MATHEUS HENRIQUE DE MORAES ASSIS

EFICIÊNCIA DE FORMULAÇÕES EM MISTURA DE TRIAZOIS, ESTROBILURINAS E CÚPRICOS NO CONTROLE DA FERRUGEM DO CAFEEIRO

LAVRAS - MG

2025

MATHEUS HENRIQUE DE MORAES ASSIS

EFICIÊNCIA DE FORMULAÇÕES EM MISTURA DE TRIAZOIS, ESTROBILURINAS E CÚPRICOS NO CONTROLE DA FERRUGEM DO CAFEEIRO

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

Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza

Orientador

Dr. Felipe Douglas Soares Leal

Coorientador

LAVRAS- MG

2025

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho com imensa gratidão:

Primeiramente a Deus que me deu forças em todos os momentos da minha vida.

À minha mãe, Elaine, pela força, apoio incondicional e amor que sempre me impulsionaram a seguir em frente, mesmo nos momentos mais desafiadores.

Ao meu pai, Reginaldo, pela sabedoria, dedicação e exemplo de perseverança, que me inspiraram a nunca desistir dos meus objetivos.

À minha namorada, Helena, por estar ao meu lado em cada passo dessa jornada, oferecendo apoio, compreensão e amor, sempre acreditando e me incentivando a dar o melhor de mim.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza por toda orientação, disponibilidade e confiança, prestados durante o desenvolvimento do trabalho e na trajetória acadêmica.

Ao meu coorientador Dr. Felipe Douglas Soares Leal por toda atenção, orientação, amizade, incentivo e ensinamentos ao decorrer de minha trajetória acadêmica.

À todas as amizades feitas no Departamento de Fitopatologia (DFP).

Às amizades do Núcleo de Estudos em Cafeicultura – NECAF

Às amizades do Grupo de Estudos em Plantas Daninhas e Alelopatia – GHPD

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado durante toda essa caminhada, compartilhando risos, desafios e conhecimentos, contribuindo com sua amizade e apoio.

A todos vocês, meu eterno agradecimento.

Resumo

O Brasil é o maior produtor e exportador de café (*Coffea arabica*) do mundo, além disso, o país ocupa o segundo lugar em consumo. No entanto, existem fatores capazes de afetar a produtividade e a qualidade da bebida. Entre esses fatores encontram-se as doenças, com destaque para a ferrugem (*Hemileia vastatrix*), responsável por causar desfolha prematura, reduzir a qualidade do café e provocar perdas de produtividade. Para o controle da ferrugem e de outras doenças do cafeeiro, são registrados fungicidas de contato (cúpricos e mancozebe), os mesostêmicos (estrobilurinas) e os sistêmicos (triazóis), podendo ser aplicados na folha separadamente ou em mistura dupla ou tripla. O objetivo desse estudo foi verificar e avaliar a eficiência dos fungicidas de formulações em mistura de triazóis com cúpricos. O experimento foi implantado no delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições e nove tratamentos, as parcelas experimentais foram compostas por dez plantas, sendo as oito centrais a parcela útil. Os tratamentos foram: T1- Testemunha; T2 - Trifloxistrobina 375,0 g/L + Ciproconazol 160,0 g/L (0,25 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja 720 g/L (0,25% v.v.); T3 - Trifloxistrobina - 375,0 g/L + Ciproconazol - 160,0 g/L (0,25 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja - 720 g/L (0,25% v.v.) + Hidróxido de Cobre 537,44 g/L (1,5 L/ha); T4 - Trifloxistrobina 375,0 g/L + Ciproconazol 160,0 g/L (0,40 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja 720 g/L (0,25% v.v.); T5 - Oxicloreto de cobre 420 g/L + Picoxistrobina 60 g/L + Ciproconazol 40 g/L (1,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); T6 - Azoxistrobina 200 g/L + Ciproconazol 80 g/L (0,75 L/ha) + Alquil Ester Fosfatado 752 g/L (0,25% v.v.) + Hidróxido de Cobre 537,44 g/L (1,5 L/ha); T7 - Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,3 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); T8 - Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,6 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); T9 - Oxicloreto de cobre 420 g/L + Trifloxistrobina 75 g/L + Tebuconazol 90 g/L (1,5 L/ha) + Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (0,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.). Em cada tratamento foram realizadas 3 aplicações, nas fases de chumbinho, enfolhamento e granação. A incidência da ferrugem foi avaliada pormétodo não destrutivo, ou seja, foram avaliadas seis folhas de cada lado das plantas úteis, totalizando 96 folhas por parcela. As folhas foram avaliadas aleatoriamente no terço médio da planta, entre o terceiro e o quarto par de folhas dos ramos plagiotrópicos, em ambas as faces da planta. Os dados das avaliações foram integralizados em área abaixo da curva de progresso da ferrugem (AACPF). Os dados foram submetidos ao teste

F da variância ($p \leq 0,05$) e as variáveis qualitativas comparadas por Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Os tratamentos T6 e T8 promoveram a maior redução da AACPF, ou seja, 89,2 e 86,0% de eficiência de controle da ferrugem respectivamente, em relação à testemunha. Todos os tratamentos forma eficientes em reduzir a incidência da ferrugem.

Palavras-chave: Cafeicultura; Controle químico de doenças de plantas; Cúpricos Época de aplicação; Ferrugem do cafeeiro; *Hemileia vastatrix*.

Abstract

Brazil is the world's largest producer and exporter of coffee (*Coffea arabica*), and the country also ranks second in consumption. However, several factors can affect productivity and beverage quality. Among these factors are diseases, with a particular emphasis on coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*), which causes premature defoliation, reduces coffee quality, and leads to productivity losses. To control rust and other coffee diseases, contact fungicides (copper-based and mancozeb), mesostemic fungicides (strobilurins), and systemic fungicides (triazoles) are registered, which can be applied to the leaves separately or in double or triple mixtures. This study aimed to verify and evaluate the efficiency of fungicides formulated as mixtures of triazoles with copper-based compounds. The experiment was conducted in a randomized block design (RBD) with four replications and nine treatments. The experimental plots consisted of ten plants, with the central eight being the useful plot. The treatments were: T1 - Control; T2 - Trifloxystrobin 375.0 g/L + Cyproconazole 160.0 g/L (0.25 L/ha) + Methyl ester of soybean oil 720 g/L (0.25% v/v); T3 - Trifloxystrobin 375.0 g/L + Cyproconazole 160.0 g/L (0.25 L/ha) + Methyl ester of soybean oil 720 g/L (0.25% v/v) + Copper hydroxide 537.44 g/L (1.5 L/ha); T4 - Trifloxystrobin 375.0 g/L + Cyproconazole 160.0 g/L (0.40 L/ha) + Methyl ester of soybean oil 720 g/L (0.25% v/v); T5 - Copper oxychloride 420 g/L + Picoxystrobin 60 g/L + Cyproconazole 40 g/L (1.5 L/ha) + Vegetable oil 930 g/L (0.5% v/v); T6 - Azoxystrobin 200 g/L + Cyproconazole 80 g/L (0.75 L/ha) + Phosphated alkyl ester 752 g/L (0.25% v/v) + Copper hydroxide 537.44 g/L (1.5 L/ha); T7 - Cyproconazole 80 g/L + Copper oxychloride 420 g/L (1.0 L/ha) + Pyraclostrobin 250 g/L (0.3 L/ha) + Vegetable oil 930 g/L (0.5% v/v); T8 - Cyproconazole 80 g/L + Copper oxychloride 420 g/L (1.0 L/ha) + Pyraclostrobin 250 g/L (0.6 L/ha) + Vegetable oil 930 g/L (0.5% v/v); T9 - Copper oxychloride 420 g/L + Trifloxystrobin 75 g/L + Tebuconazole 90 g/L (1.5 L/ha) + Cyproconazole 80 g/L + Copper oxychloride 420 g/L (0.5 L/ha) + Vegetable oil 930 g/L (0.5% v/v). Each treatment was applied three times, during the pinhead, leafing, and grain-filling stages. Rust incidence was evaluated using a non-destructive method, assessing six leaves on each side of the useful plants, totaling 96 leaves per plot. The leaves were randomly selected from the middle third of the plant, between the third and fourth pair of leaves on plagiotropic branches, on both sides of the plant. The evaluation data were integrated into the area under the rust progress curve (AURPC). The data were subjected to analysis of variance (F-test, $p \leq 0.05$), and qualitative variables were compared using the Scott-Knott test ($p < 0.05$). Treatments T6 and T8 resulted

in the highest AURPC reduction, with rust control efficiencies of 89.2% and 86.0%, respectively, compared to the control. All treatments were effective in reducing rust incidence.

Keywords: Coffee farming; Chemical control of plant diseases; Copper-based fungicides; Application timing; Coffee leaf rust; *Hemileia vastatrix*.

Sumário

1 INTRODUÇÃO 8
2 OBJETIVO 9
3 REFERENCIAL TEÓRICO 10
3.1 O Cafeeiro 10
3.2 Doenças do cafeeiro 11
3.2.1 Ferrugem do cafeeiro 11
3.3 Manejo da ferrugem do cafeeiro 12
3.3.1 Estrobilurina 12
3.3.2 Triazol 14
3.3.3 Cúpricos 15
3.3.4 Mistura em tanque 16
4 MATERIAIS E MÉTODOS 17
4.1 Descrição da Área 17
4.2 Delineamento experimental e datas de aplicação 18
4.3 Descrição técnica dos produtos e aplicação 20
4.4 Variáveis analisadas 23
4.4.1 Avaliação de Ferrugem do cafeeiro 23
4.4.2 Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença 23
4.5 Eficácia 23
4.6 Avaliação do Enfolhamento 24
4.7 Avaliação de Produtividade 24
4.8 Variáveis climáticas 24
5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS 24
6 RESULTADOS 25
6.1 Condições Ambientais 25
6.2 Ferrugem do cafeeiro 26
6.2.1 Incidência e Área Abaixo da Curva de Progresso da Ferrugem 26
6.3 Enfolhamento 31
6.4 Produtividade 34
7 DISCUSSÃO 35
8 CONCLUSÕES 37
9 REFERENCIAS 38

1 INTRODUÇÃO

O café é uma das principais culturas produzidas no Brasil com grande impacto econômico, social e cultural na sociedade. A bebida faz parte do dia a dia do povo brasileiro, sendo um símbolo da nossa cultura. O Brasil destaca-se como o maior produtor de café no mundo, superando os 50 milhões de sacas de café beneficiado na safra 2023/24. Apesar dos números expressivos da cafeicultura brasileira, alguns fatores podem interferir negativamente na produtividade do cafeeiro. Dentre esses fatores, estão às doenças do cafeeiro, como por exemplo, a ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome), responsável por causar desfolha prematura, queda da produtividade e reduzir a qualidade da bebida do café (Hub do café, 2022; Conab, 2024).

Os primeiros sintomas da ferrugem manifestam-se como pequenas manchas circulares cloróticas, medindo de 1 a 3 mm de diâmetro, localizadas na face inferior das folhas. Com o avanço da doença, essas manchas desenvolvem uma massa pulverulenta de coloração amarelo-alaranjada, composta por uredósporos. A epidemia da ferrugem, caracterizada por uma taxa de progresso (r) exponencial, tem início, em geral, no período chuvoso, ocorrendo entre os meses de outubro e janeiro. A depender das condições climáticas o pico da doença pode-se manifestar entre os meses de maio e julho, ou seja, é nesse período com pouca pluviosidade, baixa umidade relativa do ar que ocorre os maiores níveis de esporulação, na verdade um reflexo da infecção anterior, nos meses com condições ambientais favoráveis ao patógeno. Vários fatores podem provocar a mudança da época de esporulação da ferrugem, conhecida como ferrugem tardia, entre eles o clima, a produtividade, o espaçamento, a fertilidade do solo, a distribuição de chuvas, o tipo de poda conduzido, entre outros fatores (Pozza, 2021; Resende *et al.*, 2021).

Para controlar a ferrugem do cafeeiro, são registrados fungicidas de contato como cúpricos e mancozebe, conhecidos como protetores, os mesostêmicos como o grupo das estrobilurinas, e os sistêmicos, do grupo dos triazóis. Essas moléculas podem ser aplicadas com produtos em formulação separada, dupla ou até tripla (Pozza, 2022; Azevedo Paula, 2023; Gilioli; Pozza, 2023; Carvalho *et al*., 2023).

