



**KAROLAINE DE CASSIA ROTELI**

**NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO NO MANEJO DA  
CERCOSPORIOSE DO CAFEIEIRO NO SEGUNDO ANO APÓS  
O PLANTIO**

**LAVRAS-MG**

**2021**

**KAROLAINE DE CASSIA ROTELI**

**NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO NO MANEJO DA  
CERCOSPORIOSE DO CAFEIEIRO NO SEGUNDO ANO APÓS O  
PLANTIO**

Trabalho de conclusão de curso,  
apresentado à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do  
curso de Agronomia, para a obtenção do  
título de Bacharel em Agronomia.

Prof. Dr. Rubens José Guimarães  
Orientador

Ms. Marina Scalioni Vilela  
Coorientador

**LAVRAS-MG**

**2021**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder toda força e coragem para vencer todos os obstáculos, por iluminar o meu caminho e sempre ser o meu guia.

Aos meus pais, Marisa e Osvaldo, por sempre acreditarem em mim e na profissional que eu poderia me tornar, me dando todo apoio e suporte, vocês são o meu orgulho e espelho para todas as decisões da minha vida, amo vocês.

A minha irmã, Kauane, por ser minha melhor amiga e confidente, que sempre me apoiou e esteve ao meu lado.

Ao meu namorado, João Vitor, pelo companheirismo, apoio, paciência, e por me fazer acreditar que todos os meus sonhos são possíveis.

A toda a minha família de Andradas, que sempre estão ao meu lado, me acompanhando nessa trajetória.

A minha segunda família, todas as meninas do 401, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e dando força, levarei vocês comigo, minhas companheiras.

A todos os professores da UFLA, em especial ao professor Rubens que me orientou neste trabalho, obrigada por todos os ensinamentos, apoio, disponibilidade e incentivo na busca desse sonho.

À Universidade Federal de Lavras, ao Departamento de Agricultura (DAG) e em especial ao Setor de Cafeicultura, pela oportunidade e condições oferecidas durante o curso.

Ao Núcleo de Estudos em Cafeicultura (Necaf), por todas as oportunidades e ensinamentos durante esses anos, pelo crescimento pessoal e profissional, e pelas grandes amizades.

A minha amiga e coorientadora, Marina, que me ajudou em todos os momentos para a realização deste trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho e aos funcionários do Setor de Cafeicultura.

Aos membros da banca, Eng<sup>o</sup> Agro<sup>o</sup> MSc. Laís Sousa Resende e Eng<sup>o</sup> Agro<sup>o</sup> MSc. Marina Scalioni Vilela por todo apoio e incentivo na realização deste trabalho.

Aos amigos e amigas pelo companheirismo, incentivo e amizade construída durante todos esses anos, vocês foram essências na minha caminhada.

*Primeiramente a Deus, que sem Ele nada seria;*

*Aos meus pais, por sempre acreditarem no meu potencial e por todo apoio nessa caminhada;*

*A todos que estiveram ao meu lado nessa etapa tão importante da minha vida;*

*E a todos os produtores por dividirem essa mesma paixão, a cafeicultura!*

**DEDICO!**

## RESUMO

O Brasil é considerado o maior produtor e exportador mundial de café, destacando-se no cenário agrícola nacional e contribuindo com a economia de vários municípios brasileiros. Apesar desse conceito, o cafeeiro passa por inúmeras perdas causadas principalmente por doenças, pragas e deficiências nutricionais. Dentre as doenças presentes na cafeicultura está a cercosporiose, causada pelo fungo *Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke, favorecida por desequilíbrios nutricionais. Objetivou-se com este trabalho avaliar a incidência da cercosporiose no cafeeiro submetido a diferentes níveis de adubação com nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). O experimento foi implantado em campo no setor de Cafeicultura da Universidade Federal de Lavras- UFLA, Lavras – Mg, em dezembro de 2018. Utilizou-se mudas de cafeeiro da cultivar Mundo Novo IAC 379/19 plantadas com espaçamento de 3,50 x 0,55 m. O Delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando vinte e quatro parcelas. Os níveis de adubação utilizados foram equivalentes a 10, 40, 70, 100, 130 e 160% da adubação padrão com N, P e K recomendada com base na análise de solo. Foram avaliados a incidência da cercosporiose e o enfolhamento do cafeeiro no período de fevereiro a junho de 2020. Não houve diferenças para a área abaixo da curva de progresso da cercosporiose e do enfolhamento. O enfolhamento reduziu a partir da dose de 100%. Houve diferenças na incidência da cercosporiose em função das épocas. Após o período de maior intensidade da doença houve redução do enfolhamento das plantas, portanto recomenda-se doses próximas a 100%, visto que, acima e abaixo dela houve redução do enfolhamento da lavoura.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L., *Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke, nutrição mineral de plantas

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Caracterização química do solo antes da diferenciação dos tratamentos, na área onde serão montados os experimentos.....	17
<b>Tabela 2.</b> Análise de variância para a área abaixo da curva de progresso da incidência da cercosporiose (AACPIC) e do enfolhamento (AACPENF).....	22
<b>Tabela 3.</b> Análise de variância para a incidência da cercosporiose (%) e o enfolhamento (%).....	22
<b>Tabela 4.</b> Teste de Scott-Knott para a incidência da cercosporiose (%) e o enfolhamento (%) em função das épocas de avaliação.....	23

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Curva de progresso da incidência da cercosporiose.....	21
<b>Figura 2.</b> Curva de progresso do enfolhamento.....	21
<b>Figura 3.</b> Temperatura média (°C) e umidade relativa (%) mensais e precipitação (mm) mensal obtidos da estação climatológica principal de Lavras no período de fevereiro a dezembro/2020.....	21
<b>Figura 4.</b> Enfolhamento de cafeeiros submetidos a diferentes níveis de adubação com NPK.....	23

## SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	9
2.REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1 A cultura do cafeeiro .....	11
2.2 Os nutrientes .....	12
2.2.1 Nitrogênio.....	12
2.2.2 Fósforo.....	13
2.2.3 Potássio.....	14
2.2.A cercosporiose do cafeeiro .....	15
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Caracterização da área experimental .....	16
3.2 Tratamentos e delineamento experimental.....	18
3.3 Avaliações .....	18
3.4 Incidência da Cercosporiose.....	18
3.5 Enfolhamento do cafeeiro.....	19
3.6 Área abaixo da curva de progresso da doença e do enfolhamento.....	19
3.7Dados meteorológicos .....	19
3.8Análise de dados.....	20
4.Resultado e discussões .....	20
5.Conclusão .....	25
6.Referências bibliográficas .....	26

## 1. INTRODUÇÃO

O cultivo do café possui grande importância no mundo, se destacando como um dos produtos primários comercializados de maior valor, cultivado principalmente no Brasil, maior país produtor e exportador, gerando progresso para a economia e para a sociedade (OIC, 2020). Ressalta-se que o Brasil contribui com 30% do mercado mundial de *C. arabica*, quando comparado às produções dos outros seis países que possuem maior destaque em produção (ICO, 2020).

