



**TULIO RIBEIRO DE REZENDE**

**INCIDÊNCIA DA CERCOSPORIOSE EM FUNÇÃO DA CALAGEM E  
DA FASE FENOLÓGICA DO CAFEIEIRO**

**LAVRAS – MG**

**2022**

**TULIO RIBEIRO DE REZENDE**

**INCIDÊNCIA DA CERCOSPORIOSE EM FUNÇÃO DA CALAGEM E  
DA FASE FENOLÓGICA DO CAFEIEIRO**

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

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Dalysse Toledo Castanheira  
Orientadora

Mauro Magalhães Leite Faria  
Co-orientador

**LAVRAS – MG**

**2022**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus, que me abençoa todos os dias. Agradeço aos meus ídolos, meus pais Flávio e Claudia, pelo exemplo de vida e dedicação. Também sou grato a minha irmã, Julia, que sempre esteve ao meu lado. Meu eterno agradecimento aos meus amigos, que deram uma contribuição valiosa para a minha jornada acadêmica.

Sou grato à Professora Dr<sup>a</sup>. Dalysse Toledo Castanheira, minha orientadora, e ao Mauro Magalhães Leite Faria, meu co-orientador, pelo comprometimento e zelo, que em muito contribuíram com a realização deste trabalho

Por último, agradeço a Universidade Federal de Lavras e ao Núcleo de Estudos em Cafeicultura (NECAF) que me proporcionaram a chance de expandir meus horizontes.

## RESUMO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café (*Coffea arabica* L.), sendo uma das principais atividades agrícolas do país. Porém, parte significativa das lavouras de café está estabelecida em áreas naturalmente pobres ou empobrecidos devido ao uso anterior. A cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) pode causar danos desde a fase de viveiro até lavouras em produção e, portanto, doses de calcário têm sido empregadas em diversos trabalhos acadêmicos com intuito de reduzir a incidência dessa doença. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da calagem superficial e das fases fenológicas do cafeeiro na incidência da cercosporiose. Para isso, instalou-se experimento a campo na mesorregião dos “campos das vertentes” no estado de Minas Gerais – Brasil, sob um Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC), com parceladas subdivididas no tempo, aplicando-se cinco doses de calcário (0, 3, 6, 12 e 24 toneladas por hectare), que foram aleatorizadas nas parcelas e avaliadas em 3 diferentes períodos (subparcelas), correspondentes às fases fenológicas. Assim, avaliou-se os atributos de crescimento (altura e diâmetro da copa) e a incidência de cercosporiose. Não houve interação significativa entre os fatores doses de calcário e período de avaliação. No entanto, quando os tratamentos foram analisados separadamente, as diferentes fases favoreceram a incidência de cercosporiose, enfolhamento, altura e diâmetro da copa. Por fim, doses crescentes de calcário aplicadas em superfície de lavouras cafeeiras já implantadas não interferiram na incidência de cercosporiose, contudo, diferentes fases fenológicas podem interferir na doença no campo.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica*. Cercosporiose. Fases fenológicas. Calagem.

## ABSTRACT

Brazil is the world's largest producer and exporter of coffee (*Coffea arabica* L.), being one of the main agricultural activities in the country. However, a significant part of coffee plantations is established in areas that are naturally poor or impoverished due to previous use. *Cercospora coffeicola* (*Cercospora coffeicola*) can cause damage from the nursery stage to crops in production and, therefore, doses of limestone have been used in several academic works in order to reduce the incidence of this disease. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of surface liming and coffee phenological phases on the incidence of brown eye spot. For this, a field experiment was installed in the mesoregion of the "fields of slopes" in the state of Minas Gerais - Brazil, under a clayey Red-Yellow Latosol. A randomized block design (DBC) was used, with plots divided in time, applying five doses of limestone (0, 3, 6, 12 and 24 tons per hectare), which were randomized in the plots and evaluated in 3 different periods (subplots), corresponding to the phenological phases. Thus, the growth attributes (crown height and diameter) and the incidence of brown eye spot were evaluated. There was no significant interaction between limestone rates and evaluation period. However, when the treatments were analyzed separately, the different phases favored the incidence of brown eye spot, foliage, height and crown diameter. Finally, increasing doses of lime applied to the surface of coffee plantations already established did not interfere with the incidence of brown eye spot, however, different phenological stages can interfere with the disease in the field.

**Keywords:** *Coffea arabica*. Brown-eye spot of coffee. Phenological stages. Liming.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	8
2.1. Importância da cafeicultura .....	8
2.2. Acidez do solo e toxidez por alumínio e manganês.....	9
2.3. Cercosporiose ( <i>Cercospora coffeicola</i> ).....	10
2.4. Calagem e redução de doenças no campo .....	12
2.5. Fases do cafeeiro.....	13
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	15
3.1. Caracterização da área experimental .....	15
3.2. Delineamento experimental.....	16
3.4. Avaliações .....	17
3.5. Análises estatísticas.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
4.1. Respostas do cafeeiro à aplicação de doses de calcário .....	18
4.2. Respostas do cafeeiro aos diferentes períodos de avaliação .....	20
5. CONCLUSÕES.....	24
6. REFERÊNCIAS.....	24

## 1. INTRODUÇÃO

O café (*Coffea arabica* L.) representa uma das mais importantes commodities agrícolas para a economia brasileira, sendo o Brasil o maior produtor e exportador global (International Coffee Organization – ICO, 2019; Faostat, 2020).

Com a elevação dos custos de produção e aumento da competitividade dos mercados internos e externos, faz-se necessário suprimir quaisquer fontes de perdas nas lavouras cafeeiras (Garcia Júnior et al., 2003; Lopes et al., 2012). Segundo Garcia Júnior et al. (2003), a deficiência nutricional e as doenças estão entre os principais responsáveis pela redução da produtividade e perda de qualidade do cafeeiro. Ademais, ressalta-se que a maior parte das lavouras de café se encontram implantadas em solos naturalmente pobres ou empobrecidos devido aos cultivos anteriores (Matiello et al., 2015), com acidez elevada e baixos teores de cátions básicos, como cálcio e magnésio (Rodrigues et al., 2017). Tais fatores podem contribuir para a suscetibilidade das plantas à incidência de doenças, com perdas no crescimento e desenvolvimento do cafeeiro (Botelho et al., 2005).

Segundo Araújo et al. (2009), a calagem representa uma prática bem difundida, geralmente utilizada com a intenção de corrigir a acidez do solo, reduzindo-se o teor de alumínio trocável e elevando-se os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , além de disponibilizar os demais nutrientes essenciais, visando a restauração de suas características produtivas. Portanto, a calagem possibilita uma maior exploração de volume de solo pelo sistema radicular das plantas e auxilia no seu crescimento e desenvolvimento. Além disso, a correção do solo também está associada ao aumento na resistência das plantas aos patógenos (Garcia Júnior et al., 2003), uma vez que o  $\text{Ca}^{2+}$ , por ser constituinte da parede celular, pode conferir resistência à penetração direta através da cutícula (Agrios, 1988).

A cercosporiose do cafeeiro, também conhecida como macha de olho pardo ou mancha-de-cercospora, é causada pelo fungo *Cercospora coffeicola* (fase sexuada: *Mycosphaerella coffeicola*) e foi originalmente descrita por Berkeley e Cooke, sendo considerada a doença mais antiga dos cafeeiros nas Américas, com capacidade de infectar desde a fase de viveiro até lavouras em produção. Ainda hoje se faz presente em praticamente todas as áreas produtivas do país, e ataca tanto folhas quanto frutos, causando manchas necróticas constituídas por um centro de cor clara, desfolha e amadurecimento precoce de grãos (De Lima; Pozza; Da Silva, 2012; Souza; Maffia; Mizubuti, 2012), culminando em perda de produtividade e depreciação na qualidade da bebida (De Lima; Pozza; Da Silva, 2012).

