

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA ETEC
PROFESSOR CARMELINO CORRÊA JÚNIOR
Técnico em Cafeicultura

Alexandre Rogério Garcia Rodrigues
Henrique de Souza Melo

FERRUGEM NO CAFEEIRO PREJUÍZOS E CONTROLE

Franca-SP 2026

Alexandre Rogério Garcia Rodrigues

Henrique de Souza Melo

FERRUGEM NO CAFEEIRO PREJUÍZOS E CONTROLE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Cafeicultura da Etec Prof. Carmelino Corrêa Júnior, orientado pelo Prof. Clayson Correia de Sousa, como requisito parcial para obtenção do título de Técnico em Cafeicultura.

Franca-SP

2026

Sumário

1. INTRODUÇÃO	6
2. REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1 Ciclo da ferrugem do cafeeiro	8
2.2 Danos causados no cafeeiro	9
2.3 Sintomas visíveis no cafeeiro	10
2.4 Condições favoráveis a ferrugem	12
2.5. Manejo da ferrugem do cafeeiro	12
2.6 Controle da ferrugem com biológicos	14
2.7. Monitoramento	15
3. Considerações finais	19
4. REFERÊNCIAS	20

1. INTRODUÇÃO

O café (*Coffea arabica* L.) consolida-se historicamente como uma das commodities mais consumidas globalmente e como um dos pilares de sustentação da balança comercial agrícola do Brasil, país que ocupa a posição de vanguarda na produção e na exportação mundial do grão. Para além do seu expressivo impacto macroeconômico, a cafeicultura desempenha uma função socioambiental relevante, perpetuando saberes tradicionais ao longo de gerações de produtores e fixando comunidades inteiras no meio rural que dependem diretamente da sustentabilidade dessa atividade agrícola. Todavia, a manutenção da alta produtividade e a competitividade do setor exigem a superação contínua de complexos desafios fitossanitários no campo.

Dentre as principais adversidades bióticas que acometem a cultura, a ferrugem-do-cafeeiro, causada pelo fungo biotrófico *Hemileia vastatrix*, destaca-se como a doença mais limitante e severa para o manejo agrícola. Este patógeno atua como um parasita obrigatório, dependendo estritamente do tecido vegetal vivo do hospedeiro para colonização e multiplicação celular. O avanço da patogenia manifesta-se inicialmente por meio de manchas cloróticas no terço inferior da planta — região vulgarmente denominada "saia" —, progredindo de forma ascendente até causar necrose foliar difusa e desfolha precoce generalizada. Como consequência direta, há uma redução drástica da área fotossinteticamente ativa do cafeeiro, o que compromete o vigor fisiológico do vegetal e acarreta severas quebras no rendimento da safra comercial.

Apesar dos avanços no estudo da epidemiologia de *Hemileia vastatrix*, constata-se uma lacuna no que tange à modelagem preditiva em tempo real que integre a flutuação micrometeorológica local à dinâmica de dispersão dos esporos, os quais são transportados tanto por fatores naturais (vento e pluviosidade) quanto por vetores antrópicos (trabalhadores e maquinários). Os modelos atuais falham em mapear a vulnerabilidade temporal das folhas em suas diferentes fases fenológicas diante de microclimas instáveis. O problema de pesquisa deste trabalho reside na seguinte indagação: de que maneira o monitoramento sistemático e precoce das variáveis microclimáticas de umidade e temperatura na porção inferior (saia) do cafeeiro pode mitigar a progressão geométrica da infecção antes que ocorra o dano econômico irreversível na lavoura?

A hipótese levantada por este estudo fundamenta-se na premissa de que o monitoramento contínuo das correlações térmicas e higrométricas na porção basal da planta permite antecipar em até duas semanas o pico de esporulação do fungo. Assume-se que a identificação precoce das condições ótimas de infecção viabiliza intervenções de manejo integrado de pragas e doenças (MIP) de base ecológica antes da ascensão vertical do patógeno para o terço superior da copa, reduzindo a necessidade de aplicações curativas tardias de alto custo financeiro e impacto ambiental.