De acordo com a última estimativa da safra brasileira de café de 2020, com a influência da bienalidade, indicou a produção de 63,08 milhões de sacas de café beneficiadas, incremento de 27,9% sobre a produção de 2019. Comparativamente à produção da safra 2018, também de ciclo de produção mais alta devido a bienalidade, o crescimento foi de 2,3%. A área destinada a essa produção cresceu 3,9%, constituindo-se em safra recorde com 1,88 milhão de hectares (CONAB,2020).

O ciclo fenológico do cafeeiro compreende dois anos, a fase vegetativa e a reprodutiva, respectivamente. O primeiro ano de formação da lavoura é compreendido pelo crescimento vegetativo, onde ocorre o crescimento dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, preparando a planta para a sua fase reprodutiva, no seu segundo ano de formação. Essa fase vegetativa é de suma importância, pois nela haverá o acúmulo dos nutrientes necessários para suprir as necessidades da planta para sua produção. Por conseguinte, a absorção de nutrientes ocorre de forma diferente da fase reprodutiva, decorrendo no aumento crescente das concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (CAMARGO; CAMARGO, 2001; CARVALHO *et al.*, 2010).

A fase vegetativa do cafeeiro é mais sensível, e o seu crescimento e desenvolvimento podem ser prejudicados por diversos fatores, como a disponibilidade hídrica, a nutrição adequada, e a incidência de doenças, podendo ocasionar prejuízos a longo prazo. Esta nutrição mineral está fortemente ligada a sanidade da planta, e quando o fornecimento de nutrientes não ocorre de forma adequada, pode resultar na incidência de doenças como a cercosporiose (MARSCHNER, 2012; SILVA *et al.*, 2019; VILELA, 2020).

A cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke), é uma das principais doenças do cafeeiro, sendo sua ocorrência favorecida pelo desequilíbrio nutricional (CHAVES *et al.*,

2018; SILVA et al., 2019). Além disso, , pode infectar desde mudas em viveiros até lavouras em produção. Essa doença ataca tanto folhas como também os frutos, gerando desfolha, perda de produção e depreciação da qualidade da bebida (LIMA; POZZA; SANTOS, 2012; POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010).

Desse modo, objetivou-se com este trabalho avaliar a incidência da cercosporiose no cafeeiro, no segundo ano após o plantio, submetido a diferentes níveis de adubação com N, P e K.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A cultura do cafeeiro

O gênero *Coffea* tem mais de 100 espécies, com destaque para *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (DAVIS et al., 2006). O cafeeiro (*Coffea arabica* L.) é originário das regiões altas da Etiópia (Cafa e Enária), no continente africano, podendo ser a região de Cafa a responsável pela origem do nome café. A cultura foi introduzida no Brasil em 1727, no estado do Pará, e devido as condições favoráveis ao desenvolvimento da cultura, seu cultivo expandiu-se para diversas regiões do país (MATIELLO et al., 2010). Devido às condições de solo e clima favoráveis, a cafeicultura ganhou relevante importância econômica e social no país. O Brasil, atualmente, é o maior produtor e exportador de cafés do mundo, com produção correspondente a 30% do mercado mundial de *C. arabica*, valor comparado às produções dos outros seis países que possuem maior destaque em produção. Além de ser o segundo país com maior consumo per capita, atrás somente dos Estados Unidos da América (ICO, 2020).

É de grande importância ressaltar a fase de formação da lavoura cafeeira, onde, a partir dessa, haverá o acúmulo dos nutrientes necessários para suprir as necessidades da planta na fase reprodutiva. Nesse período de crescimento e formação, ou seja, na fase vegetativa, ocorre o crescimento dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, e o acúmulo de matéria seca, com absorção de maneira linear e crescente de N, P e K, preparando a planta para sua próxima fase, a reprodutiva (CAMARGO; CAMARGO, 2001; ASSAD et al., 2004; CARVALHO et al., 2010).

Portanto, a fase vegetativa da cultura é o período mais sensível do cafeeiro, no qual diversos fatores podem reduzir o crescimento e a produtividade da cafeicultura, com destaque para a nutrição inadequada, o que, conseqüentemente, favorece a suscetibilidade das plantas a doenças (SANTOS et al., 2008; MARSCHNER, 2012; SILVA et al., 2019). Com isso, o fornecimento correto de nutrientes, principalmente nas fases iniciais do cafeeiro, é essencial para o seu crescimento e desenvolvimento saudável, pois auxilia no manejo de doenças como a cercosporiose.

## 2.2 Os nutrientes

Um elemento químico é considerado essencial, quando sem ele a planta não sobrevive. Arnon e Stout (1939) estabeleceram três critérios de essencialidade, sendo: a) sua ausência impede que a planta complete o seu ciclo vital; b) o elemento não pode ser substituído por outro elemento com propriedades similares; c) o elemento deve participar diretamente do metabolismo da planta, e seu benefício não deve estar somente relacionado ao fato de melhorar as características do solo, por meio do crescimento da microflora, mas também de possibilitar outro efeito benéfico à planta.

Com base nesses critérios, os seguintes elementos (macronutrientes e micronutrientes) são considerados essenciais, s: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cloro, cobre, manganês, ferro, molibdênio, níquel e zinco. (MALAVOLTA, 2006). Entre os elementos citados acima, pode-se frisar a importância dos macronutrientes citados neste trabalho, nitrogênio, o fósforo, e o potássio, utilizados em grandes quantidades na cafeicultura. Tratando-se de uma cultura perene, erros na fase inicial do café podem comprometer a produtividade da lavoura. Avaliar o estado nutricional dos tecidos vegetais juntamente com as análises de solo, permite o uso racional de fertilizantes, consequentemente, maior crescimento, desenvolvimento e produtividade, resultando em economia para o produtor.