A associação desses fungicidas é amplamente utilizada, principalmente da mistura de estrobilurinas com triazóis, associada ou alternada com a pulverização de cúpricos, a molécula de contato mais empregada no cafeeiro (Gilioli; Pozza, 2023). Porém, a mistura de fungicidas sistêmicos triazóis, de carga negativa, com alguns cúpricos, de carga positiva, no mesmo tanque ou pulverizador, podem reduzir a eficiência desses produtos no controle da ferrugem (Vilela,

2020; Pereira, 2023). Essa perda de eficiência é devida a algumas formulações ou moléculas de fungicidas cúpricos iniciarem a solubilização ou a separação do ânion acompanhante, por exemplo hidróxidos ou óxidos, de forma imediata. Apesar desse inconveniente, os produtores fazem a mistura de tanque, devido a logística das máquinas, redução do consumo de combustível, de tempo e de mão de obra. Sendo assim, são necessárias formulações com mistura de fungicidas cúpricos e sistêmicos capazes de retardar ou evitar a solubilização rápida da molécula dos cúpricos, possibilitando a entrada dos triazóis através da cutícula e atingindo o parênquima foliar. Dessa forma o cobre fica na superfície, pois é de contato, protetor e não sistêmico. Além desses fatores, a oferta de fungicidas em formulações de misturas prontas evitará possíveis problemas no tanque de pulverização, como por exemplo, a incompatibilidade entre ingredientes ativos (Agrolink, 2008; Renno, 2013).

No Brasil existem diversas moléculas com registro para o uso na cafeicultura, do grupo químico dos triazóis os mais utilizados são o epoxiconazol, ciproconazol, tebuconazol, difenoconazol, flutriafol, entre outros. Para o grupo químico das estrobilurinas destacam-se a trifloxistrobina, a picoxistrobina, a piraclostrobina, a azoxistrobina, entre outras moléculas. Como fontes de cobre, no mercado, os mais usuais são produtos à base de oxicloreto de cobre, hidróxido de cobre, óxido cuproso e sulfato de cobre.

Sendo assim, inúmeras moléculas e produtos estão disponíveis no mercado, com isso surge a necessidade de explorar, pesquisar, testar e avaliar a eficiência dessas misturas quando realizadas diretamente no tanque em uma mesma calda de pulverização. Portanto, é de grande importância entender o efeito da associação de diferentes ingredientes ativos e se a eficiência de controle das doenças do cafeeiro será mantida, evitando perdas de produtividade e qualidade da bebida do café (Azevedo Paula, 2023; Vilela, 2020; Bastos, 2023).

2 OBJETIVO

O objetivo desse estudo foi verificar e avaliar a eficiência dos fungicidas de formulações em mistura de triazóis com cúpricos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O Cafeeiro

O cafeeiro (*Coffea* spp.) é uma planta da família Rubiaceae. Atualmente, o Brasil é o maior produtor da bebida no mundo, o cultivo de café está presente em todas as regiões do Brasil, abrangendo desde o norte até o sul do país, com uma área total de 2,3 milhões de hectares. A maior concentração do parque cafeeiro está localizada na região sudeste, onde conta com aproximadamente 2,02 milhões de hectares, destacando-se Minas Gerais como o principal estado produtor. Nesse estado, a região sul é a mais representativa, com 704,9 mil hectares destinados ao cultivo. Para a safra de 2024, a produção dessa região está estimada em 14,9 milhões de sacas, o que corresponde a 36,6% da produção nacional, projetada em 58,1 milhões de sacas beneficiadas (CONAB, 2024).

O estado de Minas Gerais é o destaque da produção cafeeira nacional, a bebida tem relação histórica com o estado, com uma importância social, cultural e econômica. Minas Gerais tem uma população total de 20.539.989 milhões de habitantes, situados em 853 municípios, com uma área total de 586.513,983 km^2 (IBGE, 2023). Tendo seu destaque para produção cafeeira na região sul do estado, com uma população de 2.897.745 habitantes e composta por 164 municípios (IBGE, 2023), aproximadamente 88% dessas localidades possuem atividade voltada à cadeia produtiva do café (IBGE, 2022). A cafeicultura na região é amplamente associada à agricultura familiar, que desempenha um papel fundamental e responde por 50,8% da produção de café no país (ABIC, 2024).

O clima na região sul do estado é caracterizado por apresentar um ciclo anual de precipitação bem definido, nos meses de verão, as temperaturas ficam entre 23,3 e 25,2°C, enquanto nos meses de inverno a variação fica entre 20,8 e 22,5°C. (Da Silva *et al.*, 2011). Segundo Koppen (2024, o clima em sua grande maioria é caracterizado como Cwa, havendo localidades com classificação Cwb, onde de acordo com a literatura climática de Köppen, a região é caracterizada por um clima úmido, com invernos secos e verões quentes. A temperatura média anual é de 21°C, enquanto a precipitação anual varia entre 1350 e 1650 mm (Köppen – Brasil, 2024). A região é dominada pelo parque cafeeiro muito por conta de sua altitude favorável ao cultivo, que em geral se caracteriza pela média entre 800-1100 metros. (TOPOGRAPHIC-MAP, 2024).

A rentabilidade do cafeeiro advém de vários fatores, dentre eles a produtividade e a qualidade da bebida final, pode-se afirmar que as doenças presentes hoje no ciclo da cultura

interferem negativamente nos dois fatores, causando queda na produção das lavouras e afetando a qualidade final da bebida (Silva *et al,* 2015). A principal doença do cafeeiro é a ferrugem, por causar desfolha prematura das plantas, perdas na qualidade da bebida e queda drástica na produtividade da lavoura (Pozza, 2021; Leal, 2020).

3.2 Doenças do cafeeiro

3.2.1 Ferrugem do cafeeiro

O agente causal ou etiológico da ferrugem do cafeeiro é *Hemileia vastatrix* (Berkeley & Broome), um fungo da classe dos Basiodiomicetos, da família *Pucciniaceae* e é biotrófico, ou seja, necessita dos tecidos vivos do hospedeiro para sua sobrevivência. A ferrugem do cafeeiro foi descoberta em 1862, no Leste da África, já em 1869 foi encontrada no Ceilão, o atual Sri Lanka (Pozza, 2021). No Brasil, o seu primeiro relato ocorreu em 1970 no sul da Bahia (Chaves *et al.*, 1970). A disseminação foi rápida e em 1971 a sua ocorrência já era relatada em São Paulo e no Paraná (Pozza, 2021). Hoje a ferrugem ocorre em todos os estados produtores no Brasil, sendo a principal doença da cultura, uma vez que em plantas susceptíveis e sem pulverização as perdas podem chegar a 90% com desfolha superior a 70% e queda na longevidade das plantas de café (Pozza, 2021).

Os sintomas iniciais da ferrugem do cafeeiro se manifestam como pequenas manchas circulares cloróticas, de 1 a 3 mm de diâmetro, localizadas na face inferior das folhas. Essas manchas evoluem para a formação de uma massa amarela alaranjada, com aspecto pulverulento, composta por uredósporos. A produção de esporos ocorre nos estômatos das folhas infectadas, onde cada pústula pode gerar até 150.000 uredósporos. Estes esporos têm capacidade de sobreviver por até seis semanas em condições de seca (Pozza, 2021). A disseminação dos esporos ocorre por diferentes meios, como vento, gotas de chuva, escorrimento de água pelas margens das folhas, insetos, animais e até por tratos culturais, garantindo a propagação a longas distâncias (Pozza, 2021).

Após a dispersão, para uredósporos germinarem, são necessárias temperaturas entre 21 e 25°C, além de alta umidade ou a presença de água livre. A germinação dá origem a tubos germinativos onde se formam apressórios nos estômatos, seguidos da penetração das hifas de infecção na cavidade subestomática. O processo de colonização intracelular inicia-se com a formação de haustórios, no citoplasma das células do cafeeiro, capazes de garantir a nutrição do fungo. A infecção geralmente ocorre entre os meses de novembro e maio, com pico da

esporulação entre maio e agosto, podendo variar conforme as condições climáticas (Alfonsi *et al.*, 2019; Pozza, 2021).

O principal dano causado pela ferrugem é a perda imediata de peso e qualidade de grãos, a desfolha prematura, resultante da elevada produção de etileno (Colares, 2018). A desfolha acelera a secagem dos ramos laterais e, com o tempo, provoca deformações nas plantas e o surgimento de ramos ladrões. Além disso, agrava o esgotamento dos carboidratos de reserva, levando à secagem dos ponteiros e à morte das raízes, o que reduz a longevidade da lavoura e compromete a produção, tanto no ano atual quanto nos seguintes (Pozza, 2021).

3.3 Manejo da ferrugem do cafeeiro

O parque cafeeiro brasileiro é majoritariamente formado por cultivares suscetíveis à ferrugem, sendo necessárias pulverizações com fungicidas. Esses produtos constituem o principal método de controle da ferrugem, sendo realizado de forma preventiva (fungicidas protetores), curativa (fungicidas sistêmicos curativos) e preventiva-curativa (fungicidas sistêmicos e/ou mesosistêmicos associados aos protetores) (Barbosa Junior, 2020; Pozza 2021). Os fungicidas mais recomendados para controlar a ferrugem são do grupo químico dos sistêmicos (triazóis), mesostêmicos (estrobilurinas) e protetores ou de contato (cúpricos, mancozebe e clorotalonil).

3.3.1 Estrobilurina

O grupo químico das estrobilurinas foi identificado na Alemanha por Anke *et al.* (1977), no fungo *Strobilurus tenacellus*, quando foram descritas as estrobilurinas A e B. Este grupo teve seu uso comercial como fungicida aprovado em 1996 e continua amplamente empregado, isoladamente ou em combinação com outros fungicidas, como os triazóis, carboxamidas e anilidas (Rodrigues, 2006; Bartelega, 2022). As estrobilurinas, obtidas por isolamento, identificação e síntese dos metabólitos do fungo, destacam-se como os defensivos agrícolas mais comercializados. Sua toxicidade está associada à interrupção da produção de ATP na cadeia respiratória (Bartelega, 2022).

Esse grupo químico inibe a respiração mitocondrial, são inibidores da quinona (QoI's) no complexo III, na membrana interna do mitocôndrio. Inibindo a quinona impedem a transferência de elétrons entre os citocromos b e c1 nesse sítio específico e afetam diretamente a produção de energia em patógenos. Essa interferência paralisa a respiração mitocondrial,

inibe a fosforilação oxidativa e a síntese de ATP, isso reduz a energia disponível para processos fundamentais, como germinação, infecção e colonização do hospedeiro (Rodrigues, 2006; Bartelega, 2022) (Figura 1).

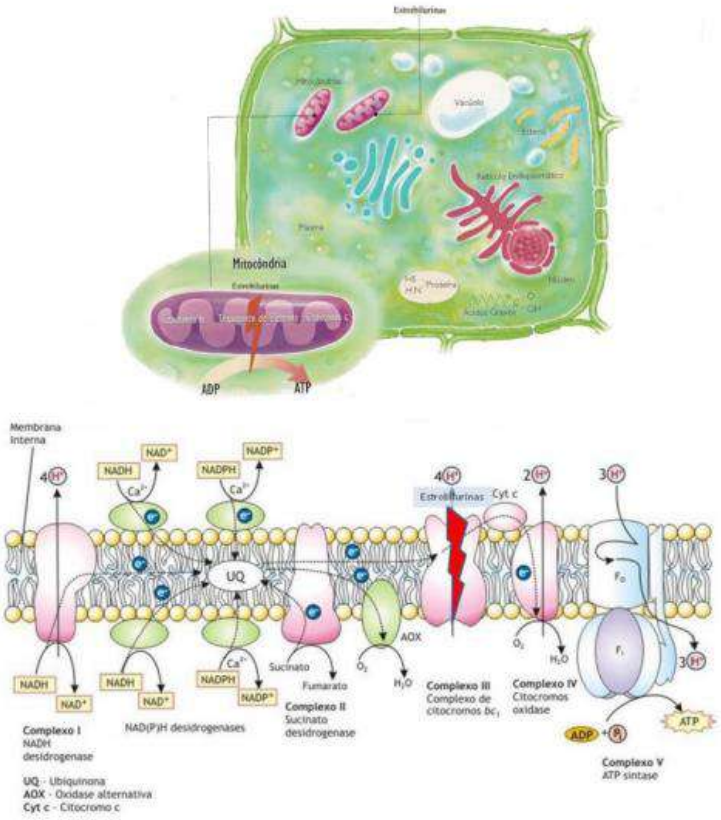


Figura 1. Mecanismo de ação das estrobilurinas no Complexo III da cadeia transportadora de elétrons. Fonte: Parreira *et al*., 2009.