Diante do cenário exposto, o presente trabalho tem como objetivo geral alcançar o equilíbrio entre sustentabilidade, redução de defensivos e alta produtividade no manejo da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*), o segredo é a transição do modelo reativo (tratar a doença quando ela aparece) para o modelo preditivo e preventivo (EMBRAPA,2024).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ciclo da ferrugem do cafeeiro

A disseminação dos uredósporos da ferrugem ocorre pela ação do vento, pelas gotas de chuva, pelo escoamento de água das margens do limbo para a superfície inferior, pelo homem, durante a execução de tratamentos culturais, e por insetos e outros animais que entram em contato com as plantas infectadas. Após disseminados, os uredósporos que caem na face inferior das folhas germinam em período de 3 a 6 horas em condições de muita umidade ou água livre e temperatura entre 21 e 25 °C, na ausência de luz. A germinação pode começar em um ou vários poros germinativos simultaneamente, mas geralmente só um tubo germinativo segue o processo de infecção.

Os tubos germinativos ramificam-se e formam apressórios próximos aos estômatos da folha. Em seguida, a hifa de infecção penetra na cavidade subestomática e o processo de colonização intracelular tem início com os haustórios, que são os órgãos de nutrição do patógeno. As fases de germinação e penetração são demoradas, podendo prolongar-se por dois a três dias, dependendo das condições do ambiente. Os sintomas iniciais surgem 7 a 15 dias após a penetração, variando em função da temperatura, suscetibilidade da planta e idade do órgão afetado.

A esporulação na face inferior das folhas inicia-se uma semana mais tarde. Precedendo a esporulação, há formação de um aglomerado de hifas na câmara subestomática, seguindo-se a produção de vários pedicelos que saem pelos estômatos. Nas extremidades desses pedicelos são formados os uredósporos, que permanecem aglomerados. Cada pústula produz ao redor de 150.000 uredósporos, que podem sobreviver sob condições secas por um período de até seis semanas.

O período de produção de uredósporos numa mesma lesão pode ser superior a três meses. Assim, uma lesão produzida numa estação vegetativa pode servir de fonte de inóculo para o início da estação vegetativa seguinte. A duração do ciclo da *H. vastatrix* do cafeeiro é extremamente importante e determina a importância econômica da doença em uma determinada região. Assim, naqueles locais onde as condições predisponentes são desfavoráveis à doença, o ciclo é longo, superior a 30 dias. Em outros locais, onde o ambiente favorece a doença, os ciclos são curtos, com 20 ou menos dias de duração. Nas regiões cafeeiras do Estado de São Paulo predominam ciclos médios, com duração entre 25-30 dias, conforme a região e época do ano. (CARVALHO, C. R. L 2008)

