(s) no manejo.

Os fungicidas cúpricos formam uma camada protetora, na superfície da planta para o controle do fungo na fase de germinação e penetração. Na forma de Cu^{2+} , é prontamente acumulado em células de fungos sensíveis, formando complexos com enzimas que possuem grupos sulfidrílica, hidroxila, amino ou carboxila. Essas enzimas são inativadas, ocorrendo desordem generalizada no metabolismo e rompimento da integridade da célula. Apresenta baixo risco de resistência, em decorrência da multiplicidade de sítios de atuação (ZAMBOLIM et al., 2008).

Atualmente, parte das pulverizações com cúpricos têm sido substituídas por fungicidas sistêmicos, por sua superioridade no controle da ferrugem. Seu modo de ação proporciona propriedades de absorção e translocação, culminando com a diminuição de número de aplicações e da interferência de fatores climáticos nos programas de pulverizações (CARNEIRO FILHO; ISHIZAKA, 1990; MATIELLO et al., 2002), porém têm modo de ação específico. Os fungicidas sistêmicos possuem os efeitos protetor, curativo e erradicante, permitindo, em alguns casos, a sua aplicação com índices de ferrugem mais elevados (BARBOSA et al., 1998; MATIELLO et al., 1995).

Os triazóis são fungicidas orgânicos de ação sistêmica e acropetal. Apresentam elevada fungitoxidade, rápida penetração e translocação nos tecidos vegetais. Têm ação curativa e elevado efeito residual. Como protetores, esses fungicidas apresentam ação tóxica sobre a germinação de esporos, sobre a forma do tubo germinativo e na formação do apressório. Na ação curativa, o desenvolvimento do haustório e/ou o crescimento micelial, no

interior dos tecidos do hospedeiro, são inibidos pela presença do fungicida. As células fúngicas, quando entram em contato com fungicidas triazóis, acumulam esteróis que promovem a inativação de processo de demetilação do lanosterol até compostos intermediários, precursores do ergosterol. A ausência do ergosterol promove a desorganização da estrutura celular, rompimento da membrana e extravasamento de solutos iônicos. A síntese do ergosterol é uma característica da maioria dos fungos superiores (Ascomycetos, Basidiomycetos e fungos Mitospóricos, mas não ocorrem em alguns fungos inferiores (Oomycetos) (ZAMBOLIM et al., 2008).

No Brasil, fungicidas à base de cobre (oxicloreto e hidróxido de cobre, óxido cuproso e sulfato de cobre) são pulverizados, normalmente, em intervalos de 30 dias durante a estação de crescimento. Já, os fungicidas sistêmicos pertencentes ao grupo DMI (inibidores da demetilação), incluindo triazóis, são aplicados isoladamente ou em misturas comerciais com fungicidas estrobilurina (QoI), em intervalos de 45 a 60 dias (ZAMBOLIM et al., 2008).

Cunha, Guimarães e Chalfoun (2004), utilizando tratamentos com cúpricos e/ou sistêmicos (triazol) verificaram a redução da incidência da ferrugem, no período avaliado, sendo que, todos ficaram abaixo de 35%, enquanto a testemunha atingiu valores superiores a 80%, nos meses de maior incidência, que foram de maio a agosto.

Dentre os fungicidas do grupo químico dos triazóis utilizados para controle químico da ferrugem do cafeeiro, destacam-se os ingredientes ativos: Ciproconazole, Epoxiconazole, Flutriafol, Hexaconazole ou Tetraconazole, Propiconazole e Triadimenol (MATOS et al., 2016). Já, as estrobilurinas surgiram como novo conceito em controle de doenças fúngicas, além de oferecer controle protetor tem proporcionado efeitos fisiológicos em diversas culturas, como soja, trigo, milho e também o cafeeiro. Esse efeito é atribuído a suas alterações fisiológicas, às quais favorecem o crescimento e desenvolvimento de várias culturas (GROSSMANN; RETZLAFF, 1997).

Matos et al. (2016), em seu experimento com diversas misturas foliares para controle da Ferrugem, Phoma e Cercosporiose, observaram que os tratamentos com os produtos Azoxistrobina + Ciproconazol + Tebuconazol; Azoxistrobina + Ciproconazol e Piraclostrobina + Epoxiconazol obtiveram baixa taxa de desfolhamento, de 13, 16 e 10%, respectivamente. Grossmann e Retzlaff (1997) e Yue-Xuan e Tiedemann (2001) afirmaram que a estrobilurina atua principalmente no atraso de senescência e da queda de folhas. Segundo Venâncio et al. (2004) isso ocorre, porque a estrobilurina inibe a síntese de etileno, ACC sintase e ACC oxidase.

Os fungicidas triazóis têm apresentado boa eficácia no controle de doenças como Ferrugem e Phoma. Entretanto, quando a lavoura apresenta mais de 5% de incidência de ferrugem em anos de carga elevada (CARVALHO, 1991; MIGUEL et al., 1975), tratamentos com triazol tiveram menor eficiência no controle, acentuando a bienalidade (ALMEIDA; MATIELLO; FERREIRA, 1998; TASSARA et al., 1998; ZAMBOLIM et al., 2002). Segundo Souza et al. (2011), uma das vantagens de fungicidas sistêmicos sobre protetores é a sua capacidade de agir curativamente, contudo, sua eficácia é reduzida, se a incidência de ferrugem for superior a 10% em anos de alta carga de frutos.

A combinação ou uso alternado de fungicidas sistêmicos com protetores, dentre eles, os cúpricos e as estrobilurinas se faz necessário, pois potencializa o controle sobre as doenças, além de diminuir o risco de comprometimento do controle das doenças foliares, por meio da seleção de populações resistentes aos fungicidas. É comum na cafeicultura, a aplicação alternada ou em mistura de tanque de triazóis com fungicidas cúpricos, a qual auxilia no controle da ferrugem, e ainda é fonte de cobre para a nutrição do cafeeiro (RUAS, 2014; ZAMBOLIM, 2016). Encontram-se, no mercado, diversos triazóis associados a formulações compostas, contendo estrobilurinas que auxiliam no controle da ferrugem e são altamente eficientes, como azoxistrobina + ciproconazol, trifloxistrobina + ciproconazole e piraclostrobina + epoxiconazole (MATOS et.al., 2016).

Para combinar os produtos que não vêm em mistura formulada pela indústria, existe uma prática denominada mistura de tanque, sendo comum não só no Brasil, como em outros países (GUIMARÃES, 2014; KRAUSE, 2014; OLIVEIRA, 2014). Essa prática é definida como a associação de agrotóxicos e afins, no tanque do equipamento aplicador, imediatamente antes da pulverização. Segundo Guimarães (2014), dentre os benefícios desse método encontra-se a redução de custos, do número de entradas na área, de combustível e do volume de água, menor compactação do solo, menor tempo de exposição do trabalhador rural ao agrotóxico e melhor manejo e prevenção da resistência de pragas.

O tema mistura de tanque vem sendo discutido entre a sociedade brasileira de pesquisadores e os órgãos legisladores do país, há muitos anos, não apenas para a cultura cafeeira, mas para todas as outras cultivadas no país. Não é abundante o número de trabalhos encontrados na literatura investigando a questão; um dos motivos é que realizar mistura de tanque no Brasil era legalmente proibido, desde 1985, sendo regulamentada, em 2018, pela Instrução Normativa N°40 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) (SINDAG, 2018). Em um levantamento realizado sobre as misturas de defensivos agrícolas em tanque, nas propriedades agrícolas do Brasil, Gazziero (2015), justificou que, em razão

das infestações de plantas daninhas, pragas e doenças que, muitas vezes, ocorrem simultaneamente em uma mesma área agrícola, a alternativa de controle mais econômica e, por isso, mais comumente adotada por produtores é a pulverização de mistura de agrotóxicos em tanque. Além de coincidir com aplicações de fertilizantes foliares, os quais também são comumente acrescidos às misturas de tanque.

Alguns estudos são encontrados, na literatura, analisando a interação entre defensivos agrícolas para algumas culturas e alvos, dentro da mesma classe ou entre classes distintas. A exemplo dos trabalhos de York e Jordan (1992), analisando o efeito da combinação de clomazone e inseticidas na cultura do algodoeiro; Allen & Snipes (1995) analisaram interações de inseticidas aplicados com pyriithiobac; Culpepper et al. (2001) analisaram o efeito na absorção do clomazone, translocação e metabolismo no algodoeiro quando aplicados em mistura com inseticida; Petter et al. (2007) também nessa mesma linha de pesquisa, analisaram associações entre o herbicida glifosato e inseticidas na cultura da soja.

Petter et al. (2013) realizaram um trabalho para avaliar a interação física entre misturas simuladas em tanque de diferentes classes de defensivos agrícolas. Os tratamentos foram constituídos por misturas de seis inseticidas (methomyl, clorpirifós, teflubenzuron, triflumuron, cipermetrina e tiametoxam + lambdacialotrina) com seis fungicidas (piraclostrobina/epoxiconazole, trifloxistrobina/tebuconazole, carbendazin, flutriafol, azoxistrobina/ciproconazol, flutriafol/tiofanato-metilico). Esses autores concluíram que deve se evitar misturas em tanque de clorpirifós, teflubenzuron e triflumuron com todos os fungicidas testados, em decorrência da incompatibilidade física entre eles.

Em um dos poucos e recentes resultados encontrados, específico para a cultura do café, Costa et al. (2019), sobre o efeito das misturas de fungicidas com cobre, *in vitro* e em casa de vegetação, demonstraram redução da severidade da ferrugem quando se pulverizaram as plantas com os fungicidas ciproconazol ou piraclostrobina, isoladamente, em mudas em casa de vegetação. Segundo esses autores, a perda de eficiência dos fungicidas é reportada à hidrólise alcalina dos fungicidas sistêmicos mediada pelo cobre.

A técnica de realizar mistura pode resultar em efeitos sinérgico, aditivo ou antagônico, em relação ao efeito de cada produto fitossanitário utilizado isoladamente. (GAZZIERO, 2015). Carmona et al. (2019) identificaram que a mistura resultou em sinergia de proteção contra doenças foliares de soja quando comparada ao uso isolado de cada uma das moléculas. Neste trabalho, os autores não avaliaram o pH e a condutividade elétrica da calda, nas diferentes combinações, mas discutem a importância da combinação compatível na gama de doenças controladas e como uma estratégia de manejo de resistência de fungos a fungicidas,

tendo em vista que os fungicidas misturados atuam por diferentes modos de ação. Pode haver interferência do pH da calda de pulverização, na ação de um ingrediente ativo, pois altas concentrações de íons H^+ ou OH^- poderão reagir com o ingrediente ativo, diminuindo, assim, a concentração deste na calda (PRADO et al., 2011).

A mistura de produtos fitossanitários tende a alterar os valores de pH da calda, influenciando na eficiência dos produtos utilizados, além de interferir nos níveis de dissociação dos ingredientes ativos e na estabilidade física das soluções (PRADO et al., 2011). Alguns fatores, como a qualidade química da água, pH entre outros devem ser observados e levados em consideração (PAZINI et al., 2013; PETTER et al., 2013; RAMOS; ARAUJO, 2006).

Não é possível encontrar muitos trabalhos na literatura sobre a compatibilidade ou incompatibilidade das misturas de fungicidas sistêmicos, cúpricos e fertilizante foliar na cultura do café. Tais misturas são, efetivamente, praticadas no campo, ressaltando ainda mais a importância do estudo em questão. Tanto os fungicidas sistêmicos e protetores como o fertilizante foliar são de grande importância para o correto manejo da cultura (CHALFOUN; CARVALHO, 1999).

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.; SNIPES, C. E. Interactions of foliar insecticides applied with pyriproxyfen. **Weed Technology**, [S.l.], v. 9, n. 3, p. 512-517, Sept. 1995.
- ALMEIDA, S. R.; MATIELLO, J. B.; FERREIRA, R. A. Efeito de dose, número de aplicações e adição de cobre ou espalhante na ação do fungicida Opus (Epoconazole) no controle curativo da ferrugem do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24., 1998, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: PROCAFÉ, 1998. p. 49-51.
- BARBOSA, J. C. et al. Compatibilidade de opus (epoconazole) com os adubos foliares da basf em relação ao controle da ferrugem do cafeeiro - *Hemileia vastatrix* Berk e Br. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas. **Trabalhos Apresentados...** Poços de Caldas: PROCAFÉ, 1998. p. 112.
- CAPUCHO, A. S. et al. Climate favorability to leaf rust in Conilon coffee. **Australasian Plant Pathology**, [S.l.], v. 42, n. 5, p. 511–514, Sept. 2013.
- CARMONA, M. A. et al. Copper phosphite enhances efficacy of a strobilurin-triazole fungicide in controlling late season foliar diseases of soybean. **Crop Protection**, Guildford, v. 115, p. 130-134, Jan. 2019.
- CARNEIRO FILHO, F.; ISHIZAKA, A. M. Controle da ferrugem do cafeeiro com diversos fungicidas protetores, sistêmicos e em mistura com inseticidas em aplicações no solo e foliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 16., 1990, Espírito Santo do Pinhal. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC, 1990. p. 98-99.
- CARVALHO, V. L. de. **Influência de níveis de produção sobre a evolução da ferrugem e a composição química das folhas do cafeeiro**. 1991. 85 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1991.
- CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. L. Controle químico da ferrugem (*Hemileia vastatrix* berk & br.) do cafeeiro através de diferentes esquemas de aplicação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 363-367, mar. 1999.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra de café**. Brasília: CONAB, 2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em: 7 jan. 2020.
- COSTA, G. A. da et al. Tank mix application of copper hydroxide either with cyproconazole or pyraclostrobin fungicides reduced the control of coffee leaf rust. **Crop Protection**, Guildford, v. 124, p. 104856, Oct. 2019.
- CULPEPPER, A. S. et al. Effect of insecticides on clomazone absorption, translocation and metabolism in cotton. **Weed Technology**, [S.l.], v. 49, n. 5, p. 613-616, Oct. 2001.
- CUMMINS, G. B.; HIRATSUKA, Y. **Illustrated genera of rust fungi**. Saint Paul: The American Phytopathological Society, 1983. 152 p.

- CUNHA, R.; GUIMARÃES, A.; CHALFOUN, S. Controle químico da ferrugem do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e seus efeitos na produção e preservação do enfolhamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 990-996, set./out. 2004.
- FASSIO, L. H.; SILVA, A. E. S. Importância econômica e social do café conilon. In: FERRÃO, R. G. et al. (Ed.). **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 37-49.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, jul./dez. 2008.
- FRAC INTERNACIONAL. SDHI Working Group. **Informação sobre carboxamidas em ferrugem da soja**. FRAC, 2017. 3 p.
- GARÇON, C. L. P. et al. Controle da ferrugem do cafeeiro com base no valor de severidade. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 5, p. 486-491, set./out. 2004.
- GAZZIERO, D. L. P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 83-92, jan./mar. 2015.
- GRIFFITHS, E. Negative effects of fungicidas. **Tropical Science**, London, v. 14, n. 1, p. 79-89, Mar. 1972.
- GROSSMANN, K.; RETZLAFF, G. Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim methyl in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Pesticide Science**, Oxford, v. 50, p. 11-20, 1997.
- GUIMARÃES, G. L. Principais fatores comerciais condicionantes da disponibilidade de produtos isolados e em misturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 29., 2014, Gramado. **Palestra...** Gramado: [s.n.], 2014. 1 CD ROM.
- INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION (ICO). **Total production by all exporting countries**. Londres: ICO, 2019. Disponível em: <<http://www.ico.org/prices/m1-exports.pdf>>. Acesso em: 7 set. 2019.
- KRAUSE, N. D. Necessidades tecnológicas relacionadas a novos ingredientes ativos, formulações e da prática da realização de misturas de agrotóxicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 29., 2014, Gramado. **Palestra...** Gramado: [s.n.], 2014. 1 CD ROM.
- MARIOTTO, P. R. et al. Estudos sobre o controle químico da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) e seus efeitos na produção, nas condições do estado de São Paulo. **O Biológico**, São Paulo, v. 45, n. 9/10, p. 165-174, 1976.
- MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R.; FERREIRA, R. A. Comparação de fungicidas sistêmicos no controle da ferrugem do cafeeiro sob condição de alta infecção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 21., 1995, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: PROCAFE, 1995. p. 21-22.
- MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. 387 p.

- MATOS, G. A. et al. Avaliação da mistura de fungicidas no controle de doenças do cafeeiro. **Getec**, Monte Carmelo, v. 5, n. 9, p. 90-103, 2016.
- MAYNE, W. W.; NARASIMHAN, M. J.; SREENIVASAN, M. S. Spraying of coffee in South India. **Mysore Coffee Experiment Statntion**, Okioga, n. 9, p. 69, 1933.
- McCOOK, S.; VANDERMEER, J. The big rust and the red queen: long-term perspectives on coffee rust research. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 105, n. 9, p. 1664-1673, Sept. 2015.
- MIGUEL, A. E. et al. Efeitos de fungicidas no controle de *Cercospora coffeicola* em frutos de café. In: BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 3., 1975, Curitiba. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC-GERCA, 1975. p. 58-61.
- OLIVEIRA, T. Mistura em tanque, aspectos legais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 2014, Gramado. **Palestra...** Gramado: [s.n.], 2014. 1 CD ROM.
- PARREIRA, D. F.; NEVES, W. S.; ZAMBOLIM, L. Resistência de fungos a fungicidas inibidores de quinona. **Revista Trópico: ciências agrárias e biológicas**, Chapadinha, v. 3, n. 2, p. 24-34, 2009.
- PAZINI, J. B. et al. Compatibilidade física de misturas de agrotóxicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 8., 2013, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: CBAI, 2013.
- PETTER, F. A. et al. Associações entre o herbicida glyphosate e inseticidas na cultura da soja Roundup Ready[®]. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 389-398, 2007.
- PETTER, F. A. et al. Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. **Comunicata Scientiae**, [S.l.], v. 4, n. 2, p. 129-138, 2013.
- PORTO, B. N. Genome sequencing and transcript analysis of *Hemileia vastatrix* reveal expression dynamics of candidate effectors dependent on host compatibility. **PLoS One**, San Francisco, v. 14, n. 4, p. e0215598, Apr. 2019.
- POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A. Relação entre a nutrição e as doenças de plantas: implicações práticas. In: MACHADO, A. K. F. M. et al. (Ed.). **Avanços da otimização no uso de defensivos agrícolas no manejo fitossanitário**. São Carlos: Suprema, 2012. p. 259-282.
- POZZA, E. A.; CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M. Sintomas de injúrias causadas por doenças em cafeeiro. In: GUIMARAES, R. J.; MENDES, A. N. G.; BALIZA, D. P. (Ed.). **Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas semiologia do cafeeiro**. Lavras: Ed. UFLA, 2010. p. 68-106.
- POZZA, E. A.; ZAMBOLIM, L.; POZZA, E. A. Controle químico da mancha de olho pardo (*Cercospora coffeicola*) do cafeeiro em condições de viveiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 543-545, 1997.

- PRADO, E. P. et al. Influência da dureza e potencial hidrogênico da calda de pulverização sobre o controle do ácaro da leprose em frutos de laranja doce. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 389-396, 2011.
- RAMOS, H. H.; ARAÚJO, D. Preparo da calda e sua interferência na eficácia de agrotóxicos. **Infobibos**, Campinas, 2006. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/V2/index.htm>. Acesso em: 3 nov. 2014.
- RAYNER, R. W. Germination and penetration studies on coffee rust (*Hemileia vatratrix* B. & Br.). **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 49, n. 3, p. 493-505, Oct. 1961.
- REIS, E. M.; REIS, A. C.; CARMONA, M. A. **Manual de Fungicidas**: guia para o controle químico de doenças de plantas. 6. ed. Passo Fundo: Ed. UPF, 2010. 226 p.
- RUAS, A. R. **Número mínimo de aplicações de fungicidas no controle das cercosporioses da cultura do amendoim**. 2014. 41 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.
- SINDAG. **Mapa**: agrônomos ganham liberdade sobre bulas em receituário e mistura em tanque. Porto Alegre: SINDAG, 2018. Disponível em: <<http://sindag.org.br/mapa-agronomos-ganham-liberdade-sobre-bulas-em-receituario-e-mistura-em-tanque/>>. Acesso em: 1 nov. 2019.
- SOUZA, A. F. et al. Chemical approaches to manage coffee leaf rust in drip irrigated trees. **Australasian Plant Pathologia**, [S.l.], v. 40, n. 3, p. 293-300, May 2011.
- SPARK SMARTER DECISIONS. Sobre o mercado fitossanitário para o café 2018-2019. **Spark**, Valinhos, 2019. Disponível em: <<http://spark-ie.com.br/>>. Acesso em: 1 nov. 2019.
- TALHINHAS, P. et al. The coffee leaf rust pathogen *Hemileia vastatrix*: one and a half centuries around the tropics. **Molecular Plant Pathology**, Oxford, v. 18, n. 8, p. 1039-1051, Oct./Nov. 2016.
- TASSARA, D. et al. Programa de controle da ferrugem do cafeeiro com fungicida sistêmico opus (epoxiconazole) isoladamente e em combinações com cobox ou hidróxido basf. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas. **Trabalhos Apresentados...** Poços de Caldas: PROCAFÉ, 1998. p. 210-211.
- VENÂNCIO, W. S. et al. Physiological effects of strobilurin fungicides on plants. **Publication UEPG**, Ponta Grossa, v. 9, n. 3, p. 59-68, 2004.
- YORK, A. C.; JORDAN, D. L. Cotton (*Gossypium hirsutum*) response to clomazone and insecticide combinations. **Weed Technology**, [S.l.], v. 6, n. 4, p. 796-800, Dec. 1992.
- YUE-XUAN, W.; TIEDEMANN, A. V. Physiological effects of azoxystrobin and epoxiconazole on senescence and the oxidative status of wheat. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 71, n. 1, p. 1-10, Sept. 2001.
- ZAMBOLIM, L. Current status and management of coffee leaf rust in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 1-8, fev. 2016.

