



RAFAELA BOTELHO ANDRADE REZENDE

**MISTURA DE FUNGICIDAS SISTÊMICOS COM
PROTETORES NA GERMINAÇÃO DE *Hemileia vastatrix* E NO
CONTROLE DA FERRUGEM EM MUDAS DE CAFEEIRO.**

**LAVRAS – MG
2021**

RAFAELA BOTELHO ANDRADE REZENDE

**MISTURA DE FUNGICIDAS SISTÊMICOS COM PROTETORES NA
GERMINAÇÃO DE *Hemileia vastatrix* E NO CONTROLE DA FERRUGEM EM
MUDAS DE CAFEIEIRO.**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências pelo Curso de Agronomia para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza
Orientador

**LAVRAS – MG
2021**

RAFAELA BOTELHO ANDRADE REZENDE

EFEITO DO USO DE MISTURAS NO MANEJO DA FERRUGEM DO CAFEIEIRO.

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências pelo Curso de Agronomia para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 07/05/2021

Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza – UFLA

Dra. Deila Magna dos Santos Botelho

Me. Felipe Douglas Soares Leal

Ma. Andreane Bastos Pereira

Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza
Orientador

**LAVRAS – MG
2021**

Aos meus pais, Rozimara Botelho Andrade Rezende e Rinaldo Andrade Rezende, por todo apoio na concretização desse sonho.

Ao meu noivo Gabriel, pelo amor, motivação, companheirismo e cumplicidade.

As amigadas as quais foram feitas ao longo da graduação.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus por me abençoar e guiar meus passos nessa jornada.

Ao meu pai, Rinaldo, por ser um exemplo de profissional e me motivar a seguir na área agrônômica. À minha mãe, Rozimara, pelos conselhos, ensinamentos e incentivo para seguir meus sonhos. Eu amo vocês.

Ao meu noivo, Gabriel, pelo amor, motivação, companheirismo e apoio, sempre presente compartilhando momentos de alegria ou superando momentos de dificuldade. Eu te amo!

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Fitopatologia por fornecer estrutura necessária para realização de uma graduação de qualidade.

Ao grupo PET Agronomia, por me receber no início da graduação contribuindo com ensinamentos os quais me fizeram uma pessoa e profissional melhor.

Ao Núcleo de Estudos em Sistema de Plantio Direto, por também me receber no início da graduação e criar a motivação inicial para a realização de uma boa graduação.

Ao Grupo de Estudos em Proteção de Plantas, por acreditarem em mim para liderar o grupo e proporcionar grande crescimento.

Ao professor Edson, por me orientar durante toda a graduação e por todos os ensinamentos passados.

À minha co-orientadora, Andreane, por todo conhecimento compartilhado, paciência, conselhos e sobretudo pela amizade construída.

Ao Sílvio, técnico do Laboratório de Epidemiologia, pela paciência, ensinamentos passados e por sempre me ajudar nos experimentos.

A todas amigas de Lavras e aquelas realizadas ao longo da graduação.

A todos os quais, direta ou indiretamente, contribuíram para a finalização dessa etapa.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

A Ferrugem do Cafeeiro (*Hemileia vastatrix*), é considerada a principal doença da cultura. Para controlar a doença, a pulverização de misturas de fungicidas dos grupos químicos triazóis e estrobilurinas são os mais utilizados. Com a regulamentação da mistura em tanque, esses produtos são frequentemente misturados com fungicidas a base de cobre e sais para a nutrição da planta. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar se a mistura de fungicidas cúpricos, triazóis, estrobilurinas e sais de nutrição afetam a eficiência dos triazóis e das estrobilurinas no controle de Ferrugem do Cafeeiro. Dois experimentos foram conduzidos, um “*in vitro*”, realizado em laboratório, e outro em mudas, conduzido em casa de vegetação. Os tratamentos foram os mesmos para ambos os experimentos, os quais consistiram de azoxistrobina+ ciproconazol + hidróxido de cobre + calda viçosa (750 ml + 2 kg + 2,5kg); azoxistrobina+ ciproconazol + hidróxido de cobre + calda viçosa (900 ml + 2 kg + 2,5kg); azoxistrobina+ ciproconazol + hidróxido de cobre (500 ml + 2 kg); azoxistrobina+ ciproconazol (500 ml); hidróxido de cobre + calda viçosa (2 kg + 2,5 kg); calda viçosa (2,5 kg); hidróxido de cobre (2 Kg); e testemunha. No primeiro experimento, foi avaliada a porcentagem de germinação de esporos de *H. vastatrix*. Em mudas, a eficiência das misturas na incidência e severidade da doença ao longo do tempo. As variáveis significativas no teste F da análise de variância foram submetidas ao teste de agrupamento de Tukey ($p < 0,05$). No experimento “*in vitro*”, todos os tratamentos foram eficientes em inibir a germinação. A maior inibição, de 97,6, foi do tratamento azoxistrobina+ ciproconazol 750 ml + hidróxido de cobre 2Kg + calda viçosa 2,5Kg. No experimento “*in vivo*” houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos de misturas com triazóis e estrobilurinas. Os tratamentos com maiores valores de AACPDS foram hidróxido de cobre (2Kg), hidróxido de cobre + calda viçosa (2Kg + 2,5Kg) e calda viçosa (2,5Kg), apresentaram os valores 0,53, 0,40, 0,40, respectivamente e estes diferiram dos demais tratamentos. Para AACPDI, os tratamentos hidróxido de cobre (2Kg), hidróxido de cobre + calda viçosa (2Kg + 2,5Kg) apresentaram os maiores valores, 134,82 e 128,49, respectivamente, diferindo dos demais tratamentos. Para o pH de calda, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos, observou-se os menores valores de pH nos tratamentos com a calda viçosa. O peso da parte aérea seca, diferiu da testemunha ($p < 0,05$), com exceção do tratamento com a calda viçosa, pois houve acentuada queima de folhas devido ao baixo pH de calda.

Palavras-chave: Ferrugem do cafeeiro; misturas; sistêmicos, protetores, controle químico.

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

TABELAS

Tabela 1: Tratamentos utilizados para teste “ <i>in vitro</i> ” e “ <i>in vivo</i> ” e suas respectivas doses. Lavras, MG, UFLA, 2020	19
Tabela 2: Valores de pH de calda em tempos analisados.....	38
Tabela 3: Resumo da análise de variância para análise de pH da calda de pulverização. Lavras, MG, UFLA, 2020.....	38
Tabela 4: Resumo da análise de variância para teste de germinação de uredinósporos de <i>Hemileia vastatrix</i> . Lavras, MG, UFLA, 2020.....	38
Tabela 5: Resumo da análise de variância para área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPDI). Lavras, MG, UFLA, 2020.....	39
Tabela 6: Resumo da análise de variância para área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPDS). Lavras, MG, UFLA, 2020.....	39
Tabela 7: Resumo da análise de variância para peso da parte aérea seca. Lavras, MG, UFLA, 2020.....	39

FIGURAS

Figura 1: Variação de pH de calda em função do tempo após o preparo.....	22
Figura 2: Germinação de uredinósporos de <i>Hemileia vastatrix</i> e porcentagem de inibição submetidos a tratamentos com diferentes misturas. Lavras, MG, 2020.....	24
Figura 3: Efeito dos tratamentos para área abaixo da curva do progresso da incidência (AACPDI) nas diferentes datas de avaliação e porcentagem de controle para Ferrugem, em mudas de cafeeiro. Lavras, MG, 2020.....	25
Figura 4: Efeito dos tratamentos para área abaixo da curva do progresso da severidade (AACPDS) nas diferentes datas de avaliação e porcentagem de controle para Ferrugem, em mudas de cafeeiro. Lavras, MG, 2020.....	26

Figura 5A e 5B: (A) Curva de progresso da incidência da Ferrugem do cafeeiro (AACPDI) e (B) Curva de progresso da severidade da Ferrugem do cafeeiro (AACPDS). Pulverização dos tratamentos foi feita 15 dias antes da inoculação. Lavras, MG, 2020.....	26 e 27
Figura 6: Efeito dos tratamentos no peso da parte área seca. Lavras, MG, UFLA, 2020.....	29
Figura 7: Queima de mudas causada por baixo pH de calda do produto Viça Café. Lavras, MG, UFLA, 2020.....	30

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	OBJETIVO	12
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1.	O cafeeiro e a Ferrugem.....	13
3.2.	Controle químico	15
3.2.1.	Uso de misturas.....	16
4.	MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1.	Área de estudo e tratamentos	18
4.1.2.	Experimento “ <i>in vitro</i> ”.....	18
4.4.1.	Experimento “ <i>in vivo</i> ”.....	19
4.2.	Obtenção do inóculo e inoculação	20
4.3.	Avaliação da doença	20
4.4.	Variáveis para análise	20
4.4.1.	Análise de pH da calda de pulverização	20
4.4.2.	Incidência e Severidade	21
4.4.3.	Área abaixo da curva de progresso da doença	21
4.4.1.	Peso da parte aérea seca.....	22
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5.1.	pH de calda	22
5.2.	Experimento “ <i>in vitro</i> ”.....	23
5.2.1.	Avaliação <i>in vitro</i> da toxicidade das diferentes misturas na germinação de urediniosporos de <i>H. vastatrix</i>	23
5.3.	Experimento “ <i>in vivo</i> ”.....	25
5.3.1.	Área abaixo da curva de progresso da doença	25
5.3.2.	Peso da parte aérea seca.....	28
6.	CONCLUSÃO	31
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
	ANEXO	38

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café. A produção estimada na safra de 2021 para o Café Arábica é de 29,72 e 32,99 milhões de sacas beneficiadas, representando decréscimo de 32,4% a 39,1% em relação à última safra (CONAB, 2021). De acordo com a Cecafé (2021), a produção mundial de café arábica em 2020 foi de 105,3 mil de sacas, representando aumento de 13,6% em relação à safra de 2019.

Minas Gerais é o maior estado produtor, responsável por 55% da produção da última safra (CONAB, 2021). Segundo a Revista Cafeicultura (2019), o estado de Minas Gerais dobrou sua produtividade entre os anos de 2001 e 2018 e a cultura do café está presente em 55% dos municípios do estado, mostrando assim sua importância socioeconômica.

Dentre as principais doenças do cafeeiro, a Ferrugem é de grande importância, podendo causar até 50% de perdas na ausência de manejo. O agente etiológico dessa doença é o fungo *Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome, relatado a primeira vez no Brasil na década de 70 (POZZA et al., 2010).