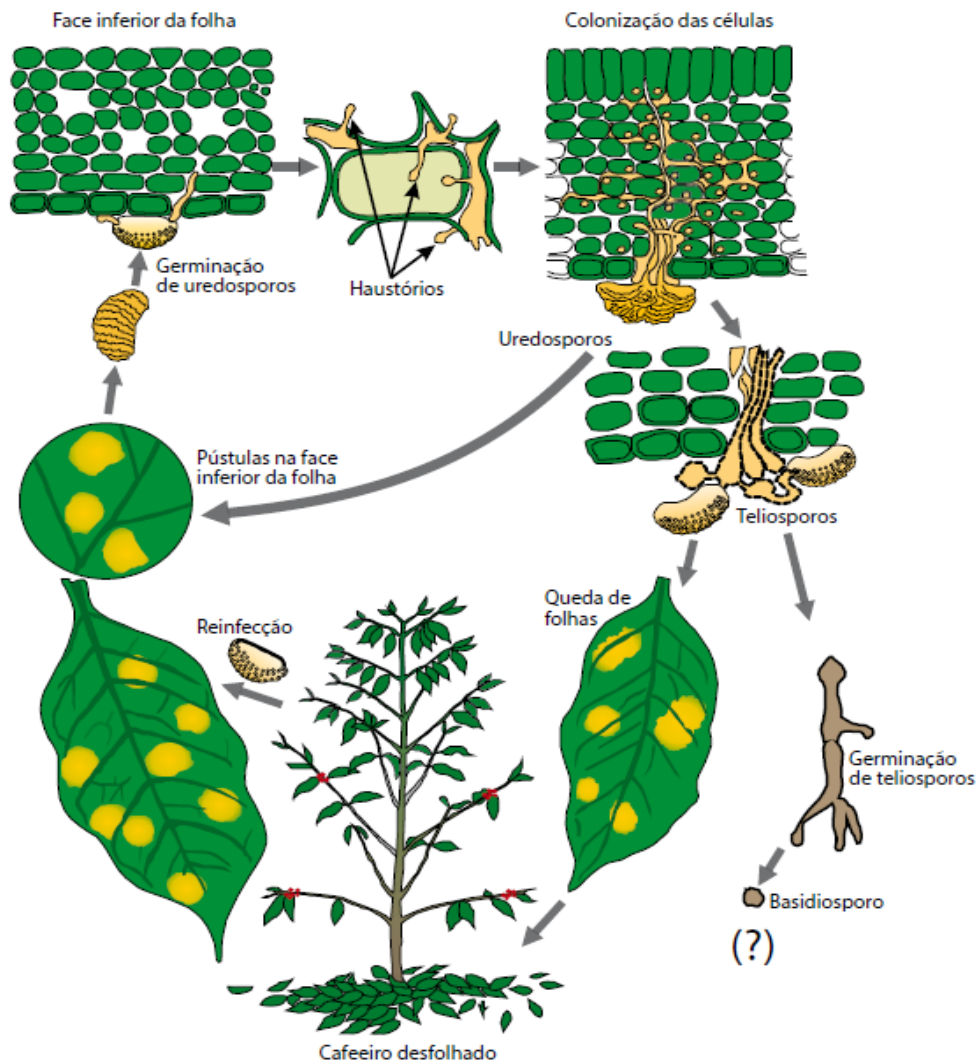


Figura 1: Ciclo biológico da ferrugem do café

Fonte: Adaptado de Becker – Raterink (1991)

2.2 Danos causados no café

As lesões cloróticas causadas pelo patógeno nas folhas conforme figura (2) levam à redução da atividade fotossintética da planta. Posteriormente, as pequenas pústulas se expandem e coalescem, passando a lesões necróticas. Nesse estágio, observa-se queda precoce das folhas, menor vingamento da florada e dos frutos na fase de chumbinho, indução à desfolha por ocasião da colheita e seca dos ramos. A seca constante dos ramos reduz a longevidade dos cafés, tornando a cultura antieconômica. O custo para o controle da ferrugem pode representar até 20% das despesas de custeio total, enquanto a perda na produção pode atingir até 50%, (POZZA,2010)



Figura 2: Sintomas da ferrugem do café (Fonte: Matiello, J. B – CaféPoint, 2022)

2.3 Sintomas visíveis no cafeeiro

Os sintomas da doença são bem distintos e fáceis de identificar, manifestam-se principalmente na face inferior das folhas, onde ocorrem manchas amareladas translúcidas de 1 a 2 mm de diâmetro. Essas manchas evoluem rapidamente, e em poucos dias, aumentam gradativamente de tamanho (5 a 10 mm), formando pústulas circulares, pulverulentas, de cor amarela a alaranjada, cobertas pelos uredosporos do fungo, dando o aspecto de um “pó amarelado” (Figura 3A). Pode haver coalescência de várias manchas abrangendo grande parte do limbo foliar, que se mostra recoberto pela massa de esporos. Em alguns clones de conilon, pode ocorrer a queda precoce das folhas e a seca dos ramos das plantas (Figura 3B). A aparência das manchas de ferrugem pode variar de um clone para outro de acordo com a sua suscetibilidade, influenciando assim o tamanho das lesões, a porcentagem de área foliar afetada e a esporulação do fungo (BECKERRATERINK, 1991).