### 2.2.1 Nitrogênio

Na cultura do café, o nitrogênio é um dos nutrientes minerais consumidos em maiores quantidades, tanto na formação quanto na fase de produção (CARVALHO *et al.*, 2010). O N só é absorvido pela planta nas formas de nitrato, que antes de ser assimilado deve ser reduzido à forma amoniacal, e amônio que é incorporado em compostos orgânicos nas raízes. Através do xilema, o nitrogênio é rapidamente transportado e redistribuído no floema, onde possui grande mobilidade, apresentando os sintomas de carência a partir das folhas mais velhas. Plantas deficientes apresentam folhas amareladas, inicialmente as mais velhas, onde as folhas permanecem pequenas, devido ao menor número de células, e logo se tornam cloróticas (MALAVOLTA, 2006; CARVALHO *et al.*, 2010).

Em diferentes estádios do cafeeiro, o N desempenha funções muito importantes, como o aumento do índice de área foliar, influenciando diretamente no aumento fotossintético e dos compostos fundamentais, como ácidos nucléicos, constituintes de membranas e proteínas. A

adubação nitrogenada, em concentrações ideais para a planta, auxilia no aumento do crescimento, ramificações de plagiotrópicos e formação de folhas mais verdes e brilhantes, a nutrição adequada proporciona maior produção de amido e de outros carboidratos essenciais para formação e crescimento dos frutos (IBC, 1985; MALAVOLTA, 1986, 1993; MARSCHNER, 1986).

Na adubação de cafeeiros em pós-plantio, recomenda-se em cada aplicação de cobertura de 3 a 5 g.planta<sup>-1</sup> de N, após o pegamento no campo. Em relação ao o primeiro e segundo ano de formação, as doses variam de 8 a 30 g.planta<sup>-1</sup> e 20 a 60 g.planta<sup>-1</sup> em cada aplicação de N, respectivamente. Para cafeeiros em produção, as doses de N se baseiam na produção esperada e no teor do nutriente na folha. A recomendação deste nutriente está entre 50 a 450 kg.ha<sup>-1</sup> por ano agrícola, parceladas de três a quatro vezes. (GUIMARÃES, 1999; GUIMARÃES et al., 2010; ANDRADE, 2004; GUERREIRO FILHO *et al.*, 2014). O excesso de N ocasiona desequilíbrio nas relações de N/P e N/K, reduzindo a produção e estimulando o crescimento vegetativo, além de afetar a qualidade da bebida (GUIMARÃES; REIS, 2010). As plantas com excesso de nitrogênio se apresentam com coloração verde-escuro e folhagem abundante, porém com o sistema radicular restrito (CARVALHO *et al.*, 2010).

### 2.2.2 Fósforo

Quando comparado as exigências nutricionais de N e K, o fósforo é exigido em menores quantidades pelo cafeeiro (MALAVOLTA, 1980). A utilização do fósforo no desenvolvimento das mudas é de suma importância (NEVES; GOMES; NOVAIS, 1990), uma vez que, em substratos com deficiência de P, as mudas mostram desenvolvimento irregular na parte aérea e no sistema radicular (MAY, 1984). A suplementação adequada de P é importante nas fases iniciais do cafeeiro, pois as limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem acarretar em restrições no crescimento (GRANT *et al.*, 2001), uma vez que, junto com o N, representam os nutrientes que possam vir a limitar a produtividade das culturas em solos de regiões tropicais (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

O fósforo desempenha função essencial em transformações energéticas dos processos que são vitais para o ciclo de vida das plantas, a exemplo da respiração, fotossíntese, síntese de lipídeos e aminoácidos. Por ter alta mobilidade seus sintomas de deficiência podem ser observados em folhas velhas, onde ocorre formação de pigmentos de antocianina, fazendo aparecer uma coloração arroxeadada. As plantas afetadas pela carência de fósforo têm

desenvolvimento radicular restrito, acompanhado da paralisação do crescimento, as folhas e caule são bem menores do que nas plantas normais, caracterizado pelo crescimento retardado. As folhas velhas se apresentam com coloração púrpuro-alaranjado e as folhas novas com coloração verde escuro (MALAVOLTA, 2006; CARVALHO *et al.*, 2010).

A recomendação de adubação para implantação da lavoura, em função das exigências nutricionais do cafeeiro, é de 20 a 80g por cova de  $P_2O_5$ , sendo o fósforo de grande importância para o desenvolvimento regular da parte aérea e raízes das mudas. O impulso ao desenvolvimento radicular está relacionado ao aumento da absorção e translocação de fósforo da raiz para parte aérea. Este é absorvido na forma iônica de  $H_2PO_4^-$ , e adsorvido nas frações de argila, combinado com óxidos de ferro e alumínio, formando compostos pouco solúveis (CARVALHO *et al.*, 2010).

Quando ocorre o excesso, a maior absorção do fósforo pode diminuir a assimilação de zinco. As possibilidades para esta ocorrência é que na presença de altas concentrações de fósforo, a planta cresça mais havendo uma diluição do teor de zinco; a outra explicação seria que o P ocasiona uma inibição não competitiva na absorção de Zn; em função do pH e presença de cálcio, o P é insolubilizado na superfície das raízes; o zinco é precipitado no xilema dificultando seu transporte (LOPES-GOVOSTIAGA, 1972).

### **2.2.3 Potássio**

Considerado o segundo nutriente mais exigido pelos cafeeiros, o potássio possui resultados positivos na redução da incidência de doenças na maioria das espécies cultivadas (MARSCHNER, 2012). O K é responsável pela ativação das enzimas na fotossíntese e na respiração, contribuindo na formação dos aminoácidos e açúcares, regulando o potencial osmótico das células, e atuando na absorção celular. Além de ser importante no transporte dos carboidratos para os frutos e outros órgãos da planta, o K também contribui para aumentar a resistência das plantas a doenças, pragas e veranicos (ANDRADE, 2001; RICE, 2007).