Temperaturas entre 21 e 25° C, molhamento foliar de no mínimo quatro horas e umidade relativa do ar superior a 85% e mais de 4 horas de duração do molhamento foliar, são as condições ideais para o progresso da doença (POZZA et al., 2010).

Os sintomas da doença são manchas cloróticas na superfície adaxial. Na face abaxial, forma-se massa de esporos de coloração alaranjada, as quais podem resultar em necrose do limbo, caso não seja realizado o controle (CARVALHO e CHALFOUN, 2000). As perdas causadas devido a doença advém principalmente da desfolha e redução da área fotossintética, podendo gerar morte de ramos plagiotrópicos (POZZA e POZZA, 2012), afetando também o ano seguinte de produção.

O principal método de controle da doença, é o químico. Fungicidas sistêmicos, dos grupos químicos dos triazóis e estrobilurinas e os de contato, cúpricos e mancozeb, são os mais utilizados no manejo da Ferrugem do cafeeiro. Os triazóis são produtos sistêmicos e possuem absorção e translocação acropetal, de forma ascendente, além de possuírem efeitos curativos e ação residual prolongada. As estrobilurinas possuem ação mesostêmica, sendo assim, tem alta afinidade com a superfície foliar e são absorvidas através da camada de cera. Já os cúpricos são usados de forma preventiva, atuam por contato, não são sistêmicos. São aplicados sobre as superfícies foliares e formam camada de proteção e em contato com o patógeno, são absorvidos e tem efeito tóxico, matando o esporo e seu tubo germinativo, evitando assim, a sua penetração (EHR e KEMMITT, 2002; FORCELINI, 1994)

Atualmente, são comuns produtos comerciais serem encontrados com misturas de triazóis e estrobilurinas, os 'strobymix'. Porém, nas propriedades rurais misturam-se esses produtos com outros a base de cobre e também os micronutrientes, utilizados na nutrição da planta, visando principalmente reduzir o custo de aplicação. A prática de mistura de defensivos agrícolas é denominada mistura em tanque, e esta foi regulamentada no ano de 2017, segundo a Portaria 148, de 26 de dezembro de 2017.

Não é conhecido com detalhes o efeito dessas misturas, estes podem ser sinérgicos, antagônicos ou complementares, para isso são necessárias pesquisas visando obter dados de compatibilidade e eficácia das misturas.

2. OBJETIVO

Avaliar se misturas de fungicidas cúpricos, triazóis, estrobilurinas e sais de nutrição afetam a eficiência dos triazóis e das estrobilurinas no controle de Ferrugem do cafeeiro.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. O cafeeiro e a Ferrugem

A história do café tem origem na Etiópia, porém o povo responsável por sua propagação foram os Árabes (BOULAY et al., 2000). O café chegou ao Brasil em 1727, mais especificamente no município de Belém (OLIVEIRA et al., 2012). Inicialmente foi cultivado em locais com as condições climáticas favoráveis, após o surgimento de técnicas de manejo da cultura, o cultivo se estendeu por quase todo território brasileiro (MATIELLO et al., 2015).

Apesar do Brasil apresentar condições climáticas ideais para o desenvolvimento do cafeeiro, o clima também favorece algumas pragas e doenças com potencial de causar grandes prejuízos. As doenças mais favorecidas são a Ferrugem do cafeeiro, cercosporiose, mancha de phoma e os nematoides (MESQUITA, 2016).

Segundo a Revista Cafeicultura (2015), 90% das cultivares plantadas no território brasileiro atualmente são Mundo Novo e Catuaí, pois possuem características desejáveis por produtores rurais, como: rusticidade, boa produção, adaptabilidade e qualidade de bebida, no entanto, ambas cultivares são susceptíveis a Ferrugem do cafeeiro.

A Ferrugem do cafeeiro é considerada a principal doença da cultura e tem como agente etiológico o fungo *Hemileia vastatrix* Berkeley e Broome. Foi observada por Berkeley em folhas originárias do Sri Lanka, antigo Ceilão, no ano de 1869. No Brasil foi relatada no ano de 1970 no estado da Bahia (CARVALHO et al., 1989).

O fungo causador da doença pertence à classe dos Basidiomicetos, da família *Pucciniaceae* e é biotrófico, ou seja, necessita de tecido vivo para crescer. As condições favoráveis para seu desenvolvimento são umidade relativa alta, baixa luminosidade, temperatura entre 20 e 24°C e além disso, alto nível de enfolhamento e produções elevadas favorecem a doença (MESQUITA, 2016).

As cultivares de café são cultivadas geralmente em sistemas adensados e com nutrição desequilibrada, favorecendo assim o progresso da Ferrugem do cafeeiro. As perdas de produção causadas por essa doença variam de 35 a 50%, dependendo da susceptibilidade da cultivar, podem atingir prejuízos anuais de até 2 bilhões de dólares (TALHINHAS et al., 2017).

A doença pode ocorrer em folhas jovens e velhas. Na face adaxial das folhas observa-se manchas cloróticas e na face abaxial pústulas de cor alaranjada, estas se intensificam com o progresso da doença (POZZA et al, 2010). Para a doença se instalar no cafezal, é necessário o

inóculo primário, sendo estes urediniósporos produzidos em plantas infectadas e também nas folhas caídas no solo.

O progresso da doença depende do período de incubação do fungo, ou seja, a quantidade de dias a partir da penetração no tecido da planta. Quando o tempo de incubação é menor, a possibilidade de ocorrerem mais ciclos da doença e seus danos serem maiores, é maior (KUSHALAPPA, 1989). No Brasil, o período de incubação varia de 25 a 45 dias, sendo a temperatura um fator de grande influência. Esse período se apresenta maior em condições de temperatura superiores a 28°C e menor em condições de temperatura inferiores a 18°C (KUSHALAPPA, 1989).

De acordo com De Paiva Custódio (2014), no geral, o pico de ocorrência da doença deve ocorrer entre Julho e Setembro. A incidência da Ferrugem depende de fatores como: condições climáticas, densidade de plantio, carga pendente de frutos e manejo adotado. A ausência ou presença de irrigação, em diferentes lâminas aplicadas, também pode afetar a incidência da doença.

Para controlar a doença, o uso de cultivares resistentes é o mais recomendável, porém a duração da resistência nas cultivares ainda é uma característica muito pesquisada, pois o potencial evolutivo do fungo, relacionado com a variabilidade e o surgimento de novas raças, é positivo ao fungo, sendo mais fácil a adaptação aos genes de resistência, principalmente os SH (GODOY et al., 1997; VARZEA e MARQUES, 2005; CABRAL et al. 2009).

O fungo possui mais de 50 raças descritas mundialmente. No Brasil já foram diferenciadas mais de 15 raças e recentemente foi identificada a raça XXXIII, esta quebrou a resistência de algumas cultivares como: Catimor, Tupi Amarelo e Catucaí Amarelo, portanto deverá ser uma ameaça aos cafezais em todo o mundo (CAPUCHO et al., 2012; ZAMBOLIM, 2016; AVELINO et al., 2015; VAN DER VOSSSEN et al., 2015; MCCOOK & VANDERMEER, 2015; TALHINHAS, et al., 2017).

Porto et al. (2019) constataram o genoma de *H. vastatrix* como um dos maiores entre as ferrugens, no entanto, o tamanho não corresponde a maior quantidade de genes. Há possibilidade de expansão de genoma, devido a novos genes ou acréscimo de regiões repetitivas, e também pela multiplicação de “transposons”, estes são importantes fontes de variabilidade ocasionadas por mutações na evolução do fungo (SPANU, 2012).

O fungo causador da Ferrugem, além de possuir grande quantidade de “transposons”, possui ciclo mais curto do que a planta hospedeira, sendo assim, se reproduzem frequentemente, evoluindo mais rápido (PORTO et al., 2019).

As variedades Catuaí e Mundo Novo ainda são empregadas em larga escala, devido a sua robustez e tolerância a intempéries, além disso, ainda respondem a inovações tecnológicas, incrementando produtividade. Porém, estas cultivares são suscetíveis à Ferrugem do cafeeiro,

Sendo assim, o controle químico é amplamente utilizado e se recomendado e utilizado da maneira correta, traz resultados positivos. Esse tipo de manejo é feito principalmente com fungicidas do grupo químico dos triazóis, das estrobilurinas e dos cúpricos. Os cúpricos normalmente utilizados antes do período chuvoso, intercalados ou misturados aos ‘strobymix’ e os demais após, buscando efeito curativo (PEREIRA et al., 2019).

3.2. Controle químico

Segundo Porto et al. (2019), a melhor estratégia para controlar a Ferrugem do cafeeiro seria o uso de cultivares resistentes. Porém o fungo possui mais de 50 raças e tem-se observado a seleção de indivíduos dentro da raça ou até mesmo raças selecionadas capazes de serem patogênicas a esses novos cultivares. Sendo assim, o controle químico é amplamente utilizado e consiste na aplicação de fungicidas protetores e/ou sistêmicos (POZZA et al., 2010; SILVA-ACUNÃ et al. 1993a, b).

Atualmente, os grupos químicos mais empregados são a mistura dos triazóis com estrobilurinas, acompanhados dos cúpricos e do mancozeb.

Os fungicidas triazóis são seletivos e apresentam alta mobilidade nas plantas, sendo esta exclusivamente via xilema e sua ação sistêmica é dependente em quase 99% desse tipo de transporte. Como vantagem desses fungicidas tem-se ação residual prolongada, pois não se acumulam na superfície das folhas, não sendo possível sua lixiviação, e também não possuem fotodegradação, devido a sua formulação (AZEVEDO, 2007; AZEVEDO, 2003).

Os triazóis são recomendados para serem utilizados de forma preventiva e curativa. Preventivamente, possuem proteção parcial, pois ocorre o efeito tóxico na germinação, mas o fungo ainda pode penetrar nos tecidos. Já quando utilizado de forma curativa, o fungicida inibe o crescimento do micélio no interior das células e o desenvolvimento do haustório (EHR & KEMMITT, 2002; FORCELINI, 1994).

Os fungicidas desse grupo também são chamados de DMI, possuem modo de ação na biossíntese do ergosterol, lipídio de membrana. O fungicida ocupa os sítios de ligação da enzima C14 α - demetilase, sendo assim, alguns esteróis são acumulados devido a inativação da demetilação do lanosterol, que formaria compostos intermediários precursores de ergosterol. A

falta desse composto induz lise da célula e interfere no crescimento do micélio (JULIATTI, 2005; FORCELINI, 1994; TOMLIN, 2002)

Apesar dos triazóis possuírem vantagens curativas, quando a doença atinge incidência superior a 10% combinada a alta carga de frutos, a eficácia é inferior (SOUZA et al, 2011).