Apesar de apresentarem menor sistemicidade e penetração mais lenta via xilema, as estrobilurinas destacam-se por sua ação preventiva, inibindo a germinação de esporos e o desenvolvimento do tubo germinativo. Adicionalmente, possuem efeito curativo, interferindo no crescimento e no estabelecimento do fungo durante os estádios iniciais da infecção (Rodrigues, 2006; Bartelega 2022). As principais moléculas do grupo das estrobilurinas disponíveis no mercado incluem a azoxistrobina, piraclostrobina, picoxistrobina, metominostrobina e trifloxistrobina. Esses compostos podem ser encontrados em formulações de fungicidas, tanto com ativo único quanto em combinações com outros grupos químicos, ampliando a eficiência no controle de patógenos (Cota *et al*, 2018)

3.3.2 Triazol

Seu nome é devido a presença de três (tri) azóis ou átomos de N no anel heterocíclico de carbono, uma pentose. O azol é representado por uma cadeia cíclica de cinco átomos, entre os quais ao menos um é nitrogênio (Schofield; Grimmett; Keene, 1976). Fazem parte dos inibidores de demetilação (DMIs) do lanosterol e incluem moléculas como cyproconazol, difenoconazol, propiconazol, tebuconazol e tetraconazol, amplamente empregadas em culturas como o cafeeiro. Esses fungicidas destacam-se por seu amplo espectro de ação e baixa toxicidade relativa para organismos não-alvo (Rodrigues, 2006)

Os triazóis são sistêmicos e possuem absorção e translocação acropetal, além de possuírem efeitos curativos e ação residual prolongada. Os triazóis atuam como inibidores da demetilação (DMI) durante a formação do ergosterol. Os fungicidas DMI inibem a biossíntese de ergosterol, sendo essa molécula, presente na membrana plasmática, um importante componente para o crescimento fúngico (Gilioli; Pozza, 2023; Pinheiro, 2021). Os triazóis são fungicidas orgânicos e de ação sistêmica, pois, são absorvidos no local de aplicação e translocado através dos tecidos e vasos da planta. Essa absorção ocorre pelas raízes ou via cutícula foliar, já dentro da planta o seu movimento é acropetal, da base em direção ao ápice via células parenquimáticas até atingir o xilema (Azevedo Paula, 2023; Gilioli; Pozza, 2023) (Figura 2).

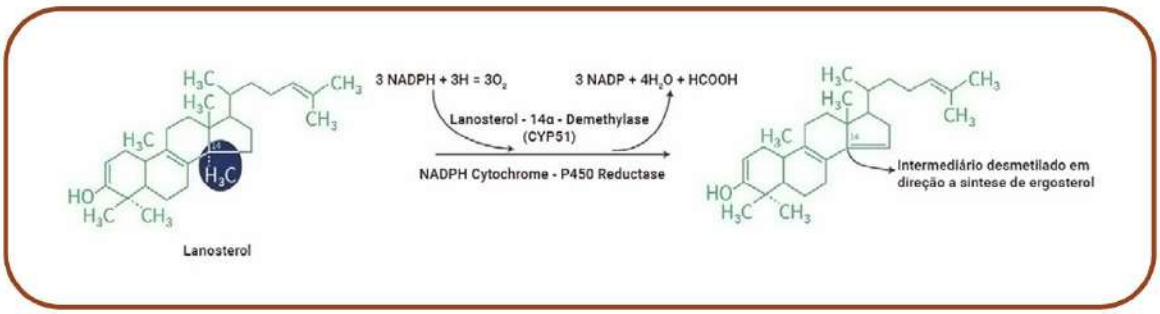


Figura 2. Mecanismos de ação dos triazóis sobre a síntese de ergosterol. Fonte: Gilioli; Pozza, 2023.

Os triazóis ainda possuem fungitoxidade elevada, assim como seu efeito residual, sua ação protetora se faz pela sua ação tóxica sobre a germinação de esporos, sobre a forma de tubo germinativo e na formação de apressório. Na ação curativa, a presença do fungicida inibe o desenvolvimento do haustório e/ou o crescimento micelial, no interior dos tecidos do hospedeiro (Vilela 2020; Azevedo Paula, 2023; Gilioli, 2023).

Os triazóis são fungicidas amplamente utilizados na agricultura devido à sua eficiência no controle de patógenos fúngicos. Após aplicação, esses compostos são absorvidos pelas raízes ou pela cutícula foliar, sendo transportados pelos vasos do xilema. Sua eficácia está associada à alta fungitoxidade, rápida translocação e longo efeito residual, atuando de forma protetora, curativa e erradicante (Pinheiro, 2021). Quando atuam como protetores, impedem a germinação de esporos, bem como a formação do tubo germinativo e do apressório. Na função curativa, inibem o desenvolvimento do haustório e/ou o crescimento do micélio no interior dos tecidos do hospedeiro devido à ação do fungicida. Já como erradicantes, eliminam os esporos produzidos durante o ciclo do patógeno (Azevedo Paula, 2023).

Os triazóis inibem a enzima 14α-demetilase, fundamental para a biossíntese de ergosterol, um componente essencial da membrana celular dos fungos. Essa inibição resulta no acúmulo de esteróis intermediários, que comprometem a integridade da membrana celular do fungo, provocando sua desorganização e o extravasamento de solutos, levando à morte do patógeno (Dupont *et al.*, 2012; Barbosa Junior, 2019; Gilioli; Pozza, 2023). A ausência de ergosterol causa desorganização na estrutura celular, levando ao rompimento da membrana e ao vazamento de solutos iônicos (Azevedo Paula, 2023). Esse composto é um dos três principais esteróis presentes em organismos eucariotos, desempenhando um papel essencial na composição da membrana plasmática de fungos (Dupont *et al.*, 2012).

3.3.3 Cúpricos

O primeiro fungicida à base de cobre (Cu) foi a calda bordalesa, inventada em 1882 por Pierre Marie-Alexis Millardet, na região de Bordeaux na França, dando origem ao nome da calda (CDA, 2003; Leal *et al*., 2019). O uso da calda bordalesa, sendo o sulfato de cobre, molécula de alta solubilidade, o componente básico da calda, acompanhada da cal ou óxido de cálcio. Como fungicida estimulou o rápido desenvolvimento de outros fungicidas cúpricos, sendo assim, o cobre é utilizado até os dias atuais e desempenha importante papel para o desenvolvimento de programas fitossanitários (Strayer-Scherer *et al.*, 2018).

O cobre é um fungicida protetor e atua no esporo e no tubo germinativo do fungo, ou seja, deve ser aplicado antes da chegada dos esporos do patógeno na superfície foliar. Diversos produtos à base de cobre são registrados para o controle de doenças de plantas, esses são formulados e comercializados como óxido cuproso (Cu_2O), hidróxido ($Cu(OH)_2$), oxicloreto ($Cu_2Cl(OH)_3$) e sulfato de cobre ($CuSO_4$). O hidróxido e o oxicloreto de cobre são os mais

utilizados na cafeicultura, em doses entre 2 e 4 kg/ha, com diferentes concentrações de íons de cobre (Cu^{2+}), também chamado de cobre metálico.

O cobre metálico (Cu^{2+}) é o responsável por matar o fungo, pois, esse se liga às cargas negativas dos diversos sítios do fungo, porém, a quantidade de Cu^{2+} na calda de pulverização deve ser superior a 1200 mg/kg. Os fungicidas cúpricos são comercializados com concentrações de cobre metálico que podem variar entre 15 e 75%, influenciando o volume a ser aplicado para garantir a concentração de Cu^{2+} necessária para matar o fungo. Portanto, se as recomendações são de 1 a 2 kg de cobre metálico por hectare a cada aplicação, essas doses correspondem de 2 a 4 kg (1250 a 2500 $mg.kg^{-1}$ de Cu^{2+}/ha) dos fungicidas com 50% de Cu^{2+}.

O cobre na forma Cu^{2+} ao ser aplicado sobre as plantas é imediatamente absorvido e acumulado por patógenos. No interior das células fúngicas o cobre forma complexos com enzimas de grupos sulfidrila, hidroxila, amino ou carboxila, interferindo em inúmeras reações enzimáticas e bloqueiam as atividades respiratórias, caracterizando o seu efeito multissítio (Montag; Schereiber; Schonherr, 2006; La Torre; Iovino; Caradonia, 2018). Os fungicidas cúpricos devem ser aplicados no momento adequado para proteger a planta, pois, uma barreira química é formada e impede a colonização e germinação dos esporos.

3.3.4 Mistura em tanque

A mistura em tanque é definida como a associação de pesticidas e afins no tanque do equipamento aplicador, imediatamente antes da pulverização (Gazziero, 2015). A prática da mistura em tanque só foi legalizada em 2018, por meio da Instrução Normativa nº 40, de 11 de outubro do mesmo ano. Portanto, a mistura de diferentes produtos no tanque também é de competência e responsabilidade do Engenheiro Agrônomo, assim como a interpretação das recomendações oficiais, visando a elaboração da receita agronômica em consonância com as boas práticas agrícolas e com as informações científicas disponíveis (BRASIL, 2021).

A aplicação de fungicidas a base de triazol, estrobilurina e cobre é realizada em mistura no tanque de pulverização, sendo uma prática comum na cafeicultura. O uso combinado ou alternado de fungicidas sistêmicos e à base de cobre também tem a vantagem de fornecer cobre às plantas e reduzir o risco de seleção de populações de resistentes de *H. vastatrix* a fungicidas (Souza *et al.*, 2011; Pozza, 2021). Contudo, a eficácia da mistura em tanque de diferentes ingredientes ativos para controlar as doenças do cafeeiro ainda não foi completamente determinada. Além desses fungicidas, também são acrescentados micronutrientes a mesma calda, com o objetivo de reduzir os custos de aplicação.

A mistura em tanque pode alterar as propriedades físico-químicas da formulação, ocasionar reação entre os elementos de diferentes cargas, alterar o pH e precipitação. As reações resultantes da mistura de produtos em tanque podem ser aditivas, sinérgicas ou antagônicas, afetando ou não o controle das doenças (Castro, 2009; Ikeda, 2013). Portanto, a mistura de produtos fitossanitários pode 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; Paula, 2018; Costa, 2019; Vilela, 2020).

Com base nisso, as empresas do setor agrícola estão desenvolvendo estratégias para mitigar os efeitos da mistura em tanque, como por exemplo, a melhora das formulações existentes no mercado, aprimoramento das tecnologias de aplicação. Outra estratégia é desenvolver produtos mais eficazes e formulações mais modernas em misturas prontas, com associação de dois ou três ingredientes ativos, capazes de retardar a solubilização do cobre e assim possibilitar a absorção do triazol antes da sua ligação com as cargas positivas do cobre metálico (Cu^{2+}).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Descrição da Área

O experimento foi instalado no dia 12 de Dezembro de 2023, localizado na Fazenda Limeira, no município de Lavras-MG, com a altitude de 930 metros, situado nas coordenadas 21°15'31"S 44°55'17"W (Figura 3).

Figura 3. Local de execução do experimento. Fazenda Limeira, Lavras, MG. Brasil. UFLA, Lavras, MG, 2025. Fonte Google Earth, 2025.

A cultivar utilizada no experimento foi Topázio, no espaçamento de 4,0 metros entre linhas e 0,6 metros entre plantas, totalizando 4.166 plantas por hectare. O manejo de plantas daninhas foi realizado conforme a necessidade. O manejo da fertilidade do solo e da nutrição da lavoura foram baseados nos resultados da análise química do solo e na observação de sintomas foliares nas plantas, seguindo os padrões de recomendações para o estado de Minas Gerais (Guimarães *et al*., 1999).

4.2 Delineamento experimental e datas de aplicação

O experimento foi implantado no delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições e nove tratamentos (Tabela 1 e Tabela 2. As parcelas experimentais foram constituídas por dez plantas, sendo as oito centrais definidas como parcela útil. A delimitação inicial de cada parcela foi feita com placas de acetato de vinila (EVA), identificadas com o respectivo tratamento e bloco, assim como mostra o croqui (Tabela 1).

Tabela 1. Croqui do experimento e identificação dos tratamentos*. UFLA, Lavras, MG, 2025.

Bloco A	1	8	3	4	5	6	7	8	9
Bloco B	9	5	1	2	6	3	4	7	8
Bloco C	6	3	5	8	1	4	9	7	2
Bloco D	2	9	6	3	8	7	1	4	5

Tabela 2. Tratamentos, doses dos produtos e época de aplicação. UFLA, Lavras, MG, 2025.