A macha-de-cercospora pode ser considerada a segunda doença mais importante para a cultura do café no Brasil, pois causa danos de 15% a 30% na sua produtividade (Garcia Júnior et al., 2003). Os conhecimentos dos efeitos da calagem sobre a suscetibilidade do cafeeiro à cercosporiose podem auxiliar na adoção de estratégias de manejo, reduzindo-se as aplicações de defensivos agrícolas e, conseqüentemente, o impacto ambiental. Portanto, objetivou-se avaliar o efeito da calagem superficial e das fases fenológicas do cafeeiro na incidência da cercosporiose.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Importância da cafeicultura**

O café é uma das commodities de maior relevância no cenário mundial (ICO, 2021), sendo o Brasil o maior produtor e exportador do grão (ICO, 2019; Faostat, 2020). Outros importantes produtores de café são Vietnã, Colômbia, Indonésia, Etiópia, Peru e Índia, respectivamente (Faostat, 2021). Segundo dados do Conab, a produção nacional de café (arábica e canephora), em 2021, foi de 54,3 milhões de sacas beneficiadas de 60 kg, produzidos em 2,2 milhões de hectares, sendo 66% da produção da espécie café arábica (*Coffea arabica* L.), cujo montante de 36,3 milhões de sacas foram destinados à exportação, ao mesmo tempo que o consumo interno foi de 20,5 milhões de sacas (Cecafé, 2021).

De acordo com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea, 2021), o café esteve entre os principais setores exportadores do agronegócio brasileiro e correspondeu a 6,6% do total exportado. É importante destacar que o agronegócio é um importante potencializador para o comércio internacional do país, visto que, em 2021, correspondeu a 24,2% de todas as exportações brasileiras (Brasil, 2022).

O cafeeiro é uma das culturas globais mais importantes devido, principalmente, ao número de pessoas em países emergentes que dependem dela para seus sustentos diários (Hareli-mana et al., 2022) e por ser consumida por aproximadamente um terço da população mundial (DaMatta et al., 2018), ultrapassando os 160 milhões de sacas de 60 kg por ano, com um crescimento anual de 2,5% (ICO, 2022).

A cafeicultura é empregada sob diferentes sistemas de produção, que vai desde o pequeno e convencional, associado a outras culturas na mesma área, até sistemas grandes e modernos (Arias et al., 2012). Jezeer et al. (2019) estimam que 25 milhões de agricultores familiares cultivam café em 11 milhões de hectares no mundo. No Brasil, a cadeia produtiva do café

gera mais de oito milhões de empregos e contribui substancialmente para a fixação do trabalhador no meio rural (Costa et al., 2012).

Apesar da grande relevância do café para o país, Costa et al. (2012) apontam, por meio dos indicadores Taxa Interna de Retorno e Valor Presente Líquido, a dificuldade das empresas rurais produtoras de café em conseguir rentabilidades satisfatórias, dado que a cafeicultura brasileira ainda enfrenta grandes problemas referentes ao dinamismo de mercado, condições climáticas limitantes e deficiências atreladas ao solo, nos quais parte significativa dos cafezais são cultivados em solos ácidos, de baixa fertilidade natural, baixa capacidade de troca de cátions (CTC) e altos teores de alumínio trocável ( $Al^{3+}$ ) (Effegen et al., 2008; Rodrigues et al., 2017; Fernandes et al., 2020)

## **2.2. Acidez do solo e toxidez por alumínio e manganês**

De modo geral, por mais que a agricultura seja a base para a economia de muitos países, a produção agrícola nos países tropicais tem sido muito abaixo quando comparado ao seu potencial produtivo, e esse fator tem sido atribuído, principalmente, a acidez dos solos (Takala, 2020; Bossolani et al., 2021). Em consequência do clima tropical, extensão territorial e diferentes padrões de formação do solo, o Brasil possui um território majoritariamente constituído por solos ácidos com baixa disponibilidade de nutrientes (Guarçoni, 2017; Rodrigues et al., 2017).

Os solos também podem conter acidez natural advinda da pobreza do material de origem em  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , potássio ( $K^+$ ) e sódio ( $Na^+$ ), denominadas de bases, o mediante manejo de solo inadequado que culmina em perda destas bases e, conseqüentemente, à acidificação (Quaggio, 2000). O acúmulo de Al trocável ao longo do perfil do solo afeta diretamente o crescimento e o desenvolvimento das raízes, pois atrapalha a absorção de nutrientes e, por conseguinte, a produtividade das culturas (Rampim et al., 2011).

Em solos ácidos, as raízes do cafeeiro ficam limitadas à superfície, ocasionando redução na absorção de nutrientes localizados nas camadas mais profundas, tornando as plantas menos produtivas e suscetíveis às adversidades ambientais (Raij, 2008). Sendo assim, o rendimento ideal do café arábica depende da calagem para elevar o pH do solo, neutralizar o  $Al^{3+}$ , e fornecer cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (Chaves et al., 1984; Mendonça et al., 2007; Teshale et al., 2021).

Didaticamente, a acidez pode ser compreendida como acidez ativa, trocável e acidez potencial (trocável e não trocável). A acidez ativa é determinada pelos íons  $H^+$  dissolvidos na solução do solo e, ainda que sua concentração livre na solução seja baixa, ela é quimicamente ativa, interferindo substancialmente na disponibilidade dos nutrientes (Quaggio; Raij, 2001;

Crusciol et al., 2016). Já a acidez trocável é formada pela fração de íons  $\text{Al}^{3+}$  adsorvidos nos coloides do solo e, uma vez que a acidez ativa é corrigida, ocorre a liberação seguida da hidrólise destes íons na solução do solo, produzindo mais  $\text{H}^+$ , deixando-o novamente ácido (Souza et al., 2007).

A acidez não trocável é retratada pelos íons  $\text{H}^+$  covalentemente ligados aos coloides do solo, isto é, aqueles íons que não são liberados à solução do solo devido a sua forte ligação química com os coloides. Entretanto, eles podem ser liberados mediante adição de  $\text{OH}^-$  derivada da solubilização e aplicação de calcário (Souza et al., 2007). Ainda de acordo com estes autores, a acidez potencial é a que confere maior poder tampão ao solo, tornando mais difícil a variação de pH, por isso, demanda maior quantidade de calcário para sua correção.

A neutralização de  $\text{Al}^{3+}$  e fornecimento de  $\text{Ca}^{2+}$  é comumente realizada por meio da prática da calagem, que, além disso, também proporciona aumento da CTC do solo, potencializa os efeitos da adubação e acelera o processo de decomposição da matéria orgânica por intermédio do aumento da atividade microbiana do solo, facilitando a absorção dos nutrientes pelas plantas (Olego et al., 2016).

O uso de corretivos de acidez associado a uma adubação eficiente é de suma importância para o pleno desenvolvimento das lavouras de café, uma vez que a maior parte dos cafeeiros estão implantados em solos naturalmente pobres, ou empobrecidos em decorrência do mau uso anterior (Matiello et al., 2015). Além disso, estudos sugerem que o  $\text{Ca}^{2+}$  deve ser bem distribuído no solo visto que sua absorção ocorre exclusivamente nas partes jovens das raízes (Kumar et al., 2015) e a formação de novos tecidos radiculares depende da absorção constante de Ca (Ramírez-Builes et al., 2020).

Esse elemento atua na síntese da parede celular, uma vez que participa da formação dos compostos denominados pectatos de Ca (Marschner, 2012). Nesse sentido, a calagem é capaz de conferir resistência para as plantas à infecção de patógenos (Garcia Júnior et al., 2003), uma vez que o  $\text{Ca}^{2+}$ , por ser constituinte da parede celular, pode impedir ou dificultar a penetração direta através da cutícula (Agrios, 1988).

### **2.3. Cercosporiose (*Cercospora coffeicola*)**

A cercosporiose foi considerada por décadas uma doença de importância secundária, no entanto, esse cenário tem mudado nos últimos tempos (Souza et al., 2012). Segundo Juliatti et al. (2000), diversas epidemias consideráveis de cercosporiose têm sido relatadas, sendo o seu controle hoje uma preocupação constante dos produtores, uma vez que diversos fatores podem

favorecer a suscetibilidade das plantas à doença (Marschner, 2012; Silva et al., 2019; Vilela et al., 2022).

Vários fatores são considerados como causas potenciais da mudança na importância da cercosporiose: a expansão da área cafeeira brasileira para a região do Cerrado, onde as condições edafoclimáticas diferem das áreas tradicionais; o cultivo de novas cultivares de café; mudanças na população de patógenos; das Alterações Climáticas; e mudanças nas práticas culturais, principalmente irrigação por aspersão, densidade de plantio e adubação (Souza et al., 2012).