As estrobilurinas, também chamadas de QoI, são fungicidas com atuação na respiração mitocondrial, mais especificamente no complexo III de respiração, bloqueando a transferência de elétrons entre os citocromos b e c1, conseqüentemente atuando na síntese de ATP (MATOS et al., 2016).

A ação das estrobilurinas ocorre principalmente de maneira preventiva, atuando na germinação de esporos, no entanto podem ter ação curativa logo após a germinação, realizando atividade antiesporulante (RODRIGUES, 2006).

Esse grupo de fungicidas apresenta propriedades mesostêmicas ou de profundidade, a absorção na folha ocorre de forma gradual e constante, sendo a translocação via vasos condutores praticamente inexistente. As propriedades lipofílicas, permitem alta interação com as camadas foliares externas e internas, ocasionando a formação de um depósito livre na camada externa da folha, muito resistente a lixiviação pela chuva, resultando em efeito residual longo (RODRIGUES, 2006; VENÂNCIO et al., 1999).

Os fungicidas a base de cobre são os mais utilizados na cultura do café. São fungicidas inorgânicos com propriedades multissítios, isto é, atuam em vários sítios do metabolismo. O íon Cu^{2+} , acumula-se nas células dos fungos e formam complexos com algumas enzimas, estas são inativadas causando distúrbios no metabolismo e lise de células (RODRIGUES, 2006). Nas plantas agem de forma protetora, acumulam-se na superfície das folhas e atuam formando uma barreira, não sendo possível a penetração do patógeno na epiderme foliar, (MATIELLO et al., 2006; HONORATO JÚNIOR et al., 2015 a,b).

3.2.1. Uso de misturas

A mistura de triazóis e estrobilurinas tem sido utilizada por proporcionar melhor controle das doenças garantido por maior período residual (MATOS et al., 2016). A combinação de fungicidas cúpricos com sistêmicos, além de fornecer cobre para as plantas, reduz o risco da resistência ser desenvolvida por as populações de fungos devido à pressão de seleção (SOUZA et al, 2012).

Atualmente, é possível encontrar no mercado vários produtos comerciais os quais são misturas de triazóis e estrobilurinas e altamente eficientes para o controle da Ferrugem do

cafeeiro (MATOS et.al., 2016). No entanto, observa-se o uso de misturas de produtos comerciais, essa prática é denominada mistura em tanque (GUIMARÃES, 2014; OLIVEIRA, 2014; KRAUSE, 2014).

Amparada por a Portaria nº 148, de 26 de dezembro de 2017, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a mistura em tanque se caracteriza como “associação de agrotóxicos e afins no tanque do equipamento aplicador, imediatamente antes da aplicação”. Segundo Guimarães (2014), a mistura em tanque propicia vários benefícios, alguns deles são: redução de custos, pois tem-se menos entradas na área, menor gasto com combustíveis e menor gasto de água, além de proporcionar melhor qualidade no trabalho dos aplicadores devido a menor exposição aos agrotóxicos e prevenção do risco de resistência.

Mattos et al. (2002), destacou a importância de estudos relacionados às misturas de agroquímicos, devido a 97% das propriedades realizarem a mistura em tanque (GAZZIERO, 2015). Além disso, Castro (2009) relatou os possíveis efeitos da mistura em tanque, sendo eles sinérgicos, antagônicos ou aditivos, quando comparados com aplicações isoladas de cada produto, reforçando assim a necessidade de estudos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de estudo e tratamentos

Foram realizados dois experimentos, sendo um experimento ‘*in vitro*’ e outro “*in vivo*”, em casa de vegetação.

4.1.2. Experimento “*in vitro*”

O ensaio foi realizado em placas de Petri contendo meio ágar-água (1,5%) em delineamento inteiramente casualizado, constituído por 8 tratamentos e 4 repetições. Foram realizadas duas repetições por placa, totalizando 2 placas por tratamento.

Os tratamentos (Tabela 1) foram incorporados no meio fundente. Logo após, foi preparada suspensão de esporos em água esterilizada, calibrada em hemacitômetro na concentração de 1×10^4 urediniósporos/ml (GUZZO et al., 2009). Foi inoculada alíquota de 0,1 mL da suspensão sobre o meio água-ágar contendo os tratamentos.

Posteriormente, essas placas foram mantidas em BOD, no escuro, a 23°C por 18 horas. Após esse período a germinação foi interrompida com a adição de gotas de lactofenol. Com o auxílio de um microscópio óptico, com aumento de 100x, foram contados o número de esporos germinados ou não, totalizando 100 esporos por repetição.

Tabela 1: Tratamentos utilizados para teste “*in vitro*” e “*in vivo*” e suas respectivas doses. Lavras, MG, UFLA, 2020.

Tratamentos	Ingredientes ativos	Dose/200L	Dose aplicada/500ml
Priori Xtra + Kocide + Viça Café (calda viçosa)	Azoxistrobina+ ciproconazol + hidróxido de cobre + potássio (K ₂ O) 10% + magnésio (Mg) 1% + enxofre (S) 10% + boro (B) 3% + cobre (Cu) 10% + manganês (Mn) 2% + zinco (Zn) 6%	750 ml + 2 kg + 2,5kg	1,875ml + 5g + 6,25g
Priori Xtra + Kocide + Viça Café (calda viçosa)	Azoxistrobina+ ciproconazol + hidróxido de cobre + potássio (K ₂ O) 10% + magnésio (Mg) 1% + enxofre (S) 10% + boro (B) 3% + cobre (Cu) 10% + manganês (Mn) 2% + zinco (Zn) 6%	900 ml + 2 kg + 2,5kg	2,25ml + 5g + 6,25g
Priori Xtra + Kocide	Azoxistrobina+ ciproconazol + hidróxido de cobre	500 ml + 2 kg	1,25ml + 5g
Priori Xtra	Azoxistrobina+ ciproconazol	500 ml	1,25ml
Kocide + Viça Café (calda viçosa)	Hidróxido de cobre + potássio (K ₂ O) 10% + magnésio (Mg) 1% + enxofre (S) 10% + boro (B) 3% + cobre (Cu) 10% + manganês (Mn) 2% + zinco (Zn) 6%	2 kg + 2,5 kg	5g + 6,25g
Viça Café (calda viçosa)	Potássio (K ₂ O) 10% + magnésio (Mg) 1% + enxofre (S) 10% + boro (B) 3% + cobre (Cu) 10% + manganês (Mn) 2% + zinco (Zn) 6%	2,5 kg	6,25g
Kocide	Hidróxido de cobre	2 Kg	5g
Testemunha	-	-	-

4.4.1. Experimento “*in vivo*”

Mudas de café da cultivar catuaí vermelho IAC 144 suscetíveis a Ferrugem do cafeeiro foram utilizadas, contendo em média 6 pares de folhas, plantadas em sacos plásticos. O experimento foi composto de 8 tratamentos (tabela 1) e 4 repetições em delineamento experimental em blocos casualizados. Sendo cada parcela experimental constituída por 5

mudas, totalizando 160 plantas. Foi realizada uma aplicação via foliar de 20 ml por muda, nas duas faces da folha. Após 15 dias foi realizada a inoculação das plantas.

4.2. Obtenção do inóculo e inoculação

O patógeno para a realização da inoculação de ambos os experimentos foi obtido de folhas infectadas coletadas no campo e levadas ao Laboratório para coleta de esporos. As folhas foram submetidas a câmara úmida por 24 horas. Após esse período foram lavadas com água deionizada e com auxílio de um pincel adicionou-se à suspensão em Becker de vidro. Logo após, a calibragem da mesma foi determinada em hemacitômetro, a concentração ajustada a 1×10^5 urediniosporos/mL (SILVA et al., 2013) e aplicada com atomizador ‘De Vilbiss’ n° 15 na face abaxial das folhas de café a partir do ápice, foram utilizados 12 ml/muda. Após a inoculação, os vasos foram cobertos com saco plástico por 72 horas, para gerar as condições adequadas para o fungo (CRUZ FILHO e CHAVES, 1973).

4.3. Avaliação da doença

As avaliações para o experimento “*in vivo*” foram iniciadas quando observados os primeiros sinais da doença, ou seja, pústulas esporulantes na superfície abaxial da planta. As avaliações da incidência e da severidade da doença foram realizadas em intervalos de 7 dias, totalizando 5 avaliações.

4.4. Variáveis para análise

4.4.1. Análise de pH da calda de pulverização

O experimento foi conduzido no laboratório de Epidemiologia do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras, a fim de analisar a interferência de cada produto utilizado no experimento (Tabela 1) em mudas de cafeeiro na alteração do pH da calda de pulverização, com o auxílio do peagâmetro de bancada da Quimib modelo Q400AS. Foram avaliados 8 tratamentos com 3 repetições. Os tratamentos foram preparados em copos de plástico de 300 ml, posteriormente o pH foi medido nos tempos 0, 1, 2, 4 e 8 horas após o preparo da calda. Os tratamentos utilizados foram os mesmos dos experimentos *in vitro* e *in vivo*.

4.4.2. Incidência e Severidade

A incidência foi avaliada contabilizando folhas com lesão em relação ao número total de folhas por parcela, empregando a equação:

$$I (\%) = (Nf/Nt) \times 100$$

Onde,

Nf: número de folhas lesionadas

Nt: número total de folhas avaliadas do hospedeiro

A severidade da doença foi avaliada usando a escala diagramática de Cunha et. al., 2001, com as notas que variam de 1 – de 0 a 3% de área foliar lesionada; 2 – de 3 a 6% de área foliar lesionada; 3 – de 6 a 12% de área foliar lesionada; 4 – de 12 a 25% de área foliar lesionada; 5 – de 25 a 50% de área foliar lesionada até 6 – mais de 50% de área foliar lesionada.