Princípio Ativo	Produtos	Dose (L ou kg/ha)
Tratamento 1		
Sem Aplicação	Testemunha	---
Tratamento 2 - Programa Bayer		
Trifloxistrobina 375,0 g/L + Ciproconazol 160,0 g/L Éster metílico de óleo de soja 720 g/L	Sphere Max + Aureo	0,25 + 0,25% v./v
Tratamento 3 - Programa Bayer + Supera		
Trifloxistrobina - 375,0 g/L + Ciproconazol - 160,0 g/L Éster metílico de óleo de soja - 720 g/L Hidróxido de Cobre 537,44 g/L	Sphere Max + Aureo + Supera	0,25 + 0,25% v./v. + 1,5
Tratamento 4 - Programa Bayer		
Trifloxistrobina 375,0 g/L + Ciproconazol 160,0 g/L Éster metílico de óleo de soja 720 g/L	Sphere Max + Aureo	0,40 + 0,25% v./v.
Tratamento 5 - OXI 0111 BF		
Oxicloreto de cobre 420 g/L + Picoxistrobina 60 g/L + Ciproconazol 40 g/L Óleo Vegetal 930 g/L	OXI 0111 BF + Veget'Oil	1,5 + 0,5% v./v.
Tratamento 6 - Programa Syngenta + Supera		
Azoxistrobina 200 g/L + Ciproconazol 80 g/L Alquil Ester Fosfatado 752 g/L Hidróxido de Cobre 537,44 g/L	Priori Xtra + Ochima + Supera	0,75 + 0,25% v./v. + 1,5
Tratamento 7 - OXI 0095 BF + Comet (dose menor)		
Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L Piraclostrobina 250 g/L Óleo Vegetal 930 g/L	OXI 0095 BF + Comet + Veget'Oil	1,0 + 0,3 + 0,5% v./v.
Tratamento 8 - OXI 0095 BF + Comet (dose maior)		
Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L Piraclostrobina 250 g/L Óleo Vegetal 930 g/L	OXI 0095 BF + Comet + Veget'Oil	1,0 + 0,6 + 0,5% v./v.
Tratamento 9 - OXI 0104 BF + OXI 0095 BF		
Oxicloreto de cobre 420 g/L + Trifloxistrobina 75 g/L + Tebuconazol 90 g/L Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L Óleo Vegetal 930 g/L	OXI 0104 BF + OXI 0095 BF + Veget'Oil	1,5 + 0,5 + 0,5% v./v.

Tabela 3. Datas de aplicação e condições climáticas. UFLA, Lavras, MG, 2025.

ANO	MÊS	DIA	T MIN (°C)	T MED (°C)	T MAX (°C)	UR (%)	CHUVA (mm)
2023	DEZ	13	18,4	25,1	33,6	74,0	0,0
2024	FEV	28	20,3	26,3	34,0	73,8	0,0
2024	ABR	20	17,0	21,3	29,7	73,3	0,0

4.3 Descrição técnica dos produtos e aplicação

4.3.1 SPHERE MAX

Princípio ativo: Trifloxistrobina
Nome Químico: Methyl(E)-methoxyimino-{(E)-α-[1-α,α,α-trifluoro-m tolyl)ethylideneaminooxy]-o-tolyl}acetate
Grupo Químico: Estrobilurina
Classe: Fungicida
Concentração: 375 g/L

Princípio ativo: Ciproconazol
Nome Químico: (2RS; 3RS; 2RS; 3SR)-2-(4-chlorophenyl)-3-cyclo propyl-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)butan-2-ol
Grupo Químico: Triazol
Classe: Fungicida
Concentração: 160 g/L
Dosagem: 0,25 L/ha
Tipo de formulação: Suspensão Concentrada (SC)
Classe Toxicológica: V - Produto improvável de causar dano agudo

4.3.2 PRIORI XTRA

Princípio ativo: Azoxistrobina
Nome Químico: Methyl (E)-2-{2-[6-(2-cyanophenoxy) pyrimidin-4-yloxy] phenyl}-3-methoxyacrylate
Grupo Químico: Estrobilurina
Classe: Fungicida
Concentração: 200 g/L

Princípio ativo: Ciproconazol
Nome Químico: (2RS,3RS;2RS,3SR) -2-(4-chlorophenyl) -3-cyclopropyl-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl) butan-2-ol
Grupo Químico: Triazol
Classe: Fungicida
Concentração: 80 g/L
Dosagem: 0,5 a 0,75 L/ha

Tipo de formulação: Suspensão concentrada (SC)
Classe Toxicológica: IV - Produto pouco tóxico

4.3.3 SUPERA

Princípio ativo: Hidróxido de cobre
Nome Químico: Copper Hydroxide
Grupo Químico: Inorgânico
Classe: Fungicida
Concentração: 537,4 g/L
Dosagem: 1,5 L/ha
Tipo de formulação: Suspensão Concentrada (SC)
Classe Toxicológica: V - Produto improvável de causar dano agudo pouco tóxico

4.3.4 COMET

Princípio ativo: Piraclostrobina
Nome Químico: Methyl N-{2-[1-(4-chlorophenyl)-1H-pyrazol-3-yloxymethyl] phenyl} (N-methoxy) carbamate
Grupo Químico: Estrobilurina
Classe: Fungicida
Concentração: 250 g/L
Dosagem: 0,6 - 0,8 L/ha
Tipo de formulação: Concentrado Emulsionável (EC)
Classe Toxicológica: IV - Produto pouco tóxico

4.3.5 OXI 0104 BF

Princípio ativo: Oxicloreto de cobre
Nome Químico: Dicopper chloride trihydroxide
Grupo Químico: Inorgânico
Classe: Fungicida
Concentração: 420 g/L

Princípio ativo: Trifloxistrobina
Nome Químico: Methyl(E)-methoxyimino-{(E)-□-[1-□,□,□ -trifluoro-m-tolyl)ethylideneaminooxy]-o-tolyl}acetate
Grupo Químico: Estrobilurina
Classe: Fungicida
Concentração: 75 g/L

Princípio ativo: Tebuconazol
Nome Químico: (RS)-1-p-chlorophenyl-4,4-dimethyl-3-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)pentan-3-ol
Grupo Químico: Triazol
Classe: Fungicida
Concentração: 90 g/L
Dosagem: RET – FASE III
Tipo de formulação: Suspensão Concentrada (SC)
Classe Toxicológica: RET – FASE III

4.3.6 OXI 0111 BF

Princípio ativo: Oxicloreto de cobre
Nome Químico: Dicopper chloride trihydroxide
Grupo Químico: Inorgânico
Classe: Fungicida
Concentração: 420 g/L

Princípio ativo: Picoxistrobina
Nome Químico: methyl (E)-3-methoxy-2-{2-[6-(trifluoromethyl)-2-pyridyloxymethyl]phenyl}acrylate
Grupo Químico: Estrobilurina
Classe: Fungicida
Concentração: 60 g/L

Princípio ativo: Ciproconazol
Nome Químico: (2RS,3RS;2RS,3SR)-2-(4-chlorophenyl)-3-cyclopropyl-1-(1H-1,2,4-triazol-1- yl)butan-2-ol
Grupo Químico: Triazol
Classe: Fungicida
Concentração: 40 g/L
Dosagem: RET – FASE III
Tipo de formulação: Suspensão Concentrada (SC)
Classe Toxicológica: RET – FASE III

4.3.7 OXI 0095 BF - IPPON

Princípio ativo: Ciproconazol
Nome Químico: (2RS,3RS;2RS,3SR)-2-(4-chlorophenyl)-3-cyclopropyl-1-(1H-1,2,4-triazol-1- yl)butan-2-ol
Grupo Químico: Triazol
Classe: Fungicida
Concentração: 80 g/L

Princípio ativo: Oxicloreto de cobre
Nome Químico: Dicopper chloride trihydroxide
Grupo Químico: Inorgânico
Classe: Fungicida
Concentração: 420 g/L
Dosagem: RET – FASE III
Tipo de formulação: Suspensão Concentrada (SC)
Classe Toxicológica: RET – FASE III

As aplicações dos tratamentos foram realizadas em ambas as faces das parcelas úteis, para a pulverização foi utilizado um atomizador costal motorizado STIHL® modelo SR 430, com vazão de 400 L/ha.

4.4 Variáveis analisadas

4.4.1 Avaliação de Ferrugem do cafeeiro

Foram realizadas avaliações a cada 30 dias, observando a presença ou não dos sinais do patógeno, ou seja, as pústulas, na face abaxial das folhas. Foram analisadas seis folhas de cada lado das oito plantas úteis, totalizando 96 folhas por parcela, e 12 folhas por planta. As folhas foram avaliadas aleatoriamente pelo método não destrutivo, ponderando o terço médio da planta entre o terceiro e o quarto pares de folhas. A incidência foi obtida por meio da fórmula de Campbell & Madden (1990).

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

No qual:

I (%) = incidência da doença;
NFD = número de folhas doentes;
NTF = número total de folhas amostradas.

4.4.2 Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença

As avaliações geraram dados que foram integralizados em área abaixo da curva de progresso da ferrugem (AACPF), embasadas na fórmula proposta por Shaner & Finney (1977).

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

Onde:

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-nésima observação;
n= número total de observações.

4.5 Eficácia

A eficácia dos tratamentos foi calculada, em comparação à testemunha, por meio da equação de Abbott (1925).

$$E\% = \left(\frac{n\,Testemunha - n\,Tratamento}{n\,Testemunha}\right) \times 100$$

No qual: n= Incidência da doença

4.6 Avaliação do Enfolhamento

Simultaneamente às avaliações da ferrugem, também foram realizadas análises do nível de enfolhamento das parcelas úteis. Para isso, foi atribuída uma pontuação de 1 a 5, conforme a porcentagem de enfolhamento observada, sendo: 1 (0 a 20%), 2 (21 a 40%), 3 (41 a 60%), 4 (61 a 80%) e 5 (81 a 100%), conforme a escala proposta por Boldini (2001). Posteriormente, os dados foram convertidos para valores percentuais.

4.7 Avaliação de Produtividade

A colheita foi realizada manualmente sobre pano, ocorrendo nos meses de junho e julho de 2024, com a colheita de quatro plantas por parcela. Com base no volume de café colhido, expresso em litros, foi estimada a produtividade em sacas de 60 kg/ha de café beneficiado, utilizando a fórmula descrita por Barbosa Júnior *et al.* (2019):

$$P = \text{QLP x}\frac{\text{NP}}{500}$$

P= Produtividade em sacas de 60 Kg ha^{-1};

QLP= Quantidade de litros por plantas;

NP= Número de plantas por hectare.

4.8 Variáveis climáticas

Os dados climáticos diários médios foram obtidos através da estação meteorológica localizada na Universidade Federal de Lavras. As variáveis analisadas incluíram precipitação acumulada, umidade relativa, e as temperaturas máxima, média e mínima.

5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

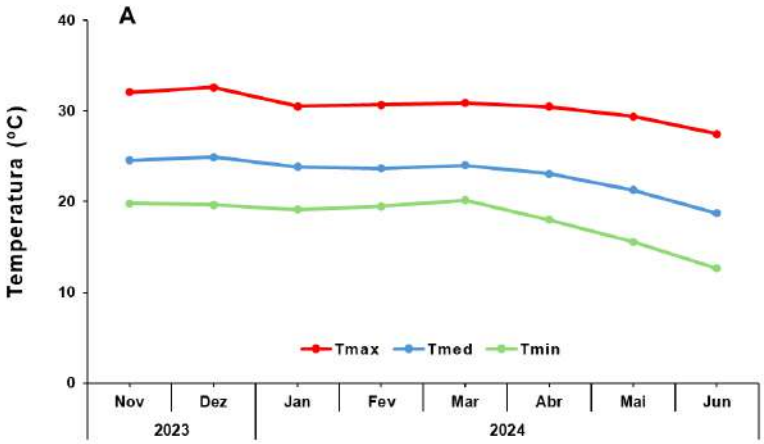
As variáveis estudadas foram inicialmente submetidas aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett ($p>0,05$) para verificar os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância, respectivamente. Com os pressupostos atendidos, os dados foram analisados por meio do teste F da análise de variância ($p \leq 0,05$). Quando identificada significância, as variáveis qualitativas

foram comparadas utilizando o teste de agrupamento de Scott-Knott (*p<0,05*). Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R v.4.0.2 (R Development Core Team, 2020).

6 RESULTADOS

6.1 Condições Ambientais

As condições ambientais foram favoráveis à ocorrência das doenças no campo (Pozza, 2021). Nos meses de avaliação do experimento, os valores médios da temperatura, umidade relativa e a precipitação acumulada foram próximos de 23,1ºC, 76,1% e 120,3 mm, respectivamente (Figura 4 A e B).