Diversas regiões tropicais ao redor do mundo irão enfrentar grandes desafios por causa dos impactos das mudanças climáticas, sendo muitas delas cultivadoras de café (Harelimana et al., 2022). Apesar do regime de chuvas no Sul de Minas Gerais ser considerado favorável para a produção de café, o clima adverso tem gerado períodos de seca e, por causa da necessidade crescente de aumento de rendimento e qualidade do café em função da demanda global o uso de irrigação tem sido cada vez mais incentivada na região (Coelho et al., 2009).

A cafeicultura irrigada ocupa, no Brasil, 10% da área cultivada e representa 25% da produção de café total no país (Fernandes et al., 2012). Contudo, salienta-se que a produção de café irrigado, principalmente por meio de aspersão, pode propiciar doenças como a cercosporiose, causando perdas de rendimento de até 30%, a depender da época e da região do Brasil (Botelho et al., 2005; Pereira et al., 2011a).

Segundo Souza et al. (2011), a cercosporiose ocorre desde a fase de viveiro até plantas adultas no campo, sendo os maiores prejuízos causados quando o manejo é ineficaz. Os sintomas mais comuns em folhas são pequenos pontos necrosados, que compreendem um centro de cor clara circundado por um anel castanho arroxeadado com bordas amareladas (Andrade et al., 2021) e nos frutos, presença de manchas escuras, com aspecto seco (Souza et al., 2011). Em geral, as maiores perdas por cercosporiose são resultantes da queda de folhas e frutos bem como a redução da qualidade das bagas doentes (Souza et al., 2012).

Espécies fúngicas causadoras de cercosporioses são consideradas hemibiotróficas por causa do longo período latente, que compreende da infecção inicial à esporulação, seguida da fase necrotrófica (Andrade et al., 2021). De acordo com Daub et al. (2013), a *C. coffeicola* coloniza suas células hospedeiras de forma necrotrófica, liberando toxinas e espécies reativas de oxigênio para obter nutrientes.

Embora o processo de infecção da *C. coffeicola* não seja evidente, os conídios do gênero *Cercospora* possuem variados modos de germinação, penetração e esporulação em diferentes

hospedeiros (Andrade et al., 2021). *C. moricola* e *C. caricis* infectam amora e mandioca, respectivamente, e a penetração pode ocorrer através dos estômatos (Gupta et al., 1995; Borges Neto et al., 1998), enquanto *C. arachidicola* pode penetrar diretamente através das células epidérmicas, assim como através de estômatos em folhas de amendoim (Smith et al. 1992).

A incidência de doenças pode ser alterada em função da fertilidade do solo, tal como mostrado por Silva et al. (2019), que avaliaram a distribuição espacial da ferrugem do café em relação à fertilidade do solo e nutrição vegetal, verificando que P e K correlacionaram-se positivamente com a incidência de ferrugem, enquanto Ca correlacionava-se negativamente. Portanto, os cafeicultores podem utilizar diferentes técnicas para reduzir a incidência de doenças de café, dependendo dos recursos humanos e financeiros e do grau de infestação (Harelimana et al., 2022).

Alteri e Nicholls (2020) sustentam que uma gestão eficaz dos sistemas agroecológicos permite reduzir as incidências e severidades das doenças do café. Nesse sentido, alguns mecanismos podem intervir no manejo de doenças, entre eles (a) fonte alternativa de alimento para inimigos naturais, (b) efeitos de barreira física, (c) diversificação de inimigos naturais, (d) microclima desfavorável e (e) melhoria da fertilidade do solo que aumentam o vigor da planta (Knolhoff & Heckel, 2014; Kumar, 2016).

#### **2.4. Calagem e redução de doenças no campo**

A gestão adequada dos agroecossistemas pode exercer um papel substancial na produtividade das culturas, sendo o manejo da fertilidade do solo uma destas práticas (Bongers et al., 2015). Ainda conforme estes autores, mesmo que o aprimoramento dessas práticas onerem a produção, elas aumentam significativamente a produtividade e ampliam o valor do café, além de restringir o surgimento de doenças (Silva et al., 2019; Vilela et al., 2022).

A intensidade da doença no campo é influenciada pelo manejo da cultura, a cultivar e nutrição mineral das plantas (Pozza et al., 2015). Portanto, o estado nutricional está diretamente relacionado à resistência contra o ataque de fitopatógenos (Taiz; Zeiger, 2013), pois, segundo Huber et al. (2012), os nutrientes exercem funções essenciais na formação de várias barreiras, como a camada de cera mais espessa e a parede celular, além de participarem de várias rotas metabólicas para sintetizar compostos, como lignina e fenóis.

Zambolim e Ventura (2016) supõem que, nos casos de doenças fúngicas, a proteção originada pela nutrição mineral equilibrada evita a penetração de hifas e melhora o controle da permeabilidade da membrana citoplasmática, evitando a saída de compostos orgânicos para os

espaços intercelulares, constituindo-se uma barreira química com a formação de compostos fenólicos.

Entre os nutrientes essenciais, o Ca tem grande relevância em respostas de defesa de plantas contra fitopatógenos (Malavolta, 2006), mas também por mais da metade do Ca celular total se encontrar na matriz da parede celular na forma de pectato de Ca (Paiva et al., 2009), podendo formar ligações cruzadas entre si e com outros componentes da parede (Caffall & Mohnen, 2009) e induzir a deposição de microfibrilas de celulose (Willats et al., 2001).

O Ca também exerce suma importância na divisão e no desenvolvimento celular, na estruturação da parede celular e na formação da lamela média. Assim, constitui-se um nutriente relevante na estruturação anatômica e estrutural dos tecidos vegetais (Malavolta et al., 2006; Marschner, 2012; Zambolim; Ventura, 2016; Alberts, 2019). As características anatômicas aumentam a eficiência da proteção física natural estabelecida pelo hospedeiro contra o ataque de fitopatógenos, salientando-se que a parede celular representa um importante mecanismo de defesa estrutural (Marschner, 2012; Zambolim; Ventura, 2016).

Estudos mostram que entre as principais características anatômicas que conferem proteção contra a incidência e severidade de doenças estão paredes celulares e lamelas médias bem estruturadas e espessas (Silva et al., 2005). O Ca atua diretamente como sinalizador de mecanismos de defesa que dependem da sua concentração nas células ou indiretamente à formação do complexo de Ca-calmodulina, que governam vários processos fisiológicos de resposta das plantas às adversidades bióticas e abióticas (Stael et al., 2012).

Estudos mostraram que o aumento do suprimento de Ca reduziu a severidade da brusone, sendo que o nível de expressão dos marcadores do gene de vias do metabolismo secundário associadas a resistência adquirida foi maior em plantas com doses elevadas de calcário (Debona et al., 2017). Já Macoski et al. (2021), avaliando o efeito de doses de adubo contendo Ca, aplicado na semeadura de aveia inoculadas com *Blumeria graminis* f. sp. *Avenae*, observaram que a incidência e a severidade da doença foram reduzidas em até 47% pelas maiores doses do adubo.

Entre as principais doenças do cafeeiro, está a cercosporiose, que está disseminada em todas as regiões produtoras de café do Brasil e é influenciada por desequilíbrios nutricionais (Garcia Júnior et al., 2003). O equilíbrio dos nutrientes fornecidos constitui uma variável ambiental capaz de ser manipulada, além de influenciar a produtividade e a taxa de progresso da doença no campo (Barbosa Junior et al., 2019). Desse modo, representa uma opção viável para o manejo, uma vez que proporciona economia na aplicação de produtos químicos, minimizando problemas, como resistência a patógenos e efeitos na bionalidade produtiva do café.

## 2.5. Fases fenológicas do cafeeiro

É imprescindível conhecer a fenologia da planta para entender os efeitos dos fatores ambientais no crescimento e desenvolvimento do cafeeiro tipo arábica, que é um arbusto perene de ciclo fenológico especialmente complexo (Camargo & Camargo, 2001). Diferentemente da maioria das espécies agricultáveis, que completam seu ciclo fenológico em um ano, o cafeeiro requer dois anos para completar as fases de desenvolvimento das gemas até a frutificação, sendo que as fases vegetativas e reprodutivas ocorrem de maneira simultânea (Majerowicz & Söndahl, 2005).

O termo "ciclo de reprodução" concerne ao tempo entre floração e amadurecimento de frutos. Estes ciclos podem variar conforme as condições edafoclimáticas regionais, microclimáticas e sistemas de cultivo (Petek et al., 2009). Ainda conforme estes autores, tais condições podem exercer grande influência dentro de uma mesma florada devido ao extenso período fenológico do cafeeiro.