4.4.3. Área abaixo da curva de progresso da doença

Foi calculada a área abaixo da curva do progresso da doença da incidência e da severidade para a Ferrugem do cafeeiro, com os dados coletados nas 5 avaliações ao longo do tempo, de acordo com a seguinte fórmula:

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

Sendo,

AACPD = área abaixo da curva de progresso da doença;

Y_i = proporção de doença na i -ésima observação;

T_i = tempo, em dias, na i -ésima observação;

n = número total de observações

4.4.1. Peso da parte aérea seca

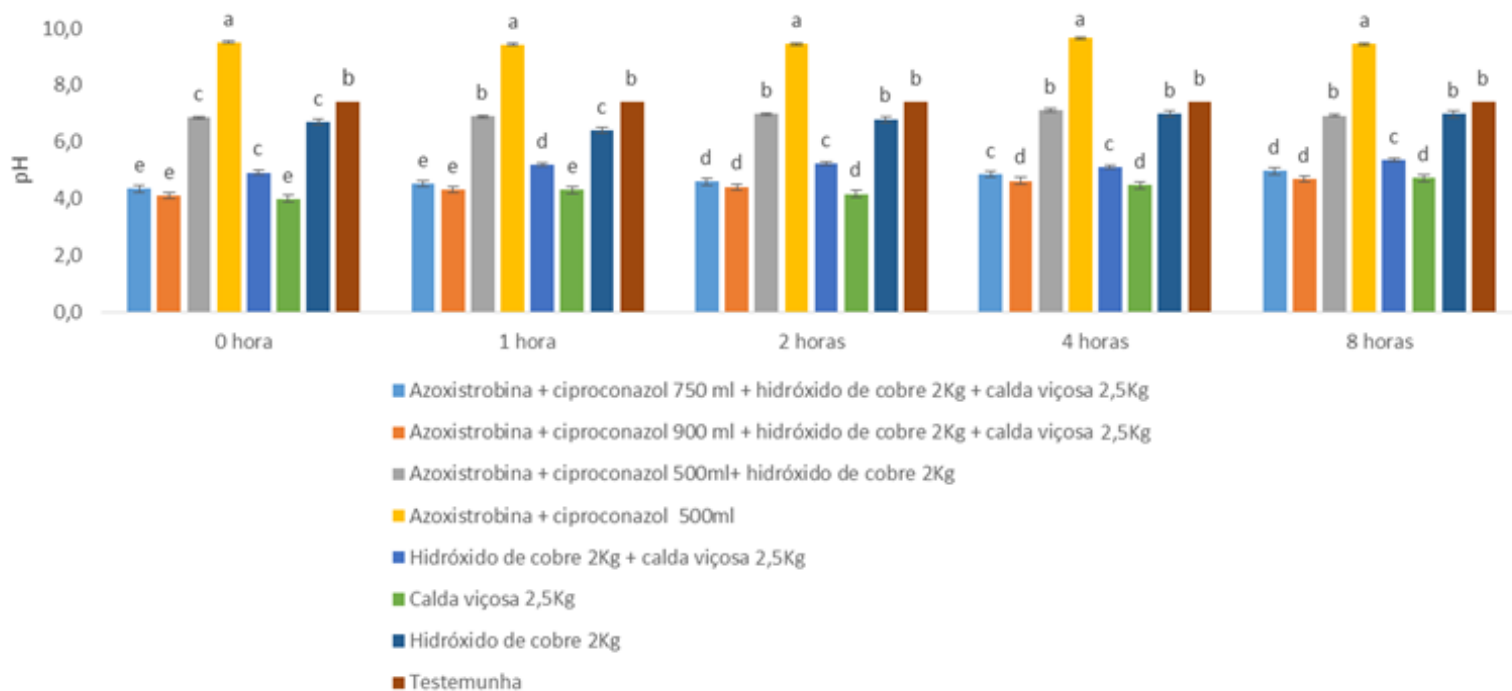
Após realizadas todas as avaliações, foi coletada toda a parte aérea. Essas amostras foram lavadas com água destilada, e armazenadas dentro de sacos de papel, secos em estufa de circulação forçada a 60°C por 4 dias até atingirem peso constante. Após secagem foram realizadas as pesagens.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. pH de calda

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) do pH de calda entre os tratamentos. Observou-se em caldas com a presença da calda viçosa (Viça Café), pH's inferiores em relação as demais. A calda viçosa isolada apresentou os menores valores de pH variando entre 4,0 e 4,73 (Figura 1) no intervalo de tempo analisado. Com a utilização do produto a base de hidróxido de cobre (Kocide), o pH apresenta-se próximo da neutralidade.

Figura 1: Variação de pH da calda em função do tempo após o preparo.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Ao adicionar a calda viçosa e o hidróxido de cobre na mesma calda, o pH ainda encontra-se abaixo da neutralidade, variando entre 4,93 e 5,38 (Figura 1) no intervalo de tempo analisado. Além disso, quando adicionado ciproconazol + azoxistrobina + hidróxido de cobre

+ calda viçosa, independente da dose de ciproconazol + azoxistrobina, o pH não ultrapassou 4,98.

Vilela (2019) obteve em caldas com apenas fertilizantes foliares o pH de 3,4 e em caldas com apenas hidróxido de cobre o pH de 7,8. No entanto, em caldas contendo ciproconazol + azoxistrobina + hidróxido de cobre + fertilizante foliar, o pH foi de 5,9. Os pH's obtidos pela autora foram similares ao do presente trabalho, mostrando-se ácidos em caldas com apenas calda viçosa e altos em caldas com apenas hidróxido de cobre. Em ambos trabalhos, ao adicionar ciproconazol + azoxistrobina + hidróxido de cobre + calda viçosa (fertilizante foliar) em mistura, o pH não alcança a neutralidade. De acordo com Vilela (2019), isso ocorre devido à queda no pH causada com adição da calda viçosa ser superior ao aumento proporcionado por cobre, em relação ao pH neutro.

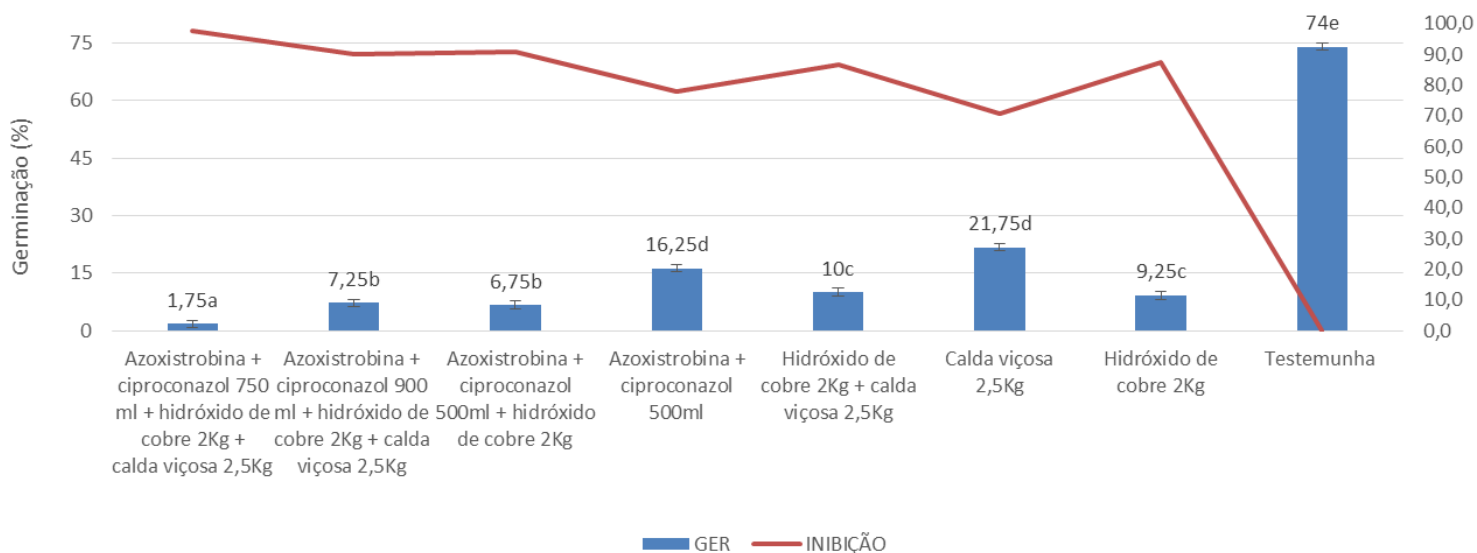
Segundo Petter et al. (2013), valores de pH de calda próximos da neutralidade podem gerar precipitados, pois apresentam maior quantidade de cátions, e estes podem se ligar aos ativos da calda. Devido à redução do pH, pode-se ocorrer adsorção de outras moléculas da mistura pois os produtos podem ter suas cargas negativas reduzidas.

5.2. Experimento “*in vitro*”

5.2.1. Avaliação *in vitro* da toxicidade das diferentes misturas na germinação de urediniósporos de *H. vastatrix*

No teste de avaliação da porcentagem de germinação, *in vitro*, todos os tratamentos diferiram da testemunha ($p < 0,05$), a qual apresentou 74% de germinação de urediniósporos. O tratamento com maior inibição da germinação foi o azoxistrobina + ciproconazol 750 ml + hidróxido de cobre 2Kg + calda viçosa 2,5Kg, com 97,6. Já os tratamentos azoxistrobina + ciproconazol 500ml + hidróxido de cobre 2Kg e azoxistrobina + ciproconazol 900 ml + hidróxido de cobre 2Kg + calda viçosa 2,5Kg, apresentaram 90,9 e 90,2 de inibição da germinação, respectivamente. Os tratamentos hidróxido de cobre 2Kg, com 87,5, hidróxido de cobre 2Kg + calda viçosa 2,5Kg, com 86,5, azoxistrobina + ciproconazol 500ml, com 78,0 e calda viçosa 2,5Kg, com 70,6 (Figura 2).

Figura 2: Germinação de urediniósporos de *Hemileia vastatrix* e porcentagem de inibição submetidos a tratamentos com diferentes misturas. Lavras, MG, 2020.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Os tratamentos calda viçosa 2,5Kg e azoxistrobina + ciproconazol 500ml obtiveram as maiores porcentagens de germinação. O Piori Xtra tem em sua composição triazol e estrobilurinas (azoxistrobina + ciproconazol), os triazóis, na maioria dos casos, não tem efeito na germinação de esporos (Buck & Williams-Woodward, 2003; Pontzen & Scheinpflug, 1989). Já a estrobilurinas possuem ação na germinação, porém segundo Singh et.al (2010), a azoxistrobina possui degradação mais rápida em pH 9 quando comparada a pH 7 e 4, os quais foram encontrados nas caldas preparadas desse produto, podendo ter reduzido a ação do mesmo. O Viça Café não possui ação na germinação de esporos, pois em sua composição tem-se apenas sais com objetivo de nutrir o cafeeiro.