Figura 3: (Foto Internet) - Sintomas da ferrugem do cafeeiro no café conilon

Muitas vezes, principalmente em locais sombreados, observa-se que as pústulas de ferrugem estão colonizadas pelo fungo hiperparasito *Verticillium hemileae* Bour. e, com isso, elas apresentam o centro branco (Figura 4A). A interação fungo-planta pode ser expressa pela total ausência de sintomas (imunidade) até à formação de pústulas grandes com abundante esporulação do fungo (suscetibilidade). Frequentemente, a expressão de resistência é observada pela presença de flecks cloróticos ou mesmo manchas amareladas sem esporulação. Manchas cloróticas com pouca esporulação ou pústulas pequenas correspondem à expressão de resistência intermediária. A face superior das folhas infectadas sobre a área das pústulas muitas vezes torna-se necrótica com o tempo, na área que corresponde aos limites dos uredosporos, na face inferior devido a uma diminuição na esporulação (Figura 4B).



Figura 4: (Foto Internet) - Pustulas da ferrugem com a presença do fungo hiperparasito *Verticillium Hemileae*

A manifestação dos primeiros sintomas depende da temperatura, da vulnerabilidade da planta e da idade das folhas, ocorrendo, em média, entre 7 a 15 dias após a infiltração do fungo e a infecção dos tecidos das folhas. A formação de esporos na parte inferior das folhas costuma acontecer uma semana depois, variando conforme a resistência genética dos diferentes clones. Em folhas plenamente desenvolvidas e mais antigas, a colonização é dificultada pelas propriedades dos tecidos na lâmina foliar (CHAVES et al., 1970). Folhas com poucas lesões podem continuar na planta, enquanto aquelas com maior severidade tendem a cair com antecedência. Em plantas de café que são suscetíveis à ferrugem, uma única lesão pode ser suficiente para levar à queda da folha. Por outro lado, nas variedades de

conilon com resistência parcial, mesmo em condições severas, alguns clones ainda conseguem manter suas folhas. Embora a literatura mencione a infecção de frutos, pecíolos e novas brotações, esses sinais não são frequentemente registrados em campo (BECKER-RATERINK, 1991).

Nas plantações, o sinal mais evidente é a perda de folhas das plantas (abscisão), o que pode atrasar o crescimento e afetar negativamente as plantas, comprometendo, dessa forma, a produção, especialmente a do ano seguinte. A queda de folhas antes da floração impacta o desenvolvimento dos botões florais e a formação dos frutos; além disso, se a desfolha acontecer durante o amadurecimento dos frutos, existe o risco de surgirem grãos anômalos e defeituosos (ZAMBOLIM et al., 2002). Isso também favorece a ocorrência de frutos "queimados", aumentando a contaminação dos grãos por fungos que produzem micotoxinas.

2.4 Condições favoráveis a ferrugem

Dois fatores são essenciais para a ferrugem alaranjada se instalar e se desenvolver no cafezal: umidade e temperatura. Esses elementos afetam diretamente o ciclo de vida do fungo.

- Alta umidade relativa do ar;
- Temperatura moderada, idealmente entre 22 °C e 24 °C;
- Ambientes sombreados, sem luz solar direta;
- Presença de um filme de água na superfície das folhas por algumas horas.

2.5. Manejo da ferrugem do cafeeiro

Considerando a gravidade dos danos, o monitoramento constante da lavoura é a ferramenta mais importante no manejo. Quanto antes a doença for detectada, maiores são as chances de sucesso no controle e menores os prejuízos.