ZAMBOLIM, L. et al. (Ed.). **Produtos fitossanitários**. Viçosa: Ed. UFV, 2008. 652 p.

_____. Epidemiologia e controle integrado da ferrugem-do-cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: Ed. UFV, 2002. cap. 10, p. 369-450.

ZAMBOLIM, L. **Tecnologias para produção do café conilon**. Viçosa: Ed. UFV, 2009. 360 p.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, E. M. Doenças do cafeeiro (*Coffea arabica* e *Coffea canephora*). In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. 663 p.

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

**ARTIGO 1 - MISTURA DE FUNGICIDAS TRIAZOL E ESTROBILURINA COM
HIDRÓXIDO DE COBRE E FERTILIZANTE FOLIAR NO CONTROLE DA
FERRUGEM DO CAFEIEIRO**

VERSÃO PRELIMINAR

Artigo normalizado conforme a norma para submissão da Revista Coffee Science.

RESUMO

O uso de fungicidas é a prática mais adotada por cafeicultores para controlar a ferrugem. Nessa modalidade, a mistura de tanque tem sido amplamente utilizada no Brasil, a fim de otimizar tempo, custo e diminuir a compactação do solo. As misturas podem sofrer ações que se manifestam de forma aditiva, sinérgica ou antagônica, afetando ou não a eficiência de controle da doença. São raros os trabalhos de mistura de tanque, na eficácia de fungicidas para a cultura do cafeeiro no campo em produção. Diante do exposto, objetivou-se, neste trabalho, avaliar o impacto das misturas, quando se utilizam os fungicidas triazol e/ou estrobilurina juntamente com fertilizante foliar e fungicidas cúpricos, no controle da ferrugem e o reflexo na desfolha e produtividade da cultura. O experimento foi instalado em blocos casualizados com 4 repetições. Os tratamentos avaliados foram: 1) Testemunha com fertilizante foliar; 2) Azoxistrobina+Ciproconazol aplicado em mistura com fungicida cúprico e fertilizante foliar; 3) Azoxistrobina+Ciproconazol aplicado separado; 4) Ciproconazol aplicado em mistura com fungicida cúprico e fertilizante foliar; 5) Ciproconazol aplicado separado; 6) Azoxistrobina aplicado em mistura com fungicida cúprico e fertilizante foliar; 7) Azoxistrobina aplicado separado; 8) Fungicida cúprico e fertilizante foliar. Foi avaliada incidência da ferrugem, desfolha, produtividade, pH e condutividade elétrica da calda. Conclui-se que, nas condições em que o presente estudo foi realizado, a mistura de tanque, contendo os fungicidas ciproconazol e/ou azoxistrobina mais o cúprico e o fertilizante foliar comprometeu negativamente a eficiência de controle da ferrugem do cafeeiro, reduzindo o enfolhamento. Houve alteração de pH e condutividade elétrica quando realizada mistura dos fungicidas ciproconazol e azoxistrobina com fertilizante foliar e com hidróxido de cobre. Na mistura com o fertilizante foliar, o pH foi alterado para menor e a condutividade elétrica para maior, já com o hidróxido de cobre o pH foi alterado para maior e a condutividade permaneceu constante.

Palavras-chave: Controle Químico, Mistura de Tanque; Interação hidróxido de cobre, triazol e estrobilurina.

1. INTRODUÇÃO

O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo e está entre os produtos mais expressivos na exportação brasileira. Na produção de 2019, totalizaram-se 49,31 milhões de sacas de 60 quilos de café beneficiado (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB 2019).

O cafeeiro é suscetível a várias doenças de importância econômica como a ferrugem, a cercosporiose, a mancha de phoma, a antracnose, entre outras. A ferrugem ocasionada por *Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome é a principal doença do cafeeiro e é responsável por prejuízos no rendimento, na produtividade e na qualidade do produto final (Mendonça et al. 2007; Lima 2009; Barbosa; Souza; Vieira 2010; Brito et al. 2010; Rezende et al. 2013; Reis et al., 2018).

As perdas atribuídas à ferrugem do cafeeiro devem-se à desfolha prematura e formação de lesões que reduzem a área fotossintética da planta (Samayoa; Sanchez 2000). Dependendo da intensidade dessa doença, as perdas na produtividade podem variar de 35 a 50% (Garçon et al. 2004; Pozza; Carvalho; Chalfoun 2010).

A resistência das cultivares pode ser a principal ferramenta no controle da ferrugem do cafeeiro, seria a mais viável, se não fosse a presença de 50 raças fisiologicamente descritas no mundo, 15 delas presentes no Brasil, entre elas, algumas são capazes de romper a resistência das variedades provenientes de cruzamentos do Híbrido de Timor, como é o caso da raça XXXIII, que teve o DNA sequenciado e identificados 5 genes relacionados à quebra de resistência (Porto et al. 2019). Sendo assim, o uso de fungicidas é uma prática amplamente adotada e eficiente. Entre os fungicidas recomendados para o controle, encontram-se os protetores e os sistêmicos, dos quais muitos têm sido utilizados no controle integrado,

inclusive de outras doenças (Pozza; Zambolim; Pozza 1997; Parreira; Neves; Zambolim 2009).

Grande número de agricultores adotam o uso de fungicidas, sendo crescente o interesse por alternativas de novos produtos e por tecnologias de aplicação empregadas, as quais destinam-se a minimizar os problemas, na utilização de defensivos agrícolas, em função das distintas condições de ambiente encontradas no campo (Associação Nacional de Defesa Vegetal - ANDEF 2013).

Dentre as alternativas de aplicação de produtos, a prática de mistura de tanque tem sido utilizada, no Brasil e em outros países, com o intuito de otimizar custos de pulverização, reduzindo o consumo de combustível (Guimarães 2014; Krause 2014; Oliveira 2014).

As misturas podem sofrer ações que se manifestam de forma aditiva, sinérgica ou antagonica, afetando ou não a resolução de problemas causando, até mesmo, danos toxicológicos (Ikeda 2013). Essa técnica constitui uma prática inevitável do ponto de vista econômico, entretanto é de grande importância o conhecimento sobre os produtos a serem misturados, a formulação, as doses, o tipo da espécie alvo e o estágio de crescimento da planta (Ikeda 2013; Petter et al. 2013). Principalmente, após o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA divulgar, em 11 de outubro de 2018, a possibilidade do uso de mistura de tanque sob a responsabilidade de um engenheiro agrônomo, por meio do receituário agrônomo (SINDAG 2018).

São raros os trabalhos de mistura de tanque para avaliar a eficácia de fungicidas, em campo de produção de café. O que ressalta ainda mais a importância do estudo em questão, avaliando o efeito dos fungicidas, aplicados no mesmo dia ou com intervalo de tempo entre eles, na tentativa de inferir se há algum tipo de interação negativa no desempenho da planta e no controle da ferrugem, pois a necessidade de redução de custos de produção leva à prática de misturas de produtos na cultura do café.

Diante do exposto, objetivou-se, neste trabalho, avaliar o impacto das misturas, quando se utiliza os fungicidas triazol e/ou estrobilurina, em mistura pronta e isolados, juntamente com fertilizante foliar e fungicidas cúpricos, no controle da ferrugem e o reflexo na desfolha e produtividade da cultura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo na fazenda da Lagoa do grupo Neumann Kaffee Grupe (NKG), Latitude 44°53'36''W, Longitude 20°52'53''S, Altitude 1018 m, em Santo Antônio do Amparo – MG durante a safra 2015-2016.

2.1 Preparo das plantas

As plantas utilizadas no experimento foram selecionadas, na fazenda, dentro de um talhão homogêneo e em boas condições de fertilidade, com cultivar suscetível, Catuaí Vermelho IAC-99, espaçamento 3,6 x 0,75m, plantio realizado, em 2004, e com histórico de ocorrência da ferrugem.

2.2 Instalação e delineamento do experimento

As condições ambientais do experimento de campo foram monitoradas no site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), estação de Lavras. Para o delineamento do experimento, em blocos casualizados, utilizaram-se 8 tratamentos com 4 repetições (tabela 1) e 10 plantas, por parcela experimental, sendo úteis as 8 plantas centrais.

Os tratamentos consistiam em testar os mesmos produtos e doses, quando aplicados em mistura de tanque com o fungicida cúprico mais fertilizante foliar e quando aplicados separadamente, com intervalo de 30 dias. Foram realizados 4 ciclos de aplicações em intervalos de 45 dias. Os mesmos produtos e doses foram utilizados nos tratamentos 2 e 3, 4 e 5, 6 e 7, diferenciando-se apenas na aplicação, em mistura de tanque (tratamentos 2, 4 e 6) ou separado (tratamentos 3, 5 e 7). Os tratamentos para fins comparativos, apenas fertilizante foliar (T1) e fertilizante foliar mais fungicida cúprico (T8) foram aplicados, no primeiro dia

de cada ciclo, juntamente com os tratamentos 2, 4 e 6. Todas as quatro aplicações seguiram a mesma metodologia. A primeira aplicação ocorreu, no dia 15 de dezembro. As aplicações foram realizadas com o pulverizador costal motorizado Guarany. O volume de calda aplicado foi de 600 L.ha⁻¹.

Tabela 1. Tratamentos do experimento, contendo ativos utilizados, concentração do produto formulado, tipo de formulação, dose em gramas de ativo e de produto comercial por hectare e modo da aplicação. UFLA, Lavras/MG, 2019.

Nº Trat.	Abrev.	Nome do Ativo	Concentração do Formulado	Unidade	Tipo de Formulação	Dose	Unidade	Dose	Unidade	Modo da Aplicação
1	T-Ff	Fert. Foliar Azoxistrobina + Ciproconazol	200 + 80	GA/L	SC	150 + 60	g ia.ha ⁻¹	4000	mL.ha ⁻¹	-
2	CA-M	Óleo Mineral Hidróxido de Cobre	428 537,44	G/L GA/L	EC SC	0,5 1610	% V/V g ia.ha ⁻¹	0,5 3000	% V/V mL.ha ⁻¹	Mistura
3	CA-S	Fert. Foliar Azoxistrobina + Ciproconazol Óleo Mineral Hidróxido de Cobre	200 + 80 428 537,44	GA/L G/L GA/L	SC EC SC	150 + 60 0,5 1610	g ia.ha ⁻¹ % V/V g ia.ha ⁻¹	4000 750 3000	mL.ha ⁻¹ mL.ha ⁻¹ mL.ha ⁻¹	Separado
4	C-M	Fert. Foliar Ciproconazol Óleo Mineral Hidróxido de Cobre	100 428 537,44	GA/L G/L GA/L	SL EC SC	60 0,5 1610	g ia.ha ⁻¹ % V/V g ia.ha ⁻¹	4000 600 3000	mL.ha ⁻¹ mL.ha ⁻¹ mL.ha ⁻¹	Mistura
5	C-S	Fert. Foliar Ciproconazol Óleo Mineral Hidróxido de Cobre	100 428 537,44	GA/L G/L GA/L	SL EC SC	60 0,5 1610	g ia.ha ⁻¹ % V/V g ia.ha ⁻¹	4000 600 3000	mL.ha ⁻¹ mL.ha ⁻¹ mL.ha ⁻¹	Separado
6	A-M	Fert. Foliar Azoxistrobina Óleo Mineral Hidróxido de Cobre	500 428 537,44	GA/kg G/L GA/L	WG EC SC	150 0,5 1610	g ia.ha ⁻¹ % V/V g ia.ha ⁻¹	4000 300 3000	mL.ha ⁻¹ g.ha ⁻¹ mL.ha ⁻¹	Mistura
7	A-S	Fert. Foliar Azoxistrobina Óleo Mineral Hidróxido de Cobre	500 428 537,44	GA/kg G/L GA/L	WG EC SC	150 0,5 1610	g ia.ha ⁻¹ % V/V g ia.ha ⁻¹	4000 300 3000	mL.ha ⁻¹ g.ha ⁻¹ mL.ha ⁻¹	Separado
8	Ff Cu	Fert. Foliar Hidróxido de Cobre Fert. Foliar	537,44	GA/L	SC	1610	g ia.ha ⁻¹	4000	mL.ha ⁻¹	Mistura

Nº Trat.: Número de tratamento; Abrev: abreviação; GA/L: grama de ativo por Litro; GA/kg: grama de ativo por quilograma; g ia.ha⁻¹: gramas de ingredientes ativo por hectare; mL.ha⁻¹: mililitro por hectare; g.ha⁻¹: gramas por hectares; %V/V: porcentagem por volume de calda; SC: suspensão concentrada; EC: emulsão concentrada; SL: concentrado solúvel; WG: granulado dispersível.

O fertilizante foliar utilizado foi o Dacafe Cerrado. A base de macro e micronutrientes; Fmm: 10% N (ureia); 5% S (sulfatos); 0,5% B (octaborato de sódio); 4% Mn (nutriente quelatizado); 6% Zn (nutriente quelatizado).

2.3 Avaliações

Foram realizadas avaliações da incidência da doença de 30 em 30 dias, desde a prévia, no dia da primeira aplicação. Foram coletadas 100 folhas por parcela, 50 de cada lado, nas oito plantas úteis, do terço médio da planta entre o 3º e 4º pares de folhas. As folhas foram levadas ao laboratório e avaliadas quanto à incidência em porcentagem. Em maio, realizou-se avaliação de enfolhamento de acordo com escala de Boldini et al. (2000), sendo 1 (0 a 20% de enfolhamento), 2 (21 a 40%), 3 (41 a 60%), 4 (61 a 80%) e 5 (81 a 100%).

A incidência foi obtida por meio da fórmula proposta por Campbell e Madden (1990).

$$I (\%) = \left(\frac{\text{NFD}}{\text{NTF}} \right) * 100$$

I(%) = incidência da ferrugem do cafeeiro;

NFD = número de folhas doentes;

NTF = número total de folhas amostradas.

A porcentagem de controle foi calculada, por meio da fórmula de Abbott (1925).

$$E\% = \left(1 - \frac{n \text{ no } T \text{ após tratamento}}{n \text{ no } Co \text{ após tratamento}} \right) \times 100$$

No qual: n= Incidência da doença; T= Tratamento com fungicida; Co= Controle

2.4 Colheita e avaliação da produtividade

A colheita foi realizada quando a lavoura apresentou, aproximadamente, 20% de frutos verdes, de forma semimecanizada sobre pano, com uma derriçadora portátil. Foram colhidos os frutos das 4 plantas centrais das parcelas. Mediu-se o volume total, retiraram-se 5

litros para beneficiar e depois proceder à conversão para sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare.

2.5 Análise de pH e condutividade elétrica da calda de pulverização

Foi conduzido experimento, no laboratório do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras, a fim de analisar a interferência de cada um dos produtos utilizados no experimento de campo na alteração do pH e na condutividade elétrica da calda de pulverização, com o auxílio do peagâmetro de bancada da Quimib modelo Q400AS e condutivímetro da Hanna Instruments, modelo HI 98312. Foram avaliados 16 tratamentos com 3 repetições. Os tratamentos avaliados a campo, encontram-se com asterisco. Os demais foram acrescidos para melhor compreensão da influência de cada produto na alteração de pH (Tabela 2).

Tabela 2. Tratamentos do experimento de laboratório para análise de pH e Condutividade Elétrica.

TRATAMENTOS	
1	H ₂ O
2	* H ₂ O + Cu(OH) ₂
3	* H ₂ O + Fert foliar
4	H ₂ O + OM
5	* H ₂ O + Cipro+Azoxi + OM
6	H ₂ O + Cipro+Azoxi + OM + Cu(OH) ₂
7	H ₂ O + Cipro+Azoxi + OM + Fert foliar
8	* H ₂ O + Cipro+Azoxi + OM + Cu(OH) ₂ + Fert foliar
9	* H ₂ O + Cipro + OM
10	H ₂ O + Cipro + OM + Cu(OH) ₂
11	H ₂ O + Cipro + OM + Fert foliar
12	* H ₂ O + Cipro + OM + Cu(OH) ₂ + Fert foliar
13	* H ₂ O + Azoxi + OM
14	H ₂ O + Azoxi + OM + Cu(OH) ₂
15	H ₂ O + Azoxi + OM + Fert foliar
16	* H ₂ O + Azoxi + OM + Cu(OH) ₂ + Fert foliar

H₂O: água; Cu(OH)₂: hidróxido de cobre; OM: Óleo Mineral; Cipro: ciproconazol; Azoxi: azoxistrobina. UFLA, Lavras, MG, 2019.

Os produtos comerciais foram os mesmos empregados no experimento de campo.

2.6 Análises estatísticas

Para análise estatística dos tratamentos, primeiramente foi analisada a normalidade dos dados, no programa Software Rbio (Bhering 2017), na sequência foi calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), segundo fórmula proposta por Shaner e Finney (1977) de acordo com a Equação:

(AACPD),

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(Y_i + Y_{i+1})}{2} * (T_{i+1} - T_i) \quad (1)$$

Em que:

AACPD= área abaixo da curva de progresso da doença

Y_i= proporção da doença na i-ésima observação

T_i= tempo em dias na i-ésima observação

n= número total de observações

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 4 repetições. As variáveis significativas, na análise do teste F, foram submetidos ao teste de Scott-Knott, com 5% de probabilidade. As análises estatísticas dos dados foram feitas, utilizando-se o software Sisvar (Ferreira 2008).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições de temperatura e precipitação foram favoráveis ao progresso da ferrugem, ocorrendo incidência da doença, durante todo o período avaliado (Figura 1). Diversos fatores podem determinar a taxa de progresso da ferrugem, dentre eles, as altas temperaturas e precipitações (Meira; Rodrigues; Moraes 2009).

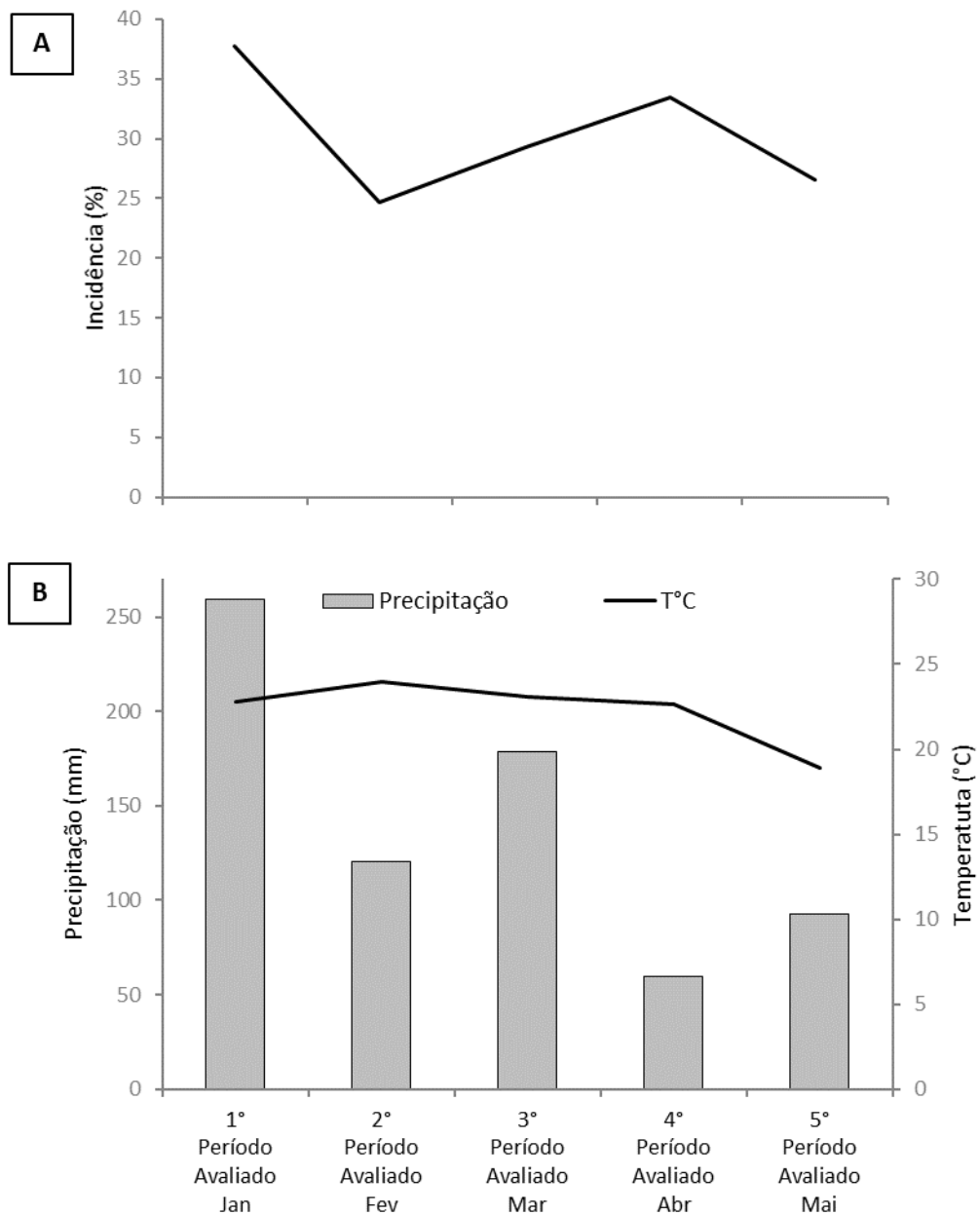


Figura 1 - Médias mensais da incidência da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) em todos os tratamentos (A) e das variáveis climáticas: Temperatura média diária e Precipitação acumulada (B). Período de janeiro a maio de 2016. UFLA, Lavras, MG, 2019.