A exigência de potássio torna-se maior com a idade, sobretudo, na frutificação, onde ocorre a translocação do potássio das folhas para os frutos em função da alta mobilidade do nutriente. A absorção de potássio é semelhante à do nitrogênio, se destacando as épocas chuvosas, nas quais se concentram maiores teores de potássio nas folhas, e durante as épocas mais secas menores teores foliares em face da menor absorção e extração do nutriente pelos frutos (GUIMARÃES; MENDES, 1997; MALAVOLTA, 1993).

Na carência deste nutriente, os sintomas de deficiência aparecem nas folhas mais velhas, devido a sua alta mobilidade, por meio da clorose. Inicialmente há um aparecimento de manchas pardas, formação de uma faixa marrom-escura e necrose nas margens e ponta da folhas, ficando necróticas primeiramente nas pontas e depois passando para base, por fim ocorre desfolha dos ramos. Ainda podem apresentar aumento de sensibilidade a doenças, déficit hídrico, injúrias pelo frio, além de frutos menores e chochos (IBC, 1985; MALAVOLTA, 1986, 1993; MARSCHNER, 1986; CARVALHO *et al.*, 2010).

A recomendação da adubação de potássio para o bom crescimento e desenvolvimento vegetal encontra-se entre 20-50 g.Kg<sup>-1</sup> de matéria seca. Contudo, as plantas conseguem absorver quantidades superiores às suas necessidades, recebendo a denominação de ‘consumo de luxo’ de K (MEURER *et al.*, 2018). O excesso do nutriente pode induzir à deficiência de outros, tais como cálcio, magnésio, manganês e ferro e, com isso, favorecer a incidência da cercosporiose devido aos desequilíbrios nutricionais (VITTI *et al.*, 2006; CARVALHO *et al.*, 2010; BELAN *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2019; VILELA, 2020). Assim, deve-se tomar cuidado no momento das recomendações, as quais variam de 0 a 30 g.cova<sup>-1</sup> para lavouras recém-implantadas (GUIMARÃES, 1999).

## **2.2. A cercosporiose do cafeeiro**

A cercosporiose do cafeeiro ou mancha-de-olho-pardo, causada pelo fungo necrotrófico *Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke, está entre as doenças mais antigas relatadas para a cultura, sendo seu primeiro relato em 1881 (BERKELEY; COOKE, 1881). A restrição hídrica e a adubação desequilibrada podem levar ao aumento da intensidade da doença (MARSCHNER, 2012; CHAVES *et al.*, 2018; BARBOSA JÚNIOR *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2019). As condições ambientais ideais para o desenvolvimento e crescimento do fungo são temperaturas entre 24° e 30°C, entre 75% e 85% de umidade relativa do ar, desde que a precipitação total no período seja menor que 15 mm, alta intensidade luminosa e pelo menos duas horas de molhamento foliar, para germinação dos conídios (ECHANDI, 1959; FERNÁNDEZ-BORRERO; MESTRE; LÓPEZ-DUQUE, 1966; POZZA *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2016).

Os sintomas da cercosporiose se iniciam no viveiro causando desfolha e raquitismo das mudas, nas lavouras em formação ocasiona atraso no crescimento e queda das folhas. Quando o cafeeiro se encontra na fase de produção nota-se a desfolha e seca dos ramos. Nos

frutos, ocorre amadurecimento precoce e queda prematura, quebra e aderência da casca aos frutos e chochamento. Como consequência, estes fatores podem acarretar na perda da produtividade e qualidade da bebida do café (JULIATTI; SILVA, 2001, POZZA et al., 2001, POZZA et al., 2010; LIMA et al., 2012).

A cercosporiose causa sintomas que podem ser observados tanto nas folhas como nos frutos do cafeeiro (LÓPEZ DUQUE; FERNÁNDEZ-BORRERO, 1969; POZZA et al., 2010). Os sintomas nas folhas, são a formação de lesões circulares de coloração marrom-escura, com uma lesão no centro branca-acinzentada, geralmente envolta por um halo amarelo. As plantas acometidas pela doença sofrem com a desfolha, resultando na redução da fotossíntese e produtividade. Inicialmente nos frutos, são observadas pequenas lesões necróticas e deprimidas de coloração marrom-escura, estendendo-se no sentido dos polos. Assim que o patógeno infecta os frutos no estágio verde e verde-cana, ocorre amadurecimento precoce, acarretando na perda de peso e a queda prematura, quando os frutos estão mais desenvolvidos, a casca adere ao pergaminho dificultando o despulpamento do mesmo (CARVALHO, CHALFOUN, 2000). A intensidade da doença se agrava a partir da indisponibilidade hídrica e o desequilíbrio nutricional. O desbalanço nutricional afeta as estruturas histológicas, morfológicas e a composição química do tecido vegetal (AGRIOS, 2005). Deste modo, a nutrição adequada das plantas é essencial para o aumento da resistência das plantas à doença, pois auxilia no engrossamento da parede celular, lignificação, tolerância a estresses e recuperação mais rápida de injúrias (MARSCHNER, 2012; BELAN *et al.*, 2015; POZZA *et al.*, 2015; TAIZ *et al.*, 2017; BARBOSA JR *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2019).

Portanto, diversos fatores podem contribuir com o manejo alternativo ao uso de fungicidas, principalmente a adubação equilibrada e condições que favoreçam a ótima nutrição das plantas.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterização da área experimental**

O experimento foi implantado no setor de Cafeicultura da Universidade Federal de Lavras- UFLA, Lavras – MG, em dezembro de 2018, em condições de campo em área de 0,11 hectares. O município de Lavras se localiza no sul de Minas Gerais, nas coordenadas

geográficas, latitude de 21°14' S e longitude de 45°00' W GRW, a uma altitude de 918 metros. Com temperatura média anual de 19,4°C sendo, as médias anuais de temperatura do ar, variando de 15,8 °C em julho a 22,1 °C em fevereiro. Segundo a classificação de Köppen, o clima de Lavras é Cwa, subtropical, temperado chuvoso, com inverno seco e verão chuvoso (DANTAS, CARVALHO E FERREIRA, 2007).

Em agosto de 2018, antes da implantação do experimento, foram coletadas amostras de solo para realização de análise química, nas camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 centímetros de profundidade. O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho-escuro distroférico de textura argilosa a muito argilosa, as características químicas podem ser descritas na Tabela 1.