O controle da ferrugem do cafeeiro se baseia em duas estratégias principais: o plantio de cultivares tolerantes ou resistentes e a pulverização de fungicidas químicos.

Os fungicidas preventivos (de Contato) à base de cobre são muito usados no controle preventivo quando aplicados, eles formam uma barreira tóxica na superfície

das folhas, impedindo que os esporos do fungo germinem e infectem a planta.

Além da proteção, o cobre é um micronutriente essencial para o café, e seu uso também melhora o estado nutricional das plantas.

Os fungicidas sistêmicos (Curativos) são fungicidas dos grupos químicos estrobilurina e carboxamida têm ação sistêmica. Ação sistêmica: significa que o produto é absorvido pela planta e se move internamente, combatendo o fungo que já está dentro dos tecidos.

Os fungicidas do grupo triazol também são sistêmicos e podem ser aplicados tanto via foliar quanto via solo.(POZZA,2010)



Figura 5: aplicação de fungicida – Fonte: foto internet

Esses produtos podem ser aplicados em associação com inseticidas sistêmicos, como o tiametoxan e o imidacloprido, para controlar simultaneamente o bicho-mineiro do café.

Os principais ingredientes ativos registrados no MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) para o controle da ferrugem alaranjada no café são:

- ciproconazol;
- mancozebe;

- tebuconazol;
- azoxistrobina + ciproconazol;
- azoxistrobina + benzovindiflupyr.

Faça sempre a rotação dos produtos químicos com diferentes modos de ação. Siga rigorosamente as recomendações do fabricante sobre dosagem e forma de aplicação para não diminuir a eficiência do controle e evitar a resistência do fungo. Como o café é uma cultura de longo ciclo, os cuidados na implantação do cafezal são decisivos. Opte sempre por cultivares resistentes às principais doenças da sua região e adquira mudas de viveiros certificados para garantir a qualidade genética e fitossanitária. (POZZA, 2010)

2.6 Controle da ferrugem com biológicos

O manejo da ferrugem do cafeeiro, ocasionada pelo fungo *Hemileia vastatrix*, permanece como um dos maiores desafios fitossanitários globais desde o século XIX. Historicamente pautado no uso intensivo de fungicidas químicos e no escape por altitude, o controle da doença enfrenta uma nova crise. O aquecimento global e o aumento das temperaturas médias em regiões montanhosas anularam o efeito de escape, culminando em surtos severos na América Latina. Diante do elevado custo dos agroquímicos, que inviabiliza a produção para pequenos cafeicultores, e da exigência mercadológica por cafés sustentáveis (mercado de orgânicos), a transição para métodos ecológicos tornou-se emergencial.

Visando atender às demandas globais por sustentabilidade e segurança alimentar, este estudo alinha-se às metas de transição agroecológica para a redução de, no mínimo, 30% no uso de insumos e produtos químicos na cafeicultura até o ano de 2030. Para viabilizar essa meta, a pesquisa direciona o foco para o desenvolvimento e aplicação do controle biológico e de biofungicidas como pilares substitutivos aos defensivos sintéticos tradicionais.

Por meio de cooperação científica internacional entre instituições da África (Camarões e Etiópia), América Central (Panamá) e a Universidade Federal de Viçosa (UFV) no Brasil, foram prospectados mais de 1.200 isolados de fungos antagonistas (micoparasitas e endófitos). As análises laboratoriais revelaram:

A identificação de uma ampla gama de fungos urediniófilos associados às pústulas de *H. vastatrix*, desmistificando o antigo agrupamento genérico de *Lecanicillium lecanii* em múltiplos gêneros distintos.

O potencial biotecnológico, isolamento expressivo de cepas endofíticas de *Trichoderma* originárias de biomas nativos africanos.

Eficácia *in vitro*, ensaios preliminares demonstraram alta eficiência na inibição da germinação de urediniósporos e na redução significativa da severidade da doença.