Os dados apresentaram distribuição normal e houve diferença significativa ($P < 0,05$), entre os tratamentos para incidência, em todos os meses avaliados e para área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) da ferrugem do cafeeiro (Tabela 3 e Figura 2).

Tabela 3. Incidência média mensal da ferrugem do cafeeiro, Área Abaixo da Curva de Progresso da Incidência da Ferrugem (AACPI) e Controle em função dos fungicidas e modalidades de aplicação. UFLA, Lavras/MG, 2019.

Tratamento	Dez		Jan		Fev		Mar		Abr		Maio		Jan-Mai	
	I%	%C	I%	%C	I%	%C	I%	%C	I%	%C	I%	%C	AACPI	%C
1- T-Ff	23,3 a		64,3 c		74,5 e		79,0 e		86,0 d		62,8 d		9090 g	
2- CA-M	29,0 a		38,3 b	40	13,0 b	83	21,8 b	72	12,3 a	86	13,8 b	78	2390 d	74
3- CA-S	13,3 a		21,8 a	66	6,5 a	91	7,0 a	91	6,5 a	92	8,0 a	87	1046 a	88
4- C-M	17,0 a		38,3 b	40	26,5 c	64	30,8 c	61	33,5 c	61	30,8 c	51	3758 e	59
5- C-S	19,0 a		31,5 a	51	16,3 b	78	14,8 a	81	17,5 b	80	15,0 b	76	2153 c	76
6- A-M	17,5 a		26,3 a	59	6,0 a	92	15,5 b	80	15,5 b	82	17,0 b	73	1759 c	81
7- A-S	20,5 a		28,3 a	56	7,0 a	91	8,0 a	90	5,5 a	94	8,0 a	87	1159 b	87
8- Ff Cu	24,5 a		53,3 b	17	47,5 e	36	58,0 d	27	90,3 d	0	56,5 d	10	7519 f	17
Media	20,5		37,7		24,7		29,3		33,4		26,5		3609	
CV (%)			27,0		34,7		35,9		19,4		28,7		21,7	

Dez: dezembro; Jan: janeiro; Fev: fevereiro; Mar: março; Abr: abril; Maio: maio; I: incidência; C: controle; AACPI: área abaixo da curva de progresso da incidência; T-Ff: testemunha com fertilizante foliar; CA-M: ciproconazol+azoxistrobina em mistura de tanque com fungicida cúprico a base de hidróxido de cobre+fertilizante foliar; CA-S: ciproconazol+azoxistrobina separado; C-M: ciproconazol em mistura de tanque com fungicida cúprico a base de hidróxido de cobre+fertilizante foliar; C-S: ciproconazol separado; A-M: azoxistrobina em mistura de tanque com fungicida cúprico a base de hidróxido de cobre+fertilizante foliar; A-S: azoxistrobina separado; Ff Cu: fertilizante foliar + fungicida cúprico a base de hidróxido de cobre; CV: coeficiente de variação. Médias seguidas por mesmas letras na coluna não diferem entre si por meio do teste Skott-Knott a 5% de probabilidade.

A incidência média da ferrugem, no momento da primeira aplicação, em dezembro, estava em 20,5% e, estatisticamente, semelhante em todos os tratamentos. Em janeiro, já houve diferenciação dos tratamentos em relação à testemunha com fertilizante foliar (T-Ff), sendo que os melhores controles sobre a ferrugem foram proporcionados, pelos tratamentos CA-S, C-S, A-S e A-M, variando de 51 a 66%. Em fevereiro, os melhores controles foram obtidos com os tratamentos CA-S, A-S e A-M, acima de 90%. Em março, todos os tratamentos com os fungicidas aplicados separados, CA-S, C-S e A-S, se destacaram dos demais aplicados, em mistura, sendo 91, 81 e 90% de controle, respectivamente. Em abril, os tratamentos CA-S, CA-M e A-S foram semelhantes entre si e superiores a todos os demais, com controle médio de 90%. Em maio, os únicos tratamentos que apresentaram controle acima de 80% e se destacaram dos demais foram CA-S e A-S. Na maioria dos meses, o tratamento que possuía apenas fertilizante foliar e o fungicida cúprico hidróxido de cobre (Ff Cu) foram semelhantes a T-Ff ou superior apenas à T-Ff e inferior aos demais (Tabela 3).

Considerando todo o período avaliado, de janeiro a maio, o tratamento CA-S, destacou-se com maior potencial de controle da ferrugem, 88%, de acordo com AACPI em relação à T-Ff. Em se tratando do mesmo produto aplicado em mistura de tanque com o fungicida cúprico hidróxido de cobre mais Fertilizante foliar, tratamento CA-M, houve uma redução de 74% da incidência, de acordo com AACPI, em relação à T-Ff (Tabela 3 e Figura 2). A técnica de realizar mistura pode resultar em efeitos sinérgico, aditivo ou antagônico em relação ao efeito de cada produto fitossanitário utilizado isoladamente (Gazziero 2015).

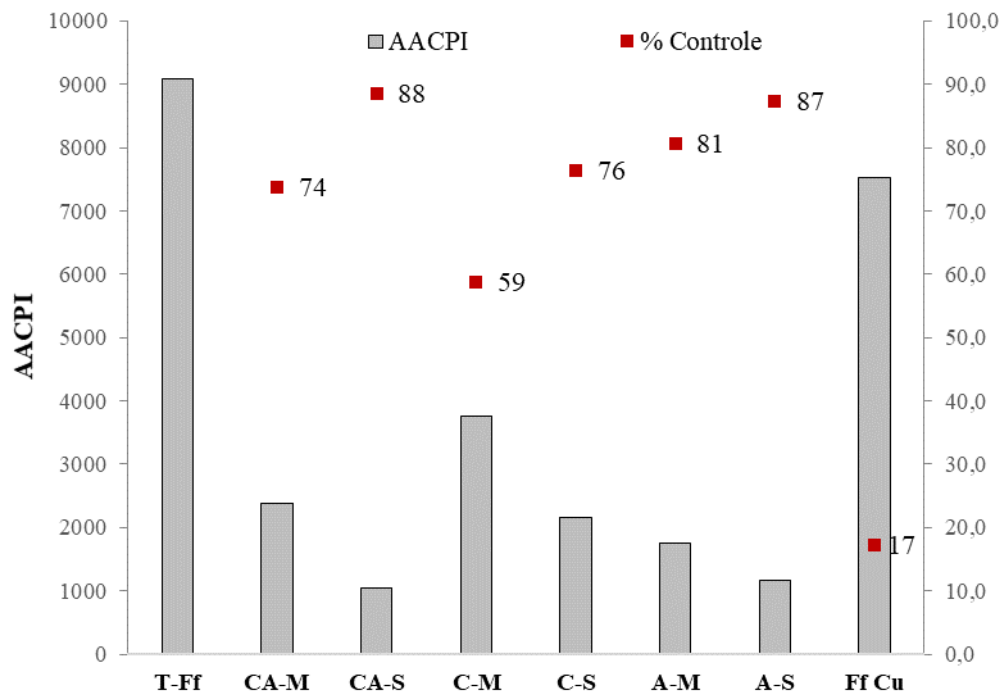


Figura 2 - Área abaixo da curva do progresso da doença para incidência (AACPI) da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) do cafeeiro e porcentagem de controle, após tratamento com fungicidas, período de janeiro a maio de 2016. T-Ff: testemunha com fertilizante foliar; CA-M: ciproconazol+azoxistrobina em mistura de tanque com fungicida cúprico à base de hidróxido de cobre+fertilizante foliar; CA-S: ciproconazol+azoxistrobina separado; C-M: ciproconazol em mistura de tanque com fungicida cúprico, à base de hidróxido de cobre+fertilizante foliar; C-S: ciproconazol separado; A-M: azoxistrobina em mistura de tanque com fungicida cúprico à base de hidróxido de cobre+fertilizante foliar; A-S: azoxistrobina separado; Ff Cu: fertilizante foliar + fungicida cúprico à base de hidróxido de cobre. UFLA, Lavras, MG, 2019.

Não é possível encontrar muitos trabalhos na literatura sobre a compatibilidade ou incompatibilidade das misturas de fungicidas e o hidróxido de cobre na cultura do café. Em um dos poucos e recentes resultados encontrados, Costa et al. (2019), em seu estudo sobre o efeito das misturas de fungicidas com cobre (in vitro e em casa de vegetação), também demonstraram uma maior redução da severidade da ferrugem em mudas quando se

pulverizaram as plantas com os fungicidas ciproconazol ou piraclostrobina isoladamente em casa de vegetação, de forma semelhante ao que foi observado em ensaios realizados a campo no presente estudo. Segundo Costa et al. (2019), a perda de eficiência dos fungicidas foi decorrente da hidrólise alcalina dos fungicidas sistêmicos mediado pelo cobre.

Por outro lado, apesar do menor efeito dos fungicidas com o cobre, o uso combinado de fungicidas sistêmicos com hidróxido de cobre, para alguns pesquisadores, tem a vantagem de fornecer cobre às plantas, além de reduzir o risco de selecionar populações de ferrugem resistentes a fungicidas, menor exposição do trabalhador rural a produtos fitossanitários e redução de custos operacionais com aplicação (Souza et al. 2011; Zambolim 2016).

Nesse sentido, quando avaliada a combinação do fosfito de cobre e fungicidas do grupo dos triazóis, Carmona et al. (2019) identificaram que a mistura resultou em sinergia de proteção contra doenças foliares de soja quando comparado ao uso isolado de cada uma das moléculas. Neste trabalho, os autores não avaliaram o pH ou condutividade elétrica da calda nas diferentes combinações, mas discutem a importância da combinação compatível na gama de doenças controladas e como uma estratégia de manejo de resistência de fungos a fungicidas, tendo em vista que os fungicidas misturados atuam por diferentes modos de ação.

Os tratamentos com o fungicida protetor azoxistrobina, do grupo das estrobilurinas, tanto em aplicação separado (A-S) quanto em mistura de tanque (A-M) apresentaram maior potencial para controle da ferrugem em comparação com os tratamentos com o fungicida sistêmico ciproconazol, do grupo dos triazóis, seja em aplicação separado (C-S) ou em mistura (C-M). A eficiência de controle do ciproconazol, baseada na AACPI, aplicado em mistura e isolado foi de 59 e 76%, respectivamente. Já o controle proporcionado pela azoxistrobina foi de 81 e 87%, baseado na AACPI, para a aplicação em mistura e isolada, respectivamente. Quando se comparou dentro de cada grupo, a aplicação em mistura de tanque reduziu 6% para o controle da azoxistrobina e 17% para o controle do ciproconazol

(Tabela 3 e Figura 2). Segundo Souza et al. (2011), uma das vantagens de fungicidas sistêmicos sobre protetores é sua capacidade de agir, curativamente, contudo, sua eficácia é bastante reduzida se a incidência de ferrugem for superior a 10%, em anos de alta carga de frutos.

Neste trabalho, a incidência da ferrugem na avaliação prévia, antes da primeira aplicação, já se encontrava com 20%. Os resultados de controle obtidos revelaram a importância de monitorar a intensidade da doença, para determinar o momento apropriado para a aplicação dos fungicidas. Cunha, Guimarães e Chalfoun (2004) citam alguns trabalhos sobre situações quando a lavoura apresenta mais de 5% de incidência de ferrugem em anos de carga elevada, tratamentos com epoxiconazole (grupo químico triazol) tiveram baixa eficiência no controle, além de acentuar a bienalidade (Miguel et al. 1975; Carvalho 1991; Almeida; Matiello; Ferreira 1998; Tassara et al. 1998; Zambolim et al. 2002).

Em contrapartida, vários fitopatógenos já foram reportados com redução na sensibilidade a triazóis, tais como *Phakopsora pachyrhizi*, *Blumeria graminis*, *Mycosphaerella graminicola* e *Uncinula necator* (Erickson; Wilcox 1997; Wyand; Brown 2005; Cools; Fraaije 2012; Xavier et al. 2015). Essa perda de eficiência observada nos tratamentos com triazóis, no presente estudo, pode estar associada à resistência do fungo ao princípio ativo ciproconazol, sugerindo necessidade de estudos posteriores para elucidar a hipótese.

O uso do hidróxido de cobre isolado no tratamento Ff Cu proporcionou redução no controle da ferrugem, em relação ao tratamento apenas com fertilizante foliar (T-Ff), inferior aos demais tratamentos (CA-M, CA-S, C-M, C-S, A-M e A-S) em todas as avaliações mensais. Considerando o período de janeiro a maio, reduziu em 17% a doença em relação a T-Ff, de acordo com AACPI (Tabela 3 e Figura 2).

A incidência média da ferrugem nas plantas dos tratamentos apresentou

comportamento crescente, ao longo do estudo, de janeiro a abril. Houve uma queda na incidência, em maio, possivelmente, decorrente da grande desfolha ocasionada, pela ferrugem, nesse período (Tabela 3 e Figura 3).

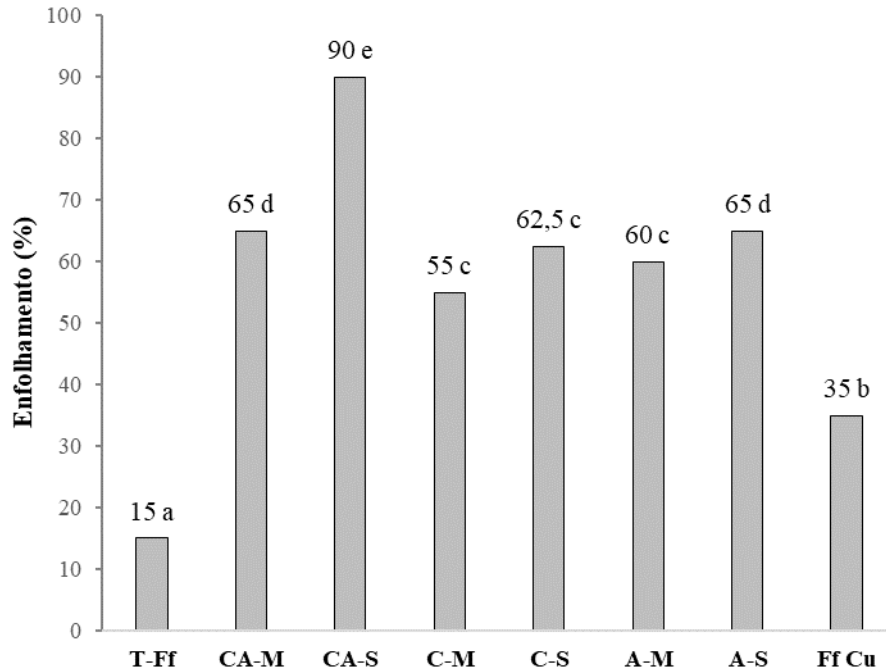


Figura 3 - Porcentagem média de enfolhamento das plantas do cafeeiro, após tratamento com fungicidas. Médias seguidas pelas mesmas letras nas barras não diferem entre si, por meio do teste Skott-Knott a 5% de probabilidade. T-Ff: testemunha com fertilizante foliar; CA-M: ciproconazol+azoxistrobina em mistura de tanque com fungicida cúprico à base de hidróxido de cobre+fertilizante foliar; CA-S: ciproconazol+azoxistrobina separado; C-M: ciproconazol em mistura de tanque com fungicida cúprico à base de hidróxido de cobre+fertilizante foliar; C-S: ciproconazol separado; A-M: azoxistrobina em mistura de tanque com fungicida cúprico a base de hidróxido de cobre+fertilizante foliar; A-S: azoxistrobina separado; Ff Cu: fertilizante foliar + fungicida cúprico à base de hidróxido de cobre. UFLA, Lavras, MG, 2019.

A diferença significativa ($P < 0,05$) para o enfolhamento do cafeeiro demonstrou que as plantas mais enfolhadas foram do tratamento CA-S, com 90% de enfolhamento, seguido por:

CA-M e A-S, estatisticamente iguais e, por sua vez, superiores aos tratamentos C-S, C-M e A-M, os quais apresentaram o terceiro melhor enfolhamento, variando de 55 a 62,5%. Com os menores enfolhamentos ficaram as plantas dos tratamentos onde não foram utilizados os fungicidas triazol e estrobilurina, sendo eles: Ff Cu e T-Ff, com 35 e 15% de enfolhamento, respectivamente (Figura 3).

As diferenças de desfolha podem ser facilmente observadas nas fotos tiradas do experimento em maio (Figura Anexa). Zambolim (2016) relata que a taxa de desfolha depende do nível de incidência de ferrugem. Matos et al. (2016) em seu experimento com diversas misturas para controle da Ferrugem, Phoma e Cercosporiose também observaram que os tratamentos com os produtos Azoxistrobina + Ciproconazol + Tebuconazol; Azoxistrobina + Ciproconazol e Piraclostrobina + Epoxiconazol obtiveram baixa taxa de desfolha 13, 16 e 10%, respectivamente. Grossmann e Retzlaff (1997) e Yue-Xuan e Tiedemann (2001) afirmaram que a estrobilurina atua principalmente no atraso de senescência e queda de folhas. Segundo Venâncio et al. (2004), isso ocorre, porque a estrobilurina inibe a síntese de etileno, ACC sintase e ACC oxidase.

Nas avaliações de pH, houve diferença significativa ($P < 0,05$) nos tratamentos avaliados. Os menores valores de pH foram encontrados na calda dos tratamentos, contendo os fungicidas mais óleo mineral e o fertilizante foliar, bem como no tratamento fertilizante foliar e água, as médias desses quatro tratamentos foram de 3,4. Na sequência de uma escala crescente das diferenças estatísticas, encontram-se os tratamentos com os fungicidas mais óleo mineral juntamente com $\text{Cu}(\text{OH})_2$ e Fertilizante foliar, apresentando pH médio de 5,86. Os tratamentos com apenas fungicida mais óleo mineral, bem como a mistura de água e óleo mineral ocuparam o terceiro lugar na escala crescente de pH, com média de 6,88. O pH da água pura e com óleo mineral apresentou-se diferente de todos os demais tratamentos avaliados, com a segunda maior média de pH do teste, 7,2, atrás apenas dos tratamentos

constituídos pela mistura dos fungicidas mais óleo mineral e $\text{Cu}(\text{OH})_2$ e água mais $\text{Cu}(\text{OH})_2$, os quais apresentaram as maiores médias de pH do teste, sendo 7,8 (Figura 4).

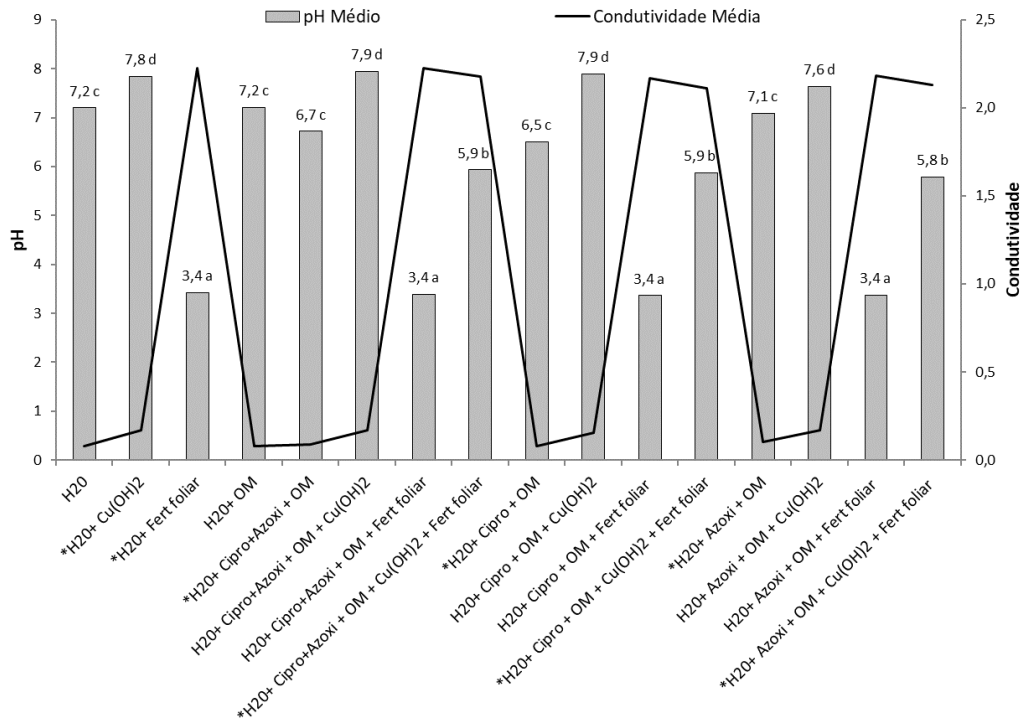


Figura 4 - Valores médios de pH da calda e condutividade elétrica das misturas dos fungicidas avaliados com fertilizante foliar e fungicida cúprico. H₂O: água; Cu(OH)₂: hidróxido de cobre; Fert foliar: fertilizante foliar; OM: óleo mineral; Cipro: ciproconazol; azoxi: azoxistrobina. Médias seguidas por mesmas letras nas barras não diferem entre si por meio do teste Skott-Knott a 5% de probabilidade. Os tratamentos com asterisco na frente foram os avaliados à campo. UFLA, Lavras, MG, 2019.