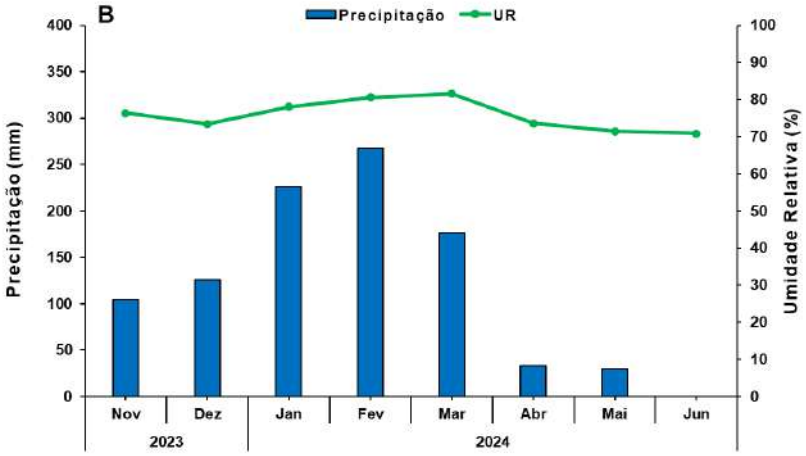


Figura 4 - (A) Temperatura máxima (T max), mínima (T min), média (T med), (B) umidade relativa (UR) e precipitação acumulada no período de novembro de 2023 a junho de 2024. UFLA, Lavras-MG, 2025.

6.2 Ferrugem do cafeeiro

6.2.1 Incidência e Área Abaixo da Curva de Progresso da Ferrugem

Não houve incidência de ferrugem na avaliação prévia, antes do início das pulverizações, em 12/12/23. A ferrugem foi observada a partir da segunda avaliação, em 30/01/24, aumentando de forma exponencial na testemunha e atingindo a máxima incidência de 74,0% na última avaliação, em 18/05/24 (Figura 5).

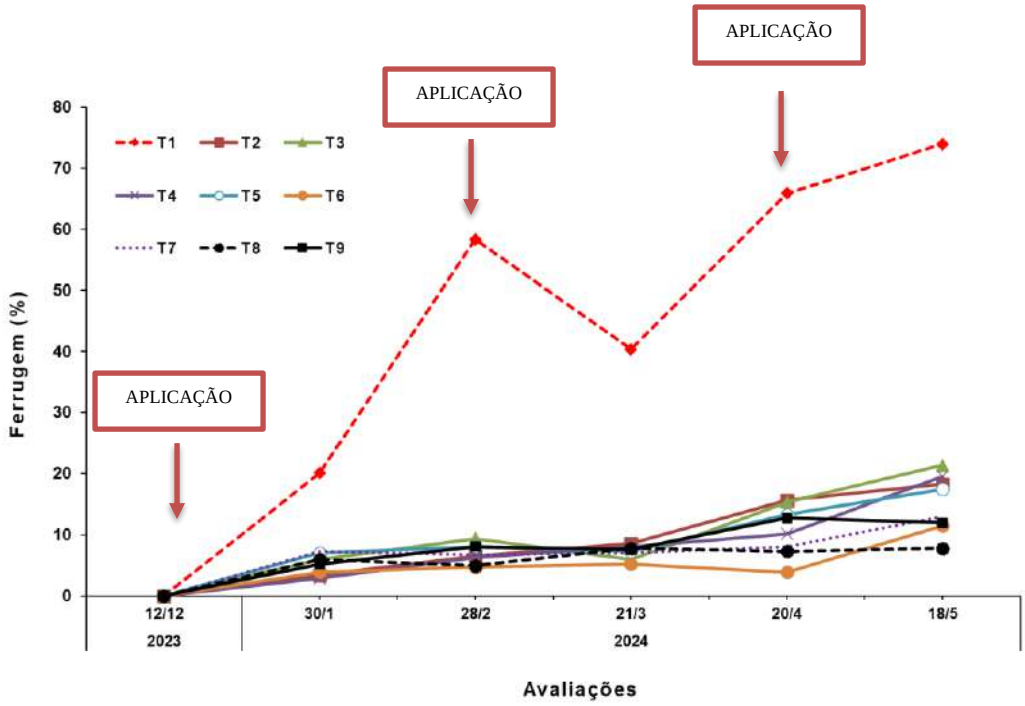


Figura 5. Curva de progresso da incidência da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) nas diferentes datas de avaliação, em função dos produtos aplicados e a época de pulverização. **Legenda: T1**- Testemunha; **T2** - Trifloxistrobina 375,0 g/L + Ciproconazol 160,0 g/L (0,25 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja 720 g/L (0,25% v.v.); **T3** - Trifloxistrobina - 375,0 g/L + Ciproconazol - 160,0 g/L (0,25 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja - 720 g/L (0,25% v.v.) + Hidróxido de Cobre 537,44 g/L (1,5 L/ha); **T4** - Trifloxistrobina 375,0 g/L + Ciproconazol 160,0 g/L (0,40 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja 720 g/L (0,25% v.v.); **T5** - Oxicloreto de cobre 420 g/L + Picoxistrobina 60 g/L + Ciproconazol 40 g/L (1,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); **T6** - Azoxistrobina 200 g/L + Ciproconazol 80 g/L (0,75 L/ha) + Alquil Ester Fosfatado 752 g/L (0,25% v.v.) + Hidróxido de Cobre 537,44 g/L (1,5 L/ha); **T7** - Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,3 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); **T8** - Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,6 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); **T9** - Oxicloreto de cobre 420 g/L + Trifloxistrobina 75 g/L + Tebuconazol 90 g/L (1,5 L/ha) + Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (0,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.). UFLA, Lavras-MG, 2025.

Na avaliação prévia, antes do início das pulverizações, em 12/12/23, o enfolhamento das plantas de cafeeiro foi próximo de 85%. O menor enfolhamento ocorreu na testemunha em 18/05/24 com 57,5%, já nos demais tratamentos o enfolhamento foi superior à 70% (Figura 6).

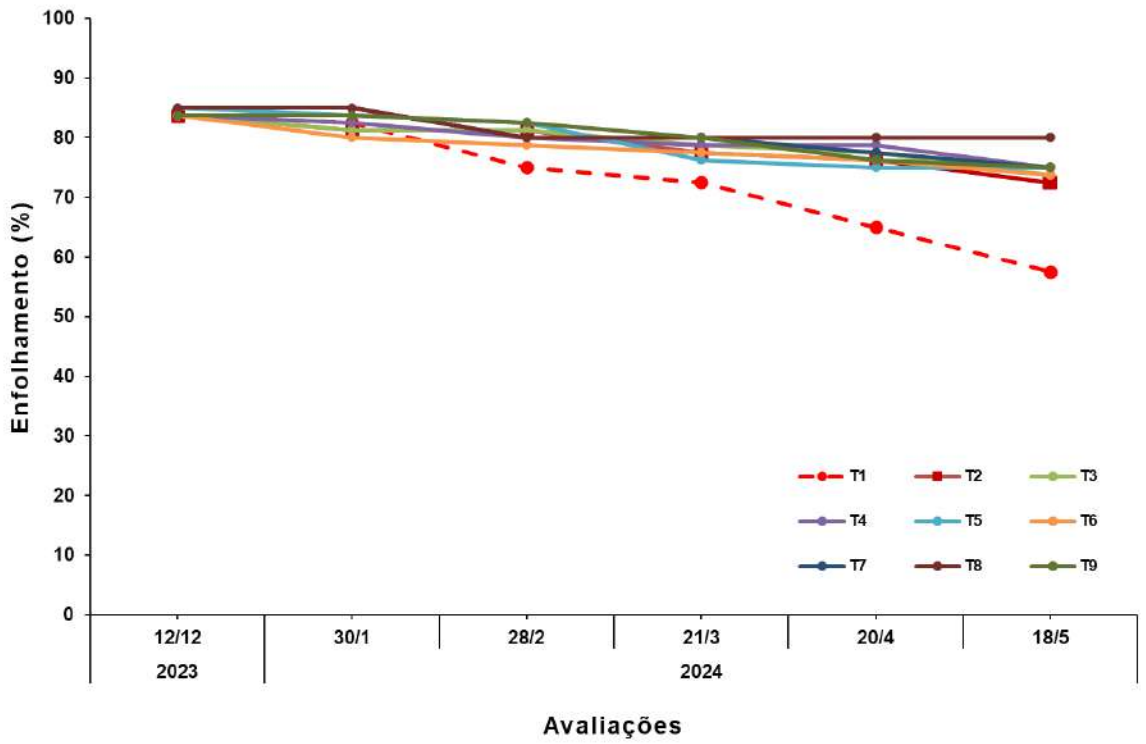


Figura 6. Curva de progresso do enfolhamento do cafeeiro nas diferentes datas de avaliação, em função dos produtos aplicados.
Legenda: T1- Testemunha; **T2** - Trifloxistrobina 375,0 g/L + Ciproconazol 160,0 g/L (0,25 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja 720 g/L (0,25% v.v.); **T3** - Trifloxistrobina - 375,0 g/L + Ciproconazol - 160,0 g/L (0,25 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja - 720 g/L (0,25% v.v.) + Hidróxido de Cobre 537,44 g/L (1,5 L/ha); **T4** - Trifloxistrobina 375,0 g/L + Ciproconazol 160,0 g/L (0,40 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja 720 g/L (0,25% v.v.); **T5** - Oxicloreto de cobre 420 g/L + Picoxistrobina 60 g/L + Ciproconazol 40 g/L (1,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); **T6** - Azoxistrobina 200 g/L + Ciproconazol 80 g/L (0,75 L/ha) + Alquil Ester Fosfatado 752 g/L (0,25% v.v.) + Hidróxido de Cobre 537,44 g/L (1,5 L/ha); **T7** - Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,3 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); **T8** - Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,6 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); **T9** - Oxicloreto de cobre 420 g/L + Trifloxistrobina 75 g/L + Tebuconazol 90 g/L (1,5 L/ha) + Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (0,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.). UFLA, Lavras-MG, 2025.

Houve diferença significativa (*p<0,05*) entre os tratamentos a partir da segunda avaliação (30/01/24) (Tabela 4).

Tabela 4. Área abaixo da curva de progresso da incidência de ferrugem (AACPF) nas diferentes datas de avaliação, em função dos diferentes tratamentos. UFLA, Lavras-MG, 2025.

Tratamento	Ferrugem (%)					
	15/12/23	30/01/24	28/02/24	21/03/24	20/04/24	18/05/24
T1 (Testemunha)	0,0 a*	20,1 c	58,3 c	40,4 b	65,9 d	74,0 c
T2	0,0 a	3,4 a	6,5 a	8,6 a	15,6 c	18,2 b
T3	0,0 a	6,0 b	9,4 b	6,0 a	15,4 c	21,4 b
T4	0,0 a	2,9 a	6,3 a	8,1 a	10,2 b	19,5 b
T5	0,0 a	7,0 b	8,1 b	7,3 a	13,3 c	17,4 b
T6	0,0 a	3,9 a	4,7 a	5,2 a	3,9 a	11,5 a
T7	0,0 a	7,3 b	6,8 a	7,0 a	8,1 b	13,0 a
T8	0,0 a	6,0 b	4,9 a	7,8 a	7,3 b	7,8 a
T9	0,0 a	5,2 b	8,1 b	7,6 a	12,8 c	12,0 a
CV(%)	-	19,2	12,7	16,5	14,8	12,2

*Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si por meio do teste Scott-Knott (*p<0,05*). **Legenda: T1**- Testemunha; **T2** - Trifloxistrobina 375,0 g/L + Ciproconazol 160,0 g/L (0,25 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja 720 g/L (0,25% v.v.); **T3** - Trifloxistrobina - 375,0 g/L + Ciproconazol - 160,0 g/L (0,25 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja - 720 g/L (0,25% v.v.) + Hidróxido de Cobre 537,44 g/L (1,5 L/ha); **T4** - Trifloxistrobina 375,0 g/L + Ciproconazol 160,0 g/L (0,40 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja 720 g/L (0,25% v.v.); **T5** - Oxicloreto de cobre 420 g/L + Picoxistrobina 60 g/L + Ciproconazol 40 g/L (1,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); **T6** - Azoxistrobina 200 g/L + Ciproconazol 80 g/L (0,75 L/ha) + Alquil Ester Fosfatado 752 g/L (0,25% v.v.) + Hidróxido de Cobre 537,44 g/L (1,5 L/ha); **T7** - Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,3 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); **T8** - Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,6 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); **T9** - Oxicloreto de cobre 420 g/L + Trifloxistrobina 75 g/L + Tebuconazol 90 g/L (1,5 L/ha) + Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (0,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.). UFLA, Lavras-MG, 2025.