Resultados similares para o triazol ciproconazol, presente no Piori Xtra, foram encontrados por Costa et. al (2019), o qual obteve redução de apenas 22% na germinação quando comparado à testemunha, enquanto a combinação de hidróxido de cobre + ciproconazol reduziu em 80% a germinação.

Os tratamentos hidróxido de cobre 2Kg e hidróxido de cobre 2Kg + calda viçosa 2,5Kg não diferiram entre si. Porém, foi observado pH mais ácido com média de 5,2 quando adicionada a calda viçosa na mistura.

Os tratamentos azoxistrobina + ciproconazol 500ml+ hidróxido de cobre 2Kg e azoxistrobina + ciproconazol 900 ml + hidróxido de cobre 2Kg + calda viçosa 2,5Kg não tiveram

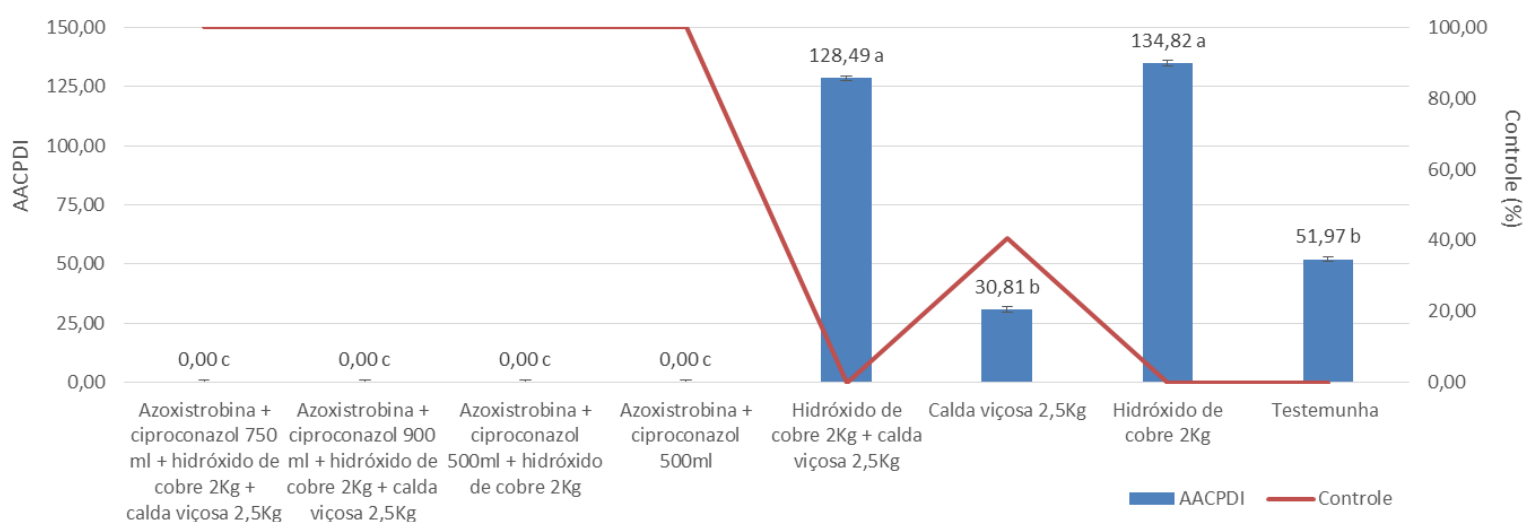
diferença entre si, com a porcentagem de germinação inalterada nas doses de azoxistrobina + ciproconazol avaliadas e com presença ou não da calda viçosa.

5.3. Experimento “*in vivo*”

5.3.1. Área abaixo da curva de progresso da doença

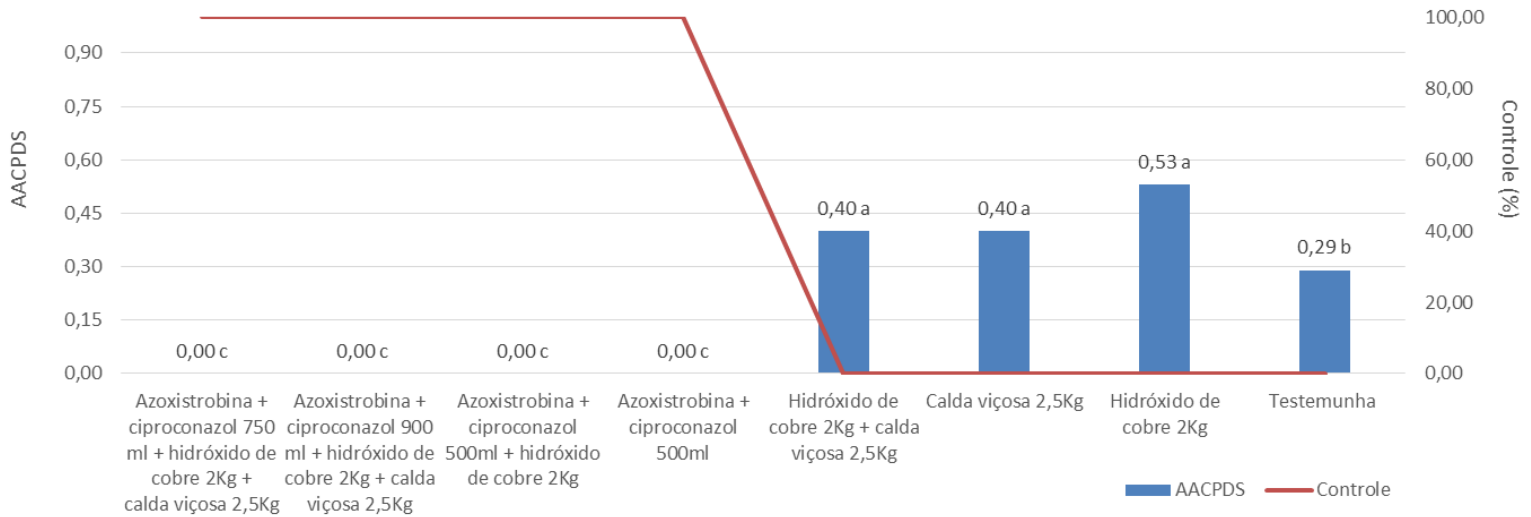
A doença ocorreu durante todo o período de avaliação do experimento (28 de abril a 25 de maio) com o máximo de 134,82 para área abaixo da curva do progresso da incidência (AACPDI) e 0,53 para área abaixo da curva do progresso da severidade (AACPDS) no tratamento hidróxido de cobre 2Kg (Figuras 3, 4, 5A e 5B).

Figura 3: Efeito dos tratamentos para área abaixo da curva do progresso da incidência (AACPDI) nas diferentes datas de avaliação e porcentagem de controle para Ferrugem, em mudas de cafeeiro. Lavras, MG, 2020.



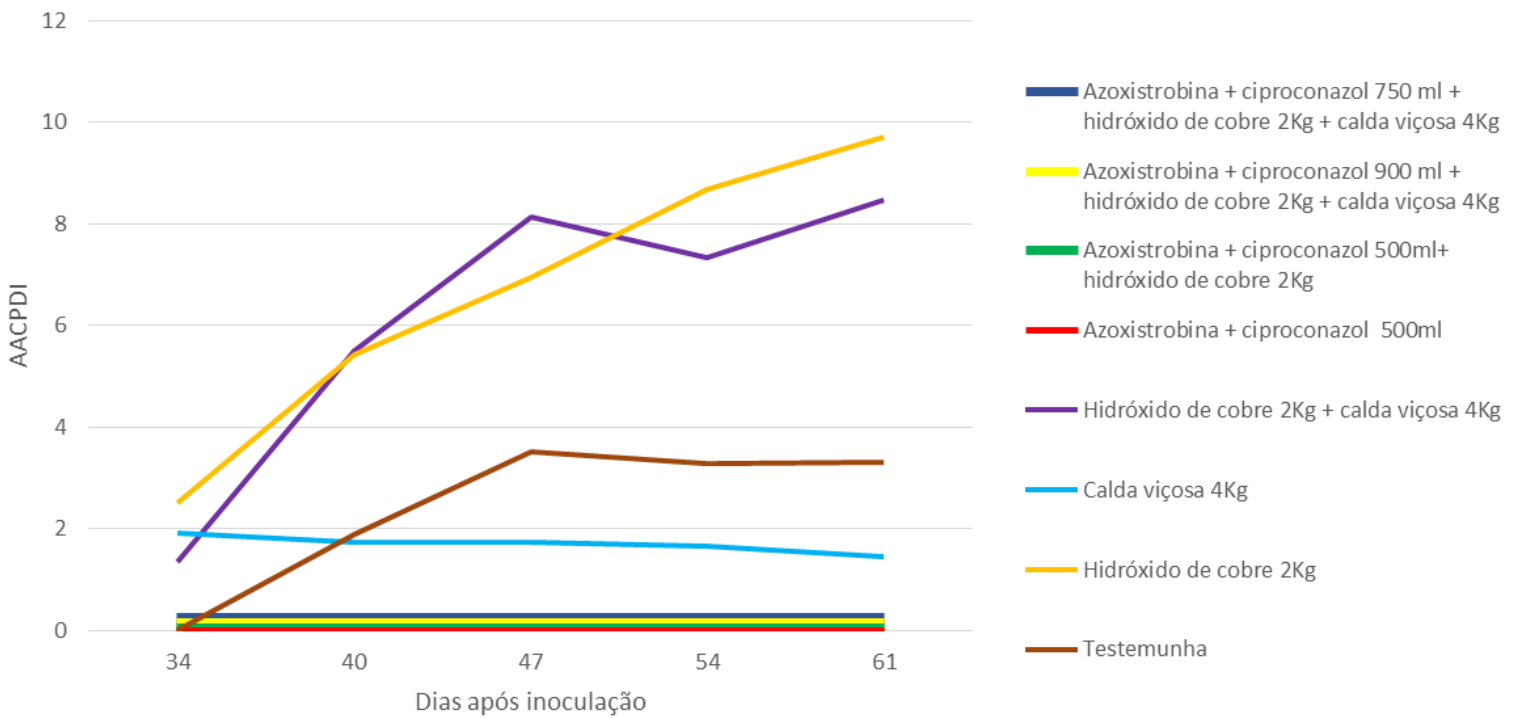
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); Controle (%): eficácia dos tratamentos segundo Abbott (1925).