A mistura de produtos fitossanitários tende a alterar os valores de pH da calda, influenciando na eficiência dos produtos utilizados, além de interferir nos níveis de dissociação dos ingredientes ativos e na estabilidade física das soluções (Prado et al. 2011). É possível observar diferentes resultados sobre compatibilidade e incompatibilidade das misturas de diferentes produtos, entretanto a eficácia dos fungicidas pode estar associada às mudanças químicas e físicas, resultantes das misturas desses produtos, como, por exemplo,

com o hidróxido de cobre. Alguns fatores, como a qualidade química da água, pH entre outros devem ser observados e levados em consideração (Ramos; Araujo 2006; Pazini et al. 2013; Petter et al. 2013). Pesquisas encontradas na literatura relataram a interferência do pH da água na ação de um ingrediente ativo, pois altas concentrações de íons H^+ ou OH^- poderão reagir com o ingrediente ativo, diminuindo, assim, tanto a concentração deste na calda (Prado et al., 2011), quanto a sistemicidade.

Ao acrescentar o Fertilizante foliar na calda, foi possível perceber uma queda significativa no pH, em média 3,8 em relação ao pH da água pura. O oposto ocorreu quando há o acréscimo do $Cu(OH)_2$, uma elevação média de 0,6. Dessa forma, quando esses dois produtos foram acrescidos numa mesma calda o equilíbrio de pH manteve-se inferior ao pH da água pura, justamente porque a queda de pH que o fertilizante foliar provocou foi numericamente maior que a elevação causada pelo $Cu(OH)_2$ (Figura 4). Cuidados devem ser tomados na composição das caldas de aplicação, pois características como pH, por exemplo, podem interferir na eficácia de alguns produtos, pois ocorre a hidrólise alcalina de produtos sensíveis à calda com pH elevado (Cunha; Alves 2009). Caldas com valores de pH próximo à neutralidade apresentam maior estabilidade dos princípios ativos, por não reagirem com íons. Quando o pH da calda é reduzido, os produtos podem ter suas cargas iônicas negativas reduzidas e conseqüentemente adsorvem outras moléculas presentes na mistura (Petter et al. 2013).

Costa et al. (2019) avaliaram o pH da calda das misturas e dos produtos isolados, os valores encontrados demonstraram alteração dessa variável com a presença do cobre nas misturas. Os valores de pH para piraclostrobina e ciproconazol isoladamente foram, em média, 7,2 e 4,3, respectivamente. No entanto, quando combinadas com hidróxido de cobre, as misturas apresentaram valores de pH de 9,4 e 9,5, respectivamente, que foram semelhantes ao valor de pH do hidróxido de cobre sozinho de 9,5.

Em se tratando da condutividade elétrica, também houve diferença significativa ($P < 0,05$) nos tratamentos avaliados (Figura 4). Os tratamentos onde houve acréscimo do fertilizante foliar apresentaram os maiores valores para condutividade elétrica, 2,18 em média. Os demais tratamentos sempre inferiores a 0,2. Valores de condutividade elétrica elevados na calda, indicam a presença de íons, sua concentração e valência, dessa forma, depende da composição dos componentes da calda (Cunha; Alves 2009). Os resultados encontrados, na Figura 4, corroboram com trabalhos encontrados na literatura, ou seja, menores valores de pH e maiores valores de condutividade elétrica nas caldas fitossanitárias aumentam a atração entre as partículas da solução e a superfície da planta tratada, influenciando, assim, na absorção e na eficácia dos produtos. A constante dielétrica e condutividade são duas propriedades importantes, pois afetam a aquisição de carga elétrica pelas gotas pulverizadas (Maski; Durairaj 2010). Esses autores, ainda, encontraram maior carga elétrica em gotas quando pulverizadas em soluções com maior condutividade.

Na análise de produtividade, observam-se diferenças significativas ($P \leq 0,05$) entre os tratamentos (Figura 5). As plantas das parcelas dos tratamentos CA-M, CA-S, C-M, C-S, A-M e A-S apresentaram produtividades médias semelhantes entre si e superiores aos tratamentos T-Ff e Ff Cu. Embora não diferindo, estatisticamente, o tratamento CA-S proporcionou maior incremento de produtividade, 86% de incremento, em relação à T-Ff. Seguido pelo tratamento CA-M, com 81% de incremento, na sequência os tratamentos, C-M, C-S, A-M e A-S, os quais apresentaram índices de incremento, de 52 a 59%.

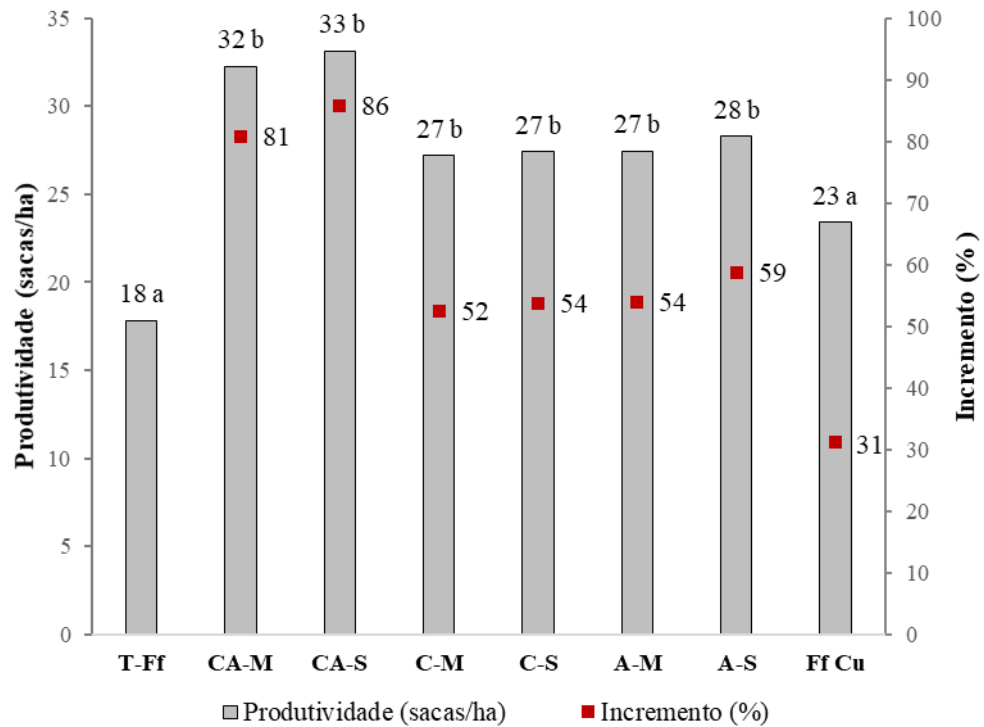


Figura 5 - Produtividade média e Incremento de café, após tratamentos com fungicidas triazol e estrobilurina, em mistura com fertilizante foliar e fungicida cúprico, período de janeiro a maio de 2016. Médias seguidas pelas mesmas letras nas barras não diferem entre si, por meio do teste Skott-Knott a 5% de probabilidade. T-Ff: testemunha com fertilizante foliar; CA-M: ciproconazol+azoxistrobina em mistura de tanque com fungicida cúprico à base de hidróxido de cobre+fertilizante foliar; CA-S: ciproconazol+azoxistrobina separado; C-M: ciproconazol em mistura de tanque com fungicida cúprico à base de hidróxido de cobre+fertilizante foliar; C-S: ciproconazol separado; A-M: azoxistrobina em mistura de tanque com fungicida cúprico à base de hidróxido de cobre+fertilizante foliar; A-S: azoxistrobina separado; Ff Cu: fertilizante foliar + fungicida cúprico à base de hidróxido de cobre. UFLA, Lavras, MG, 2019.

Segundo Talhinhos et al. (2017), as perdas causadas pela ferrugem do cafeeiro encontram-se entre 1 e 2 bilhões de dólares, anualmente, sendo um dos limitantes à produção mundial de *Coffea arabica*. Alguns autores e pesquisadores relataram que o ideal, na utilização de fungicidas sistêmicos, seria a aplicação associada destes aos cúpricos buscando-se o aumento do poder residual, preservação do enfolhamento e incremento na produtividade (Kushalappa et al. 1984; Chalfoun; Carvalho 1999; Cunha; Guimarães; Chalfoun 2004).

Todavia, a recomendação de aplicação de sistêmico com cúprico não corrobora com os resultados obtidos por Cunha, Guimarães e Chalfoun (2004) que avaliaram a pulverização de epoxiconazole associado ao oxiclreto de cobre, comprometendo negativamente o resultado esperado para o controle da ferrugem e também por Costa et al. (2019) que atestou que mistura de fungicida cúprico ao ciproconazol ou piraclostrobina diminuiu o potencial de controle dos fungicidas sobre a ferrugem do cafeeiro.

4. CONCLUSÕES

Nas condições desse estudo, a mistura de tanque de todos os fungicidas testados contendo ciproconazol e/ou azoxistrobina mais fungicida cúprico e fertilizante foliar comprometeu negativamente a eficiência de controle da ferrugem do cafeeiro, reduzindo o enfolhamento.

Houve alteração de pH e condutividade elétrica quando realizada mistura dos fungicidas ciproconazol e azoxistrobina com fertilizantes folia e com hidróxido de cobre. Na mistura com o fertilizante foliar, o pH é alterado para menor e a condutividade elétrica para maior, já com o hidróxido de cobre, o pH é alterado para maior e a condutividade permaneceu praticamente constante.

REFERÊNCIAS

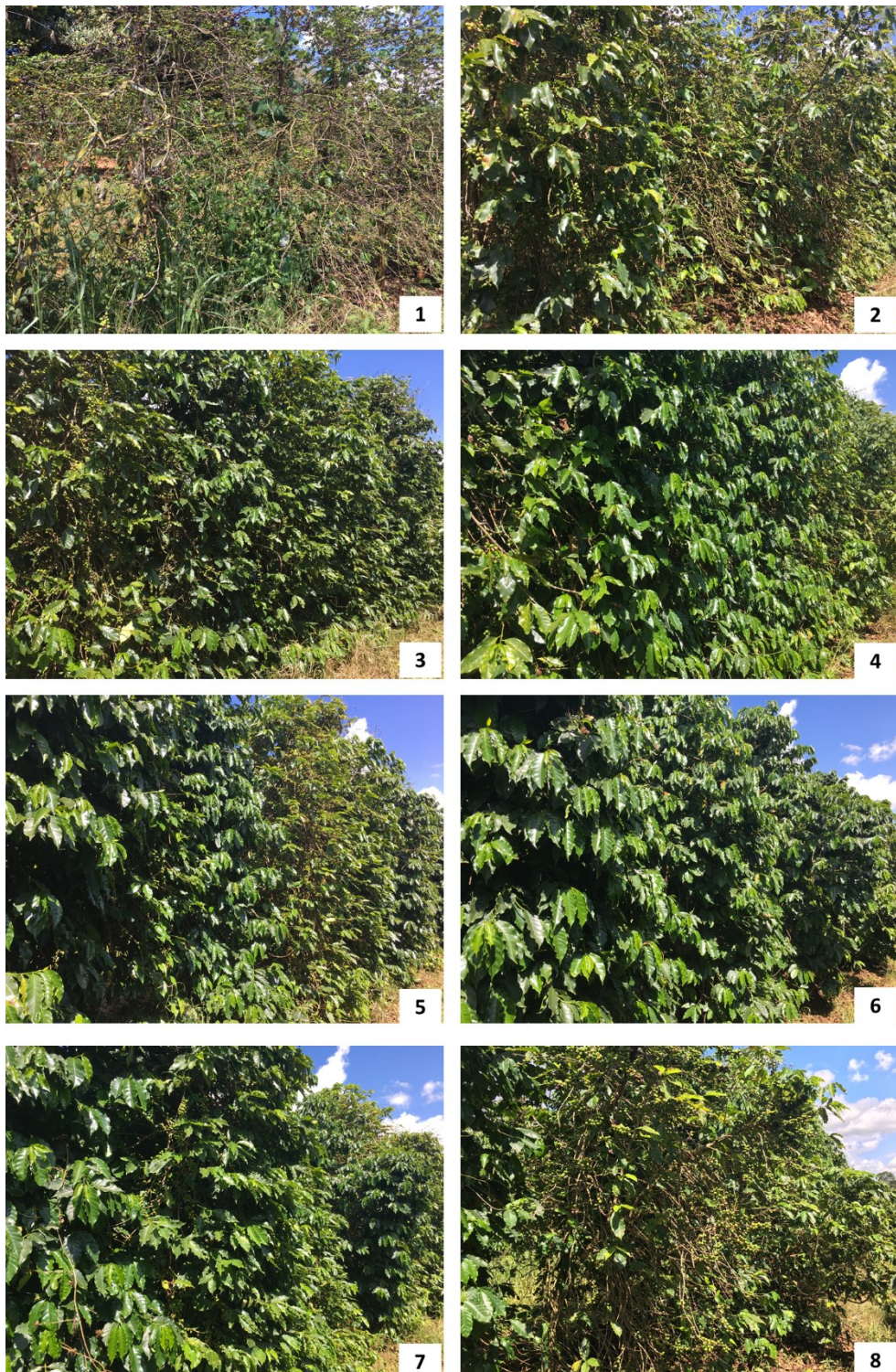
- ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, 18:265-266, 1925.
- ALMEIDA, S.R.; MATIELLO, J.B.; FERREIRA, R.A. Efeito de dose, número de aplicações e adição de cobre ou espalhante na ação do fungicida Opus (Epoconazole) no controle curativo da ferrugem do cafeeiro. In: 24º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Rio de Janeiro. **Resumos. PROCAFÉ**. p. 49-51, 1998.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL - ANDEF. **Defensivos Agrícolas**. São Gonçalo: ANDEF, 2013. Disponível em: <<http://www.andef.com.br/defensivos-agricolas-5/>>. Acesso em: 15 ago. 2019.
- BARBOSA, D.H.S.G.; SOUZA, R.M.; VIEIRA, H.D. Field assessment of coffee (*Coffea arabica* L.) cultivars in Meloidogyne exigua-infested freefields in Rio de Janeiro State, Brazil. **Crop Protection**, 29(2):175-177, 2010.
- BHERING, L.L. Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R Platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 17:187-190, 2017.
- BOLDINI, J. M. et al. Incidência e severidade da cercosporiose em frutos de cafeeiro fertirrigado na região de Lavras-MG. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Poços de Caldas. **Resumos Expandidos**. EMBRAPA Café. p. 273-275, 2000.
- BRITO, G.G. et al. Inheritance of coffee leaf rust resistance and identification of AFLP markers linked to the resistance gene. **Euphytica**, 173:255–264, 2010.
- CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley & Sons, 1990. 655p.
- CARMONA, M.A. et al. Copper phosphite enhances efficacy of a strobilurin-triazole fungicide in controlling late season foliar diseases of soybean. **Crop Protection**, 115:130-134, 2019.
- CARVALHO, V.L. Influência de níveis de produção sobre a evolução da ferrugem e a composição química das folhas do cafeeiro. 1991. 85 f. **Dissertação (Mestrado em Fitopatologia)** – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1991.
- CHALFOUN, S.M.; CARVALHO, V.L. Controle químico da ferrugem (*Hemileia vastatrix* berk & br.) do cafeeiro através de diferentes esquemas de aplicação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 34(3):363-367, 1999.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Brasília: CONAB, 2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em: 07 jan. 2020.
- COOLS, H.J.; FRAAIJE, B.A. Resistance to azole fungicides in *Mycosphaerella graminicola*: mechanisms and management. In: THIND, T.S. **Fungicide resistance in crop protection: Risk and management**. 1. ed. London: CABI, cap.5, p.64-77, 2012.
- COSTA, G. A. et al. Tank mix application of copper hydroxide either with cyproconazole or

- pyraclostrobin fungicides reduced the control of coffee leaf rust. **Crop Protection**, 124, 2019.
- CUNHA, J.P.A.R.; ALVES, G.S. Características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Interciencia**, 34(9):655-659, 2009.
- CUNHA, R.; GUIMARÃES, A.; CHALFOUN, S. Controle químico da ferrugem do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e seus efeitos na produção e preservação do enfolhamento. **Ciência e Agrotecnologia**, 28:990-996, 2004.
- ERICKSON, E.O.; WILCOX, W.F. Distributions of sensitivities to three sterol demethylation inhibitor fungicides among populations of *Ucinula necator* sensitive and resistant to triadimefon. **Phytopathology**, 87(8):784-791, 1997.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, 6:36-41, 2008.
- GARÇON, C.L.P. et al. Controle da ferrugem do cafeeiro com base no valor de severidade. **Fitopatologia Brasileira**, 29:486-491, 2004.
- GAZZIERO, D.L.P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, 33:83-92, 2015.
- GROSSMANN, K.; RETZLAFF, G. Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim methyl in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Pesticide Science**, 50:11-20, 1997.
- GUIMARÃES, G. L. Principais fatores comerciais condicionantes da disponibilidade de produtos isolados e em misturas. In: 29º Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Gramado. **Palestra**. SBCPD, 2014. CD ROM.
- IKEDA, F.S. Resistência de plantas daninhas em soja resistente ao glifosato. **Informe Agropecuário**, 34(276):1-8, 2013.
- KRAUSE, N. D. Necessidades tecnológicas relacionadas a novos ingredientes ativos, formulações e da prática da realização de misturas de agrotóxicos. In: 29º Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Gramado. **Palestra**. SBCPD, 2014. CD ROM.
- KUSHALAPPA, A.C. et al. Equations for predicting the rate of coffee rust development based on net survival ratio for monocyclic process of *Hemileia vastatrix*. **Fitopatologia Brasileira**, 9:255-271, 1984.
- LIMA, L. M. Variabilidade espacial da mancha de phoma relacionada à nutrição do cafeeiro e incidência da cercosporiose na qualidade do café. 2009. 102 p. **Tese (Doutorado em Fitopatologia)** - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- MASKI, D.; DURAIRAJ, D. Effects of electrode voltage, liquid flow rate, and liquid properties on spray chargeability of an air-assisted electrostatic-induction spray charging system. **Journal of Electrostatics**, 68(2):152-158, 2010.
- MATOS, G.A. et al. Avaliação da mistura de fungicidas no controle de doenças do cafeeiro. **Revista Getec**, 5(9):90-103, 2016.

- MEIRA, C.A.A.; RODRIGUES, L.H.A.; MORAES, S.A. Análise da epidemia da ferrugem do cafeeiro com árvore de decisão. **Tropical Plant Pathology**, 33(2):114-124, 2008.
- MEIRA, C.A.A.; RODRIGUES, L.H.A.; MORAES, S.A. Modelos de alerta para o controle de ferrugem-do-cafeeiro em lavouras com alta carga pendente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 44(3):233-242, 2009.
- MENDONÇA, L.M.V.L. et al. Composição química de grãos crus de cultivares de Coffea arábica L. suscetíveis e resistentes a *Hemileia vastatrix* Berg et Br. **Ciência Agrotecnologia**, 31(2):413-419, 2007.
- MIGUEL, A.E. et al. Efeitos de fungicidas no controle de *Cercospora coffeicola* em frutos de café. In: 3ª Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Curitiba. **Resumos. IBC-GERCA**, p. 58-61, 1975.
- OLIVEIRA, T. Mistura em tanque, aspectos legais. In: 29º Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Gramado. **Palestra. SBCPD**, 2014. CD ROM.
- PARREIRA, D.F.; NEVES, W.S.; ZAMBOLIM, L. Resistência de fungos a fungicidas inibidores de quinona. **Revista Trópica: ciências agrárias e biológicas**, 3(2):24-34, 2009.
- PAZINI, J. B. et al. Compatibilidade física de misturas de agrotóxicos. In: 8º Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado. Santa Maria. **Anais. CBAI**, 2013.
- PETTER, F.A. et al. Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. **Comunicata Scientiae**, 4(2):129-138, 2013.
- PORTO, B.N. et al. Genome sequencing and transcript analysis of *Hemileia vastatrix* reveal expression dynamics of candidate effectors dependent on host compatibility. **PLoS One**, 14(4):e0215598, 2019.
- POZZA, A.A.A.; ZAMBOLIM, L.; POZZA, E.A. Controle químico da mancha de olho pardo (*Cercospora coffeicola*) do cafeeiro em condições de viveiro. **Fitopatologia Brasileira**, 22(4):543-545, 1997.
- 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. **Semiologia do cafeeiro: Sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas**. Lavras: UFLA, 2010. p.69-101.
- PRADO, E.P. et al. Influência da dureza e potencial hidrogênico da calda de pulverização sobre o controle do ácaro da leprose em frutos de laranja doce. **Bragantia**, 70(2):389-396, 2011.
- RAMOS, H.H.; ARAÚJO, D. Preparo da calda e sua interferência na eficácia de agrotóxicos. **Infobibos**, 2006. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/V2/index.htm>. Acesso em: 03 nov. 2014.
- REIS, E.A.C. et al. Characterization of coffee cultivars leaf rust-resistant subjected to framework pruning. **Coffee Science**, 13(1):63-70, 2018.