A partir de 30/01/24, o maior valor de incidência ocorreu na testemunha, com valores de 20,1 a 74%, ou seja, diferente dos demais tratamentos (*p<0,05*). Houve variação na eficiência dos tratamentos ao longo das datas de amostragem em 21/03/24 todos os tratamentos foram superiores a testemunha e iguais entre si, enquanto na penúltima amostragem, em 20 de abril, destacou-se o T6 (Azoxistrobina 200 g/L + Ciproconazol 80 g/L (0,75 L/ha) + Alquil Ester Fosfatado 752 g/L (0,25% v.v.) + Hidróxido de Cobre 537,44 g/L (1,5 L/ha)), com menor incidência entre os demais, sendo o de maior eficiência. Já na última avaliação, em 18/05/24,

o maior valor de incidência ocorreu na testemunha com 74,0%, sendo diferente dos tratamentos (*p<0,05*). Os tratamentos T7 (Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,3 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.)), T8 (Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,6 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.)) e T9 (Oxicloreto de cobre 420 g/L + Trifloxistrobina 75 g/L + Tebuconazol 90 g/L (1,5 L/ha) + Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (0,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.)) foram iguais entre si com incidência média de 11,1% (*p<0,05*).

Houve diferença entre os tratamentos para a variável AACPF (*p<0,05*) (Tabela 4). O maior valor de AACPF foi observado na Testemunha (6182,0), sendo diferente dos tratamentos (*p<0,05*). Os tratamentos T6 (Azoxistrobina 200 g/L + Ciproconazol 80 g/L (0,75 L/ha) + Alquil Ester Fosfatado 752 g/L (0,25% v.v.) + Hidróxido de Cobre 537,44 g/L (1,5 L/ha)) e T8 (Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,6 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.)) promoveram a maior redução da AACPF, ou seja, 89,2 e 86,0% de eficiência de controle da ferrugem respectivamente, em relação à testemunha. Os tratamentos T4 (Trifloxistrobina 375,0 g/L + Ciproconazol 160,0 g/L (0,40 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja 720 g/L (0,25% v.v.)), T7 (Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,3 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.)) e T9 (Oxicloreto de cobre 420 g/L + Trifloxistrobina 75 g/L + Tebuconazol 90 g/L (1,5 L/ha) + Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (0,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.)) também promoveram eficiência superior a 82% (*p<0,05*). Dessa forma, a redução da ferrugem ficou entre 78,2 e 83,3% (Figura 7).

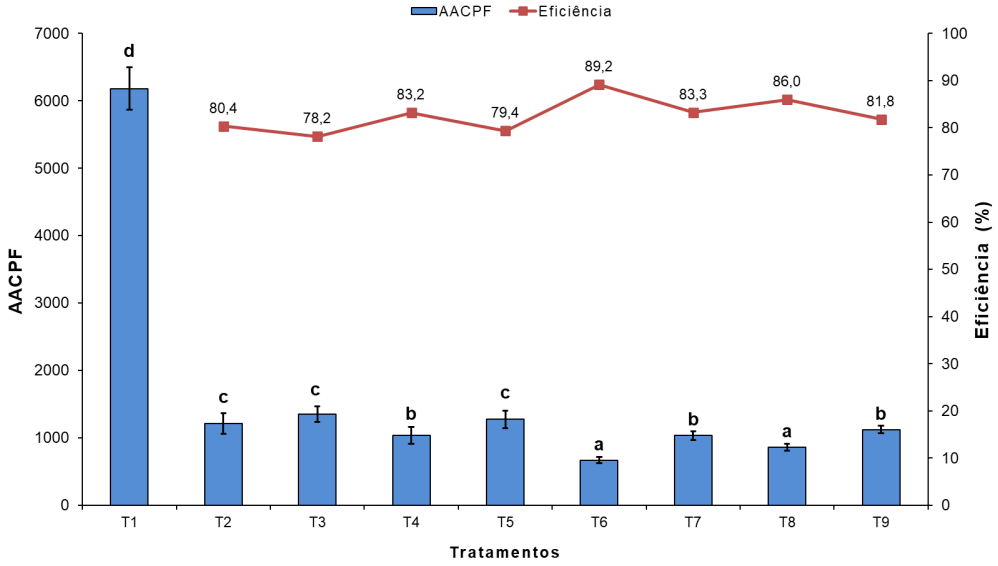


Figura 7. Área abaixo da curva de progresso da ferrugem (AACPF) e eficiência de controle em função dos diferentes tratamentos. Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si no teste de agrupamento de Scott-Knott (*p<0,05*). Coeficiente de variação: 7,7%. UFLA, Lavras-MG, 2025. **Legenda: T1**- Testemunha; **T2** - Trifloxistrobina 375,0 g/L + Ciproconazol 160,0 g/L (0,25 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja 720 g/L (0,25% v.v.); **T3** - Trifloxistrobina - 375,0 g/L + Ciproconazol - 160,0 g/L (0,25 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja - 720 g/L (0,25% v.v.) + Hidróxido de Cobre 537,44 g/L (1,5 L/ha); **T4** - Trifloxistrobina 375,0 g/L + Ciproconazol 160,0 g/L (0,40 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja 720 g/L (0,25% v.v.); **T5** - Oxicloreto de cobre 420 g/L + Picoxistrobina 60 g/L + Ciproconazol 40 g/L (1,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); **T6** - Azoxistrobina 200 g/L + Ciproconazol 80 g/L (0,75 L/ha) + Alquil Ester Fosfatado 752 g/L (0,25% v.v.) + Hidróxido de Cobre 537,44 g/L (1,5 L/ha); **T7** - Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,3 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); **T8** - Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,6 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); **T9** - Oxicloreto de cobre 420 g/L + Trifloxistrobina 75 g/L + Tebuconazol 90 g/L (1,5 L/ha) + Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (0,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.). UFLA, Lavras-MG, 2025.

6.3 Enfolhamento

Não houve diferença significativa (*p<0,05*) entre os tratamentos para o enfolhamento das plantas na avaliação de 12/12/23, com valor médio de 84,2%. Na avaliação de 30/01/24, houve diferença significativa (*p<0,05*) entre os tratamentos. Os tratamentos T5 (Oxicloreto de cobre 420 g/L + Picoxistrobina 60 g/L + Ciproconazol 40 g/L (1,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.)), T7 (Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,3 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.)), T8 (Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,6 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.)) e T9 (Oxicloreto de cobre 420 g/L + Trifloxistrobina 75 g/L +

Tebuconazol 90 g/L (1,5 L/ha) + Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (0,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.)) foram iguais entre si e superiores aos demais, com enfolhamento médio de 84,4% (*p<0,05*). Dessa forma, o enfolhamento médio foi de 81,9% (*p<0,05*) (Tabela 5).

Nas avaliações de 28/02, 21/03 e 20/04/24 o menor enfolhamento ocorreu na testemunha, com valores de 75,0, 72,5 e 65,0% respectivamente, diferindo dos demais tratamentos (*p<0,05*). Esses tratamentos foram iguais entre si com enfolhamento médio de 80,8, 78,6 e 77,2% nas avaliações de 28/02, 21/03 e 20/04/24, respectivamente (*p<0,05*).

Tabela 5. Enfolhamento (%) em diferentes datas de avaliação e área abaixo da curva de progresso do enfolhamento (AACPE) do cafeeiro em função dos diferentes tratamentos. UFLA, Lavras-MG, 2025.

Tratamento	Enfolhamento (%)					
	15/12/22	30/01/24	28/02/24	21/03/24	20/04/24	18/05/24
T1 (Testemunha)	83,8 a*	82,5 b	75,0 b	72,5 b	65,0 b	57,5 c
T2	83,8 a	81,3 b	81,3 a	77,5 a	76,3 a	72,5 b
T3	83,8 a	81,3 b	81,3 a	78,8 a	77,5 a	73,8 b
T4	83,8 a	82,5 b	80,0 a	78,8 a	78,8 a	75,0 b
T5	85,0 a	83,8 a	82,5 a	76,3 a	75,0 a	75,0 b
T6	83,8 a	80,0 b	78,8 a	77,5 a	76,3 a	73,8 b
T7	85,0 a	85,0 a	80,0 a	80,0 a	77,5 a	75,0 b
T8	85,0 a	85,0 a	80,0 a	80,0 a	80,0 a	80,0 a
T9	83,8 a	83,8 a	82,5 a	80,0 a	76,3 a	75,0 b
CV(%)	2,3	2,6	3,0	2,6	3,0	2,9

*Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si por meio do teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. **Legenda: T1**- Testemunha; **T2** - Trifloxistrobina 375,0 g/L + Ciproconazol 160,0 g/L (0,25 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja 720 g/L (0,25% v.v.); **T3** - Trifloxistrobina - 375,0 g/L + Ciproconazol - 160,0 g/L (0,25 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja - 720 g/L (0,25% v.v.) + Hidróxido de Cobre 537,44 g/L (1,5 L/ha); **T4** - Trifloxistrobina 375,0 g/L + Ciproconazol 160,0 g/L (0,40 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja 720 g/L (0,25% v.v.); **T5** - Oxicloreto de cobre 420 g/L + Picoxistrobina 60 g/L + Ciproconazol 40 g/L (1,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); **T6** - Azoxistrobina 200 g/L + Ciproconazol 80 g/L (0,75 L/ha) + Alquil Ester Fosfatado 752 g/L (0,25% v.v.) + Hidróxido de Cobre 537,44 g/L (1,5 L/ha); **T7** - Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,3 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); **T8** - Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,6 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); **T9** - Oxicloreto de cobre 420 g/L + Trifloxistrobina 75 g/L + Tebuconazol 90 g/L (1,5 L/ha) + Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (0,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.). UFLA, Lavras-MG, 2025.

Nas avaliações de 28/02, 21/03 e 20/04/24 o menor enfolhamento ocorreu na testemunha, com valores de 75,0, 72,5 e 65,0% respectivamente, diferindo dos demais tratamentos (*p<0,05*). Esses tratamentos foram iguais entre si com enfolhamento médio de 80,8, 78,6 e 77,2% nas avaliações de 28/02, 21/03 e 20/04/24, respectivamente (*p<0,05*) (Tabela 5).

Para a AACPE houve diferença entre a testemunha e os tratamentos (*p<0,05*). O menor valor para essa variável ocorreu na testemunha (11350,6), sendo diferente dos tratamentos (*p<0,05*). Os tratamentos T7 (Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,3 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.)), T8 (Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,6 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.)) e T9 (Oxicloreto de cobre 420 g/L + Trifloxistrobina 75 g/L + Tebuconazol 90 g/L (1,5 L/ha) + Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (0,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.)) foram iguais entre si, com 8,4, 9,4 e 8,1% de incremento do enfolhamento em relação à testemunha (*p<0,05*) (Figura 8).

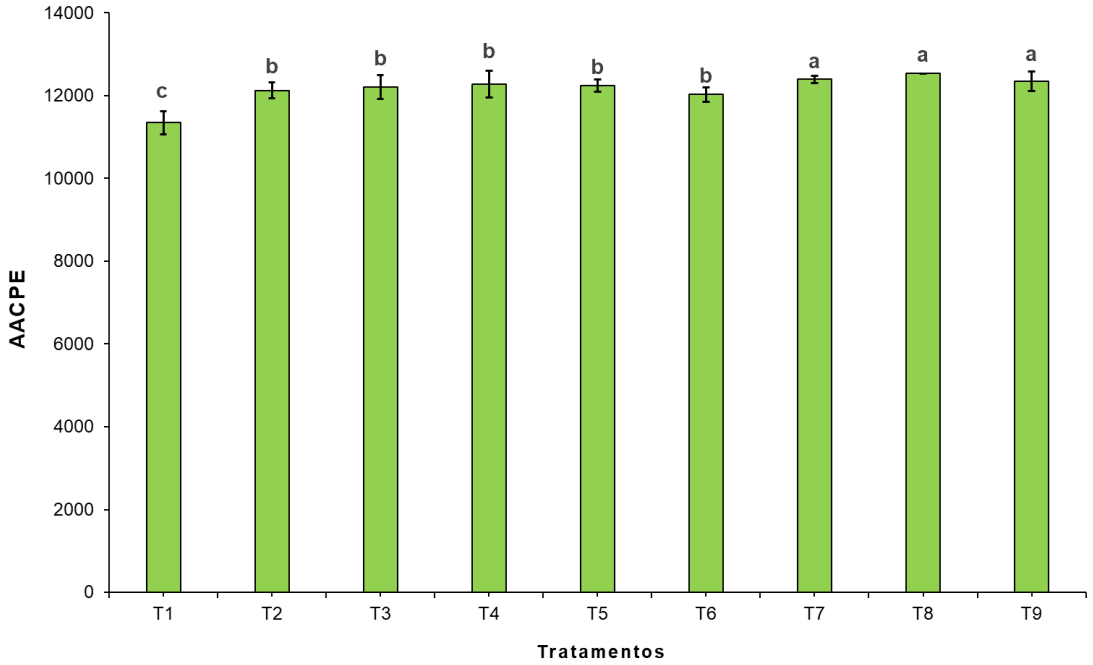


Figura 8. Área abaixo da curva de progresso do enfolhamento (AACPE) em função dos diferentes tratamentos. Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si no teste de agrupamento de Scott-Knott (*p<0,05*). Coeficiente de variação: 1,5%. **Legenda: T1**- Testemunha; **T2** - Trifloxistrobina 375,0 g/L + Ciproconazol 160,0 g/L (0,25 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja 720 g/L (0,25% v.v.); **T3** - Trifloxistrobina - 375,0 g/L + Ciproconazol - 160,0 g/L (0,25 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja - 720 g/L (0,25% v.v.) + Hidróxido de Cobre 537,44 g/L (1,5 L/ha); **T4** - Trifloxistrobina 375,0 g/L + Ciproconazol 160,0 g/L (0,40 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja 720 g/L (0,25% v.v.); **T5** - Oxicloreto de cobre 420 g/L

+ Picoxistrobina 60 g/L + Ciproconazol 40 g/L (1,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); **T6** - Azoxistrobina 200 g/L + Ciproconazol 80 g/L (0,75 L/ha) + Alquil Ester Fosfatado 752 g/L (0,25% v.v.) + Hidróxido de Cobre 537,44 g/L (1,5 L/ha); **T7** - Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,3 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); **T8** - Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,6 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); **T9** - Oxicloreto de cobre 420 g/L + Trifloxistrobina 75 g/L + Tebuconazol 90 g/L (1,5 L/ha) + Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (0,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.). UFLA, Lavras-MG, 2025.