Com as considerações finais os resultados técnico-científicos obtidos validam o potencial desses agentes biológicos para introdução no controle biológico clássico ou como matéria-prima para a formulação de biofungicidas comerciais. Essa abordagem mitiga a dependência química do setor, protege a certificação orgânica das propriedades e assegura a viabilidade econômica de pequenos produtores frente aos impactos das mudanças climáticas. (AVELINO,2015)

2.7. Monitoramento

Os danos causados pela ferrugem do café geram um impacto econômico significativo para os cafeicultores.

Perdas na produção, aliadas a custos com o controle de doenças, resultam em gastos consideráveis, acompanhados da redução de lucros.

Para minimizar os riscos e aumentar a segurança da sua produção, é recomendado investir em um monitoramento contínuo da lavoura de café. Tão importante quanto investir na escolha de equipamentos de excelência para a colheita é adotar ações de manutenção da sua produção.

Assim, o manejo de controle contra a doença deve ser preventivo, feito por meio de defensivos agrícolas com ação fungicida à base de cobre, estrobilurina e moléculas de triazol.

A aplicação deve ser realizada nos meses de novembro a abril. A frequência e o tipo de produto a ser utilizado devem ser analisados à luz das particularidades da sua plantação, considerando histórico e condições de chuva.

É recomendado buscar o suporte de um engenheiro agrônomo para a escolha do defensivo e da frequência de aplicação. De forma geral, as orientações incluem um manejo com aplicação de fungicida cúprico em novembro e a aplicação de triazol e estrobilurina em dezembro e janeiro. As condições externas e as particularidades de cada ambiente podem demandar a repetição das aplicações nos meses seguintes.

Além disso, para monitorar a lavoura e acompanhar o eventual surgimento de ferrugem, é recomendado dividi-la em talhões uniformes, caminhando pelas linhas aleatoriamente e coletando de cinco a dez folhas por planta.

Remova as folhas localizadas no terço médio da planta e colete entre 100 e 300 folhas por talhão. Analise as amostras e calcule a incidência aplicando a seguinte fórmula:

Incidência de ferrugem de café = número de folhas com ferrugem/ número total de folhas x 100.

Nesse cálculo, um percentual de até 5% é considerado dentro do nível de controle. Percentuais superiores demandam ações especiais. (MATIELLO et al., 2015)

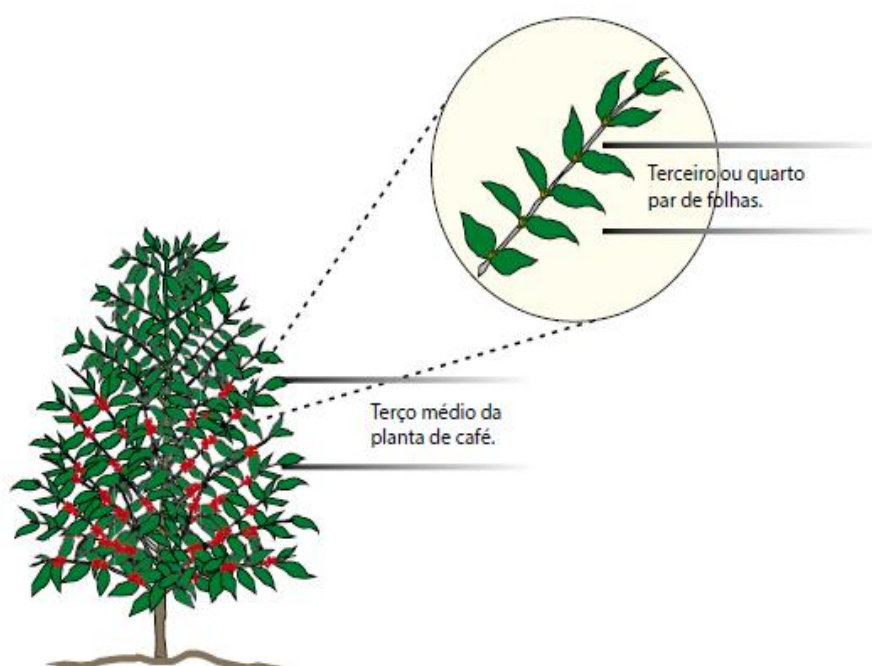


Figura 6: (Foto Internet) - Representação esquemática do monitoramento da ferrugem do cafeeiro e amostragem no terceiro ou quarto par de folhas em ramos do terço médio da copa das plantas