- REZENDE, R.M. et al. Resistance of *Coffea arabica* progenies in field conditions infested by *Meloidogyne exigua*. **Nematropica**, 43(2):233-240, 2013.
- SAMAYOA, J.O.J.; SANCHEZ, V.G. Enfermedades foliares em café orgânico y convencional. **Manejo Integrado de Plagas**, 58:9-19, 2000.
- SHANER, G.E.; FINNLEY, R.F. The effects of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing in wheat. **Phytopathology**, 70:1183-1186, 1977.
- SINDAG. **Mapa: Agrônomos ganham liberdade sobre bulas em receituário e mistura em tanque**. Porto Alegre: SINDAG, 2018. Acesso em: <<http://sindag.org.br/mapa-agronomos-ganham-liberdade-sobre-bulas-em-receituario-e-mistura-em-tanque/>>. Disponível em: 01 nov. 2019.
- SOUZA, A.F. et al. Chemical approaches to manage coffee leaf rust in drip irrigated trees. **Australasian Plant Pathology**, 40(3):293-300, 2011.
- TALHINHAS, P. et al. The coffee leaf rust pathogen *Hemileia vastatrix*: one and a half centuries around the tropics. **Molecular Plant Pathology**, 18(8):1039–1051, 2017.
- TASSARA, D. et al. Programa de controle da ferrugem do cafeeiro com fungicida sistêmico opus (epoxiconazole) isoladamente e em combinações com cobox ou hidróxido basf. In: 24º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Poços de Caldas. **Trabalhos Apresentados**. PROCAFÉ. p. 210-211, 1998.
- VENÂNCIO, W.S. et al. Physiological effects of strobilurin fungicides on plants. **Publication UEPG**, 9(3):59-68, 2004.
- WYAND, R.A.; BROWN, J.K.M. Sequence variation in the CYP51 gene of *Blumeria graminis* associated with resistance to sterol demethylase inhibiting fungicides. **Fungal Genetics and Biology**, 42(8):726–735, 2005.
- XAVIER, S.A. et al. Variação da sensibilidade de populações de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas inibidores da desmetilação no Brasil. **Summa Phytopathologica**, 41(3):191-196, 2015.
- YUE-XUAN, W.; TIEDEMANN, A.V. Physiological effects of azoxystrobin and epoxiconazole on senescence and the oxidative status of wheat. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 71:1-10, 2001.
- ZAMBOLIM, L. Current status and management of coffee leaf rust in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, 41:1-8, 2016.
- ZAMBOLIM, L. et al. Epidemiologia e controle integrado da ferrugem-do-cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: UFV, cap.10, p.369-450, 2002.

Anexo 1 - Fotos de maio de 2016 das parcelas em função dos tratamentos avaliados. UFPA, Lavras, MG, 2019.



1: T-Ff; 2: CA-M; 3: CA-S; 4: C-M; 5: C-S; 6: A-M; 7: A-S; 8: Ff Cu (Abreviações dos tratamentos presentes na Tabela 1). UFPA, Lavras, MG, 2019.

**ARTIGO 2 - APLICAÇÃO DE PRODUTOS VIA SOLO NO CONTROLE DA
FERRUGEM E SEU EFEITO NA FISIOLOGIA DO CAFEIRO**

VERSÃO PRELIMINAR

Artigo normalizado conforme a norma para submissão da Revista *Crop Protection*.

RESUMO

1
2
3 O uso de fungicidas é o principal método utilizado para controlar a ferrugem do cafeeiro. O
4 manejo ideal é feito, utilizando-se uma combinação de fungicidas via solo e foliar. O
5 tratamento via solo deve ser aplicado, no período das chuvas, quando o solo estiver em sua
6 capacidade de campo, normalmente entre os meses de outubro a dezembro, além de
7 preventivo, em razão do tempo despendido para o produto ser absorvido e translocado das
8 raízes para as folhas. Os fungicidas utilizados nessa modalidade de aplicação são os
9 sistêmicos, principalmente do grupo dos triazóis. O uso desses fungicidas é uma importante
10 estratégia preventiva para o cafeicultor manter a lavoura com uma baixa pressão da ferrugem,
11 contribuindo para o controle efetivo do fungicida foliar e assegurando a baixa ocorrência da
12 doença, durante todo o ciclo da cultura, além de proporcionar maior vigor e crescimento dos
13 ramos do cafeeiro. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o comportamento de diferentes
14 princípios ativos, aplicados via solo, na incidência da ferrugem, na fisiologia de mudas e em
15 cafeeiro em produção, durante duas safras consecutivas. Foi realizado um experimento em
16 casa de vegetação e outro a campo, ambos com delineamento em blocos casualizados e 4
17 repetições. Os tratamentos em casa de vegetação foram: Testemunha; Dinotefuran+Flutriafol
18 0,5 L.ha⁻¹; Dinotefuran+Flutriafol 1,0 L.ha⁻¹; Dinotefuran+Flutriafol 2,0 L.ha⁻¹;
19 Dinotefuran+Flutriafol 4,0 L.ha⁻¹; Thiametoxan+Ciproconazol 1,0 kg.ha⁻¹ e
20 Imidacloprid+Triadimenol 5,0 L.ha⁻¹. Foi avaliada incidência da ferrugem nas mudas,
21 caracteres morfológicos (altura, diâmetro, peso seco de folha, caule e raiz), índice SPAD e
22 caracteres fisiológicos utilizando IRGA. Os tratamentos a campo foram: Testemunha;
23 Dinotefuran+Flutriafol 2,0 L.ha⁻¹; Thiametoxan+Ciproconazol 1,0 kg.ha⁻¹;
24 Imidacloprido+Triadimenol 5,0 L.ha⁻¹ e Imidacloprido+Flutriafol 2,0 L.ha⁻¹. Foi avaliada
25 incidência da ferrugem, desfolha e produtividade. Conclui-se que: nas condições de
26 desenvolvimento do estudo: o tratamento com Dinotefuran + Flutriafol na dose de 2,0 L.ha⁻¹

27 proporcionou maior altura e peso de mudas. No campo, todos os tratamentos reduziram a
28 incidência da ferrugem em comparação com a testemunha. O tratamento Dinotefuran +
29 Flutriafol na dose de 2,0 L.ha⁻¹ manteve, nas duas safras, as menores incidências da doença,
30 maior enfolhamento e produtividade na segunda safra. Não foram observados sintomas de
31 fitotoxidez.

32 Palavras-chave: Controle químico; *Hemileia vastatrix*; FLUTRIAFOL; Dinotefuran; Drench.

33 **1. Introdução**

34 Detentor do maior parque cafeeiro do mundo, com 2,13 milhões de hectares, dos quais
35 81% corresponde ao café arábica (*Coffea arabica* L.) e 19% conilon (*Coffea canephora*),
36 maior produtor e exportador mundial, produzindo 49,31 milhões de sacas beneficiadas em
37 2019 (Companhia Nacional de Abastecimento - Conab, 2019). O volume de exportação de
38 café no Brasil, em 2018, foi de 35,4 milhões de sacas, ocupa a segunda posição em consumo
39 mundial, entre outros índices positivos, tornam a cafeicultura brasileira um destaque no
40 cenário mundial atualmente (Conselho dos Exportadores de Café do Brasil - Cecafe, 2019).

41 Apesar de uma leve tendência de diminuir a área cultivada com café, no Brasil, a
42 produtividade é crescente. De 2018 para 2019, houve redução de área de 1,2%. Uma recente
43 comprovação disso é a produtividade média brasileira de 27,20 scs/ha em 2019, 13% a mais,
44 em comparação com a última safra de bienalidade negativa em 2017 (Conab, 2019). Esse
45 contínuo avanço em produtividade ocorre principalmente maior disponibilidade de
46 tecnologias no mercado e maior adesão delas, por parte dos cafeicultores, facilitando e
47 otimizando o manejo da cafeicultura, culminando em melhor rentabilidade.

48 A cultura exige técnicas qualificadas de manejo, principalmente contra doenças
49 capazes de reduzir consideravelmente a sua produtividade. Entre os principais patógenos
50 causadores de redução no rendimento dos grãos, destaca-se a ferrugem do cafeeiro, cujo
51 agente etiológico é *Hemileia vastatrix* Berkeley e Broome, disseminada em todas as regiões

52 produtoras de café do Brasil.

53 As condições climáticas ideais para o progresso da ferrugem são umidade igual ou
54 acima de 82% e temperatura entre 21 a 25°C e baixa intensidade luminosa. Sob as condições
55 ambientais favoráveis, hospedeiro suscetível, associada a um manejo incorreto, a doença pode
56 causar desfolha prematura severa, diminuindo a área fotossinteticamente ativa da planta,
57 comprometendo a produtividade e também a qualidade dos grãos e da bebida (Barbosa Jr et
58 al., 2017, 2019; Custódio et al., 2011, 2014; Luzinda et al., 2016; Pinheiro et al., 2011; Pozza
59 et al., 2015).

60 Como resultado das elevadas perdas provocadas pela doença nas lavouras do Brasil,
61 desde quando surgiu na década de 70, foram desenvolvidas pesquisas e adequações o
62 controle, como a utilização de variedades resistentes, correta utilização de fertilizantes e o uso
63 de fungicidas cúpricos, triazóis e estrobilurinas, combinando modalidades de aplicação via
64 solo e foliar (Chaves et al., 2018; Garcia Jr et al., 2003; Marschner, 2012; Perez et al., 2017;
65 Pozza et al., 2010).

66 Segundo Zambolim (2016), a melhor alternativa é o uso de cultivares resistentes,
67 desenvolvidas em diversos países, por programas de melhoramento, pois é benéfica ao meio
68 ambiente e apresenta baixos custos. Entretanto, o fator agravante dessa estratégia é a raça 33
69 de *H. vastatrix*, capaz de quebrar a resistência das cultivares com cruzamentos de híbridos do
70 Timor, sendo essa, a principal cultivar fonte de resistência a doenças do cafeeiro (Porto,
71 2019).

72 Desse modo, o uso de fungicidas é o principal método utilizado para controlar a
73 ferrugem do cafeeiro, pois apresentam resultados eficientes. O manejo correto é feito,
74 utilizando combinação de fungicidas, seja via foliar ou solo. O fungicida foliar deve ser
75 pulverizado, quando a incidência da doença está abaixo de 5% e ser reaplicado, quando
76 necessário, respeitando a recomendação do fabricante com o número máximo de aplicações

77 por ciclo da cultura, intervalo de aplicação e período de carência para colheita. O fungicida
78 via solo deve ser aplicado, no período das chuvas, quando o solo está em sua capacidade de
79 campo, normalmente entre os meses de outubro a dezembro, além de totalmente preventivo,
80 em razão do tempo despendido para o produto ser absorvido e translocado das raízes para as
81 folhas.

82 Os fungicidas utilizados nessa modalidade de aplicação são os sistêmicos,
83 principalmente do grupo dos triazóis, os quais atuam inibindo a biossíntese do ergosterol em
84 fungos superiores, são extremamente seletivos, de alta translocação na planta e realizam
85 preferencialmente movimento acropetal (Souza e Dutra, 2003). Os principais ativos utilizados
86 são Flutriafol, Triadimenol e Ciproconazol, em decorrência das maiores mobilidades. O uso
87 desses fungicidas é uma importante estratégia preventiva para o cafeicultor manter a lavoura
88 com uma baixa pressão da ferrugem, contribuindo para o controle efetivo do fungicida foliar e
89 assegurando a baixa ocorrência da doença, durante todo o ciclo da cultura, além de
90 proporcionar maior vigor e crescimento dos ramos do cafeeiro (Horta e Albuquerque, 2015;
91 Pozza et al., 2010).

92 Diante do exposto, objetivou-se, com este trabalho avaliar diferentes princípios ativos,
93 aplicados via solo, seus efeitos na incidência da ferrugem e na fisiologia de mudas e em
94 campo de produção do cafeeiro, avaliar os efeitos na incidência da ferrugem, bem como
95 reflexo em desfolha e produtividade.

96 **2. Material e Métodos**

97 O trabalho foi dividido em 2 experimentos. O experimento 1 foi realizado em casa de
98 vegetação, para selecionar os melhores tratamentos e avaliar os efeitos fisiológicos dos
99 fungicidas aplicados no solo em mudas de cafeeiro. O experimento 2 foi conduzido por dois
100 anos com os tratamentos selecionados no experimento 1, para avaliar a incidência da
101 ferrugem do cafeeiro e seus reflexos em desfolha e produtividade.

102 2.1 Experimento de casa de vegetação

103 O primeiro experimento foi implantado em ambiente controlado, em casa de
 104 vegetação, na Universidade Federal de Lavras – Departamento de Fitopatologia, com
 105 temperatura média de 20,2 °C e Umidade-Relativa de 73,5 em média. Foram utilizadas mudas
 106 da cultivar Mundo Novo IAC 379-19, suscetível à ferrugem. Foram avaliados 7 tratamentos
 107 (Tabela 1), delineados em blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições,
 108 totalizando 28 parcelas. Cada parcela experimental foi formada por 4 plantas.

109 **Tabela 1.** Tratamentos avaliados no experimento em mudas. UFLA, Lavras/MG, 2019.

Nº Trat.	Nome Comercial	Nome do Ativo	Concentração do Formulado	Unid.	Tipo de Form.	Dose	Unid.	Dose	Unid.
1	TEST.								
2	SPIRIT	Dinotefuran + Flutriafol	87,5 + 273	GA/L	SC	43,75 + 136,5	g ia.ha ⁻¹	0,5	L.ha ⁻¹
3	SPIRIT	Dinotefuran + Flutriafol	87,5 + 273	GA/L	SC	87,5 + 273	g ia.ha ⁻¹	1,0	L.ha ⁻¹
4	SPIRIT	Dinotefuran + Flutriafol	87,5 + 273	GA/L	SC	175 + 546	g ia.ha ⁻¹	2,0	L.ha ⁻¹
5	SPIRIT	Dinotefuran + Flutriafol	87,5 + 273	GA/L	SC	350 + 1092	g ia.ha ⁻¹	4,0	L.ha ⁻¹
6	VERDADERO	Tiametoxan + Ciproconazol	300 + 300	GA/kg	WG	300 + 300	g ia.ha ⁻¹	1,0	kg.ha ⁻¹
7	PREMIER PLUS	Imigaclopride + Triadimenol	175 + 250	GA/L	SC	875 + 1250	g ia.ha ⁻¹	5,0	L.ha ⁻¹

110 Nº Trat.: Número do tratamento; Test.: testemunha; Unid.: unidade; Tipo de Form.: tipo de formulação; GA/L:
 111 grama de ativo por Litro; GA/kg: grama de ativo por quilograma; g ia.ha⁻¹: gramas de ingredientes ativo por
 112 hectare; L.ha⁻¹: litros por hectare; kg.ha⁻¹: quilograma por hectare; SC: suspensão concentrada; WG granulado
 113 dispersível.

114

115 A aplicação no solo foi realizada, em 20/09/2016, com vazão de 200 L.ha⁻¹.

116 Considerando o volume de solo existente em 1 hectare, 20 cm de profundidade com 3,5 (m)

117 entre linhas e 0,7 (m) na linha, ou seja, 4081 plantas (798,0 m³ de solo) (Equação 1).

$$118 VSha = \left(\frac{100}{EL}\right) * CP * 100 * CM \quad (1)$$

119 Sendo:

120 VSha= Volume de solo por hectare (m³)

121 NLha = 100 metros de largura / EL (espaçamento entre linhas (m))

122 CP= Copa da planta (2*espaçamento na linha (m))

123 100= comprimento por hectare (m)

124 CM= Camada do solo (0,2 m)

125 As mudas foram cultivadas em saco plástico com dimensão de 10 cm de largura e 20
126 cm de altura (0,00157m³ de solo/saco). O cálculo do volume de fungicida a ser aplicado em
127 cada unidade amostral foi realizado de acordo com a Equação 2.

$$128 \quad QFS = \frac{\left(\frac{DFha * VSS}{VSha}\right) * VCP}{DFP} \quad (2)$$

129 Sendo:

130 QFS= Quantidade de fungicida por saquinho (ml)

131 DFha= Dosagem do fungicida por hectare (ml)

132 Volume de solo por saquinho (VSS) = $\left(\frac{\pi * \text{diametro (cm)}^2}{4}\right) * \text{altura (cm)} = 0,00157 \text{ m}^3$.

133 VSha = Volume de solo por hectare (m³)

134 Volume de calda aplicada por planta (VCP) = $\left(\frac{\text{Volume de calda (ml)}}{\text{Plantas por hectare}}\right) (50 \text{ ml})$

135 Dosagem do fungicida por planta (DFP) = $\left(\frac{DFha \text{ (ml)}}{\text{Plantas por hectare}}\right) (\text{ml})$

136

137 O preparo da calda com volume final de 500 ml foi realizado em um Becker, de
138 acordo com a Equação 3. Foram acrescidos 20 mL de água ao volume de fungicida calculado
139 por saco, a fim de alcançar a capacidade de campo quando aplicado ao solo, sendo
140 depositados em cada saco com auxílio de uma pipeta.

$$141 \quad QF500 = \frac{\left(\frac{DFha * VSS}{VSha}\right) * 500}{QFS} \quad (3)$$

142 Sendo:

143 QF500= Quantidade do fungicida para 500 (ml)

144 DFha= Dosagem do fungicida por hectare (ml)

145 VSS = 0,00157 m³

146 VSha = Volume de solo por hectare (m³)

147 Volume de calada = 500 ml

148 QFS= Quantidade do fungicida por saquinho (ml)

149 **2.1.1 Obtenção de inóculo e inoculação do patógeno**

150 O inóculo da *Hemileia vastatrix* foi obtido de folhas coletadas nos cafezais do campus
151 da Universidade Federal de Lavras. As folhas foram levadas ao Laboratório de Epidemiologia
152 e submetidas à câmara úmida por 24 horas. Após esse período, foram lavadas com água
153 deionizada e com auxílio de um pincel os uredosporos foram transferidos para Becker de
154 vidro.

155 O preparo da suspensão de urediniósporos foi realizada em um Becker de vidro, com
156 concentração de inóculo ajustada para 10⁵ urediniósporos/mL⁻¹ com o auxílio de uma câmara
157 de Neubauer. A suspensão obtida foi pulverizada por aspersão, na face abaxial em todas as
158 folhas das mudas até o ponto de escorrimento com o auxílio de um pulverizador manual.
159 Após a inoculação, as mudas foram cobertas com saco plástico preto por 72 horas, para
160 manter o molhamento foliar, nesse ambiente e garantir as condições adequadas para o
161 patógeno.

162 **2.1.2 Avaliações da incidência da ferrugem**

163 Foram realizadas 5 avaliações de incidência da ferrugem em todas as folhas das mudas
164 de cafeeiro em cada parcela, aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação.

165 **2.1.3 Avaliação dos caracteres morfológicos**

166 Após o término das avaliações de incidência da doença aos 35 dias, após a instalação
167 do experimento, foram mensurados a altura e o diâmetro do caule, com o auxílio de régua e
168 paquímetro. Para a quantificação do peso das matérias secas, foram coletadas separadamente

169 as folhas, raízes e caules de todas as parcelas, higienizadas em água destilada e
170 acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa a 60° C, até atingirem peso constante,
171 para posterior avaliação do peso em balança de precisão.

172 **2.1.4 SPAD, IRGA e Área Foliar Lesionada**

173 Foi utilizado o medidor portátil de clorofila SPAD-502® (*Soil Plant Analysis*
174 *Development*), para medir o índice SPAD em 4 avaliações distintas, na primeira folha
175 completamente expandida, a partir do primeiro par de folhas, em todas as plantas da parcela.
176 Com duas medidas por folha em três folhas.

177 A avaliação da fotossíntese foi realizada, utilizando-se o analisador de gás por
178 infravermelho (IRGA, modelo LI-6400XT Portable Photosynthesis System, LI-COR, Lincoln,
179 USA). As leituras foram feitas com fonte de radiação fotossinteticamente ativas (PAR), em
180 câmara fechada, fixada em 600 μmol de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Blue + Red LED LI-6400-02B, LI-
181 COR, Lincoln, USA). As variáveis analisadas foram condutância estomática, fotossíntese e
182 transpiração.

183 Para a análise de dados das variáveis relativas às trocas gasosas, inicialmente foi feita
184 a verificação da normalidade dos dados de cada parâmetro, por meio de teste de normalidade
185 Shapiro-Wilk. Posteriormente, os dados foram analisados para a presença de outliers, por
186 método de IQR (Interquartile Range Rule) e o uso de boxplots. Três valores foram
187 descartados, sendo um para condutância estomática, outro para carbono intercelular e outro
188 para a razão carbono intercelular e atmosférico. Foram realizadas análise de variância para
189 cada uma das variáveis, tendo como fatores os tratamentos e os blocos.

190 Para determinar a porcentagem da área foliar lesionada ao final do experimento, todas
191 as folhas foram digitalizadas e avaliadas no programa Assess®.

192 **2.2 Experimento de campo**

193 O segundo experimento foi conduzido no campus da Universidade Federal de Lavras,

194 localizado a 970 metros de altitude, latitude de 21°14'40'' S e longitude de 44°55'42''W. A
 195 cultivar utilizada foi de *Coffea arabica* L Acaiá IAC 474-19 com 10 anos, suscetível à
 196 ferrugem do cafeeiro. O espaçamento entre plantas foi de 0,8 metros e entre linhas foi de 3,5
 197 metros. O ensaio foi conduzido consecutivamente, durante duas safras 2016 e 2017. Foram
 198 realizados manejo de plantas daninhas e de pragas, segundo as recomendações para a cultura,
 199 conforme nível de controle. O manejo da fertilidade do solo e da nutrição da cultura foi feito
 200 com base nos resultados da análise química do solo, segundo as recomendações do Manual de
 201 Recomendações de Fertilizantes para o Estado de Minas Gerais (Guimarães et al., 1999).