6.4 Produtividade

Não houve diferença significativa (*p<0,05*) entre os tratamentos para a variável produtividade. Portanto, a produtividade média foi de 31,8 sacas por hectare (Figura 9), embora em relação a testemunha tenha ocorrido aumento entre 7,6% a 14,1%.

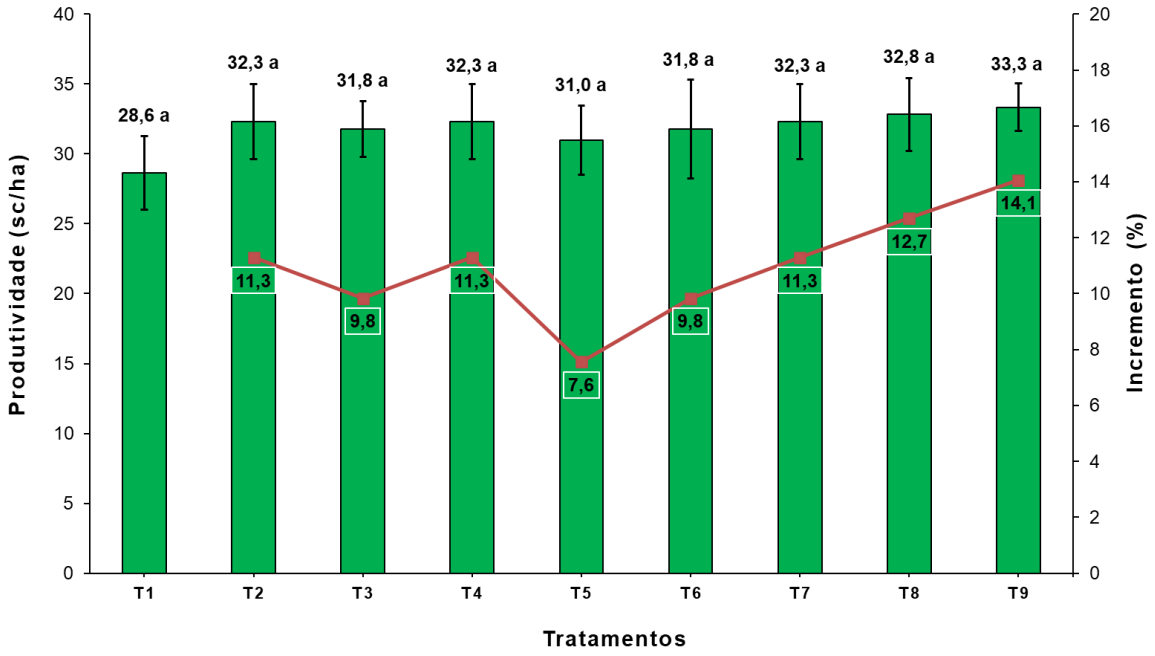


Figura 9. Produtividade do cafeeiro em sacas de 60 kg por hectare, em função dos produtos aplicados. Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si no teste de agrupamento de Scott-Knott (*p<0,05*). Coeficiente de variação - CV (%): 8,3.
Legenda: T1- Testemunha; **T2** - Trifloxistrobina 375,0 g/L + Ciproconazol 160,0 g/L (0,25 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja 720 g/L (0,25% v.v.); **T3** - Trifloxistrobina - 375,0 g/L + Ciproconazol - 160,0 g/L (0,25 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja - 720 g/L (0,25% v.v.) + Hidróxido de Cobre 537,44 g/L (1,5 L/ha); **T4** - Trifloxistrobina 375,0 g/L + Ciproconazol 160,0 g/L (0,40 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja 720 g/L (0,25% v.v.); **T5** - Oxicloreto de cobre 420 g/L + Picoxistrobina 60 g/L + Ciproconazol 40 g/L (1,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); **T6** - Azoxistrobina 200 g/L + Ciproconazol 80 g/L (0,75 L/ha) + Alquil Ester Fosfatado 752 g/L (0,25% v.v.) + Hidróxido de Cobre 537,44 g/L (1,5 L/ha); **T7** -

Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,3 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); **T8** - Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,6 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.); **T9** - Oxicloreto de cobre 420 g/L + Trifloxistrobina 75 g/L + Tebuconazol 90 g/L (1,5 L/ha) + Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (0,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.). UFLA, Lavras-MG, 2025.

7 DISCUSSÃO

Sabe-se que, se não for realizado o manejo da ferrugem, as perdas de produtividade podem atingir valores próximos a 100% (Colares, 2018). No presente estudo todos os tratamentos reduziram a ferrugem do cafeeiro, com eficiência superior a 75% em relação à testemunha. Isso evidência a importância de realizar o manejo da ferrugem do cafeeiro, com seja por meio de fungicidas sistêmicos, mesostêmicos ou protetores, aplicados em mistura ou não.

A alta eficiência da mistura de triazóis com estrobilurinas no controle da ferrugem do cafeeiro já foi relatado por diversos autores. Por exemplo, Vilela (2020) observou que a aplicação de ciproconazol + azoxistrobina reduziu a AACPI da ferrugem em quase 90%. Em outro trabalho, Paula (2018) utilizando também a mistura de triazol com estrobilurina (epoxiconazol + piraclostrobina) observou que a redução da AACPI da ferrugem também foi superior à 90%. Nesse sentido, sabe-se que a associação de fungicidas à base de triazóis com estrobilurinas tem proporcionado melhor controle com maior período residual, vigor da planta e incremento na produtividade do cafeeiro (Deising; Reimann; Paschoalti, 2008; Rennó *et al*., 2013; Hollomon, 2015; Rosalino *et al.*, 2017).

No entanto, a perda de eficiência de moléculas de triazol e estrobilurinas já foram relatadas para a ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*), em razão do seu uso contínuo nas últimas safras. Os primeiros relatos dessa resistência ocorreram para o princípio ativo Tebuconazol (ALVIM et al., 2009) e desde então observa-se a perda gradual de sua eficiência (resistência quantitativa). Para as estrobilurinas já foram observados indivíduos com mutações no genoma na posição F129L, na safra 2013/2014. Outras mutações (G143A e G137R) são passiveis de ocorrerem selecionando indivíduos cada vez mais resistentes a esses fungicidas (GRASSO et al., 2006; VALLIERI et al., 2011). Com base nisso, os programas de manejo devem ser compostos por ingredientes ativos com modos de ação distintos, a fim de evitar a seleção de indivíduos resistentes.

De acordo com Barbosa Junior (2020), o ideal é inserir um terceiro grupo químico e associá-lo com os triazóis e as estrobilurinas, alternando ou associando três modos de ação diferentes para manter a eficiência de controle das doenças de plantas. Nessa situação, os fungicidas cúpricos ganham destaque na cafeicultura, pois, são multissitios, importante para o manejo da resistência de fungos à fungicidas e também para a nutrição da planta. Na cafeicultura o uso dos fungicidas cúpricos é essencial e os produtores sabem dessa importância, porém, ao ser aplicado em mistura com outros fungicidas (triazol + estrobilurina) pode ocorrer redução da eficiência de controle da ferrugem.

Em estudo com mudas de cafeeiro, em casa de vegetação, não se observou redução de eficiência quando houve a mistura de triazóis, estrobilurinas e hidróxido de cobre, reduzindo a severidade da ferrugem para 1,0% (Costa, 2019). Porém, alguns trabalhos já evidenciaram a redução da eficiência de controle da ferrugem quando fungicidas em mistura pronta com triazol + estrobilurina foram associados a fungicida cúprico na calda de pulverização. Nesse sentido, Vilela (2019) observou redução de 14% no controle, devido a mistura desses produtos para a pulverização em lavouras adultas. De acordo com essa autora, a rápida solubilização do cobre metálico pode promover sua ligação aos sítios negativos dos triazóis, responsáveis por sua sistemicidade e demetilação do lanosterol, reduzindo a sua eficiência, além da tecnologia de aplicação, por turbo atomizadores ou pulverizadores costais e as condições do ambiente podem ter influência direta na eficiência dos produtos, principalmente, os sistêmicos.

Nas condições em que esse trabalho foi realizado, o tratamento formado por formulação em mistura pronta de azoxistrobina, ciproconazol e adição de hidróxido de cobre direto no tanque de pulverização, promoveu a redução de 89,2% da ferrugem. Ou seja, ao contrário do observado por outros autores, não houve redução na eficiência em mistura. Certamente devido a formulação nesse caso não proporcionar a liberação imediata do cobre metálico no tanque em mistura de produtos. Caso tenha ocorrido alguma incompatibilidade química na calda de pulverização, não interferiu na eficiência de controle da doença. Em muitas propriedades cafeeiras essa mistura é utilizada como principal programa de manejo da ferrugem. Porém a mistura de pronta de ciproconazol, piraclostrobina e oxicloreto de cobre foi tão eficiente quanto este tratamento.

As misturas prontas de triazol e estrobilurina ou somente triazol com o oxicloreto de cobre promoveu os maiores níveis de enfolhamento, em relação a testemunha, o incremento médio foi próximo de 8%. Dessa forma, ao fornecer o cobre nesse tipo de formulação favoreceu a maior retenção de folhas nas plantas, garantindo maior área fotossintética. Além da sua importância como fungicida protetor e estratégico para o manejo da resistência de fungos, o

cobre também é micronutriente essencial às plantas, por participar de vários processos fisiológicos como a fotossíntese, respiração, distribuição de carboidrato, redução e fixação de nitrogênio.

Portanto, manter a eficiência de controle da ferrugem é de suma importância para a cafeicultura brasileira. Os programas de manejo devem ser pautados no uso de produtos com boas formulações, ingredientes ativos eficazes e diversificação de modos de ação. Nesse sentido, as formulações duplas ou triplas com cobre, capazes de retardar a solubilização desse nutriente e proporcionar a rápida absorção dos triazóis, surgem como opções a serem inseridas nos programas de manejo da ferrugem, evitando também, a seleção de isolados de *H. vastatrix* resistentes, devido a ação multissitio do cobre. Porém, as aplicações devem ser realizadas de forma racional, no momento correto, para evitar aplicações desnecessárias.

8 CONCLUSÕES

Todos os tratamentos foram eficazes em reduzir a ferrugem do cafeeiro, porém, em níveis distintos.

O tratamento T5 (Oxicloreto de cobre 420 g/L + Picoxistrobina 60 g/L + Ciproconazol 40 g/L (1,5 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.)) promoveu o mesmo nível de controle da ferrugem observado no T2 (Trifloxistrobina 375,0 g/L + Ciproconazol 160,0 g/L (0,25 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja 720 g/L (0,25% v.v.)) e no T3 (Trifloxistrobina - 375,0 g/L + Ciproconazol - 160,0 g/L (0,25 L/ha) + Éster metílico de óleo de soja - 720 g/L (0,25% v.v.) + Hidróxido de Cobre 537,44 g/L (1,5 L/ha)).

O tratamento T8 (Ciproconazol 80 g/L + Oxicloreto de cobre 420 g/L (1,0 L/ha) + Piraclostrobina 250 g/L (0,6 L/ha) + Óleo Vegetal 930 g/L (0,5% v.v.)) foi tão eficiente quanto o tratamento T6 (Azoxistrobina 200 g/L + Ciproconazol 80 g/L (0,75 L/ha) + Alquil Ester Fosfatado 752 g/L (0,25% v.v.) + Hidróxido de Cobre 537,44 g/L (1,5 L/ha)).