Segundo Camargo e Camargo (2001), o ciclo fenológico do cafeeiro arábica pode ser dividido em seis fases distintas. O primeiro ano fenológico, considerado o período vegetativo, constitui a fase inicial de vegetação e formação de gemas florais, de setembro a março, e outra fase de indução e maturação das gemas florais, de abril a agosto. O período reprodutivo ocorre no segundo ano fenológico, sendo iniciado no estágio da florada.

Após a queda das flores, inicia-se a formação dos frutos, denominada chumbinho, sem crescimento visível, durando de 6 a 8 semanas (Salazar et al., 1994). A fase seguinte (expansão dos frutos), caracterizada pela rápida expansão dos frutos e alta demanda hídrica, formará o tamanho máximo da semente e tem duração até a 16.<sup>a</sup> ou 17.<sup>a</sup> semanas após a florada, por volta de dezembro.

Aproximadamente 200 dias após o florescimento (Arcila-Pulgarín et al., 2002) entre abril e junho, inicia-se o processo de maturação dos frutos, quando ocorre uma degradação de clorofilas concomitante com a síntese de carotenoides, tornando-se verde-amarelo e atingindo a maturidade fisiológica ou estágio cereja, em torno de 240 dias depois do florescimento (Salazar et al., 1994; Arcila-Pulgarín et al., 2002).

Portanto, a compreensão da dinâmica mineral durante o desenvolvimento de frutos em plantas de café arábica constitui uma importante ferramenta para o manejo cafeeiro, para determinar os períodos de maior demanda nutricional e definição das melhores estratégias para a fertilização e tratos fitossanitários da cultura.

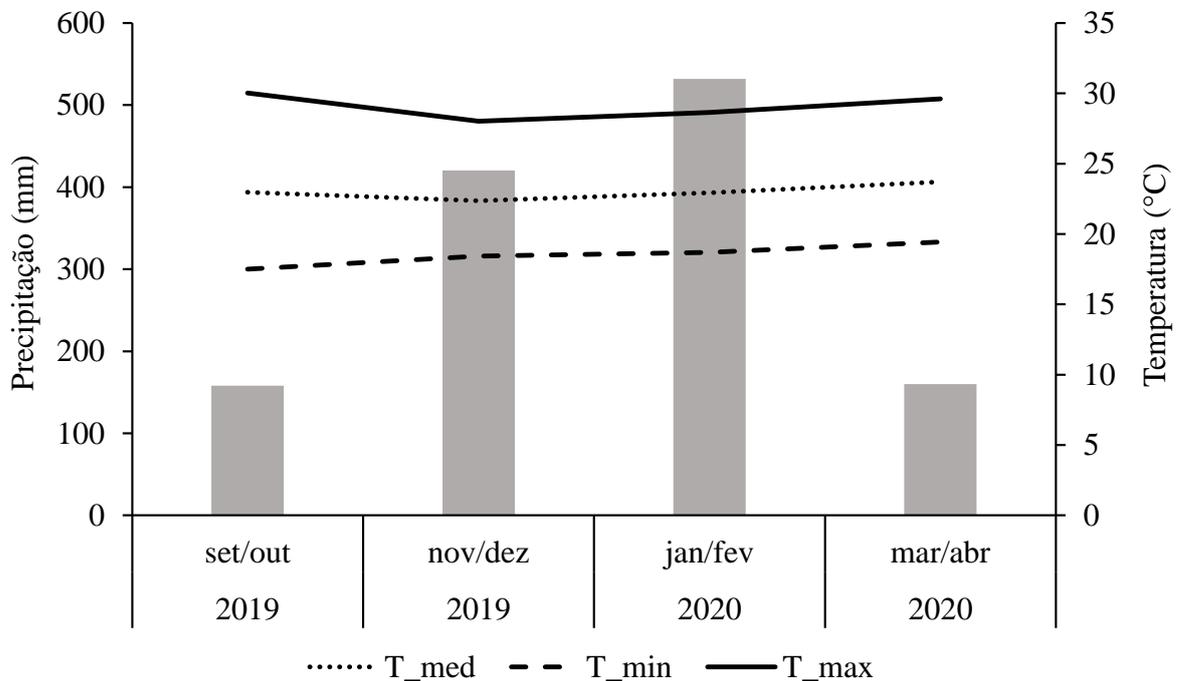
### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

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

O experimento foi conduzido em condições de campo, implantados na mesorregião do campo das Vertentes, no município de Santo Antônio do Amparo, Sul no estado de Minas Gerais, em área de produção de café localizada na Fazenda Samambaia, a 974 m de altitude média e coordenadas geográficas de 20°97'63.26'' S e 44°86'58.40'' O. Foram designados 0,22 hectares para implantação do experimento em uma lavoura de café arábica adulta, cultivar Catucaí 2SL. A lavoura de café foi implantada no ano de 2006, sob espaçamento de 3,5 m na entrelinha e 0,80 m entre plantas e submetidas a uma poda do tipo esqueletamento dois meses antes da instalação do experimento, que ocorreu no dia 30/10/2018. Ressalta-se que antes da instalação do experimento na área, já haviam sido realizadas calagens superficiais nos anos de 2009, 2010, 2011, 2016 e 2017 nas quantidades de 2,5, 3,2, 1,4, 1,2 e 1,9 Ton.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

De acordo com a classificação de Koppen, o clima da região é classificado como Cwa, reconhecido por seca entre os meses de abril e setembro e chuvas de outubro a março, sendo a temperatura média do mês mais quente de 30 °C, e do mais frio, 11 °C. Os registros mensais de temperatura mínima, média e máxima foram acompanhados no site do Inmet e a precipitação pluviométrica por intermédio dos produtores, que realizam leituras diárias com pluviômetro (Figura 1).

Figura 1. Precipitações pluviométricas bimestrais ocorridas durante o período dos experimentos na Fazendas Samambaia – MG.



Fonte: Do autor (2022).

### 3.2. Delineamento experimental

No estabelecimento do experimento, utilizou-se delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 5x3 com parcelas subdivididas no tempo, sendo cinco doses de calcário (0, 3, 6, 12 e 24 t ha<sup>-1</sup>), que foram aleatorizadas nas parcelas, aplicadas em superfície e sem incorporação, e três períodos de avaliações (subparcelas) que correspondem as fases de desenvolvimentos dos frutos do cafeeiro (chumbinho – 10/2019; expansão – 12/2019; e granação – 03/2020), sendo cada tratamento composto por quatro repetições em 20 parcelas experimentais. A parcela experimental foi constituída por 60 plantas, sendo apenas as 10 plantas centrais foram consideradas úteis. Para as plantas entre as linhas de tratamento, foi utilizada uma linha de bordadura para evitar interferência entre tratamentos. O calcário utilizado tem poder relativo de neutralização total – PRNT de 95%, poder de neutralização – PN de 100%, 36% de CaO e 12% de MgO.

### 3.3. Instalação e condução do experimento

Antes da instalação dos experimentos, foram coletadas na projeção da copa do cafeeiro, 20 amostras de solo nas profundidades de 0,0 a 0,2 m e de 0,20 a 0,4 m, misturadas individualmente por camada para compor as amostras compostas para posterior análise. O solo da área experimental é caracterizado como um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa. Foram determinados os valores de pH, teores de K, Ca, Mg, Al, H+Al, matéria orgânica (M.O.), Cu, Fe, Mn, Zn e B, e calculados a capacidade de troca catiônica (T) e saturação por bases (V%), de acordo com Silva (2009). Suas propriedades químicas antes da implantação do experimento são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades químicas dos solos, em diferentes profundidades, antes da instalação dos experimentos.

Prof.	pH	K	Ca	Mg	Al	H+Al	T	V	M.O.	B	Cu	Fe	Mn	Zn
m	H <sub>2</sub> O	-----cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> -----					-----%-----	-----mg.dm <sup>-3</sup> -----						
0,0 - 0,2	5,9	0,32	2,4	1,1	0	2,3	6,13	63	2,6	0,4	2,5	53,8	7,8	2,1
0,2 - 0,4	5,4	0,27	1,3	0,7	0	2,5	4,78	48	1,9	0,38	2	55,2	4,4	0,4

Fonte: Do autor (2022).