202 Foram avaliados 5 tratamentos (Tabela 2), com delineamento experimental em blocos
 203 inteiramente casualizados, com 4 repetições, totalizando 20 parcelas. Cada parcela
 204 experimental foi composta por 10 plantas, sendo consideradas úteis as 8 plantas centrais. As
 205 aplicações nas duas safras foram realizadas na segunda quinzena de novembro, quando o solo
 206 estava em sua capacidade de campo. O equipamento usado foi um pulverizador costal Jacto
 207 bico drench®. O volume de calda aplicado foi de 200 L.ha⁻¹.

208 **Tabela 2.** Tratamentos avaliados no experimento a campo, contendo ativos utilizados, concentração do produto
 209 formulado, tipo de formulação, dose em gramas de ativo e de produto comercial por hectare e modo da
 210 aplicação. UFLA, Lavras/MG, 2019.

Nº Trat.	Nome Comercial	Nome do Ativo	Concentração do Formulado	Unid.	Tipo de Form.	Dose	Unid.	Dose	Unid.
1	TEST.								
2	SPIRIT	Dinotefuran + Flutriafol	87,5 + 273	GA/L	SC	175 + 546	g ia.ha ⁻¹	2,0	L.ha ⁻¹
3	VERDADERO	Tiametoxan + Ciproconazol	300 + 300	GA/kg	WG	300 + 300	g ia.ha ⁻¹	1,0	kg.ha ⁻¹
4	PREMIER PLUS	Imigaclopride + Triadimenol	175 + 250	GA/L	SC	875 + 1250	g ia.ha ⁻¹	5,0	L.ha ⁻¹
5	PRATICO	Imigaclopride + Flutriafol	250 + 200	GA/L	SC	875 + 1250	g ia.ha ⁻¹	2,0	L.ha ⁻¹

211 Nº Trat.: Número do tratamento; Test.: testemunha; Unid.: unidade; Tipo de Form.: tipo de formulação; GA/L:
 212 grama de ativo por Litro; GA/kg: grama de ativo por quilograma; g ia.ha⁻¹: gramas de ingredientes ativo por
 213 hectare; L.ha⁻¹: litros por hectare; kg.ha⁻¹: quilograma por hectare; SC: suspensão concentrada; WG: granulado
 214 dispersível.
 215

216 2.2.1 Avaliações da incidência da ferrugem

217 Foram realizadas cinco avaliações de incidência da ferrugem em cada ano, aos 30, 60,
 218 90, 120 e 150 dias após a aplicação. Tais avaliações, nas duas safras, corresponderam aos

219 estádios fenológicos de expansão dos frutos em dezembro, de granação de janeiro a março e
 220 maturação de abril a junho, no intervalo de maior prejuízo da doença. As folhas foram
 221 avaliadas aleatoriamente por método não destrutivo, no terço médio da planta, entre o
 222 segundo e o terceiro pares de folhas dos ramos plagiotrópicos, dos dois lados das plantas,
 223 sendo amostradas 100 folhas por parcela, nas 8 plantas úteis.

224 **A. INCIDÊNCIA**

225 Em ambos os experimentos, a incidência foi obtida, por meio da fórmula proposta por
 226 Campbell e Madden (1990).

$$227 \quad I (\%) = \left(\frac{NFD}{NTF} \right) * 100$$

228 $I(\%)$ = incidência da ferrugem do cafeeiro;

229 NFD = número de folhas doentes;

230 NTF = número total de folhas amostradas.

231

232 **B. ÁREA ABAIXO DA CURVA DE PROGRESSO E CONTROLE**

233 A área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foi calculada para ambos os
 234 experimentos, em casa de vegetação e de campo, a partir dos resultados obtidos das cinco
 235 avaliações da doença, e as avaliações de enfolhamento do segundo experimento foram
 236 analisadas como área abaixo da curva de progresso do enfolhamento (AACPE). Utilizou-se
 237 fórmula proposta por Shaner e Finney (1977).

$$AACP = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(Y_i + Y_{i+1})}{2} * (T_{i-1} - T_i)$$

238 AACP= área abaixo da curva de progresso

239 n = número total de observações

240 Y = a incidência da doença na observação

241 $T_{i-1} - T_i$ = intervalo de tempo entre as duas observações consecutivas.

242 A porcentagem de controle foi calculada, por meio da fórmula de Abbott (1925).

$$243 E\% = \left(1 - \frac{n \text{ no } T \text{ após tratamento}}{n \text{ no } Co \text{ após tratamento}}\right) \times 100$$

244 No qual: n= Incidência da doença; T= Tratamento com fungicida; Co= Controle

245 **2.2.2 Enfolhamento e Produtividade**

246 O enfolhamento das parcelas foi avaliado concomitantemente às avaliações da
247 incidência da ferrugem e foram atribuídas notas de 1 a 5, de acordo com a escala proposta por
248 Boldini et al. (2000), sendo 1 (0 a 20% de enfolhamento), 2 (21 a 40%), 3 (41 a 60%), 4 (61 a
249 80%) e 5 (81 a 100%).

250 A colheita foi realizada quando a lavoura apresentou aproximadamente 20% de frutos
251 verdes. De forma semimecanizada sobre pano com uma derriçadora portátil.

252 Na primeira safra (2016), foram colhidos em 12/06/2016 e, na segunda (2017), em
253 17/06/2017. Foi obtido o volume em litros de café e posteriormente estimou-se a quantidade
254 de sacas de 60 kg.ha⁻¹ de café beneficiado, por meio da fórmula, de acordo com Barbosa et al.
255 (2019):

$$P = QLP \times \frac{NP}{500}$$

256 P= Produtividade em sacas de 60 kg.ha⁻¹;

257 QLP= Quantidade de litros por plantas;

258 NP= Número de plantas por hectare;

259 **2.3 Análise estatística**

260 As variáveis, dos dois experimentos foram submetidas ao teste de Shapiro-Wilk, para
261 avaliar os pressupostos da análise de variância. Uma vez testados os pressupostos da análise
262 de variância, procedeu-se a análise de variância, sem necessidade de transformação dos dados.

263 As médias entre os tratamentos foram comparadas por teste F (p<0,05). Para as variáveis

264 significativas nesse teste procedeu-se o teste de médias de Scott-Knott 5% de probabilidade.

265 As análises estatísticas dos dados foram feitas, utilizando-se o software R e os gráficos

266 plotados no Excel.

267 2.4 Variáveis climáticas analisadas

268 As variáveis climáticas foram obtidas da estação climatológica principal de Lavras,
269 localizada no campus da UFLA, pertencente ao 5º Distrito em Meteorologia, em convênio
270 com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a UFLA. Os dados analisados foram
271 temperatura máxima (Tmax), média (Tmed) e mínima (Tmin), umidade relativa (UR) e
272 precipitação total (Prec.).

273 3. Resultados

274 3.1 Experimento de casa de vegetação

275 3.1.1 Incidência da ferrugem nas mudas de cafeeiro

276 Houve diferença estatística ($p < 0,05$) para Área Abaixo da Curva de Progresso da
277 Ferrugem (AACPF) e para a porcentagem de Área Foliar Lesionada (AFL). Apenas na
278 testemunha ocorreu a doença (Tabela 3). Todos os fungicidas testados controlaram a
279 ferrugem.

280 **Tabela 3.** Área abaixo da curva de progresso da incidência da ferrugem (AACPF) e área foliar lesionada com
281 ferrugem (AFL), nas mudas do cafeeiro, em função dos fungicidas aplicados. UFLA, Lavras/MG, 2019.

Tratamentos	Doses	AACPF*		AFL (%)*	
Testemunha	---	31,5	b	3,6	b
Dinotefuran+Flutriafol	0,5 L.ha ⁻¹	1	a	1	a
Dinotefuran+Flutriafol	1,0 L.ha ⁻¹	1	a	1	a
Dinotefuran+Flutriafol	2,0 L.ha ⁻¹	1	a	1	a
Dinotefuran+Flutriafol	4,0 L.ha ⁻¹	1	a	1	a
Tiametoxam+Ciproconazol	1,0 kg.ha ⁻¹	1	a	1	a
Imidacloprido+Triadimenol	5,0 L.ha ⁻¹	1	a	1	a
CV (%)		49		14	

282 Médias seguidas por mesmas letras na coluna não diferem entre si, por meio do teste Skott-Knott a 5% de
283 probabilidade. *Dados transformados por raiz quadrada de $x + 1,0$.

284 3.1.2 Caracteres morfológicos

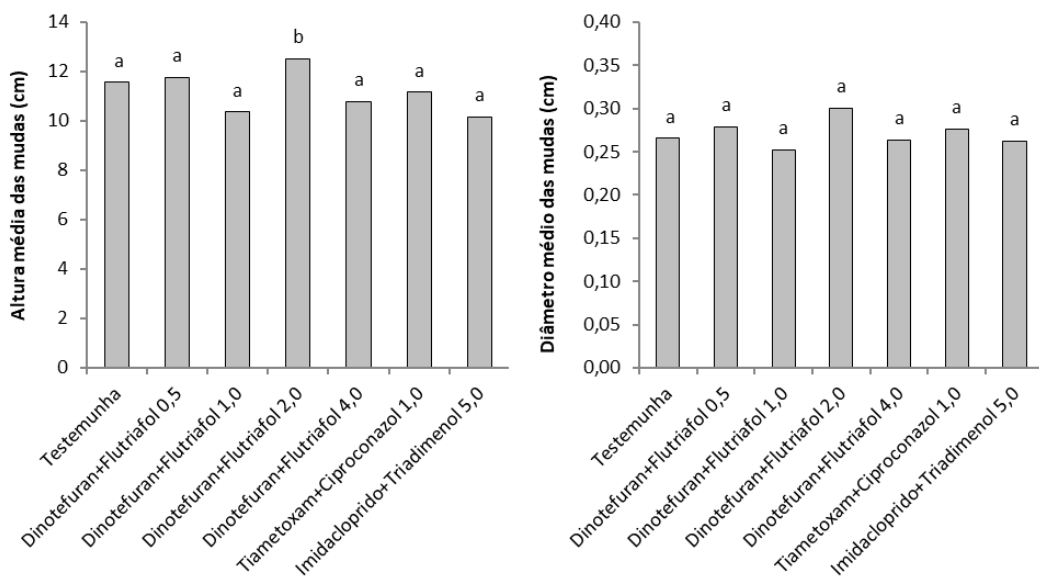
285 Houve diferença significativa ($p < 0,05$) para a altura das mudas, peso seco do caule
 286 (PSC), das raízes (PSR), das folhas (PSF) e peso seco total (PST). Para todas essas variáveis
 287 analisadas, o tratamento dinotefuran + flutriafol ($2,0 \text{ L.ha}^{-1}$) obteve a maior altura e os
 288 maiores pesos secos dos órgãos das mudas do cafeeiro. Para o diâmetro do caule das mudas
 289 não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 4) (Fig. 1 e 2).

290 **Tabela 4.** Médias de altura, diâmetro e peso seco dos órgãos das mudas do cafeeiro em função dos fungicidas
 291 aplicados. UFLA, Lavras/MG, 2019.

Tratamentos	Doses	Altura	Diâmetro	PSC	PSR	PSF	PST
		Cm	Cm	g	g	G	G
Testemunha	---	11,6 a	0,27 a	1,3 a	1,6 a	1,2 a	4,1 a
Dinotefuran+Flutriafol	$0,5 \text{ L.ha}^{-1}$	11,7 a	0,28 a	1,3 a	1,8 a	2,3 a	5,3 a
Dinotefuran+Flutriafol	$1,0 \text{ L.ha}^{-1}$	10,4 a	0,25 a	1,1 a	1,5 a	1,9 a	4,5 a
Dinotefuran+Flutriafol	$2,0 \text{ L.ha}^{-1}$	12,5 b	0,30 a	1,7 b	2,8 b	3,1 b	7,6 b
Dinotefuran+Flutriafol	$4,0 \text{ L.ha}^{-1}$	10,8 a	0,26 a	1,1 a	1,7 a	1,8 a	4,7 a
Tiametoxam+Ciproconazol	$1,0 \text{ kg.ha}^{-1}$	11,2 a	0,28 a	1,3 a	1,6 a	1,9 a	4,8 a
Imidacloprido+Triadimenol	$5,0 \text{ L.ha}^{-1}$	10,2 a	0,26 a	1,1 a	1,6 a	1,9 a	4,6 a
CV (%)		8,1	8,37	24	30	30	22

292 PSC: peso seco do caule; PSR: peso seco da raiz; PSF: peso seco da folha; PST; peso seco total da muda; cm:
 293 centímetro; g: grama. Médias seguidas por mesmas letras na coluna não diferem entre si por meio do teste Skott-
 294 Knott a 5% de probabilidade.

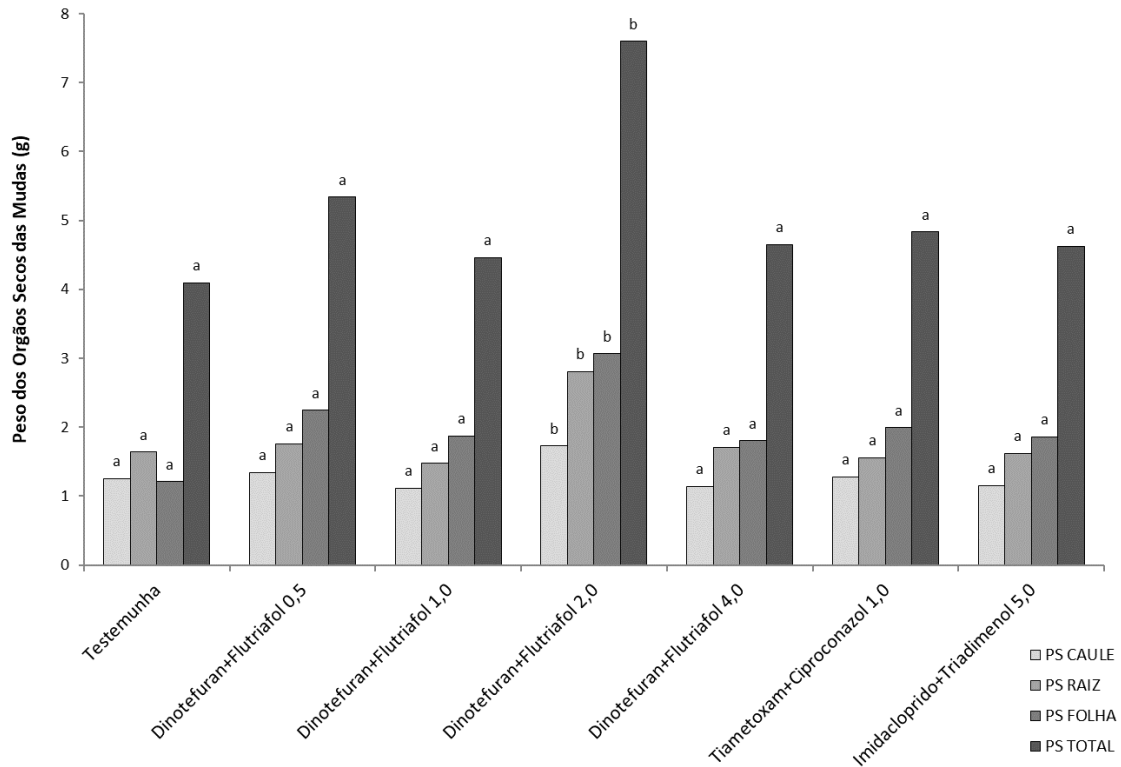
295



296

297 **Fig. 1.** Altura e diâmetro médios das mudas do cafeeiro, em função dos fungicidas aplicados. UFLA,
 298 Lavras/MG, 2019. Médias seguidas por mesmas letras não diferem entre si a 5%, por meio do teste Scott-Knott.

299



300

301 **Fig. 2.** Peso médio dos órgãos secos (PS) das mudas do cafeeiro, em função dos fungicidas aplicados. UFLA,
 302 Lavras/MG, 2019.

303

304 3.1.3 SPAD

305 As mudas inoculadas com *Hemileia vastatrix*, tratadas com uma aplicação de
 306 diferentes fungicidas via solo, apresentaram diferenças no teor de clorofila determinado com
 307 auxílio do equipamento SPAD. As maiores médias foram observadas nas plantas tratadas
 308 com Imidacloprido + Triadimenol 5,0 L.ha⁻¹ (índice SPAD de 47,37). Os demais tratamentos
 309 não diferiram entre si, índice SPAD médio de 42,43 (Fig. 3).

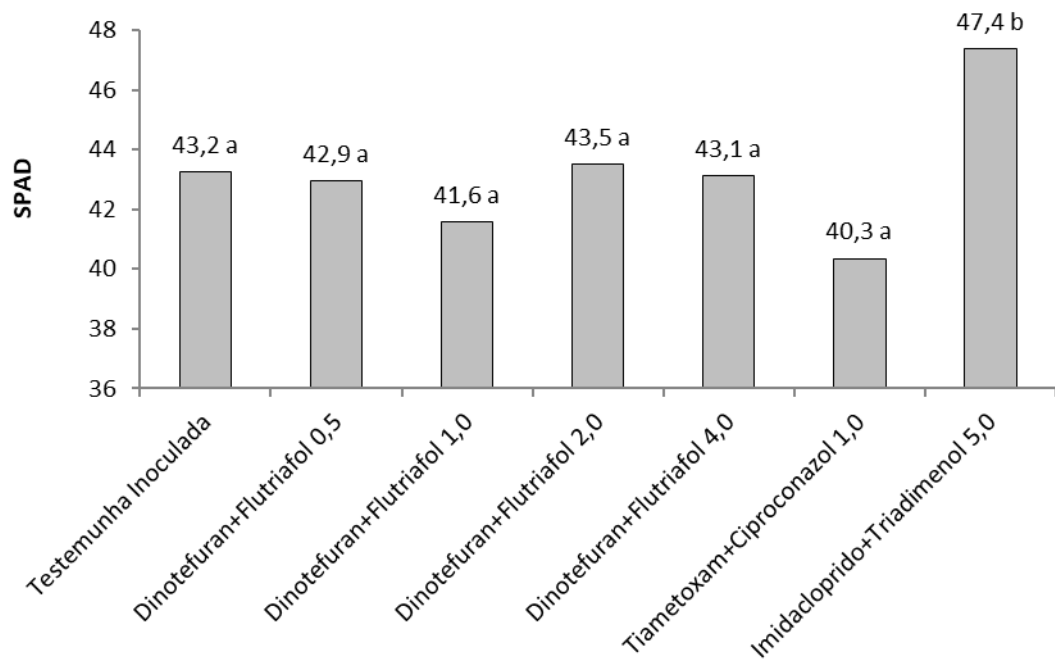


Fig. 3. Índice SPAD médio, em função dos fungicidas aplicados. UFLA, Lavras/MG, 2019.

310

311

312

313 3.1.4 Variáveis fisiológicas das mudas do cafeeiro

314

Para gerar as informações presentes na Fig. 4, foi feita a comparação com a

315

testemunha não inoculada em porcentagem de acréscimo ou redução. Não houve diferença

316

significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos para as variáveis: fotossíntese líquida (A),

317

condutância estomática (gs), carbono intercelular (Ci), transpiração (E), relação carbono

318

intercelular e atmosférico (Ci/Ca) e eficiência do uso da água (EUA), calculada pela razão

319

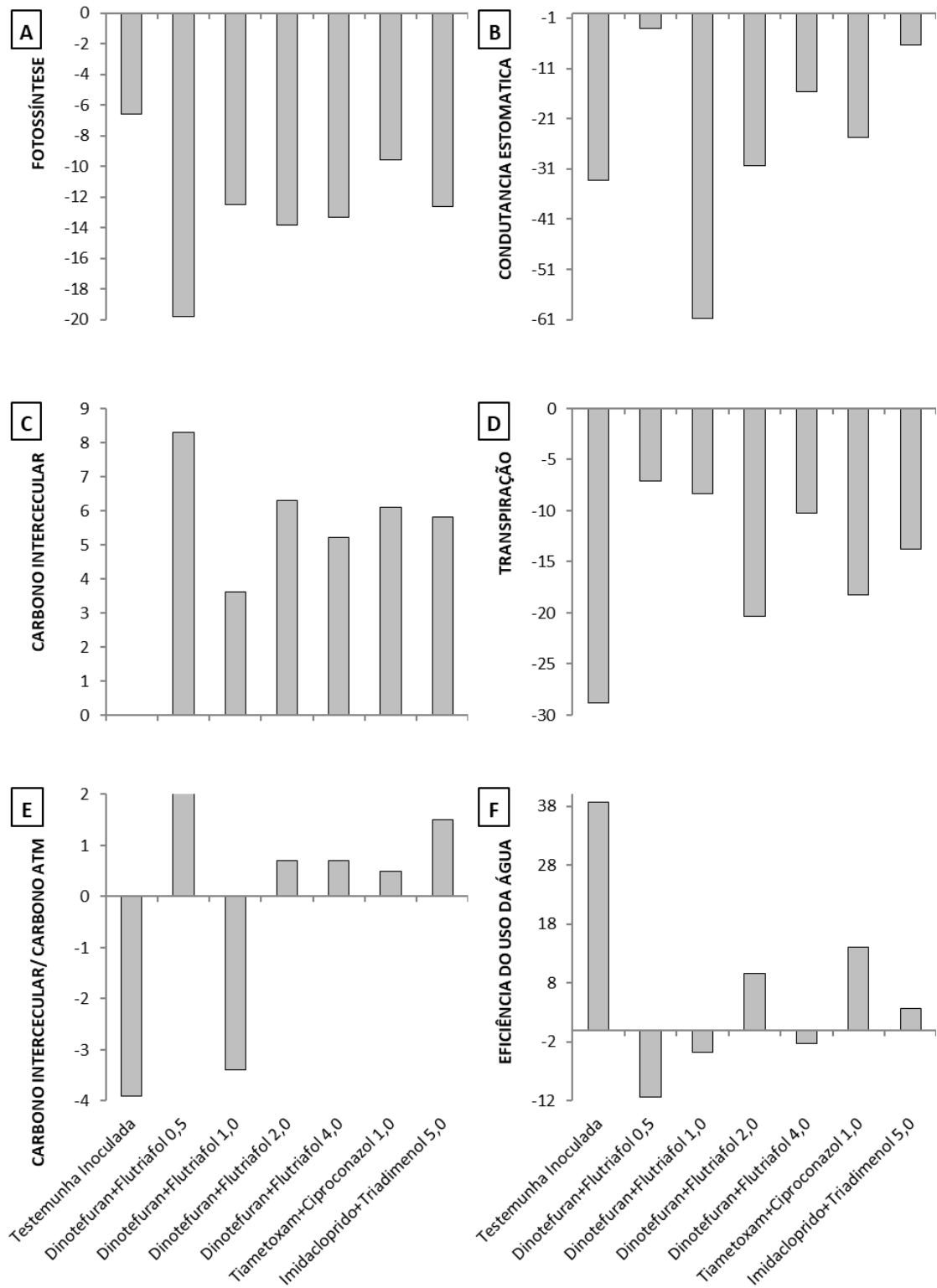
A/E. A incapacidade de detectar as diferenças significativas entre os tratamentos pode ter sido

320

causada pela grande variação nos dados coletados por analisador de gás infravermelho (IRGA

321

6400-XT, Licor).