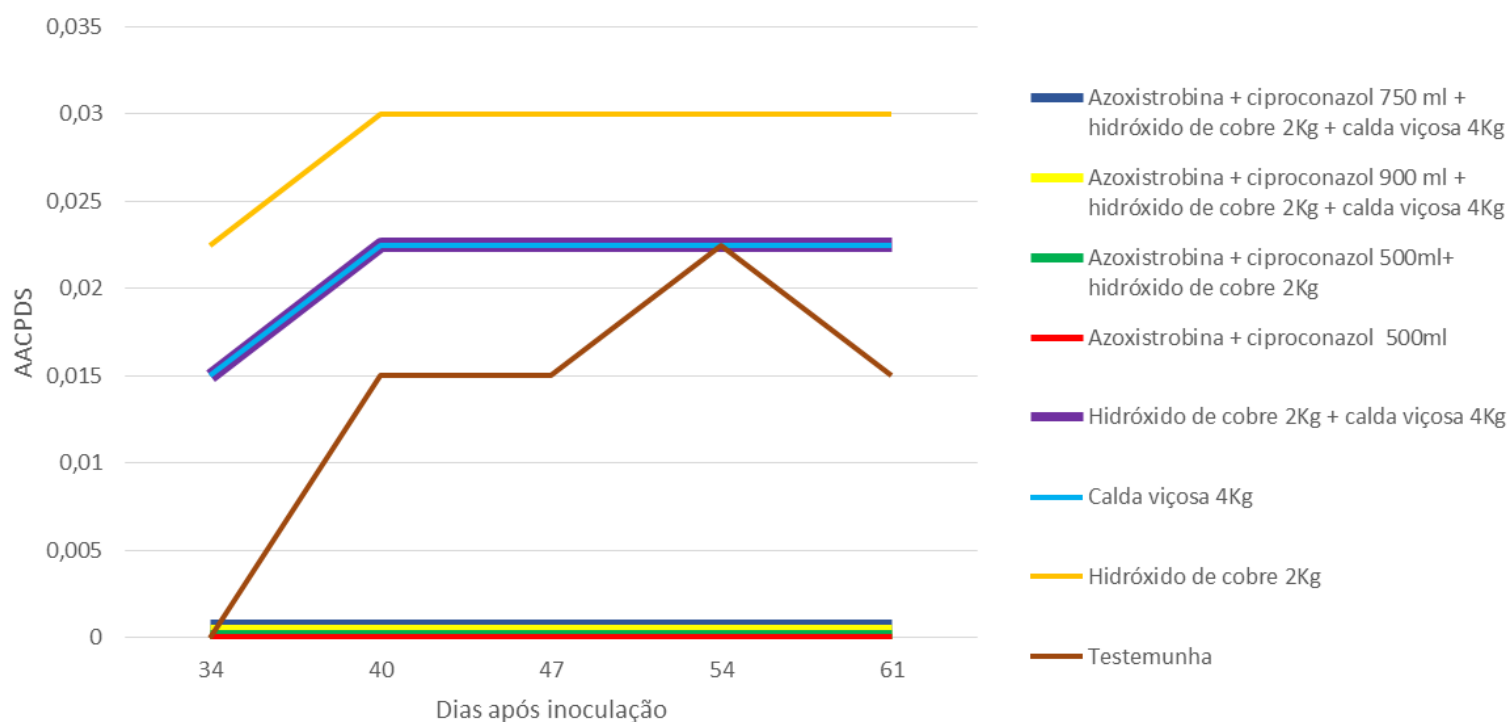
Figura 4: Efeito dos tratamentos para área abaixo da curva do progresso da severidade (AACPDS) nas diferentes datas de avaliação e porcentagem de controle para Ferrugem, em mudas de cafeeiro. Lavras, MG, 2020.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); Controle (%): eficácia dos tratamentos segundo Abbott (1925).

Figura 5: (A) Curva de progresso da incidência da Ferrugem do cafeeiro (AACPDI) e (B) Curva de progresso da severidade da Ferrugem do cafeeiro (AACPDS). Pulverização dos tratamentos foi feita 15 dias antes da inoculação. Lavras, MG, 2020.





Os tratamentos hidróxido de cobre 2Kg e hidróxido de cobre 2Kg + calda viçosa 2,5Kg, tiveram maior incidência em relação a testemunha. O tratamento calda viçosa 2,5Kg foi estatisticamente igual a testemunha. Os tratamentos azoxistrobina + ciproconazol 750 ml + hidróxido de cobre 2Kg + calda viçosa 2,5Kg, azoxistrobina + ciproconazol 900 ml + hidróxido de cobre 2Kg + calda viçosa 2,5Kg, azoxistrobina + ciproconazol 500ml+ hidróxido de cobre 2Kg e azoxistrobina + ciproconazol 500ml, foram significativamente semelhantes e apresentaram menor incidência em relação a testemunha.

Para a severidade, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos com as misturas de triazóis e estrobilurinas em relação aos demais. Os tratamentos azoxistrobina + ciproconazol 750 ml + hidróxido de cobre 2Kg + calda viçosa 2,5Kg, azoxistrobina + ciproconazol 900 ml + hidróxido de cobre 2Kg + calda viçosa 2,5Kg, azoxistrobina + ciproconazol 500 ml+ hidróxido de cobre 2Kg e azoxistrobina + ciproconazol 500 ml apresentaram porcentagem de área foliar nula, indicando eficácia no controle da doença. A severidade na testemunha foi de 0,29 e os tratamentos hidróxido de cobre 2Kg, hidróxido de cobre 2Kg + calda viçosa 2,5Kg e calda viçosa 2,5Kg, obtiveram severidade de 0,53, 0,40 e 0,40, respectivamente, sendo assim, não controlaram a doença.

Experimentos com mudas de cafeeiro conduzidas em casa de vegetação, misturas com ‘strobymix’ com cúprico e sais não reduziu a eficiência do controle da Ferrugem. No entanto, no campo, Vilela (2018) observou redução de 14% no controle, devido a mistura desses

produtos. Em campo, a tecnologia de aplicação, por turbo atomizadores ou pulverizadores costais e as condições ambientais podem ter influência direta na eficiência dos produtos, principalmente, os sistêmicos. Além disso, o tempo entre o preparo da calda e a pulverização, podem também influenciar a alterações do pH, condutividade elétrica e outras características físico químicas da mistura.

Costa et. al (2019), não observaram diferença significativa na severidade da Ferrugem em mudas de cafeeiro, quando utilizado tratamentos com hidróxido de cobre isolado comparado à testemunha. O uso isolado de hidróxido de cobre resultou na porcentagem de severidade de 16% e a testemunha de 17%. O mesmo autor também concluiu nos tratamentos com presença de triazóis e estrobilurinas combinados ou não com hidróxido de cobre menores valores de severidade, o mesmo observado nesse experimento (Figura 4). O uso de hidróxido de cobre + ciproconazol proporcionou a redução da severidade para 1%.

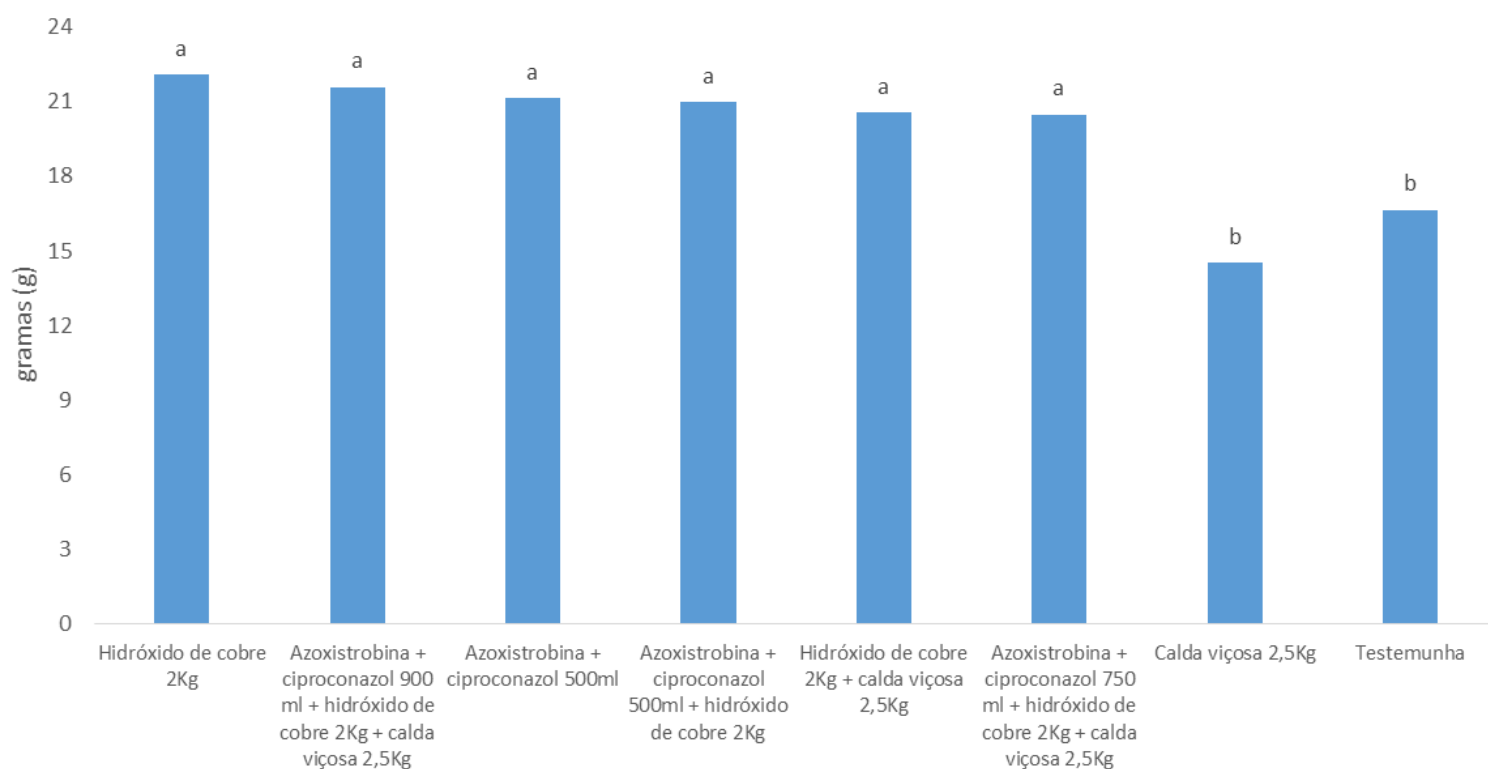
Resultados similares com experimento em campo foram obtidos por Rennó et. al (2013), valores de incidência e severidade foram inferiores em tratamentos os quais possuíam triazóis e estrobilurinas comparados aos demais. Além disso, Rosalino et. al (2017) concluiu a superioridade de controle em tratamentos com triazóis e estrobilurinas comparados com tratamentos de apenas cobre.