**Tabela 1** - Caracterização química do solo antes da diferenciação dos tratamentos, na área onde serão montados os experimentos.

Característica	0-20 cm	20-40 cm	Característica	0- 20 cm	20-40 cm
pH (H <sub>2</sub> O)	6,1	5,6	V - (%)	64,46	48,08
P-rem - (mg L <sup>-1</sup> )	24,88	24,21	m - (%)	1,04	2,41
P - (mg.dm <sup>-3</sup> )	19,55	4,33	Matéria org. - dag.kg <sup>-1</sup>	1,90	1,54
K - (mg.dm <sup>-3</sup> )	108,04	61,18	Zn - (mg.dm <sup>-3</sup> )	4,52	3,50
Ca - (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	3,67	2,24	Fe - (mg.dm <sup>-3</sup> )	38,18	37,84
Mg - (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,81	0,44	Mn - (mg.dm <sup>-3</sup> )	23,07	11,65
Al - (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,05	0,07	Cu - (mg.dm <sup>-3</sup> )	3,65	3,77
H + Al - (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	2,62	3,06	B - (mg.dm <sup>-3</sup> )	0,12	0,12
T - (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	7,38	5,90	S - (mg.dm <sup>-3</sup> )	18,16	78,98

A calagem para correção da acidez do solo foi realizada em setembro de 2018, em área total, na dose de 750 Kg.ha<sup>-1</sup>, conforme Guimarães *et al.* (1999). O calcário foi incorporado à profundidade de 30 centímetros por meio de uma aração e duas gradagens.

A implantação do experimento foi realizada no dia 11 de dezembro de 2018, com a abertura de sulcos de plantio com 30 centímetros de profundidade e 50 centímetros de largura. Foi aplicado calcário complementar nos sulcos na dose de 40g/m, segundo as recomendações de Guimarães *et al.* (1999), sendo homogêneo incorporado ao solo. As covas foram feitas com dimensões de aproximadamente 40 centímetros de comprimento, 40 centímetros de largura e 40 centímetros de profundidade. De acordo com cada tratamento, foi aplicado na cova de plantio o fertilizante químico superfosfato simples. A cultivar utilizada foi Mundo Novo IAC 379/19 (*Coffea arabica* L.), no espaçamento de 3,50 metros entre linhas e 0,55 metros entre plantas.

Visando o manejo de plantas daninhas, foi realizado o tratamento fitossanitário com a aplicação de herbicidas pré e pós-emergentes, além de capinas e roçadas mecânicas. Para

controlar as pragas e doenças do cafeeiro, utilizou-se produtos registrados para a cultura do café (REIS; CUNHA, 2010).

### **3.2 Tratamentos e delineamento experimental**

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, contendo seis níveis de adubação e quatro repetições, totalizando 24 parcelas. Cada parcela compõe-se de oito plantas, sendo as seis centrais a parcela útil, e uma planta em cada extremidade de cada parcela e uma fileira de plantas paralelas a linha da parcela útil, são consideradas bordaduras. Os tratamentos correspondem aos níveis de adubação equivalentes a: 10, 40, 70, 100, 130, e 160% da dose padrão recomendada por Guimarães *et al.* (1999). Os níveis considerados como padrão foram: 80 gramas de  $P_2O_5$  por muda na cova de plantio, 10 gramas de  $K_2O$  e 5 gramas de N por planta por aplicação. Foram realizadas duas aplicações de N e duas de  $K_2O$ , em janeiro e fevereiro de 2019. Na adubação de primeiro ano, em novembro de 2019, a dose padrão (100%) foi 10g de N e 10g de  $K_2O$  por planta, divididas em 3 aplicações. As fontes utilizadas foram super fosfato simples (18% de  $P_2O_5$ ), ureia (44% de N) e cloreto de potássio (58% de  $K_2O$ ).

### **3.3 Avaliações**

Foram realizadas 5 avaliações com intervalo de um mês entre elas, no período de fevereiro a junho de 2020. As características avaliadas foram incidência da cercosporiose e enfolhamento.

### **3.4 Incidência da Cercosporiose**

De acordo com a metodologia proposta por Lima (1979), avaliou-se a incidência da cercosporiose de forma não destrutiva, por meio da amostragem de 20 folhas por planta, totalizando 120 folhas por parcela. A incidência em porcentagem da doença foi determinada com base no número de folhas com sintomas em relação ao total de folhas amostradas, conforme equação 1 (CAMPBELL; MADDEN, 1990).

$$I (\%) = \left( \frac{NDF}{NFT} \right) * 100 \quad (\text{Equação 1})$$

em que:

I (%) = incidência em porcentagem;

NFD = número de folhas doentes;

NFT = número total de folhas amostradas;

### 3.5 Enfolhamento do cafeeiro

Concomitante à avaliação das doenças, também foi avaliado o enfolhamento das parcelas, atribuindo notas com auxílio da escala desenvolvida por Boldini (2001). A escala diagramática é composta por notas de 1 a 5, de acordo com a porcentagem de enfolhamento das plantas, sendo 1 (0% a 20 % de enfolhamento); 2 (21% a 40%); 3 (41% a 60%); 4 (61% a 80%) e 5 (81% a 100%).

### 3.6 Área abaixo da curva de progresso da doença e do enfolhamento

Os valores obtidos da avaliação da cercosporiose do cafeeiro e do enfolhamento, ao longo do tempo, foram previamente transformados em área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e do enfolhamento (AACPE), segundo Shaner e Finney (1977), conforme a Equação 2.

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

em que:

AACP= área abaixo da curva de progresso da doença (D) ou enfolhamento (E);

$Y_i$  = proporção da doença na  $i$ -ésima observação;

$T_i$  = tempo em dias da  $i$ -ésima observação;

$n$  = número total de observações.

### 3.7 Dados meteorológicos

Os dados de temperatura média (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) foram obtidos da estação climatológica principal de Lavras, localizada no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), pertencente ao 5º Distrito em Meteorologia, do convênio entre o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a UFLA.

### **3.8 Análise de dados**

As análises estatísticas foram realizadas no software R versão 3.6.3 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020). Os dados de AACPD e AACPE foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade. Além disso, foi feito o estudo em esquema fatorial entre as épocas e os níveis de adubação para a incidência da cercosporiose e o enfolhamento das plantas. Quando significativos foram ajustados modelos de regressão lineares e não lineares.