322

323 **Fig. 4. A, B, C, D, E e F.** Médias de Fotossíntese (A), Condutância estomática (B), Carbono intercelular (C),
 324 Transpiração (D), Carbono intercelular/Carbono atmosférico (E) e Eficiência do uso da água (F) em função dos
 325 fungicidas aplicados. UFLA, Lavras/MG, 2019.

326

327 3.1.5 Seleção dos melhores tratamentos observados em casa de vegetação

328

A partir dos resultados observados na morfologia das mudas em casa de vegetação,

329 selecionaram-se 3 tratamentos, SPIRIT (2,0 L.ha⁻¹), Verdadero e Premier Plus. Adicionou-se
330 o fungicida Prático para a execução de experimento no campo (Tabela 2).

331 **3.2 Experimento de campo**

332 **3.2.1 Dados meteorológicos e incidência da ferrugem**

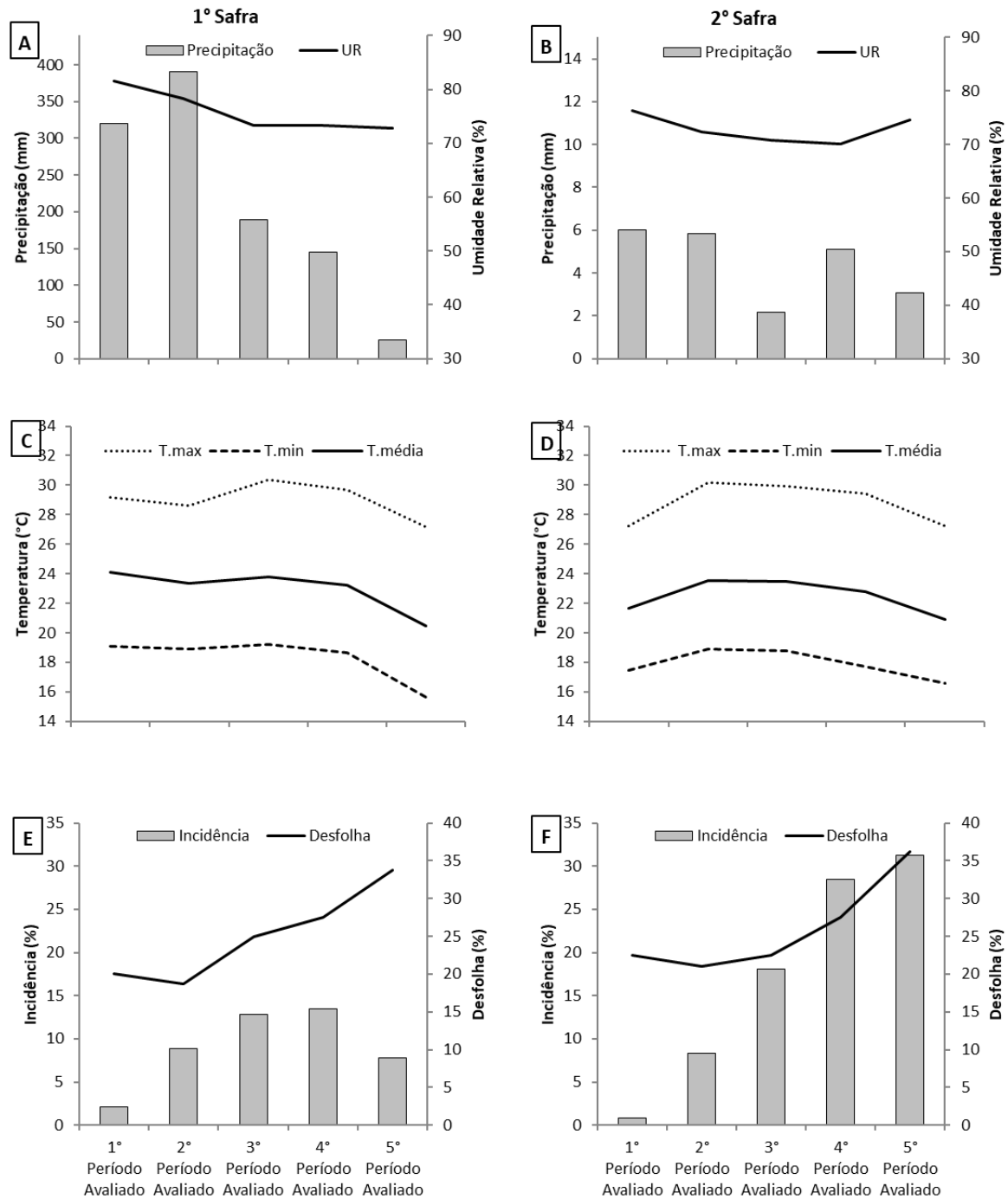
333 A precipitação acumulada, durante as duas safras, foi maior, nos dois primeiros
334 períodos avaliados, de dezembro a fevereiro. Sendo que, na primeira safra, os índices de
335 precipitação foram superiores, num total acumulado de 1070 mm, durante 184 dias, enquanto
336 na segunda, foram 730 mm, durante 175 dias. Na primeira safra, a precipitação foi
337 diminuindo, ao longo do período avaliado, de dezembro a maio. Na segunda, a menor
338 precipitação ocorreu no terceiro período, de fevereiro a março (Fig. 5 A e B).

339 A umidade relativa (UR) média da primeira safra diminuiu ao longo do período
340 avaliado, variando de 72 a 82%, enquanto, na segunda, houve uma variação de 70 a 76% e a
341 maior redução ocorreu, no quarto período, de março a abril (Fig. 5 A e B). A UR desse estudo
342 refletiu os índices de chuva, quanto maior a precipitação, maior a UR.

343 A temperatura média ao longo das duas safras variou entre 21 a 24°C, semelhantes nos
344 dois anos, exceto pelas temperaturas mais altas no primeiro período da primeira safra (Fig. 5
345 C e D).

346 As condições meteorológicas foram favoráveis ao progresso da ferrugem, ocorrendo
347 incidência da doença, durante todo o período avaliado nas duas safras. A incidência da
348 primeira safra aumentou do primeiro ao quarto período, com queda do quarto para o quinto, a
349 desfolha seguiu a mesma tendência da incidência da ferrugem. Na segunda safra, a incidência
350 foi crescente a cada período avaliado, a desfolha também seguiu a mesma tendência da
351 incidência da doença, bem como na safra anterior. A média geral de incidência da ferrugem
352 na primeira safra foi 9%, inferior a segunda safra com 17,4% (Fig. 5 E e F).

353 As maiores desfolhas ocorreram nos meses de menor temperatura e pluviosidade.



354

355 **Fig. 5. A, B, C e D.** Precipitação acumulada e Umidade Relativa média (UR) (A e B); médias mensais das
 356 variáveis climáticas: temperaturas máxima (max), mínima (min) e média (C e D); médias de Incidência e
 357 Desfolha (E e F), na primeira e segunda safra. UFLA, Lavras/MG, 2019.
 358

359 3.2.2 Progresso da incidência da ferrugem, enfolhamento e produtividade

360 Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos para incidência da

361 ferrugem na primeira safra, aos 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) e para área abaixo da

362 curva de progresso da doença (AACPD) (Tabela 5).

363 Aos 60 DAA, todos os tratamentos foram semelhantes entre si e superiores à
 364 testemunha. Aos 120 DAA, apenas o tratamento Dinotefuran + Flutriafol (DF) foi diferente
 365 dos demais, uma vez que, nessa avaliação, todos os demais não diferiram da testemunha. Para
 366 AACPD, considerando todo o período avaliado, todos os tratamentos diferiram da
 367 testemunha. O tratamento DF diferiu dos demais com maior capacidade de redução da
 368 incidência da ferrugem, 53,4%, seguido dos tratamentos Imidacloprido + Flutriafol (IF)
 369 (39%), Imidacloprido + Triadimenol (IT) (37%) e Tiametoxan + Ciproconazol (TC) (30%), os
 370 quais foram semelhantes entre si (Tabela 5 e Fig. 6A).

371 **Tabela 5.** Valores médios da Incidência da ferrugem e Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença em
 372 função dos fungicidas aplicados na primeira safra. UFLA, Lavras/MG, 2019.

Tratamentos	Doses	I%	I%	I%	I%	I%	AACPD	C%
		30 DAA	60 DAA	90 DAA	120 DAA	150 DAA		
Testemunha	---	2,1 a	8,9 b	12,8 a	13,5 b	7,8 a	1577,4 c	
Dinotefuran 8,75% + Flutriafol 27,3	2,0 L.ha ⁻¹	1,8 a	2,6 a	7,3 a	6,3 a	3,4 a	735,0 a	53
Tiametoxan 30% + Ciproconazol 30%	1,0 kg.ha ⁻¹	1,0 a	4,2 a	10,4 a	10,9 b	4,4 a	1109,6 b	30
Imidacloprido 17,5% + Triadimenol 25%	5,0 L.ha ⁻¹	1,6 a	2,6 a	9,1 a	9,9 b	5,5 a	997,0 b	37
Imidacloprido 25% + Flutriafol 20%	2,0 L.ha ⁻¹	3,8 a	2,1 a	8,3 a	8,7 b	6,3 a	960,0 b	39
CV (%)		19,2	34,2	23,7	32,6	42,7	34,9	

373 I: incidência; DAA: dias após a aplicação; Dez-Maio: dezembro a maio; AACPD: área abaixo da curva de
 374 progresso da doença; C: controle. Médias seguidas por mesmas letras na coluna não diferem entre si por meio do
 375 teste Skott-Knott a 5% de probabilidade.

376

377 Todos os tratamentos diferiram significativamente da testemunha para incidência da
 378 ferrugem na segunda safra, a partir de 60 DAA, além da AACPD ($p < 0,05$). Nessas
 379 avaliações, todos os tratamentos foram semelhantes entre si. De acordo com AACPD, o
 380 tratamento DF reduziu 79% a incidência da ferrugem, o tratamento TC reduziu 72%, o
 381 tratamento IT 69% e o IF 71% (Tabela 6 e Fig. 6B).

382

383 **Tabela 6.** Valores médios da Incidência da ferrugem e Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença em
 384 função dos fungicidas aplicados na segunda safra. UFLA, Lavras/MG, 2019.

Tratamentos	Doses	I%	I%	I%	I%	I%	AACPD Dez-Maio	C% Dez- Maio
		30 DAA	60 DAA	90 DAA	120 DAA	150 DAA		
Testemunha	---	0,8 a	8,3 b	18,1 b	28,5 b	31,3 b	2100,5 b	
Dinotefuran 8,75% + Flutriafol 27,3	2,0 L.ha ⁻¹	0,5 a	3,4 a	2,6 a	4,2 a	6,6 a	432,0 a	79
Tiametoxam 30% + Ciproconazol 30%	1,0 kg.ha ⁻¹	0,5 a	3,1 a	6,3 a	5,7 a	8,1 a	593,4 a	72
Imidacloprido 17,5% + Triadimenol 25%	5,0 L.ha ⁻¹	0,5 a	3,9 a	7,3 a	6,3 a	7,6 a	661,7 a	69
Imidacloprido 25% + Flutriafol 20%	2,0 L.ha ⁻¹	1,6 a	2,3 a	6,5 a	6,3 a	7,8 a	601,9 a	71
CV (%)		20,4	41,2	34,2	21,4	28,3	17,0	

385 I: incidência; DAA: dias após a aplicação; Dez-Maio: dezembro a maio; AACPD: área abaixo da curva de
 386 progresso da doença; C: controle. Médias seguidas por mesmas letras na coluna não diferem entre si por meio do
 387 teste Skott-Knott a 5% de probabilidade.
 388

389 Com relação ao enfolhamento, na primeira safra houve diferença significativa do
 390 tratamento DF com os demais aos 120 e 150 DAA, além da Área Abaixo da Curva de
 391 Progresso do Enfolhamento (AACPE) ($p < 0,05$). DF proporcionou maior enfolhamento,
 392 atingindo média de 80% em ambos os tempos avaliados, seguido pelos tratamentos IT com
 393 73,5%, IF com 72,5% e TC com 72% (Tabela 7 e Fig. 6A).

394 **Tabela 7.** Valores médios do Enfolhamento e Área Abaixo da Curva de Progresso do Enfolhamento em função
 395 dos fungicidas aplicados na primeira safra. UFLA, Lavras/MG, 2019.

Tratamentos	Doses	E%	E%	E%	E%	E%	AACPE Dez-Maio
		30 DAA	60 DAA	90 DAA	120 DAA	150 DAA	
Testemunha	---	80 a	81 a	75 a	73 a	66 a	11787,5 a
Dinotefuran 8,75% + Flutriafol 27,3	2,0 L.ha ⁻¹	84 a	85 a	78 a	80 b	80 b	12723,8 b
Tiametoxam 30% + Ciproconazol 30%	1,0 kg.ha ⁻¹	85 a	84 a	76 a	75 a	69 a	12182,5 a
Imidacloprido 17,5% + Triadimenol 25%	5,0 L.ha ⁻¹	83 a	85 a	75 a	74 a	73 a	12171,3 a
Imidacloprido 25% + Flutriafol 20%	2,0 L.ha ⁻¹	83 a	85 a	78 a	74 a	71 a	12231,9 a
CV (%)		4,06	6,65	5,93	4,59	5,93	3,42

396 E: enfolhamento; DAA: dias após a aplicação; Dez-Maio: dezembro a maio; AACPE: área abaixo da curva de
 397 progresso do enfolhamento. Médias seguidas por mesmas letras na coluna não diferem entre si por meio do teste
 398 Skott-Knott a 5% de probabilidade.
 399

400 Na segunda safra, houve diferença significativa entre os tratamentos para
 401 enfolhamento aos 60, 90 e 150 DAA, além da AACPE (área abaixo da curva de progresso do

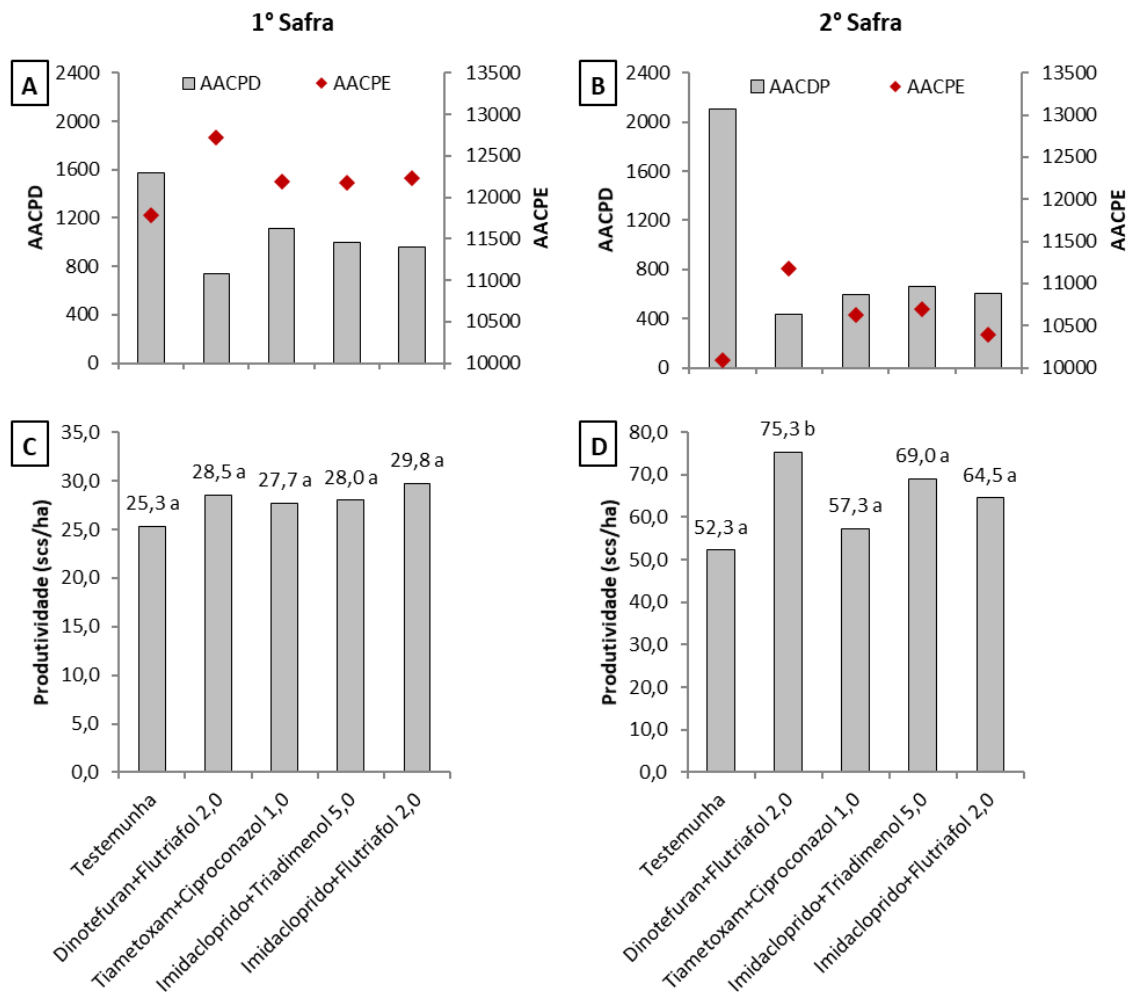
402 enfolhamento) ($p < 0,05$). Aos 60, 90 DAA e AACPE apenas o tratamento DF apresentou
 403 maior enfolhamento que os demais, enquanto aos 150 DAA todos os tratamentos foram
 404 semelhantes entre si e distintos da testemunha (Tabela 8 e Fig. 6B).

405 **Tabela 8.** Valores médios do Enfolhamento e Área Abaixo da Curva de Progresso do Enfolhamento em função
 406 dos fungicidas aplicados na segunda safra. UFLA, Lavras/MG, 2019.

Tratamentos	Doses	E%	E%	E%	E%	E%	AACPE
		30 DAA	60 DAA	90 DAA	120 DAA	150 DAA	
Testemunha	---	78 a	79 a	78 a	73 a	64 a	10093,8 a
Dinotefuran 8,75% + Flutriafol 27,3	2,0 L.ha ⁻¹	84 a	89 b	86 b	81 a	78 b	11171,3 b
Tiametoxam 30% + Ciproconazol 30%	1,0 kg.ha ⁻¹	78 a	85 a	79 a	80 a	78 b	10632,5 a
Imidacloprido 17,5% + Triadimenol 25%	5,0 L.ha ⁻¹	81 a	83 a	83 a	81 a	74 b	10700,0 a
Imidacloprido 25% + Flutriafol 20%	2,0 L.ha ⁻¹	78 a	84 a	78 a	78 a	71 b	10386,3 a
CV (%)		5,83	3,1	5,17	6,71	6,31	3,8

407 E: enfolhamento; DAA: dias após a aplicação; Dez-Maio: dezembro a maio; AACPE: área abaixo da curva de
 408 progresso do enfolhamento. Médias seguidas por mesmas letras na coluna não diferem entre si por meio do teste
 409 Skott-Knott a 5% de probabilidade.
 410

411 Na primeira safra, não houve diferença significativa entre a produtividade dos
 412 tratamentos avaliados ($p < 0,05$). Na segunda safra, o tratamento DF apresentou diferença
 413 significativa em relação aos demais, os quais foram semelhantes entre si, incluindo a
 414 testemunha ($p < 0,05$). O incremento na produtividade proporcionado por DF foi de 23 sacas
 415 por hectare em relação à testemunha. Em relação aos tratamentos TC, IT e IF o incremento foi
 416 de 18,0, 6,3 e 10,8 sacas por hectare, respectivamente (Fig. 6 C e D).



417 **Fig. 6. A, B, C e D.** AACPD e AACPE: área abaixo da curva de progresso da doença e área abaixo da curva de
 418 progresso do enfolhamento (A e B); Produtividade em sacas/ha (C e D). Nos anos de 2016 e 2017; Médias
 419 seguidas por mesmas letras nas barras não diferem entre si, por meio do teste Skott-Knott a 5% de probabilidade.
 420 UFLA, Lavras/MG, 2019.
 421
 422

423 4. Discussão

424 A proteção de plantas contra pragas e doenças por um único produto fungicida e
 425 inseticida sistêmico de aplicação via solo garante ao cafeicultor não apenas amplo espectro de
 426 ação, reduzindo as perdas causadas por esses agentes infecciosos, mas também otimização
 427 dos processos operacionais de aplicação do produto e garantia da não ocorrência de
 428 antagonismo, como pode acontecer entre mistura de produtos individuais, comprometendo a
 429 eficiência dos componentes no controle dos alvos e também o efeito de vigor esperado.