A aplicação do calcário foi realizada manualmente, distribuído em toda superfície do solo, sem reaplicação durante o período de condução do presente trabalho. Os tratamentos culturais como adubação, controle fitossanitário, controle de plantas daninhas e desbrota seguiram o planejamento do responsável técnico da fazenda, sem variações para as parcelas, com o cuidado de não utilizar produtos contendo Ca e Mg. As adubações nitrogenadas realizadas nas safras 2018/2019 e 2019/2020 totalizaram 186 e 250 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Já as adubações de potássicas e de fosfatadas foram realizadas de acordo com a análise de solo.

### 3.4. Avaliações

No período experimental, avaliou-se o diâmetro da copa e altura das plantas, incidência de cercosporiose e enfolhamento em cada um dos tratamentos. O diâmetro da copa foi medido com régua graduada em centímetros, na saia do cafeeiro nos maiores ramos plagiotrópicos, no sentido transversal à linha de plantio. A altura das plantas foi medida com uma régua topográfica colocada paralelamente ao caule do cafeeiro e limitando-o transversalmente com uma haste no topo do dossel. Para a avaliação da incidência de cercospora, foram analisados o terceiro ou quarto par de folhas expandidas do ápice para a base de um ramo do terço médio do cafeeiro, nas duas faces da planta, foram avaliadas as 10 plantas uteis de cada parcela, totalizando 40

folhas por parcela, sendo então calculada a porcentagem de folhas com sintomas de cercosporiose. O enfolhamento foi feito pelo número de folhas existentes na contagem de internódios, sendo 100% aquele que apresenta, por exemplo, 8 folhas para 4 internódios.

### 3.5. Análises estatísticas

Realizou-se a análise de variância com a significância das fontes de variação verificada pelo teste F e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Em seguida, os resíduos dos dados foram submetidos às pressuposições da Anova, verificando-se a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Os procedimentos estatísticos foram realizados por meio do software Sisvar (Ferreira, 2014), exceto os resíduos, que foram analisados por meio do R Studio (R Core Team, 2016).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, é apresentado o resumo da análise de variância para os resultados de incidência de cercosporiose, enfolhamento, altura e diâmetro da copa do cafeeiro arábica cultivar Catucaí 2SL. A análise de variância permitiu afirmar que apenas as diferentes fases fenológicas proporcionou diferença sobre as variáveis respostas estudadas, sendo os níveis de significância de 1% de probabilidade para a incidência de cercosporiose, e, de 5% para as demais variáveis afetadas pelos fatores. A interação entre doses de calcário e período não foi significativa ( $P > 0,05$ ), por isso as doses e as épocas foram analisadas separadamente.

Tabela 2. Resumo da análise de variância contendo a soma de quadrados dos resultados de incidência de cercosporiose, enfolhamento, altura e diâmetro de copa do cafeeiro arábica cultivar Catucaí 2SL.

	G.L.	Cercospora	Enfolhamento	Altura	Diâmetro da copa
Doses (D)	4	77,39 <sup>ns</sup>	0,108 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
Blocos (B)	3	43,57	1,87	0,00	0,17
Período (P)	2	270,01*	7,21**	0,02 <sup>ns</sup>	0,31**
D x E	8	7,95 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
C.V. (%)		26,89	20,22	2,01	5,93

<sup>ns</sup> não significativo estatisticamente, \* significativo ao nível de 5% de probabilidade, \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2022).

### 4.1. Respostas do cafeeiro à aplicação de doses de calcário

As doses crescentes de calcário não influenciaram na incidência de cercosporiose, enfolhamento, altura e diâmetro da copa. Entretanto, destaca-se que antes da instalação do presente experimento na Fazenda Samambaia, já haviam sido realizadas calagens superficiais nos anos de 2009, 2010, 2011, 2016 e 2017 nas quantidades de 2,5, 3,2, 1,4, 1,2 e 1,9 ton.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, o que corrobora com o resultado da análise de solo realizada antes da instalação dos experimentos (Tabela 1). De acordo com Nduwumuremyi (2013), o pH representa um dos melhores indicadores químicos da qualidade do solo, sendo sua acidez fundamentada nas concentrações de hidrogênio (H<sup>+</sup>) e de alumínio (Al<sup>3+</sup>). Ainda segundo este autor, a calagem é responsável por diminuir os teores de Al<sup>3+</sup> tóxico e o H<sup>+</sup> por meio das reações com o ânion hidróxido (OH<sup>-</sup>), que eleva o pH do solo, sendo esse, portanto, o principal efeito da calagem.

De acordo com os valores de pH propostos por Guimarães e Ribeiro (1999), o pH em água pode ser considerado adequado entre 5,5 a 6,0, faixa na qual a maioria dos nutrientes apresentam-se razoavelmente disponíveis. Nesse sentido, os valores de pH do solo na camada de 0,0 m a 0,2 m na Fazenda Samambaia (Tabela 1) se mantiveram dentro da faixa recomendada, independente da aplicação das doses de calcário. Já na profundidade de 0,2 m a 0,4 m, os valores de pH se encontravam dentro da classe baixa (4,5 a 5,4), não sendo também afetada pelas doses de calcário.

Segundo Guimarães e Ribeiro (1999), teores de Al<sup>3+</sup> até 0,50 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> são considerados baixos para os solos em Minas Gerais. De acordo com os resultados apresentados na análise de solo, não foi possível notar, para ambas as profundidades analisadas, quaisquer teores de Al<sup>3+</sup>, ficando, assim, dentro da classe considerada muito baixa (0,1 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>). De maneira similar, a acidez potencial (H+Al) e a saturação por bases (V%) foram consideradas adequadas, vez que variam de 1,01 a 2,50 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> e de 60,1 a 80,0%, respectivamente, conforme descrito por Alvarez e Ribeiro (1999).

Nota-se ainda que os teores de Ca na camada de 0,0 m a 0,2 m estavam próximos do considerado adequado (2,41 a 4,0 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>) por Guimarães e Ribeiro (1999). Por outro lado, na camada de 0,2 m a 0,4 m os teores de Ca estavam na classe média de fertilidade (1,21 a 2,40 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>), indicando uma possível perda de bases e nutrientes por lixiviação (Effegen et al., 2008). Um padrão semelhante de fertilidade foi observado para o Mg, uma vez que na camada superficial seu teor foi classificado como adequado e, na camada profunda, médio. Portanto, era de se esperar que a lavoura de café se desenvolvesse bem nas condições de fertilidade do solo da Fazenda Samambaia, considerando-se a grande exigência do cafeeiro por macronutrientes (Bragança et al., 2007). De acordo com Effegen et al. (2008), os baixos teores de Ca e Mg

também podem ocorrer devido à não reposição destes nutrientes por meio de práticas de correção de acidez dos solos, comumente realizada através de calagem.

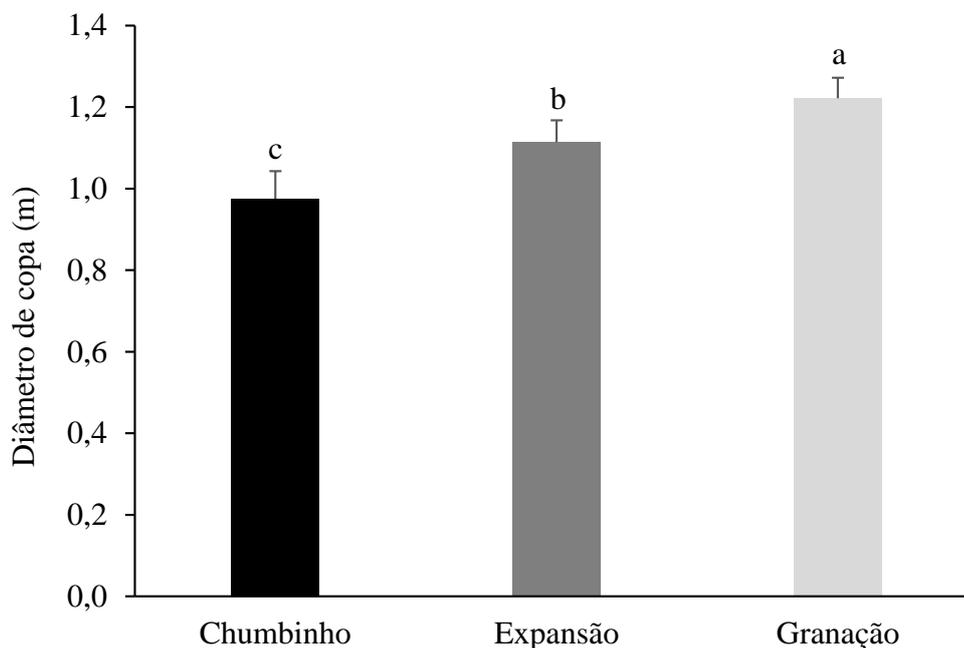
Cabe destacar que calagens superficiais foram realizadas nos anos de 2009, 2010, 2011, 2016 e 2017 nas quantidades de 2,5, 3,2, 1,4, 1,2 e 1,9 ton.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Isso posto, é provável que as boas condições de fertilidade do solo da fazenda impossibilitaram verificar o efeitos das doses de calcário sobre as variáveis dependentes. A relação entre a nutrição de cafeeiros e a cercosporiose foi enfatizada por Garcia Júnior et al. (2003) ao demonstrarem que a intensidade da doença é influenciada por desequilíbrios nutricionais a qual teve a incidência reduzida com o aumento de doses de Ca em mudas de cafeeiro. De acordo com estes autores, o Ca é essencial na lamela média na forma de pectato de cálcio, fortalecendo a parede celular, que funciona como barreira física à penetração do patógeno. O magnésio, por sua vez, faz parte da clorofila, exercendo funções importantes na fotossíntese, sendo associado ao crescimento das plantas, à ativação de enzimas e à fosforilação oxidativa em células fisiologicamente jovens.