Paula (2018) também obteve diferença ao comparar a eficiência do uso de hidróxido de cobre e a mistura epoxiconazol (triazól) + hidróxido de cobre. Quando utilizado hidróxido de cobre isolado, a eficiência foi de 49,97% e o tratamento epoxiconazol + hidróxido de cobre foi de 87,86%. Além disso, ao aplicar epoxiconazol + piraclostrobina (estrobilurina), a eficiência 90,15%, não diferindo do tratamento epoxiconazol + hidróxido de cobre, mostrando-se similar ao resultado obtido no presente experimento.

5.3.2. Peso da parte aérea seca

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) dos tratamentos em relação a testemunha, com exceção do tratamento calda viçosa 2,5Kg (Figura 6).

Figura 6: Efeito dos tratamentos no peso da parte aérea seca. Lavras, MG, UFLA, 2020.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Em decorrência do baixo valor de pH da calda viçosa isolada (Viça Café 2,5Kg), houve queima nas folhas (Figura 7), causando acentuada queda precoce de folhas, representado por baixo peso seco da parte aérea. A fitotoxicidade gerada pode ter sido causada pela formulação do produto Viça Café ou devido ao volume de calda utilizado, o qual estava reduzido. Além disso, esse tratamento apresentou severidade estatisticamente igual a testemunha, acentuando ainda mais a queda de folhas.

Baixos valores de enfolhamento, em experimento em campo, para tratamentos apenas com fertilizantes foliares foram encontrados por Vilela (2019) comparando-se a demais tratamentos com triazóis, estrobilurinas e cúpricos.



Figura 7: Queima de mudas causada por baixo pH de calda do produto Viça Café. Lavras, MG, UFLA, 2020.

6. CONCLUSÃO

- Houve diferença significativa para o pH de calda. As caldas que continham a calda viçosa obtiveram pH's mais baixos (ácidos). Ao adicionar hidróxido de cobre nessas caldas, o pH não chegou à neutralidade, pois a queda de pH causada ao adicionar a calda viçosa é superior ao aumento proporcionado por cobre.
- O tratamento azoxistrobina + ciproconazol 750 ml + hidróxido de cobre 2Kg + calda viçosa 2,5Kg resultou em 97,6 de inibição de germinação dos esporos de *H. vastatrix*.
- Produtos dos grupos triazóis, estrobilurinas e cúpricos em mistura na mesma calda reduziram a incidência e severidade da Ferrugem em mudas de cafeeiro.
- Todos os tratamentos proporcionaram maior peso em relação a testemunha, com exceção da calda viçosa isolada, pois devido ao baixo pH as folhas foram queimadas e caíram precocemente.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido a mistura em tanque ter sido regulamentada recentemente, pesquisas sobre misturas de grupos químicos de fungicidas com micronutrientes são escassas, sendo necessário mais estudos nesse assunto, pois as misturas são amplamente utilizadas e apresentam resultados positivos no manejo de doenças.

Para melhores resultados sobre a mistura de fungicidas e micronutrientes, é necessário a implantação do experimento em campo, onde as condições climáticas não são controladas, diferentemente da casa de vegetação. Sendo assim, a doença pode ter comportamento diferente nesses dois ambientes, gerando resultados diferentes. Além disso, fatores como o volume de calda e a dose dos produtos também podem ser alterados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AVELINO, J.; CRISTANCHO, M.; GEORGIU, S.; IMBACH, P.; AGUILAR, L.; BORNEMANN, G, et al. The coffee rust crises in Colombia and Central America (2008–2013): impacts, plausible causes and proposed solutions. *Food Secur.* 2015; 7: 303–321. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0446-9>.
- AZEVEDO, L. A. S. Fungicidas protetores: fundamentos para o uso racional. São Paulo, 2003. 319 p
- AZEVEDO, L.A.S. Fungicidas sistêmicos – Teoria e prática. Campinas: EMOPI, 2007. 284p
- BOULAY, M.; SOMARRIBA, E.; OLIVIER, A. Calidad de Coffea arabica bajo sombra de Erythrina poeppigiana a diferentes elevaciones en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, v.7, p.40-42, 2000.
- BUCK JW, and WILLIAMS-WOODWARD JL. (2003). The effect of fungicides on urediniospore germination and disease development of daylily rust. *Crop Prot* 22:135-140.
- CABRA PGC, MACIEL-ZAMBOLIM E, ZAMBOLIM L, LELIS TP, CAPUCHO AS, CAIXETA ET (2009) Identification of a new race of Hemileia vastatrix in Brazil. *Austral Plant Dis Notes* 4:129–130
- CARVALHO, A.; ESKES, A. B.; CASTILLO, J.; SREENIVASAN, M. S.; ECHEVERRI, J. H.; FERNANDEZ, C. E.; FAZUOLI, L. C. (1989) Breeding programmes. In: KUSHALAPPA, A. C.; ESKES, A. B. Coffee rust: epidemiology, resistance and management. Boca Raton, CRC Press, p. 293-335, 1989.
- CAPUCHO, A.S.; ZAMBOLIM, E,M.; FREITAS, R.L.; HADDAD, F.; CAIXETA, E.T.; ZAMBOLIM, L. Identification of race XXXIII of Hemileia vastatrix on Coffea arabica Catimor derivatives in Brazil. *Australas Plant Dis Notes*. 2012; 7: 189–191. <https://doi.org/10.1007/s13314-012-0081-7>
- CARVALHO, V.L.; CHALFOUN, S.M. Doenças do cafeeiro: diagnose e controle. Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. 44p. (Boletim Técnico, 58).
- CASTRO, V. L. S. S. Uso de misturas de agrotóxicos na agricultura e suas implicações toxicológicas na saúde. *J. Braz. Soc. Ecotoxicol.*, v. 4, n. 1-3, p. 87-94, 2009.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acomp. safra brasileira de café, v. 8 – Safra 2021, n.1 - Primeiro levantamento, Brasília, p. 1-71, Janeiro 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafes/boletim-da-safra-de-caffe/item/15078-1-levantamento-de-caffe-safra-2021>>. Acesso em: 05/02/2021.
- CONSELHO DOS EXPORTADORES DO CAFÉ DO BRASIL – CECAFE. Produção total dos países exportadores, fevereiro de 2021. Disponível em: <https://www.cecafe.com.br/dados-estatisticos/producao-mundial/>
- COSTA, G. A., LIRA, J. B., FREITAS-LOPES, R. L., and LOPES, U. P. (2019). Tank mix application of copper hydroxide either with cyproconazole or pyraclostrobin fungicides reduced the control of coffee leaf rust. *Crop Protection*, 124, 104856.

CRUZ, F.J.; CHAVES, G.M. Efeito da adubação N, P, K e micronutrientes (F.T.E) na incidência da Ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PRAGAS E DOENÇAS DO CAFEEIRO, Vitória, 1973. Resumos, Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 60 p.1973

DE PAIVA CUSTÓDIO, A. A.; POZZA, E. A.; DE PAIVA CUSTÓDIO, A. A.; DE SOUZA, P. E.; LIMA, L. A., and DA SILVA, A. M. 2014. Effect of center-pivot irrigation in the rust and brown eye spot of coffee. *Plant Dis.* 98:943-947.

EHR, R.J.; KEMMITT, G. Periodic table of the fungicides. Indianapolis: Dow Agrosciences. 2002.

FORCELINI, C.A. Fungicidas inibidores da síntese de esteróis. I. triazoles. RAPP, Passo Fundo, v.2, p.335-355, 1994.

GAZZIERO, D.L.P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 33, n. 1, p. 83-92, 2015.

GODOY, C. V.; BERGAMIM FILHO, A.; SALGADO, C. L. Doenças do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. M. (Eds.). *Manual de fitopatologia*. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v., 2, p. 181-182.

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: 2014. CD ROM.

GUZZO, S D.; HARAKAVA, R.; TSAI, S.M. (2009) Identification of coffee genes expressed during systemic acquired resistance and incompatible interaction with *Hemileia vastatrix*. *J Phytopathol* 157:625-638.

HONORATO JÚNIOR, J. et al. Effects of epoxiconazole and pyraclostrobin fungicides in the infection process of *Hemileia vastatrix* on coffee leaves as determined by chlorophyll a fluorescence imaging. *Journal of Phytopathology*, Berlin, v. 163, p. 968-977, 2015a. 76

HONORATO JÚNIOR, J. et al. Photosynthetic and antioxidative alterations in coffee leaves caused by epoxiconazole and pyraclostrobin sprays and *Hemileia vastatrix* infection. *Pesticide, Biochemistry and Physiology*, Dordrecht, v. 123, p. 31-39, 2015b.

JULIATTI, F.C. Modo de ação dos fungicidas sobre plantas e fungos. Departamento do Fitopatologia do ICIAG/Universidade Federal de Uberlândia; 2005. 18 p.

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: 2014. CD ROM

KUSHALAPPA, A. C. Biology and epidemy. In: KUSHALAPPA, A. C.; ESKES, A. B. (Ed.). *Coffee rust: epidemiology, resistance, and management*. Boca Raton: CRC, 1989. p. 13-80.

MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R. A ferrugem do cafeeiro no Brasil e seu controle. *Varginha: PROCAFÉ*, 2006. 98p.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; ALMEIDA, S.R.; GARCIA, A.W.R. Botânica. In MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; ALMEIDA, S.R.; GARCIA, A.W.R. Cultura do café no Brasil. Varginha: Futurama Editora, 2016.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; ALMEIDA, S.R.; GARCIA, A.W.R. Clima. In MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; ALMEIDA, S.R.; GARCIA, A.W.R. Cultura de café no Brasil. Varginha: Futurama Editora, 2016.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.; FERNANDES, D.R. Cultura de Café no Brasil- manual de recomendações. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento- SARC/PROCAFÉ-SPA/DECAF. Fundação PROCAFÉ, 2015, Cap. 5, p. 351-379.