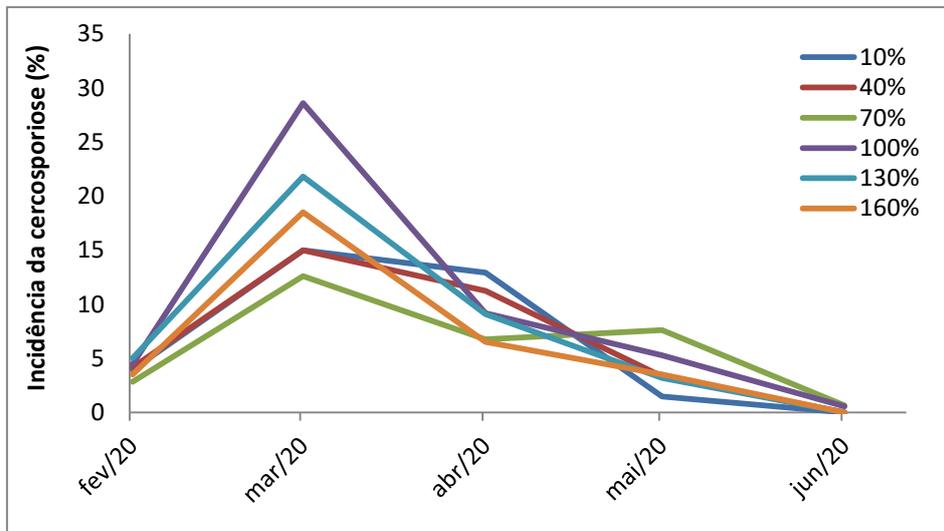
Com os dados médios de incidência da cercosporiose e número de folhas de todos os tratamentos, foram plotadas as curvas de progresso ao longo do tempo.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

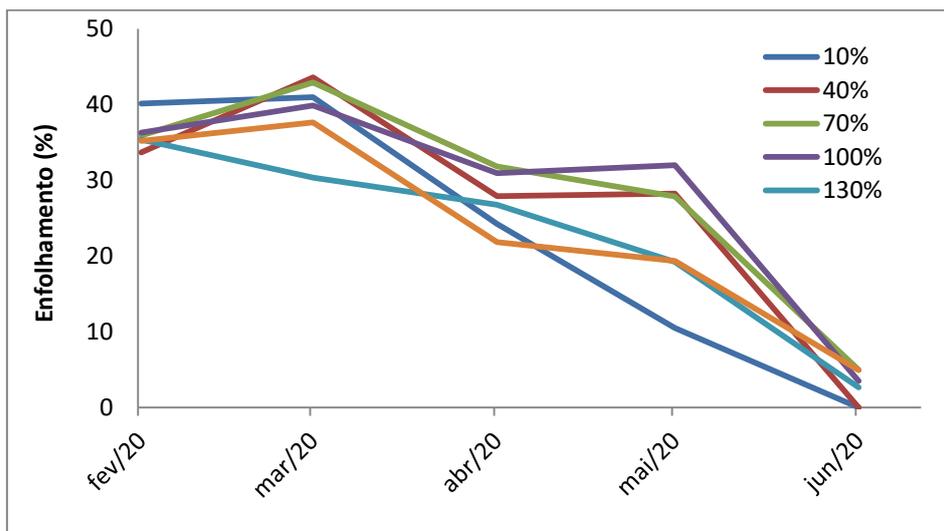
O maior pico de incidência da cercosporiose foi registrado no mês de março, com temperaturas amenas, entre 20°C e 25°C, e umidade relativa em torno de 65%, após este registro começou a reduzir a incidência da doença, coincidindo com a redução das porcentagens de enfolhamento. O período de seca, no mês de junho, favoreceu redução no enfolhamento, e conseqüentemente a redução da cercosporiose, pois houve queda das folhas na lavoura, devido ao simples fato, que é necessário ter a folha para a doença se instalar e se desenvolver. A incidência da doença está relacionada ao enfolhamento do cafeeiro, variando ao longo do tempo com seu pico de incidência em março de 2020, porém, conforme foi reduzindo as folhas, conseqüentemente houve a redução da incidência, chegando a 0% as taxas de enfolhamento e incidência da cercosporiose a partir dessa data.

De acordo com Pozza et al., (2010) e Silva et al. (2016), as condições favoráveis para o desenvolvimento da cercosporiose são temperaturas entre 10 e 25 °C e maior intensidade luminosa. Tais autores também observaram o pico da doença em condições climáticas favoráveis. De acordo com Vilela (2020), quando se reduziu o enfolhamento houve a redução da incidência da doença, a autora da mesma forma, observou o pico da doença em condições favoráveis e a redução da incidência da doença, juntamente com a redução do enfolhamento das plantas.

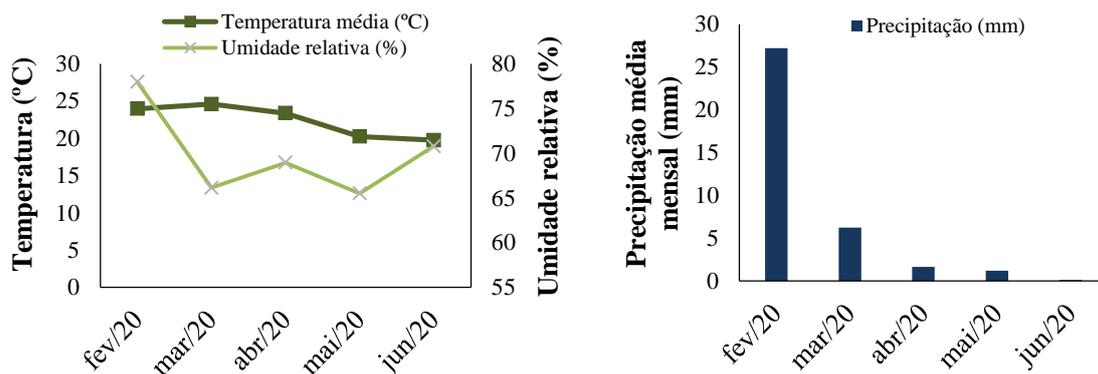
**Figura 1.** Curva de progresso da incidência da cercosporiose



**Figura 2.** Curva de progresso do enfolhamento



**Figura 3.** Temperatura média (°C) e umidade relativa (%) mensais e precipitação (mm) mensal obtidos da estação climatológica principal de Lavras no período de fevereiro a dezembro/2020.