Portanto, a aplicação dos produtos de forma isolada ou em associação aos fungicidas “padrões de mercado” promoveu a redução da ferrugem em mais de 80%.

Não foram observados sintomas de fitotoxidez.

9 REFERÊNCIAS

ABIC- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDUSTRIA DE CAFÉ. **Exportações Brasileira de Café** – Receita. Disponível em: https://estatisticas.abic.com.br/estatisticas/exportacoesbrasileiras-de-cafe-receita. Acesso em 24 de mar. 2024.

ABIC- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDUSTRIA DE CAFÉ. **Indicadores da Indústria de Café** - 2023. Disponível em: https://estatisticas.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industriade-cafe-2023. Acesso em 28 de out, 2024.

ABIC- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDUSTRIA DE CAFÉ. **Origem do Café.** Disponível em: <https://www.abic.com.br/tudo-de-cafe/origem-do-cafe/>. Acesso em 28 out. 2024.

AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários.** 2023. Disponível: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso: 08 dez. 2024.

AGROLINK-JANICE. **Cafeicultura conta com nova solução tecnológica à base de cobre e triazol.** Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/noticias/cafeicultura-conta-com-nova-solucao-tecnologica-a-base-de-cobre-e-triazol-_78977.html>. Acesso em: 02 dez. 2024.

ALFONSI, W. M. V. Incubation period of coffee leaf rust. **Summa phytopathologica**. vol.45 no.2 Botucatu, 2019.

AVENOT, H. F.; MICHAILIDES, T. J. Progress in understanding molecular mechanisms and evolution of resistance to succinate dehydrogenase inhibiting (SDHI) fungicides in phytopathogenic fungi. **Crop protection**, v. 29, n. 7, p. 643-651, 2010.

AVENOT, H. F.; MICHAILIDES, T. J. Resistance to boscalid fungicide in Alternaria alternata isolates from pistachio in California. **Plant Disease**, v. 91, n. 10, p. 1345-1350, 2007.

AZEVEDO PAULA, J. C. **Fungicidas para patógenos necrotróficos do cafeeiro: avaliação da dose resposta 'in vitro' e dos efeitos fisiológicos em mudas**. 2023. 106p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BALARDIN, R. **Fungicidas sistêmicos: benzimidazóis, triazóis e estrobilurinas**. Disponível em: https://elevagro.com/materiais-didaticos/fungicidas-sistemicos-benzimidazois-triazois-e-estrobilurinas/. Data de acesso: 13 de outubro de 2023.

BARBOSA JR, M.P. *et al.* Brow eye spot subjected to different drip irrigation and fertilization management. **Australasian plant pathology**. V. 48, n. 1, p. 1-8, 2019.

BARBOSA JUNIOR, M. P. **Management of coffee rust and brow eye spot using cultural and chemical control.** 2020. 99 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Lavras, 2020.

BARTELEGA, V. **Sensibilidade do fungo *Hemileia vastatrix* a estrobilurinas e metodologia para avaliar germinação de esporos em microplaca de "elisa".** 2022. 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BOLDINI, J. M. **Epidemiologia da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro irrigado e fertirrigado.** 2001. 67 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

BOSCHIERO, B. N. 5 **maiores produtores de café do mundo: Brasil se destaca. Agroadvance,** 2023. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-5-maiores-produtores-de-cafe-do-mundo/>. Acesso em: 29 out. 2024

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 40, de 11 de outubro de 2018**. Estabelecem regras complementares a emissão da receita agronômica previsto no Decreto nº 4.074 de 04 de janeiro de 2002**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 out. 2018. Disponível em: < https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-40-de-11-de-outubro-de-2018-45173522>. Acesso em: 02 de dez de 2024.

CARVALHO, V. L. DE; CUNHA, R. L. DA; SILVA, N. R. N. Alternativas de controle de doenças do cafeeiro. **Coffee Science**, 2012.

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.

CAVATON, T; FERREIRA, L, T. - **Produção mundial de Coffea canephora totaliza 73,5 milhões de sacas no período acumulado de outubro de 2023 a setembro de 2024**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cafe/busca-de-noticias/-/noticia/95422815/artigo---producao-mundial-de-coffea-canephora-totaliza-735-milhoes-de-sacas-no-periodo-

acumulado-de-outubro-de-2023-a-setembro-de-2024?p_auth=CNvePP3bd>. Acesso em: 06 dez. 2024.

CDA. COPPER DEVELOPMENT ASSOCIANTION INC. **A timeline of copper technologies. USA**, 2020. Disponível em: Acesso em: 08 dez. 2024.

COLARES, M. R. **Modelagem de perdas de produtividade do cafeeiro relacionada à ferrugem**. 2018. 87 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, MG. 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB - **Produção de café de 2024 é estimada em 54,79 milhões de sacas, influenciada por clima**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5740-producao-de-cafe-de-2024-e-estimada-em-54-79-milhoes-de-sacas-influenciada-por-clima>. Acesso em: 06 jan. 2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **2° Levantamento de Café** – Safra 2024, Brasília, v. 11, n.2, mai., 2024b.

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, Guildford**, v. 124, p. 104856, Oct. 2019.

DA SILVA, A. F.; GARCIA, S. R. **Análise dos aspectos climatológicos da região sul de minas gerais e seus impactos no cultivo de oliveiras - parte i: relações com a pdo**. Disponível em: <https://www.sbagro.org/files/biblioteca/3439.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2024.

DUPONT, S.; COLLINS, C.; BAILEY, D. Role of sterols in fungal membranes. **Membranes Journal**, v. 45, n. 2, p. 123-130, 2012. DOI: 10.1000/membranes.2012.45.

FRAC. **Succinate Dehydrogenase Inhibitor (SDHI) Working Group**. Disponível: https://www.frac.info/docs/default-source/working-groups/sdhi-meeting-minutes/minutes-of-the-2014-sdhi-meeting-recommendations-for-2015-v2.pdf?sfvrsn=8a154a9a_10, 2015. Acesso em 06 dez 2024.

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.

GILIOLI, F. **Sensibilidade de *Hemileia vastatrix* à fungicidas triazóistriazóis.** 2023. 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GILIOLI, F; POZZA, E. A.. Fungicidas triazóóis na agricultura tropical: Passado, presente e futuro. In: SILVA, R. H. *et al*. **Manejo de doenças de plantas: controle genético, químico e biológico, nas perspectivas acadêmica e empresarial.** Recife, PE: Ed. dos Autores, 2023. p.P. 40-54, 2023.

HUB DO CAFÉ - **Doenças do café. Quais delas podem destruir uma lavoura inteira?** Disponível em: <https://hubdocafe.cooxupe.com.br/doencas-do-cafe-quais-delas-podem-destruir-uma-lavoura-inteira/>. Acesso em: 05 jan. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **A Geografia do Café: Dinâmica territorial da Produção Agropecuária**, 2017. Disponível em: Acesso em: 08 jan. 2025.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2022**. Disponível em: https://censo2022.ibge.gov.br/. Acesso em 05 dez 2024

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFIA E ESTATÍSTICA. **Produção de café em Minas Gerais.** Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/producaoagropecuaria/cafe/mg Acesso em: 05 dez, 2024.

IKEDA, F. S. Resistência de plantas daninhas em soja resistente ao glifosato. **Informe Agropecuário**, 34(276):1-8, 2013.

KOPPEN – BRASIL. **Classificação Climática de Koppen para os municípios brasileiros.** Disponível em: https://koppenbrasil.github.io/. Acesso em: 05 de abril, 2024.

LA TORRE, A.; IOVINCO, V.; CARADONIA, F. Copper in plant protection: current situation and prospects. **Phytopathologia Mediterranea,** v. 57, n. 2, p. 201−236, 2018.

LEAL, F. D. S **Nanopartículas metálicas no controle da ferrugem do cafeeiro**. 2020 p 14-15. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

LEAL, F. D. S. *et al.* Copper and silver nanoparticles control coffee rust: decrease the quantity of sprayed active ingredients and is an alternative for sustainable coffee production. **European journal of plant pathology**, 2023.

LEAL, F. D. S. *et al.* Desenvolvimento e criação de novos fungicidas. In: POZZA, E. A. *et al.* (Eds). **Plant health in tropical agribusiness: the numbers of the giant**. Lavras: UFLA, p. 28 – 49. Novembro, 2019.

LYR, H. Modern selective fungicides – properties, applications, mechanisms of action. **New York: Gustav Fischer Verlag**. 1995, p.5

MATIELLO, J. B *et al.* Procafé: **Combinação de cobre e formulações de fungicidas com triazóis no controle de doenças do cafeeiro**. Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/artigos/artigos-geral/179970-procafe-combinacao-de-cobre-e-formulacoes-de-fungicidas-com-triazois-no-controle-de-doencas-do-cafeeiro.html>. Acesso em: 06 jan. 2025.

MENDONÇA, P. L. P; MATTIELLO, A. L. Avaliação do fungicida Orkestra SC para o controle da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Bberk &et Bbr.) e da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Bberk & Ccooke) na cultura do café. **IN: 44º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, Franca – SP, 23 a 26 de outubro de 2018. Editor: José Braz Matiello. Brasília, DF: Embrapa Café, 2018.

MIGUEL, K. S. A. C. **Características do setor cafeeiro brasileiro e perspectivas para sua expansão: um estudo bibliográfico**. 2017. 49 f. Monografia (Graduação em Administração). Universidade do extremo sul catarinense – UNESC, Criciúma, 2017.

MIZUBUTI, E. S. G.; MAFFIA, L. A. Introdução à Fitopatologia. **Viçosa**: Editora UFV, ed. 1ª, r.5ª, p. 142 – 177, 2013.

MONTAG, J.; SCHREIBER, L.; SCHÖNHERR, J. An in vitro study of the nature of protective activities of copper sulphate, copper hydroxide and copper oxide against conidia of Venturia inaequalis. **Journal of Phytopathology**, v. 154, p. 474 – 481, 2006.

PARREIRA, D. F.; Neves, W. S.; Zambolim, L.. Resistência de fungos a fungicidas inibidores de quinona. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 3, n. 2, p. 24, 2009.

PAULA, P. V. A. A. **Mistura de fungicidas sistêmicos com cúpricos e análise espaço tempral de doenças do cafeeiro**. 2018. 122 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2018.

PEREIRA, A. B. Nanopartículas e misturas em tanque no controle de doenças da soja. 20234. 83 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2023.

PINHEIRO, I. C. L. **Avaliação da sensibilidade de isolados de Alternaria alternata patótipo tangerina a triazóis, estrobilurinas e carboxamida**. 2021. 63p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PINTO, T. S. **"Raízes do café no Brasil"**. Brasil Escola. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/historia/o-cafe-no-brasil-suas-origens.htm. Acesso em 29 de outubro de 2023.

POZZA, E. A. Diagnose e controle de doenças. In: CARVALHO, G. R.; FERREIRA, A. D.; ANDRADE, V. T.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, J. P. F. (Eds). **Cafeicultura do cerrado**. Belo Horizonte: EPAMIG, p. 347-429. 2021.

POZZA, E. A. Manejo sustentável de doenças em cafeeiros de alta produtividade. In: SANTINATO, F. (Ed.). **A moderna cafeicultura brasileira: tecnologias que afetam a produtividade.** Jaboticabal: FUNEP, p. 499 - 521, 2022.

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

RENNÓ, M. H. L. *et al.* **Manejo da ferrugem do cafeeiro com produtos à base de cobre**. 2013.

RODRIGUES, M.A.T. **Classificação de fungicidas de acordo com o mecanismo de ação proposto pelo FRAC**. 2006. 249f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu. 2006.

SCHOFIELD, K.; GRIMMETT, M. R.; KEENE, B. R. T. Heteroaromatic nitrogen compounds: the azoles. **CUP Archive**, 1976.

SILVA, A. C. A. *et al.* Fitossanidade do cafeeiro: relação com a qualidade sensorial. In: **IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil,** 2015, Curitiba. Anais [...]. Curitiba, PR: Embrapa Café, 2015. p. 5.

sobre o controle do ácaro da leprose em frutos de laranja doce. **Bragantia, Campinas**, v. 70,

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.

STRAYER-SCHERER, A. *et al.* Advanced copper composites against copper-tolerant Xanthomonas perforans and tomato bacterial spot. **Phytopathology,** v. 108, p. 196–205, 2018.

TOPOGRAFIC MAP - **Minas Gerais**. Disponível em: <https://pt-br.topographic-map.com/map-vsbt6/Minas-Gerais/>. Acesso em: 06 dez. 2024.

VILELA, X. M. S. **Fungicidas sistêmicos para ferrugem do Cafeeiro: controle e eficiência na mistura com cúpricos e fertilizantes foliares.** 2020. 88p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.