430 Nesse sentido, várias empresas propuseram produtos que combinam um inseticida
 431 sistêmico do grupo dos neonicotinóides e um fungicida do grupo dos triazóis. No geral, esses

432 produtos garantem proteção de plantas, quando avaliados sob condições controladas ou a
433 campo, principalmente, quando se considera mais de uma safra agrícola. Pode-se observar
434 diferença entre os produtos, a qual está atribuída não apenas ao controle de doenças e pragas,
435 mas também aos efeitos fisiológicos da(s) molécula(s), resultando em maior crescimento de
436 plantas e produtividade.

437 Dentre as variáveis fisiológicas avaliadas, por meio da análise de trocas gasosas, taxa
438 fotossintética, por área foliar, eficiência do uso da água e, conseqüentemente, impacto na
439 capacidade de fixação de carbono da planta, os diferentes tratamentos com fungicidas não
440 resultaram em influência significativa, positiva ou negativa, se comparados às testemunhas.
441 Em contrapartida, sob pressão de inóculo, os tratamentos com fungicidas à base de triazol
442 promoveram a manutenção da área foliar intacta, ou seja, sem a presença das lesões
443 sintomáticas da doença, resultando na manutenção das condições ótimas de trocas gasosas e,
444 conseqüente menor impacto na produtividade de plantas, como também foi discutido por
445 Toniutti et al. (2017) (Tabela 3 e Fig. 4). Esse fenômeno já foi relatado por Honorato Junior et
446 al. (2015) e associado à maior atividade de enzimas antioxidantes como peroxidases e
447 catalases.

448 Considerando que a produtividade potencial agrícola é definida pela capacidade de
449 uma planta de interceptar e converter a radiação solar em carboidratos e, posteriormente,
450 particionar a biomassa assimilada ao órgão de interesse (Long et al., 2015), a manutenção de
451 área foliar sadia pela aplicação de fungicidas impacta na produtividade da cultura, atuando
452 nos três fatores acima mencionados: a) manutenção na área capaz de interceptar a radiação
453 solar (manutenção física da área foliar); b) manutenção na área e na capacidade de conversão
454 da luminosidade solar em carboidratos pela fotossíntese (folhas com o aparato fotossintético
455 mais bem estruturado) e c) manutenção da área de fonte para remobilização de nutrientes e
456 esqueletos de carbono para o grão e/ou folhas novas. Fatores estes, que não são mantidos

457 quando há lesões foliares.

458 Ao comparar as plantas inoculadas que foram tratadas com fungicidas com as plantas
459 da testemunha inoculada e não tratadas, observou-se que o tratamento Dinotefuran +
460 Flutriafol 2 L.ha⁻¹ (DF) resultou no incremento na altura das mudas e no peso seco de raízes,
461 caules e folhas, indicando melhora nos padrões de crescimento (Tabela 4). Porém, para as
462 variáveis relacionadas à fixação de carbono, não houve diferença significativa, apesar de um
463 ligeiro declínio da fotossíntese, por área foliar das plantas desse tratamento em comparação à
464 testemunha. Isso pode refletir numa estratégia de aumento na fixação de carbono, por meio do
465 aumento da área fotossinteticamente ativa, o aumento do peso de folhas, sem alterar ou, até
466 com pequena redução na capacidade fotossintética por área foliar, explicando o maior ganho
467 de peso dessas plantas.

468 Com relação ao aumento da concentração de clorofila observada no tratamento
469 Imidacloprido + Triadimenol 5 L.ha⁻¹ (IT) (Fig. 3), pode ser resultado de um maior potencial
470 de absorção de luz solar, da cadeia de transporte de elétrons e da fluorescência da clorofila,
471 porém, não refletiu na fixação de carbono pela etapa de carboxilação da fotossíntese (Fig.
472 4A). Isso pode ser resultado do não acoplamento das reações das etapas fotoquímica e
473 bioquímica da fotossíntese, em decorrência dos diferentes potenciais de cada uma delas
474 (Porcar-Castell et al., 2014).

475 Segundo os resultados de campo, a pluviosidade dos meses com maiores índices de
476 precipitação proporcionou o molhamento foliar necessário para os uredósporos iniciarem o
477 processo de infecção e colonização. A presença de água fornecida por chuva ou orvalho,
478 aumenta o período de molhamento foliar, favorecendo a germinação da *Hemileia vastatrix*
479 (Meira et al., 2008). Sob condições ambientais ideais, apenas uma pústula é suficiente para
480 desencadear a epidemia no campo (Schieber, 1972).

481 Em contraste, a maior incidência da ferrugem nos períodos de seca pode ser explicada

482 pela menor absorção de nutrientes pela planta, nesse período e ao clima desfavorável ao
483 fungo. O patógeno com menor quantidade de alimento, em sua tentativa de sobrevivência,
484 libera maior quantidade de esporos, para dispersar-se, infectar novos hospedeiros e garantir a
485 manutenção da sua espécie (Pozza et al., 2010).

486 Em decorrência das condições climáticas favoráveis para a germinação e colonização
487 do patógeno, ocorreu aumento das esporulações. Além disso, observou-se que a incidência de
488 ferrugem está altamente relacionada com a desfolha das plantas. Essa correlação se deve à
489 maior produção de ácido abscísico, decorrente da incidência da doença, hormônio vegetal que
490 promove a senescência foliar e, conseqüentemente, causa a desfolha de mudas ou plantas do
491 cafeeiro (Song et al., 2016).

492 É importante salientar que alta produtividade promove um desequilíbrio nutricional na
493 planta e, como consequência, os cafeeiros tornam-se predispostos à infecção por *H. vastatrix*
494 (Carvalho et al., 1996). Conforme também observado no presente estudo, pois as maiores
495 produtividades e incidência ocorreram na segunda safra.

496 Outro aspecto importante a ser considerado é a bienalidade do cafeeiro, com altas
497 produtividades em um ano agrícola e baixa em outro. Associado a isso, em anos de alta
498 produtividade, a planta está mais suscetível a doenças, particularmente à ferrugem e, por
499 consequência, o controle da doença resulta em manutenção da produtividade. Durante os dois
500 anos de ensaio considerados (Fig. 6), no primeiro ano não se observou impacto dos
501 tratamentos aplicados sobre a doença de planta e produtividade, mas a produtividade geral foi
502 baixa, com 25,3 a 29,8 sacas por hectare, já para o segundo ano, a produtividade mais que
503 dobrou, variando de 52,3 a 75,3 sacas por hectare, ou seja, houve efeito da bienalidade. Esse
504 efeito está também associado à ocorrência de ferrugem, tendo em vista a variação de 23 sacas
505 entre o tratamento mais e menos eficiente em garantir maiores produtividades, DF e
506 Thiametoxam+Ciproconazol 1,0 kg.ha⁻¹ (TC). Mesmo para tratamentos que resultaram em

507 controle semelhante da ferrugem (Fig. 6 C) como o DF e IT, houve ainda ganho de 6 sacas
508 entre esses tratamentos, ou seja, esse produto, provavelmente, teve efeito fisiológico que
509 garantiu esse incremento e este pode ser confirmado, por maior enfolhamento observado no
510 campo (Tabela 8), bem como em casa de vegetação, o mesmo tratamento apresentou maior
511 altura e peso das mudas avaliadas (Tabela 4).

512 No presente experimento, apenas foi considerada a aplicação dos produtos via drench,
513 a fim de explorar o potencial de residual de cada produto, o que poderia resultar em falha na
514 proteção foliar de plantas e impacto das doenças foliares não controladas ao término do
515 residual de proteção garantido por fungicidas aplicados via drench. O impacto das doenças
516 foliares no enfolhamento de plantas apenas foi observado aos 180 dias, após o tratamento, ou
517 seja, o residual de proteção garantido pela aplicação do fungicida via drench pode estar
518 garantindo maior proteção de plantas que se previa. Todavia, a contribuição da aplicação
519 foliar de fungicidas protetores e sistêmicos após término do residual de proteção dos
520 fungicidas de solo, deve ser considerado para trabalhos futuros para esta e outras doenças que
521 possam acometer o cafeeiro (Capucho et al., 2013).

522 O ganho em produtividade obtido pela adoção dos tratamentos de inseticida e
523 fungicida, particularmente, em anos de alta carga produtiva é garantido não apenas com o
524 controle da doença, conforme avaliado no presente estudo, mas também por controle de
525 pragas como cigarras e bicho mineiro, além de efeitos fisiológicos na planta que resultam em
526 maior vigor.

527 **5. Conclusão**

528 Nas condições desse estudo:

- 529 • Em casa de vegetação, todos os fungicidas controlaram a ferrugem do cafeeiro. O
530 tratamento com Dinotefuran + Flutriafol na dose de 2,0 L.ha⁻¹ proporcionou maior
531 altura e peso de mudas secas;

- 532 • No campo, todos os tratamentos reduziram a incidência da ferrugem em comparação
533 com a testemunha. O tratamento Dinotefuran + Flutriafol na dose de 2,0 L.ha⁻¹
534 manteve as menores incidências da doença, bem como maior enfolhamento, nas duas
535 safras;
- 536 • A produtividade do tratamento Dinotefuran + Flutriafol na dose de 2,0 L.ha⁻¹ foi
537 superior aos demais tratamentos na segunda safra;
- 538 • Não foram observados sintomas de fitotoxidez.

539

540

541

542

543 ***FONTES DE FINANCIAMENTO***

544 Esta pesquisa não recebeu nenhum subsídio específico de agências de fomento nos setores
545 público, comercial ou sem fins lucrativos.

546

547

548

549 **REFERÊNCIAS**

- 550 Abbott, W.S., 1925 A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J Am Mosq.*
551 *Control. Assoc.* 18:265-266. [https://academic.oup.com/jee/article-abstract/18/](https://academic.oup.com/jee/article-abstract/18/2/265/785683?redirectedFrom=fulltext)
552 [2/265/785683?redirectedFrom=fulltext](https://academic.oup.com/jee/article-abstract/18/2/265/785683?redirectedFrom=fulltext)
- 553 Barbosa Jr., M.P., Pozza E.A., Souza, P.E., Silva, M.L.O, Pozza, A.A.A., Guimarães R.J.
554 2017. Irrigação por gotejamento e manejo do fósforo no progresso da ferrugem do
555 cafeeiro. *Coffee Sci.* 12:39-48. <https://doi.org/10.25186/cs.v12i2.1214>.
- 556 Barbosa Jr., M.P., Pozza, E.A., Santos Neto, H., Silva, M.L.O., Pozza, A.A.A., Guimarães,
557 R.J. et al, 2019. Brow eye spot subjected to different drip irrigation and fertilization
558 management. *Australas. Plant. Pathol.* 48, 1-8. [https://doi.org/10.1007/s13313-019-0623-](https://doi.org/10.1007/s13313-019-0623-y)
559 [y](https://doi.org/10.1007/s13313-019-0623-y).
- 560 Boldini, J.M., Souza, P.E., Pozza, E.A., Chalfoun, S.M., Faria, M.A., 2000. Incidência e
561 severidade da cercosporiose em frutos de cafeeiro fertirrigado na região de Lavras-MG.
562 In: *Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2000, Poços de Caldas. Resumos*
563 *Expandidos... Poços de Caldas: Embrapa Café, 2000. pp. 273-275.*
- 564 Campbell, C.L., Madden, L.V., 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology.* J. Wiley &
565 Sons, New York.
- 566 Capucho, A.S., Cabral, P., Caixeta, E.T., Zabolim, L., Maciel-Zabolim, E., 2013. Climate
567 favorability to leaf rust in Conilon coffee. *Australas. Plant Pathol.* 42, 511–514.
568 <https://doi.org/10.1007/s13313-012-0187-6>.
- 569 Carvalho, V.L., Chalfoun, S.M., Castro, H.A., Carvalho, V.D., 1996. Influência da produção
570 na incidência da ferrugem do cafeeiro. *Pesq. Agropec. Bras.* 31, 401-405
571 <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4498/1784> (acessado em 07 de
572 janeiro de 2015).
- 573 Chaves, E., Pozza, E.A., Santos Neto, H., Vasco, G.B., Dornelas, G.A., Pozza, A.A.A. 2018.
574 Temporal analyses of brow eye spot of coffee and its response to the interaction of
575 irrigation with phosphorous levels. *J. Phytopatol.* 166, 613-622.
576 <https://doi.org/10.1111/jph.12723>.
- 577 Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), 2019. Acompanhamento da safra brasileira
578 de café. CONAB, Brasília. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe> (acessado em
579 07 de janeiro de 2020).
- 580 Conselho dos Exportadores de Café do Brasil (Cecafe), 2019. Sobre a exportação do café.
581 CECAFE, São Paulo. <https://www.cecafe.com.br/sobre-o-cafe/exportacao/> (acessado em
582 01 de novembro de 2019).
- 583 Custódio, A.A.P., Pozza, E.A., Guimarães, S.S.C., Koshicomo, E.S.M., Hoyos, J.M.A.,
584 Souza, P.E., 2011. Comparison and validation of diagrammatic scales for brown eye
585 spots in coffee tree leaves. *Ciênc. Agrotec.* 35, 1067–1076.
586 <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600005>.
- 587 Custódio, A.A.P. Pozza, E.A., Custódio, A.A.P.; Souza, P.E., Lima, L.A., Silva, A.M., 2014.
588 Effect of center-pivot irrigation in the rust and brown eye spot of coffee. *Plant Dis.* 98,

- 589 943-947. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-13-0801-RE>.
- 590 Garcia Jr., D., Pozza, E.A., Pozza, A.A.A., Souza, P.E., Carvalho, J.C., Balieiro, A.C., 2003.
591 Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro em função do suprimento de
592 potássio e cálcio em solução nutritiva. *Fitopatol. Bras.* 28, 286-2913.
593 <https://doi.org/10.1590/S0100-41582003000300010>.
- 594 Guimarães, P.T.G., Pozza, E.A., Souza, P.E., Silva, M.L.O., Pozza, A.A.A., Guimarães, R.J.
595 et al, 1999. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5.
596 Aproximação. CFSEMG: Viçosa.
- 597 Honorato Jr., J., Zambolim, L., Aucique-Pérez, C.E., Resende, R.S., Rodrigues, F.A., 2015.
598 Photosynthetic and antioxidative alterations in coffee leaves caused by epoxiconazole and
599 pyraclostrobin sprays and *Hemileia vastatrix* infection.
600 *Pestic. Biochem. Physiol.* 123, 31–39. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2015.01.0162015>.
- 601 Horta, A., Albuquerque, L., 2015. Um novo fungicida protetor, com ação multissítio, é
602 apontado por pesquisadores como alternativa para reduzir o problema de resistência de
603 fungos. *Notícias Agrícolas*. <http://www.noticiasagricolas.com.br/> (acessado em 08 de
604 março de 2016).
- 605 Long, S.P., Marshall-Colon, A., Zhu, X.G, 2015. Meeting the global food demand of the
606 future by engineering crop photosynthesis and yield potential. *Cell* 161, 56-66.
607 <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.03.019>.
- 608 Luzinda, H., Wabomba, A., Musoli, P.C., Nelima, M., Kangire, A., Musebe, R.O., 2016.
609 Farmer awareness, coping mechanisms and economic implications of coffee leaf rust
610 disease in Uganda. *UJAS* 16, 207. <https://doi.org/10.4314/ujas.v16i2.6>
- 611 Marschner, H., 2012. Mineral nutrition of higher plants, third ed. Academic Press, London.
- 612 Meira, C.A.A., Rodrigues, L.H.A.; Morais, S.A., 2008. Análise da epidemia da ferrugem do
613 cafeeiro clethra árvore de decisão. *Trop. Plant Pathol.* 33, 114-124.
614 <https://doi.org/10.1590/S1982-56762008000200005>.
- 615 Perez, C.D.P., Pozza, E.A., Pozza, A.A.A., Freita, A.S., Silva, M.G., 2017. Nitrogênio e
616 Potássio na intensidade da mancha aureolada cafeeiro em solução nutritiva. *Coffee Sci.*
617 12, 60-68. <https://doi.org/10.25186/cs.v12i1.1210>.
- 618 Pinheiro, J.B., Pozza, E.A., Pozza, A.A.A., Moreira, A.S., Alves, M.C., 2011. Severidade da
619 ferrugem da soja em função do suprimento de potássio e do cálcio em solução nutritiva.
620 *Rev. Ceres* 58, 43-50. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000100007>.
- 621 Porcar-Castell, A., Tyystjärvi, E., Atherton, J., Tol, C.V., Flexas, J., Pfündel, E. et al, 2014.
622 Linking chlorophyll a fluorescence to photosynthesis for remote sensing applications:
623 mechanisms and challenges. *J. Exp. Bot.* 65, 4065–4095.
624 <https://doi.org/10.1093/jxb/eru191>.
- 625 Porto, B.N., 2019. Genome sequencing and transcript analysis of *Hemileia vastatrix* reveal
626 expression dynamics of candidate effectors dependent on host compatibility. *PLoS One*
627 14, e0215598. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215598>.

- 628 Pozza, A.A.A., Martines, H.E.P., Caixeta, S.L., Cardoso, A.A., Zambolim, L., Pozza, E.A.,
629 2001. Influência da nutrição mineral na intensidade da mancha-de-olho-pardo em mudas
630 de cafeeiro. *Pesq. Agropec. Bras.* 36, 53-60. [https://doi.org/10.1590/S0100-](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000100007)
631 204X2001000100007.
- 632 Pozza, E.A., Carvalho, V.L., Chalfoun, S.M., 2010. Sintomas de injúrias causadas por
633 doenças em cafeeiro. In: Guimarães, R.J., Mendes, A.N.G., Baliza, D.P. (Eds.),
634 *Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas*
635 *semiologia do cafeeiro*. Ed. UFLA, Lavras, pp. 68-106.
- 636 Pozza, E.A.; Pozza, A.A.A.; Botelho, D.M.S., 2015. Silicon in plant disease control. *Rev.*
637 *Ceres* 62, 323–331.
- 638 Schieber, E., 1972. Economic impact of coffee rust in Latin America. *Annu. Rev. Phytopathol.*
639 10, 491-510. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.10.090172.002423>.
- 640 Shaner, G., Finney, R.E., 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-
641 milde wing resistance in Knox wheat. *Phytopathol.* 67, 1051-1056.
642 [http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1977Abstract](http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1977Abstracts/Phyto67_1051.htm)
643 [s/Phyto67_1051.htm](http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1977Abstracts/Phyto67_1051.htm) (acessado em 13 de março de 2019).
- 644 Song, Y., Xiang, F., Miao, Y., Song, C.P., 2016. Abscisic acid as an internal integrator of
645 multiple physiological processes modulates leaf senescence onset in *Arabidopsis*
646 *thaliana*. *Front. Plant Sci.* 7, 181. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00181>.
- 647 Souza, P.E.; Dutra, M.R., 2003. Fungicidas sistêmicos. In: Souza, P. E.; Dutra, M.R.
648 *Fungicidas no controle e manejo de doenças de plantas*. Ed. UFLA, Lavras, p.p. 89-142.
- 649 Toniutti, L., Breitler, J.C., Etienne, H., Campa, C., Doulebeau, S., Urban, L. et al., 2017.
650 Influence of environmental conditions and genetic background of Arabica Coffee (*C.*
651 *arabica* L) on leaf rust (*Hemileia vastatrix*) pathogenesis. *Front. Plant Sci.* 8, 1–12.
652 <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02025>
- 653 Zambolim, L., 2016. Current status and management of coffee leaf rust in Brazil. *Trop. Plant*
654 *Pathol.* 41, 1-8. <https://doi.org/10.1007/s40858-016-0065-9>.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- a) A mistura de tanque é um fato há muitos anos na cafeicultura e, provavelmente, continuará ocorrendo. A elucidação sobre a interferência negativa no controle da ferrugem quando a mistura envolve fungicidas contendo triazol e/ou estrobilurina, juntamente com fungicidas cúpricos e fertilizantes foliares, facilitará as decisões em benefício do manejo de doenças. Tal como, dar preferência para fazer a primeira pulverização para ferrugem, considerada a mais importante do ciclo, sem misturas. Considerar a maior dose de bula dos fungicidas quando forem aplicados em mistura com cúpricos e/ou fertilizantes. Além do mais, outros trabalhos precisam ser realizados para atender à demanda do campo, entre eles, a análise química das misturas avaliadas, nesse estudo, para saber qual composto foi formado, isolar a interferência na mistura do fungicida cúprico e dos fertilizantes, trabalhar diferentes volumes de calda e avaliar a resistência da *Hemileia vastatrix* para os triazóis registrados.
- b) No tratamento via solo do cafeeiro para doenças e pragas, os dois principais produtos, nesse segmento, são registrados há mais de 10 anos. Portanto, um novo produto, contendo uma nova molécula, além de poder oferecer diferencial em controle e vigor, amplia as possibilidades de escolha do cafeicultor. Novos trabalhos de experimentação podem ser realizados, principalmente nos diferentes sistemas de poda e de irrigação, além de lavouras recém-implantadas, inclusive em biomas ainda pouco estudados nos distintos agrossistemas brasileiros, além de, em trabalhos futuros, também explorar o efeito inseticida do produto.