A área abaixo da curva de progresso da incidência da cercosporiose e a área abaixo da curva de progresso do enfolhamento não tiveram diferença significativa em relação as doses de NPK.

**Tabela 2.** Análise de variância para a área abaixo da curva de progresso da incidência da cercosporiose (AACPIC) e do enfolhamento (AACPENF).

FV	AACPIC			AACPENF	
	GL	QM	Pvalor	QM	Pvalor
Doses	5	97236,1980	0,5331 <sup>ns</sup>	1585063,8438	0,2588 <sup>ns</sup>
Bloco	3	97392,1875	0,4852	662436,7049	0,6175
Erro	15	113798,1771		1081959,0382	
Total	23				
CV (%)		34,10		35,56	

De acordo com Vilela et al. (2020) também não foram observadas diferenças na área abaixo da curva de progresso do enfolhamento, como justificativa, pode ter ocorrido por conta das condições climáticas, onde todas as plantas de modo geral sofreram desfolha. Devido a isso, não foi possível observar diferença na área abaixo da curva de progresso da doença. O cafeeiro em seus primeiros anos no campo é mais frágil e está sujeito a várias adversidades climáticas, como a escassez hídrica, afetando o seu metabolismo e prejudicando o desenvolvimento das raízes, crescimento e enfolhamento (ASSAD et al., 2004). Por conta destes fatores, de modo geral, todas as plantas foram prejudicadas, perdendo suas folhas, não sendo possível observar a diferença na área abaixo da curva de progresso da doença. Por isso, optou-se por analisar a interação entre épocas e doses para a incidência da cercosporiose e enfolhamento das plantas.

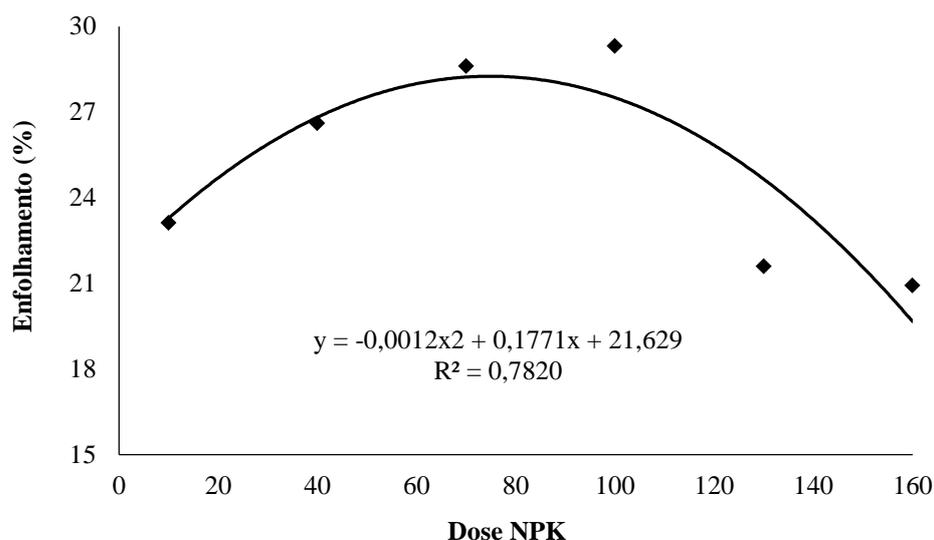
**Tabela 3.** Análise de variância para a incidência da cercosporiose (%) e o enfolhamento (%).

FV	Incidência de cercosporiose (%)			Enfolhamento (%)	
	GL	QM	Pvalor	QM	Pvalor
Dose	5	25,408094	0,1837 <sup>ns</sup>	263,598668	0,0258*
Bloco	3	23,373241	0,2415	328,470617	0,0223
Época	4	1168,227050	0,0000*	4905,023095	0,0000*
Dose*Época	20	33,058055	0,0141 <sup>ns</sup>	77,174473	0,7185 <sup>ns</sup>
Erro	87	16,425417		97,695522	
Total	119				
CV (%)		57,11		39,50	

Não houve interação significativa entre épocas e doses para nenhuma das variáveis analisadas, porém houve significância para os fatores de forma independente.

Houve influência das doses utilizadas apenas para o enfolhamento. Houve diferença entre as épocas de avaliação tanto para o enfolhamento quanto para a cercosporiose. Com base nesses resultados, podemos notar que a dose interferiu no enfolhamento, como também houve diferença das épocas para essa variável. Além disso, as épocas de avaliação influenciaram também na incidência

**Figura 4.** Enfolhamento de cafeeiros submetidos a diferentes níveis de adubação com NPK



Assim, em relação ao enfolhamento em função das doses, foi observado que a medida que foi aumentado a dose, a partir de 100%, o enfolhamento caiu, semelhante aos resultados constatados por Vilela et al. (2020), no qual o aumento das doses para teores acima de 100% o enfolhamento reduziu. A seca influenciou o enfolhamento da lavoura no ano de 2020, ocorrendo o aumento do enfolhamento de 10 a 70%, porém, a partir da dose de 100% houve redução do enfolhamento das plantas.

**Tabela 4.** Teste de Scott-Knott para a incidência da cercosporiose (%) e o enfolhamento (%) em função das épocas de avaliação.

Épocas	Incidência de cercosporiose (%)	Enfolhamento (%)
Fev/2020	3,850708 c	34,8277 a
Mar/2020	18,149333 a	39,2611 a
Abr/2020	9,288250 b	26,0236 b
Mai/2020	3,996500 c	22,6118 b
Jun/2020	0,197917 d	2,3993 c

Médias seguidas de letras diferentes não diferem no teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Observa-se que em condições favoráveis ao cafeeiro (fevereiro/2020) houve baixa incidência da cercosporiose e maior enfolhamento. Após o mês de pico de incidência da doença (março/2020), houve redução do enfolhamento, chegando a 2,4% em junho/2020, o que foi acompanhado da menor incidência da doença, pelo fato de não ter folhas nas plantas. De acordo com VALENCIA et al. (1970) e CHAVES et al. (2018), a desfolha das plantas também é favorecida pela cercosporiose, visto que as folhas acometidas pela doença têm aumento na síntese de etileno e conseqüentemente do ácido abscísico, ocasionando a queda prematura dessas folhas.