O fornecimento adequado de nutrientes permite que as plantas formem barreiras de resistência (Silva et al., 2005; Stael et al., 2012) como cutículas, ceras ou paredes celulares, reduzindo assim a intensidade da doença (Taiz & Zeiger, 2013). Estudos demonstraram a interação de K, N e Ca em uma solução de nutrientes com a intensidade da cercosporiose (Pozza et al., 2001; Garcia Júnior et al., 2003). Além disso, Belan et al. (2015) relataram maior teor de Ca em tecidos sintomáticos causados por patógenos necrotróficos do café, como *Phoma* spp. e *C. coffeicola*. Ademais, em uma plantação de café não irrigada, Alves et al. (2009) encontraram variação espacial na incidência de cercosporiose, com correlação negativa entre a doença e os níveis de Ca e Mg no solo. Embora a relação entre nutrição vegetal e intensidade de doenças ao longo do espaço e do tempo tenha sido pouco estudada em ambientes de campo, esse conhecimento pode ajudar os agricultores a manejar a doença com um equilíbrio adequado de nutrientes e uma consequente redução na aplicação de fungicidas (Silva et al., 2019).

#### **4.2. Respostas do cafeeiro as diferentes fases fenológicas**

Embora os tratamentos não tenham se diferenciado entre si em função da aplicação de doses crescentes de calcário, existiu diferenças significativas quando avaliou-se em períodos distintos. A diferença entre os diâmetros das copas, por exemplo, se manteve praticamente constante ao longo dos períodos avaliados, variando entre 0,92 m a 1,24 m do primeiro ao último período avaliado (Figura 2). É importante destacar que as avaliações foram realizadas em três períodos diferentes, nos meses de outubro dezembro de 2019 e março 2020, que se referem às fases denominadas de chumbinho, expansão e granação, respectivamente.

Figura 2. Diâmetro da copa do cafeeiro em função das diferentes épocas de avaliação.



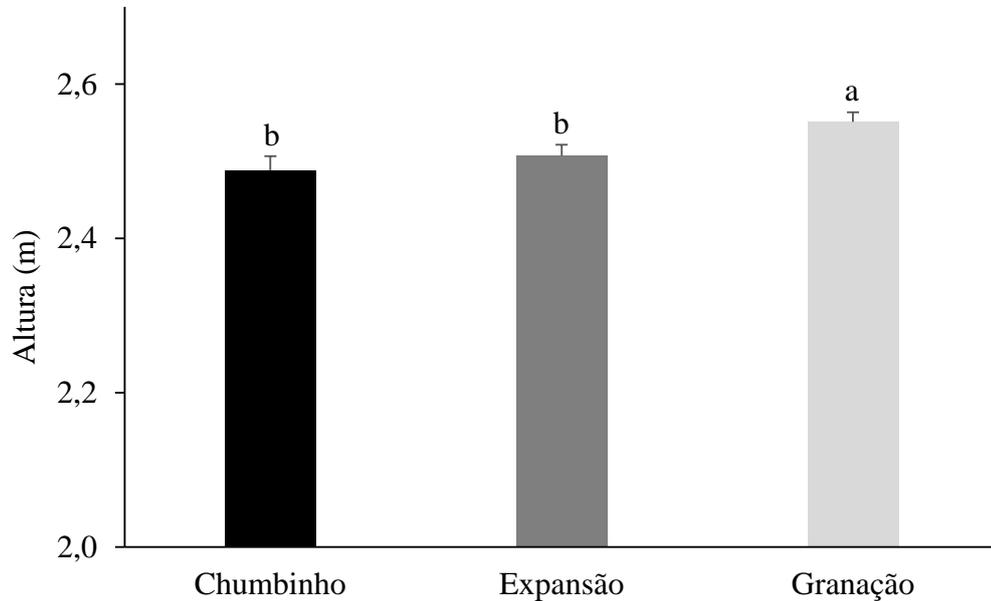
Fonte: Do autor (2022)

Carvalho et al. (2003), ao avaliarem diferentes cultivares e/ou linhagens de café nas condições edafoclimáticas do município de Uberlândia, MG, salientaram que cafeeiros com diâmetro de copa elevado necessitam de maior espaçamento entre plantas, reduzindo sua quantidade por hectare. Assim, estes autores concluíram que, ocasionalmente, tal característica pode ser indesejável, uma vez que o número de plantas por hectare está diretamente relacionado com a produtividade. Por outro lado, diversos autores corroboram que uma maior copa, tanto em área quanto em volume, contribui, até certo grau, para o desenvolvimento das plantas, já que parte substancial do sistema radicular é diretamente proporcional à sua parte aérea. Sendo assim, maiores área e volume da copa presumem um maior volume de raízes, favorecendo o aumento da capacidade de exploração do solo em busca de água e nutrientes, como fundamentado por Alves et al. (2011), Pereira et al. (2011) e Ronchi et al. (2015), enquanto plantas com diâmetros inferiores podem ser consideradas mais promissoras para o adensamento de lavouras (Carvalho et al., 2003).

Para a variável altura de plantas (Figura 3), observou-se que, de maneira geral, houve crescimento linear independente da dose de calcário no decorrer do tempo, na qual foi verificado maior altura de plantas na fase de granação. Nesse caso, as plantas atingiram maior altura na fase de granação, ou seja, cinco meses após a primeira avaliação, possivelmente em função do tempo, uma vez que conhecido que a altura do cafeeiro aumenta com a idade ou em cultivos

sombreados devido ao efeito do estiolamento, mecanismo da planta para captação de luz, conforme já observado em estudos anteriores (Carelli et al., 1999; Camargo et al., 2007).

Figura 3. Altura do cafeeiro em função das diferentes épocas de avaliação.



Fonte: Do autor (2022).

Quanto ao enfolhamento dos cafeeiros, observou-se uma quantidade de desfolha nos ramos significativamente diferente entre os meses de outubro e dezembro de 2019 e março de 2020 (Figura 4). O maior enfolhamento do cafeeiro foi observado quando se avaliou na fase de granação, que provavelmente pode ser atribuído a uma maior disponibilidade de nutrientes nas folhas nesse período. Salienta-se que na granação há presença de menos folhas novas nas plantas, portanto, neste mesmo período foi verificado uma redução na incidência da doença (Figura 5). Os picos da doença durante o período de expansão ocorreram justamente quando os cafeeiros ficam mais propensos ao desequilíbrio nutricional, em função de um maior direcionamento de nutrientes das folhas para o enchimento dos grãos, tornando as plantas mais suscetíveis à cercosporiose, como descrito por Fernández-Borrero et al. (1966).

Figura 4. Enfolhamento do cafeeiro em função das diferentes épocas de avaliação.