MATOS, G. A., SOUSA, F. A., JÚNIOR, J. P., & LIMA, L. M. (2016). Avaliação da mistura de fungicidas no controle de doenças do cafeeiro. Revista GeTeC, 5(9).

MATTOS, M. et al. Avaliação de estratégias com agroquímicos no controle de *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (Hemiptera: Aleyrodidae) em tomate. Pestic.: R. Ecotoxicol. Meio Amb., v. 12, n. 1, p. 131-144, 2002.

MCCOOK, S.; VANDERMEER, J. The Big Rust and the Red Queen: Long-Term Perspectives on Coffee Rust Research. *Phytopathology*. 2015; 105: 1164–1173. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-04-15-0085-RVW> PMID: 26371395

MESQUITA, C. et al. Manual do café: distúrbios fisiológicos, pragas e doenças do cafeeiro (*Coffea arábica* L.). Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. 62 p. il.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO- MAPA. Secretaria de Política Agrícola. Sumário Executivo Café. Fevereiro-2020. Disponível em: < <https://www.abic.com.br/estatisticas/sumario-executivo-do-cafe/>>. Acesso em: 18/02/2020.

OLIVEIRA, I. P.; OLIVEIRA, L. C.; MOURA, C. S. F. T. Cultura do Café: histórico, classificação e fases de crescimento. Revista Faculdade Montes Belos, v. 5, n. 4, Agosto 2012

OLIVEIRA, T. Mistura em tanque, aspectos legais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 29., 2014, Gramado. Palestra... Gramado: 2014. CD ROM.

PAULA, Paulo Victor Augusto Azevedo de. Mistura de fungicidas sistêmicos com cúpricos e análise espaço temporal de doenças do cafeeiro / Paulo Victor Augusto Azevedo de Paula. - 2018.

PEREIRA, I. S.; ROSALINO, R. C.; NEVES, F. O. B. C.; PEREIRA, M. T.; BRAGA, J. G. S. Diferentes fungicidas no controle da ferrugem do cafeeiro. Revista Inova Ciência & Tecnologia, Uberaba, p. 25-29, v. 5, n. 1, jan/jun., 2019.

PONTZEN, R and SCHEINPFLUG, H. (1989). Effects of triazole fungicides on sterol biosynthesis during spore germination of *Botrytis cinerea*, *Venturia inaequalis* and *Puccinia graminis* f. sp. *Tritici*. *Eur J Plant Pathol* 95:151-160.

PORTO, B.N.; CAIXETA, E.T.; MATHIONI, S.M.; VIDIGAL, P.M.P.; ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E.M, et al. (2019) Genome sequencing and transcript analysis of *Hemileia vastatrix* reveal expression dynamics of candidate effectors dependent on host compatibility. *PLoS ONE* 14(4): e0215598. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215598>

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. Semiologia do cafeeiro: Sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas. Lavras: UFLA, 215 p. 2010.

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 Grafica e Editora, 2012. p. 259-282.

RENNÓ, M. H. L., RESENDE, M. L. V. D., COSTA, B. H. G., RIBEIRO JÚNIOR, P. M., CARVALHO, C. A., MATHIONI, S. M., ... & MARTINS, S. A. (2013). Manejo da ferrugem do cafeeiro com produtos à base de cobre.

REVISTA CAFEICULTURA. 90% das cultivares de café arábica plantadas no Brasil são desenvolvidas pelo IAC, 2015. Disponível em: <<https://revistacafeicultura.com.br/?mat=59994>>. Acesso em: 19/02/2020

REVISTA CAFEICULTURA. Conheça a importância do café para Minas Gerais presente em 463 municípios (55% do estado), 2019. Disponível em: <<https://revistacafeicultura.com.br/?mat=68385>>. Acesso em: 17/02/2020.

RODRIGUES, M. A. T. Classificação de fungicidas de acordo com o mecanismo de ação proposto pelo FRAC. 2006. 249f

ROSALINO, R. C., PEREIRA, I. S., PEREIRA, M. T., DE OLIVEIRA, F., NEVES, B. C., & DOS REIS, W. G., 2017. Avaliação de fungicidas de diferentes marcas comerciais sobre o controle da ferrugem-alaranjada-do-cafeeiro.

ROUNTREE, V., GUIDO, Z. (2016). Links Between Coffee Leaf Rust, Weather, and Climate: A Literature Review. International Research and Applications Project, Univeristy of Arizona and Columbia University.

SILVA, J. A. G. D., MONTEIRO, A. C. A., RESENDE, M. L. V. D., COSTA, B. H. G., RIBEIRO JÚNIOR, P. M., SILVA JUNIOR, M. B. D., ... & VITORINO, L. R. R. (2013). Indutores de resistência no manejo da ferrugem do cafeeiro e sua toxicidade aos esporos do patógeno.

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.

TALHINHAS, P.; BATISTA, D.; DINIZ, I.; VIEIRA, A.; SILVA, D. N.; LOUREIRO, A.; TAVARES, S.; PEREIRA, A. P.; AZINHEIRA, H. G. GUERRA-GUIMARÃES, L.; VARZEA, V.; SILVA, M. do C. The coffee leaf rust pathogen *Hemileia vastatrix*: one and a half centuries around the tropics. Molecular Plant Pathology, Medford, v. 18. n. 8, p.1039-1051, 2017.

TOMLIN, C.D.S. The pesticide manual: a world compendium. Surrey, Uk: British Crop Protection Council, 12 ed., 2002.1 - CD-ROM.

VAN DER VOSSEN, H.; BERTRAND, B.; CHARRIER, A. Next generation variety development for sustainable production of arabica coffee (*Coffea arabica* L.): a review. Euphytica. 2015; 204: 243–256. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1398-z>

VARZEA, V.M.P., MARQUE, D.V (2005) Population variability of *Hemileia vastatrix* vs coffee durable resistance. In: Zambolim L, Maciel Zambolim E, Várzea VMP (eds) Durable resistance to coffee leaf rust. UFV, Viçosa, pp 53–74

VENANCIO, W.S.; ZAGONEL, J.; FURTADO, E.L.; SOUZA, N.L. Novos fungicidas. I – produtos naturais e derivados sintéticos: estrobilurinas e fenilpirroles. In: Luz, W.C.; Fernandes, J.M.; Prestes, A.M.; Picinini, E.C. Revisão anual de patologia de plantas. v.7, 1999. p.103-55.

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.

ZAMBOLIM, L, MACIEL-ZAMBOLIM, E, VALE, F.X.R., PEREIRA, A.A, SAKYIAMA, N.S., CAIXETA, E.T. (2005a) Physiological races of *Hemileia vastatrix* in Brazil: physiological variability, current situation and future prospects. In: Zambolim L, Maciel-Zambolim E, Várzea VMP (eds) Durable resistance to coffee leaf rust. UFV, Viçosa, pp 53–74

ZAMBOLIM, L. Current status and management of coffee leaf rust in Brazil. *Tropical Plant Pathology*, v. 41, n. 1, p. 1-8, 2016

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. do; PEREIRA, A. A.; CHAVES, G. M. Café (*Coffea arabica* L.): controle de doenças causadas por fungos, bactérias e vírus. In: VALE, F. X. R. do; ZAMBOLIM, L. (Eds.). Controle de doenças de plantas. Viçosa, MG: UFV; Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. v. 1, p. 83-180.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, E. M. Doenças do cafeeiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. (Ed.). Manual de fitopatologia: volume 2: doenças das plantas cultivadas. 4. ed. São Paulo: Ceres, 2005. p.165-180.

ANEXO

Tabela 2: Valores de pH de calda em tempos analisados.

Tratamentos	0 hora	1 hora	2 horas	4 horas	8 horas
Priori Xtra 500ml	9,50 a	9,43 a	9,45 a	9,65 a	9,45 a
Priori Xtra 500ml+ Kocide 2Kg	6,85 b	6,90 b	6,98 b	7,13 b	6,93 b
Kocide 2Kg	6,70 b	6,40 c	6,80 b	6,99 b	6,98 b
Kocide 2Kg + Viça Café 2,5Kg	4,93 c	5,20 d	5,25 c	5,11 c	5,38 c
Priori Xtra 750 ml + Kocide 2Kg + Viça Café 2,5Kg	4,35 d	4,53 e	4,60 d	4,86 c	4,98 d
Priori Xtra 900 ml + Kocide 2Kg + Viça café 2,5Kg	4,10 d	4,33 e	4,43 d	4,64 d	4,70 d
Viça Café 2,5Kg	4,00 d	4,33 e	4,18 d	4,49 d	4,73 d
Testemunha	7,40 b	7,40 b	7,40 b	7,40 b	7,40 b

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Tabela 3: Resumo da análise de variância para análise de pH da calda de pulverização. Lavras, MG, UFLA, 2020.

FONTES DE VARIAÇÃO	G.L	QUADRADOS MÉDIOS
Tratamentos	7	3.373
Tempo	4	0.043
Repetição	3	0.004
Tratamento: tempo	28	0.005
Resíduos	130	0.005
C.V (%)	28,34	

Tabela 4: Resumo da análise de variância para teste de germinação de uredinósporos de *Hemileia vastatrix*. Lavras, MG, UFLA, 2020.

FONTES DE VARIAÇÃO	G.L	QUADRADOS MÉDIOS
Tratamentos	7	2170.714286
Blocos	3	7.25
Resíduos	21	10.416667
C.V (%)	17,56	

Tabela 5: Resumo da análise de variância para área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPDI). Lavras, MG, UFLA, 2020.

FONTES DE VARIAÇÃO	G.L	QUADRADOS MÉDIOS
Tratamentos	7	13350.2
Blocos	3	8239.0
Resíduos	21	2961.6
C.V (%)	125,8	

Tabela 6: Resumo da análise de variância para área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPDS). Lavras, MG, UFLA, 2020.

FONTES DE VARIAÇÃO	G.L	QUADRADOS MÉDIOS
Tratamentos	7	0.203789
Blocos	3	0.021428
Resíduos	21	0.024207
C.V (%)	76,95	

Tabela 7: Resumo da análise de variância para peso da parte aérea seca. Lavras, MG, UFLA, 2020.

FONTES DE VARIAÇÃO	G.L	QUADRADOS MÉDIOS
Tratamentos	7	28.8963
Blocos	3	12.0025
Resíduos	21	2.7888
C.V (%)	8,46	