## **5. CONCLUSÃO**

Não houve diferenças entre a área abaixo da curva de progresso da cercosporiose e do enfolhamento. A cercosporiose e o enfolhamento sofreram alterações em função das variações climáticas. A incidência da doença variou em relação as épocas de avaliação, já o enfolhamento, além de ter variado de acordo com as condições climáticas, acompanhando o progresso da doença, também sofreu influência das doses de NPK. Portanto, recomenda-se doses próximas a 100%, visto que, acima e abaixo dela houve redução do enfolhamento da lavoura.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L. R. M. A. Café. *In*: Sousa, D. M. G. **Cerrado**: Correção do solo e adubação. EMBRAPA. 2004. p. 339-342.

ASSAD, E.D. *et al.* Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 1057-1064, 2004.

ARNON, D. I.; STOUT, P. R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant Physiology*, [S.l.], v. 14, p.371-375, 1939.

BERKELEY, J.M.; COOKE, M.C. *Cercospora coffeicola*. **Grevillea**, [s.l.], v. 9, n. 49-52, p. 99, 1881.

BARBOSA JUNIOR, M.P. *et al.* Brown eye spot in coffee subjected to different drip irrigation and fertilization management. *Australasian Plant Pathology*, v. 48, n. 3, p. 245- 252, 2019.

BELAN, L.L. *et al.* Nutrients distribution in diseased coffee leaf tissue. **Australasian Plant Pathology**, v. 44, n.1, p. 105-111, 2015.

CHALFOUN, S. M.; REIS, P. R. História da cafeicultura no Brasil. *In*: NOGUEIRA, A. M. *et al.* **Café Arábica do plantio à colheita**. 1. ed. Lavras: EPAMIG, 2010. v. 1, cap. 1, p. 23-83. ISBN 978-85-99764-14-5.

CHALFOUN, S. M.; REIS, P. R. História da cafeicultura no Brasil. *In*: NOGUEIRA, A. M. *et al.* **Café Arábica do plantio à colheita**. 1. ed. Lavras: EPAMIG, 2010. v. 1, cap. 1, p. 23-83. ISBN 978-85-99764-14-5.

CHAVES, E. *et al.* Temporal analysis of brown eye spot of coffee and its response to the interaction of irrigation with phosphorous levels. **Journal of Phytopathology**, [s.l.], v. 166, n. 9, p. 613-622, 2018.

CAMARGO, A.P. de; CAMARGO, M.B.P. de. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.

CAMARGO, M.B.P. de. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 69, p. 239-247, 2010.

CARVALHO, J.G. *et al.* Sintomas de desordens nutricionais em cafeeiro. *In*: GUIMARÃES, R.J. *et al.* (Ed.). **Semiologia do cafeeiro**: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas. Lavras: UFLA, 2010. p. 31-68.

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

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, ano 2007, v. 31, n. 6, dez. 2007. Comunicação, p. 1862-1866.

GUERREIRO FILHO, O. *et al.* Café Arábica. In: AGUIAR, A. T. E. *et al.* (Ed.). **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**: boletim 200. Campinas: Instituto Agrônomo, 2014. p. 90-104.

GUIMARÃES, P. T. G. *et al.* Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, UFV, 1999. p. 289-302.

GRANT, C. A. *et al.* **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 95, p. 1-5, 2001.

JULIATTI, F.C; SILVA, S.A. **Manejo integrado de doenças na cafeicultura do cerrado**. Uberlândia: Composer, 2001. 132p.

LIMA, L. M.; POZZA, E. A.; SANTOS, F. S. Relationship between incidence of brown eye spot of coffee cherries and the chemical composition of coffee beans. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 160, n. 4, p. 209-211, Apr. 2012.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro**: colheitas econômicas máximas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. New York: Academic press, 2012. 651 p.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.

MATIELLO, J.B. *et al.* Cultura de Café no Brasil: manual de recomendações. **Mapa/Procafe**, Rio de Janeiro. p. 7-10. 542, 2010.

MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A.B. *et al.* (Ed.). **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1986. p. 165-274.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

MAY, J. T. Soil moisture. In: **Southern pine nursery handbook**. (S. 1): USDA. Forest Service. Southern Region, 1984. cap. 11, p. 1-19.

MEURER, E.J.; TIECHER, T.; MATTIELO, L. Potássio. In: SBCS. FERNANDES, M.S.; SOUZA, S.R.; SANTOS, L.A. (Eds.). **Nutrição Mineral de Plantas**. 2.ed. Viçosa, MG, 2018. p. 429-464.

NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; NOVAIS, R. F. Adubação mineral de mudas de Eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p. 99-126.

POZZA, E.A. *et al.* Sintomas de injúrias causadas por doenças em cafeeiro. In: GUIMARÃES, R.J. *et al.* (Ed.). **Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas**. Lavras: UFLA, 2010. p. 69-101.

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

RICE, R. W. The physiological role of minerals in the plant. In: DATNOFF, L. E. et al. (Ed.). **Mineral nutrition and plant disease**. Saint Paul: APS Press, 2007. p. 9-29.

SILVA, M.G. da *et al.* Spatio-temporal aspects of brown eye spot and nutrients in irrigated coffee. **European journal of plant pathology**, [s.l.], v. 153, n. 3, p. 931-946, 2019.

SANTOS, F.S. et al. Adubação orgânica, nutrição e progresso de cercosporiose e ferrugem do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 783-791, jul. 2008a.

SILVA, M.G. da *et al.* Spatio-temporal aspects of brown eye spot and nutrients in irrigated coffee. **European journal of plant pathology**, [s.l.], v. 153, n. 3, p. 931-946, 2019.

SILVA, M.G. da *et al.* Effect of light and temperature on *Cercospora coffeicola* and *Coffea arabica* pathosystem. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 148 - 160, abr./jun. 2016.

VITTI, G.C. *et al.* Cálcio, Magnésio e Enxofre. In: SBCS. FERNANDES, M.S.; SOUZA, S.R.; SANTOS L.A. (Eds.). **Nutrição Mineral de Plantas**. 1. ed. Viçosa, 2006. p. 299-326.