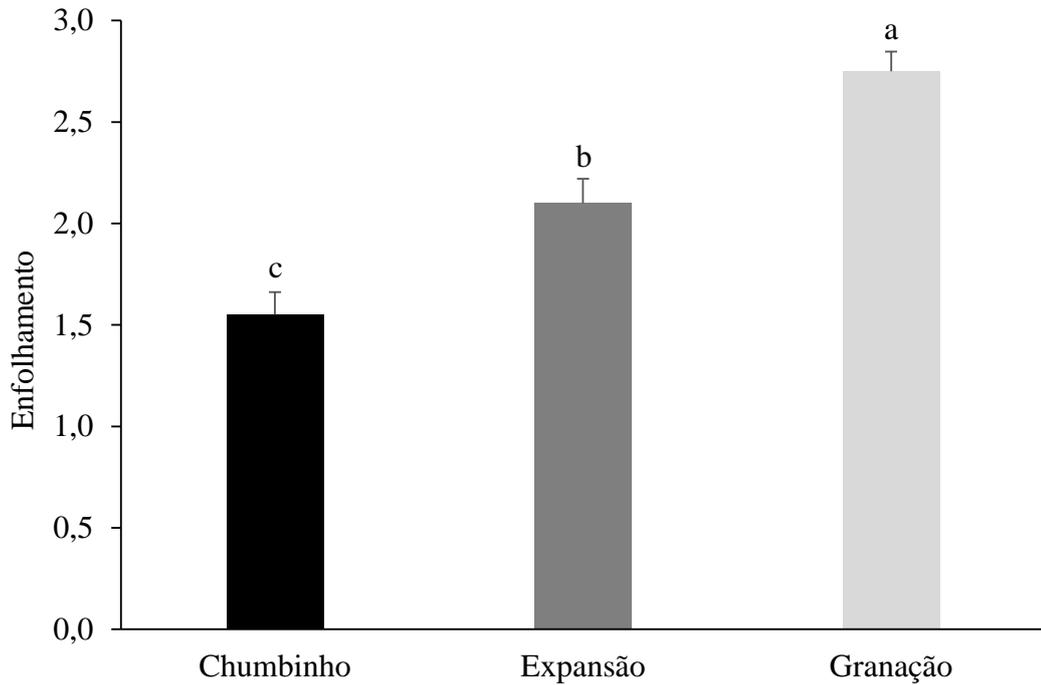
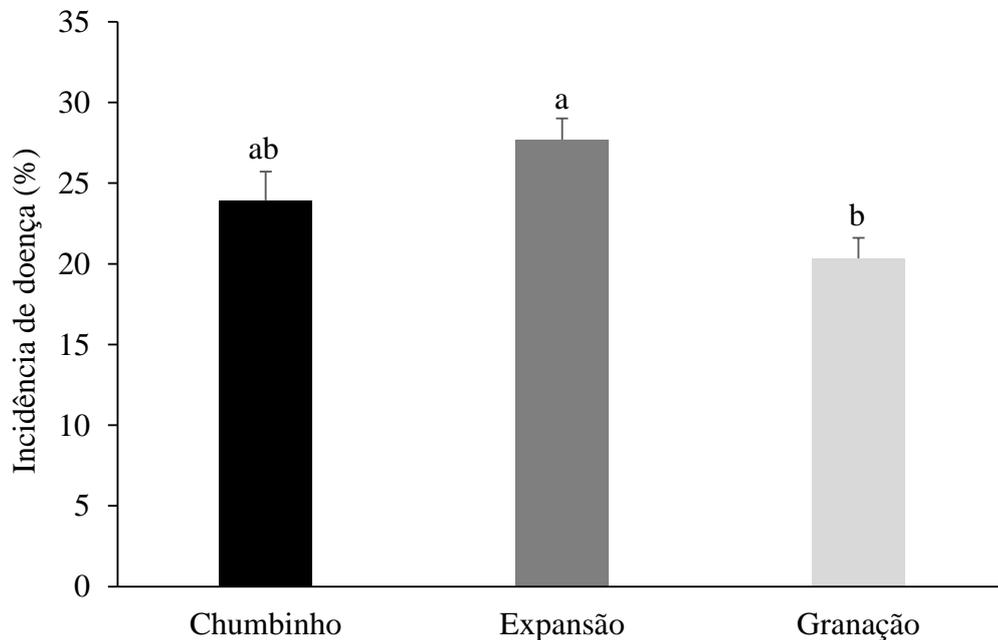


Figura 5. Incidência de *Cercospora coffeicola* em função das diferentes épocas de avaliação.



Fonte: Do autor (2022).

O comportamento do enfolhamento coincidiu com a alta incidência da doença, uma vez que o enfolhamento foi maior quando a incidência foi menor nos diferentes períodos avaliados, evidenciando seu efeito na composição, em volume, do dossel da planta. Ressalta-se que a média compensada de temperatura ao longo dos meses em que foram realizadas as avaliações se

manteve em torno de 25°C, temperatura considerada ótima para a germinação micelial e crescimento fúngico.

A temperatura ambiente de onde o café é cultivado afeta o crescimento dos fungos fitopatogênicos (Adhikari et al., 2020). Cafeeiros cultivados a pleno sol encontram um ambiente mais propício ao desenvolvimento da doença do que aqueles cultivados à sombra, pois a cercosporiose necessita de um excesso de insolação e temperaturas mais elevadas para a germinação dos esporos do fungo, ocorrendo aos 30°C, e também para seu crescimento, aos 24 °C (Echandi, 1959; Zambolim et al., 1997). Possivelmente, as temperaturas máximas registradas no presente trabalho (em média 29°C) propiciaram a germinação dos esporos de *C. coffeicola* à medida que as temperaturas médias (aproximadamente 25°C) favoreceram seu crescimento, resultando no aumento da incidência, corroborando com os resultados encontrados na literatura.

No presente estudo, o experimento foi conduzido sob as mesmas condições de solo, disponibilidade de água, cultivar, idade da cultura e clima, fatores estes que são comumente relacionados ao progresso da epidemia, o principal fator destacado no trabalho foi o período de avaliação, que levou em consideração as fases fenológicas denominadas chumbinho, expansão e granação.

## 5. CONCLUSÕES

Doses crescentes de calcário aplicadas em superfície de lavouras cafeeiras já implantadas não influenciaram a incidência de cercosporiose, tal como para as características de crescimento.

As maiores intensidades de cercosporiose ocorreram na fase de expansão.

## 6. REFERÊNCIAS

Agrios, G.N. **Patologia Vegetal**. 3ª Edição, Academic Press, Inc., Nova Iorque. 1988.

ALBERTS, B.; BRAY, D.; HOPKIN, K.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, P. **Fundamentos da Biologia Celular**. Porto Alegre: Editor Artmed, 4º ed., 2019.

ALVAREZ-VENEGAS, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, p. 289-302 1999.

ADHIKARI, M.; ISAAC, E.L.; PATERSON, R.R.M.; MASLIN, M.A. A Review of Potential Impacts of Climate Change on Coffee Cultivation and Mycotoxigenic Fungi. **Microorganisms**, v.8, p.1625, 2020. DOI: 10.3390/microorganisms8101625.

ALTIERI, M.A.; NICHOLLS, C.I. Agroecology: Challenges and opportunities for farming in the Anthropocene. **Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura**, v.47, p.204–215, 2020.

ALVES, J.D.; PAGLIS, C.M.; LIVRAMENTO, D.E. DO; LINHARES, S.S.D.; BECKER, F.B.; MESQUITA, A.C. Source-sink manipulations in *Coffea arabica* L. and its effect on growth of shoots and root system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.956–964, 2011. DOI: 10.1590/S1413-70542011000500013.

ALVES, M. DE C.; SILVA, F.M. DA; POZZA, E.A.; OLIVEIRA, M.S. DE. Modeling spatial variability and pattern of rust and brown eye spot in coffee agroecosystem. **Journal of Pest Science**, v.82, p.137–148, 2009. DOI: 10.1007/s10340-008-0232-y.

ANDRADE, C.C.L.; RESENDE, M.L.V. DE; MOREIRA, S.I.; MATHIONI, S.M.; BOTELHO, D.M.S.; COSTA, J.R.; ANDRADE, A.C.M.; ALVES, E. Infection process and defense response of two distinct symptoms of *Cercospora* leaf spot in coffee leaves. **Phytoparasitica**, v.49, p.727–737, 2021. DOI: 10.1007/s12600-021-00902-2.

ARAÚJO, S.R.; DEMATTÊ, J.A.M.; GARBUIO, F.J. Aplicação de calcário com diferentes graus de reatividade: alterações químicas no solo cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1755–1764, 2009. DOI: 10.1590/S0100-06832009000600024.