REGRESSÃO DA FERRUGEM NO CAFEIRO

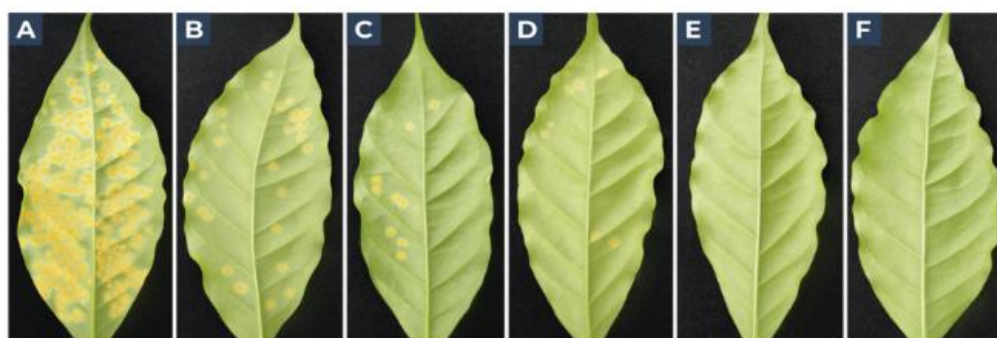


Figura 7: (Foto Internet) - Representação da regressão da ferrugem do cafeeiro

2.8 Monitoramento via satélite

O monitoramento da ferrugem do cafeeiro via satélite funciona principalmente por meio do sensoriamento remoto multiespectral e de índices de vegetação, identificando os danos na lavoura antes que ocorra uma desfolha severa. Embora o satélite não consiga enxergar os esporos microscópicos do fungo *Hemileia vastatrix* diretamente na parte inferior da folha, ele detecta as alterações no comportamento espectral e na biomassa causadas pelo avanço da doença. (POZZA,2015)

Quando o cafeeiro é severamente atacado pela ferrugem, ocorrem alterações fisiológicas que impactam a forma como a planta reflete a luz solar. Sensores orbitais (como os dos satélites Landsat e Sentinel) captam essas variações através de faixas específicas:

- Redução no Infravermelho Próximo (NIR): Lavouras saudáveis e densas refletem fortemente essa faixa. Áreas afetadas pela ferrugem perdem vigor e sofrem desfolha, o que derruba drasticamente a refletância no NIR.
- Aumento na faixa do Vermelho: O estresse provocado pelo fungo reduz a quantidade de clorofila ativa na planta, fazendo com que a absorção da luz vermelha diminua e sua refletância aumente.
- Comportamento dos índices (NDVI e EVI): Séries temporais de índices de vegetação revelam quedas anômalas no vigor da biomassa em talhões específicos, servindo como um indicativo georreferenciado de infestação

Pesquisas recentes de instituições como a EPAMIG e universidades utilizam o cruzamento de dados em múltiplos níveis:

- Dados Orbitais (Satélite): Oferecem a visão macro e o histórico temporal de desenvolvimento da lavoura.
- Dados de Clima e Modelagem: Variáveis como umidade, temperatura e molhamento foliar alimentam algoritmos de Machine Learning (como Random Forest e Support Vector Machine) para prever o risco de infecção.
- Validação de Campo: O uso combinado com sensores locais (como coletores

de esporos) e imagens de drones (VANTs) calibram e validam a acurácia dos modelos gerados por satélite.

Principais Benefícios para o Produtor:

- Ação Preventiva e Localizada: Permite direcionar a aplicação de fungicidas (cúpricos ou sistêmicos) exatamente nos talhões afetados, evitando desperdício de insumos.
- Otimização do Monitoramento: Reduz o tempo gasto com amostragem manual, permitindo que a equipe de campo inspecione diretamente os pontos críticos apontados pelo mapa.
- Previsibilidade de Safra: Ajuda a mitigar os prejuízos de desfolha precoce, garantindo a produtividade futura e a qualidade do grão.

3. Considerações finais

A cafeicultura no Brasil, além de ser um dos pilares fundamentais da economia, destaca-se como uma atividade carregada de história, tradição e fonte de sustento para inúmeras famílias. Entretanto, a produtividade e a qualidade do café enfrentam desafios constantes, sobretudo devido a fatores bióticos, entre os quais a ferrugem do cafeeiro se sobressai como uma das principais pragas, causando grandes prejuízos à saúde da planta. Esse fungo promove a queda precoce das folhas e o ressecamento dos ramos, resultando em impactos significativos na produção de frutos no ciclo seguinte, especialmente durante anos de alta produtividade.

Os danos ocasionados pela ferrugem, caso não sejam devidamente controlados, comprometem o equilíbrio econômico e produtivo das plantações. A revisão de literatura realizada neste estudo destaca que o manejo dessa praga exige uma abordagem integrada, combinando monitoramento contínuo, práticas culturais bem executadas, aplicação consciente de defensivos químicos e, sempre que possível, métodos sustentáveis. Essa abordagem integrada possibilita não apenas um controle mais eficaz da ferrugem, mas também contribui para a preservação do solo e do meio ambiente.

O controle da ferrugem do cafeeiro deve ser encarado além de uma necessidade técnica: é um compromisso com a sustentabilidade da cafeicultura. A implementação de práticas responsáveis e o constante aprimoramento técnico são passos indispensáveis para garantir a continuidade e a viabilidade de uma cultura tão representativa para o Brasil e vital para tantas famílias que dela dependem.

4.REFERÊNCIAS

AGROLINK. Ferrugem do cafeeiro. 2026. Disponível em:

https://www.agrolink.com.br/problemas/ferrugem-do-cafeeiro_1532.html. Acesso em: 8 abr. 2026.

BECKER-RATERINK, S. A ferrugem do cafeeiro: biologia, epidemiologia e controle. São Paulo: Editora Agronômica, 1991.

CHAVES, G. M. et al. A ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 3-15, 1970.

EMBRAPA CAFÉ. Manual de Editoração de Publicações do Consórcio Pesquisa Café. Brasília, DF: Embrapa Café, 2023. MATIELLO, J. B. O Café: Do cultivo ao consumo. Rio de Janeiro: Ed. Record, 2020.

OUROFINO AGROCIÊNCIA. Ferrugem no cafeeiro, o que é e como controlar. Ribeirão Preto, 2025. Disponível em: <https://ourofinoagro.com.br/alvos/ferrugem-do-cafeeiro/>. Acesso em: 4 maio 2026.

REAGRO BLOG. Como controlar essa doença. 2026. Disponível em:

<https://rehagro.com.br/blog/controle-da-ferrugem-do-cafeeiro/>. Acesso em: 9 abr. 2026.

ZAMBOLIM, L. et al. Manejo integrado das doenças do cafeeiro. Viçosa: UFV, 2025.

AVELINO, J. et al. The coffee rust crises in Central America and the Caribbean: Evolution, causes and solutions. Food Security, v. 7, n. 2, p. 303-315, 2015.

ALVES, M. C.; POZZA, E. A. et al. Defoliation caused by *Hemileia vastatrix* and *Cercospora coffeicola* in coffee trees based on spectral reflectance. Scientia Agricola, v. 72, n. 4, p. 340-349, 2015.