ARCILA-PULGARÍN, J.; BUHR, L.; BLEIHOLDER, H.; HACK, H.; MEIER, U.; WICKE, H. Application of the extended BBCH scale for the description of the growth stages of coffee (*Coffea* spp.). **Annals of Applied Biology**, v.141, p.19–27, 2002. DOI: 10.1111/j.1744-7348.2002.tb00191.x.

ARIAS, R.M.; HEREDIA-ABARCA, G.; SOSA, V.J.; FUENTES-RAMÍREZ, L.E. Diversity and abundance of arbuscular mycorrhizal fungi spores under different coffee production systems and in a tropical montane cloud forest patch in Veracruz, Mexico. **Agroforestry Systems**, v.85, p.179–193, 2012. DOI: 10.1007/s10457-011-9414-3.

BARBOSA JUNIOR, M.P.; POZZA, E.A.; NETO, H.S.; SILVA, M. DE L.O. E; POZZA, A.A.A.; GUIMARÃES, R.J.; SOUZA, P.E. DE. Brown eye spot in coffee subjected to different drip irrigation and fertilization management. **Australasian Plant Pathology**, v.48, p.245–252, 2019. DOI: 10.1007/s13313-019-0623-y.

BELAN, L.L.; POZZA, E.A.; FREITAS, M.L. DE O.; POZZA, A.A.A.; ABREU, M.S. DE; ALVES, E. Nutrients distribution in diseased coffee leaf tissue. **Australasian Plant Pathology**, v.44, p.105–111, 2015. DOI: 10.1007/s13313-014-0329-0.

BONGERS, G.; FLESKENS, L.; VEN, G.V.D.; MUKASA, D.; GILLER, K.; ASTEN, P.V. Diversity in smallholder farms growing coffee and their use of recommended coffee management practices in Uganda. **Experimental Agriculture**, v.51, p.594–614, 2015. DOI: 10.1017/S0014479714000490.

BORGES NETO, C.R.; SILVEIRA, E.B. DA; MELLO, S.C.M. DE; FONTES, E.M.G. Scanning electron microscopy of the infection process of *Cercospora caricis* on purple nutsedge. **Fitopatologia Brasileira (Brazil)**, 1998.

BOSSOLANI, J.W.; SANTOS, F.L. DOS; MENEGHETTE, H.H.A.; SANCHES, I.R.; MORETTI, L.G.; PARRA, L.F.; LAZARINI, E. Soybean in Crop Rotation with Maize and Palisade Grass Intercropping Enhances the Long-term Effects of Surface Liming in No-till System. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.21, p.119–130, 2021. DOI: 10.1007/s42729-020-00347-2.

BOTELHO, D.M.S.; POZZA, E.A.; POZZA, A.A.A.; CARVALHO, J.G. DE; BOTELHO, C.E.; SOUZA, P.E. DE. Intensidade da cercosporiose em mudas de cafeeiro em função de fontes e doses de silício. **Fitopatologia Brasileira**, v.30, p.582–588, 2005. DOI: 10.1590/S0100-41582005000600003.

BRAGANÇA, S.M.; PRIETO MARTINEZ, H.E.; LEITE, H.G.; SANTOS, L.P.; SEDIYAMA, C.S.; ALVAREZ V., V.H.; LANI, J.A. Accumulation of Macronutrients for the Conilon Coffee Tree. **Journal of Plant Nutrition**, v.31, p.103–120, 2007. DOI: 10.1080/01904160701741990.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balança Comercial Brasileira e Balança Comercial do Agronegócio: 2012 a 2022**. 2022. Disponível em: [https://balanca.economia.gov.br/balanca/publicacoes\\_dados\\_consolidados/pg.html](https://balanca.economia.gov.br/balanca/publicacoes_dados_consolidados/pg.html). Acesso em: 17 ago. 2022.

CAFFALL, K.H.; MOHNEN, D. The structure, function, and biosynthesis of plant cell wall pectic polysaccharides. **Carbohydrate Research**, Pectin: Structure and Function. v.344, p.1879–1900, 2009. DOI: 10.1016/j.carres.2009.05.021.

CAMARGO, Â.P.D.; CAMARGO, M.B.P.D. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, v.60, p.65–68, 2001. DOI: 10.1590/S0006-87052001000100008.

CAMARGO, F.T.; FAVARIN, J.L.; BERNARDES, M.S.; LUNZ, A.M.P.; RIGHI, C.A.; ALVES, S.N.R.; REIS, A.R. DOS. Crescimento e maturação do fruto do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em um sistema arborizado e em monocultivo. 2007.

CARELLI, M.L.C.; FAHL, J.I.; TRIVELIN, P.C.O.; QUEIROZ-VOLTAN, R.B. Carbon isotope discrimination and gas exchange in *Coffea* species grown under different irradiance regimes. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal (Brazil)**, 1999.

CARVALHO, H. DE P.; MELO, B. DE; MARCUZZO, K.V.; TEODORO, R.E.F.; SEVERINO, G.M. Avaliação de cultivares e linhagens de café (*Coffea arabica* L.) nas condições de cerrado em Uberlândia-MG. **Bioscience Journal**, v.19, 2003.

CARVALHO, H. P. et al. Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 221-229, 2011.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Análise das exportações do agronegócio**. 2021. Disponível em: [https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea\\_Export\\_1\\_quadri\\_2022.pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_Export_1_quadri_2022.pdf). Acesso em: 17 ago. 2022.

CHAVES, J.C.D.; PAVAN, M.A.; IGUE, K. Respostas do cafeeiro à calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, p.573–582, 1984.

COELHO, G.; SILVA, A.M. DA; REZENDE, F.C.; SILVA, R.A. DA; CUSTÓDIO, A.A. DE P. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro “Catuaí”. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.67–73, 2009. DOI: 10.1590/S1413-70542009000100009.

COSTA, C.H.G.; ANDRADE, F.T.; JÚNIOR, L.G. DE C. Análise da viabilidade econômico-financeira da cafeicultura: um estudo nas principais regiões produtoras de café do Brasil. **ABCustos**, v.7, p.30–52, 2012. DOI: 10.47179/abcustos.v7i1.141.

CRUSCIOL, C.A.C.; ARTIGIANI, A.C.C.A.; ARF, O.; CARMEIS FILHO, A.C.A.; SORRATTO, R.P.; NASCENTE, A.S.; ALVAREZ, R.C.F. Soil fertility, plant nutrition, and grain yield of upland rice affected by surface application of lime, silicate, and phosphogypsum in a tropical no-till system. **CATENA**, v.137, p.87–99, 2016. DOI: 10.1016/j.catena.2015.09.009.

DAMATTA, F.M.; AVILA, R.T.; CARDOSO, A.A.; MARTINS, S.C.V.; RAMALHO, J.C. Physiological and Agronomic Performance of the Coffee Crop in the Context of Climate Change and Global Warming: A Review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.66, p.5264–5274, 2018. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b04537.

DAUB, M.E.; HERRERO, S.; CHUNG, K.-R. Reactive Oxygen Species in Plant Pathogenesis: The Role of Perylenequinone Photosensitizers. **Antioxidants & Redox Signaling**, v.19, p.970–989, 2013. DOI: 10.1089/ars.2012.5080.

DE LIMA, L.M.; POZZA, E.A.; DA SILVA SANTOS, F. Relationship between Incidence of Brown Eye Spot of Coffee Cherries and the Chemical Composition of Coffee Beans. **Journal of Phytopathology**, v.160, p.209–211, 2012. DOI: 10.1111/j.1439-0434.2012.01879.x.

DEBONA, D.; RODRIGUES, F.A.; DATNOFF, L.E. Silicon’s Role in Abiotic and Biotic Plant Stresses. **Annual Review of Phytopathology**, v.55, p.85–107, 2017. DOI: 10.1146/annurev-phyto-080516-035312.

EFFEGEN, T.A.M.; PASSOS, R.R.; LIMA, J.S. DE S.; BORGES, E.N.; DARDENGO, M.C.J.D.; REIS, E.F. DOS. Atributos químicos do solo e produtividade de lavouras de cafeeiro Conilon submetidas a diferentes tratos culturais no sul do estado do Espírito Santo. **Bioscience Journal**, v.24, 2008.

FERNANDES, A.L.T.; PARTELLI, F.L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, p.231–240, 2012. DOI: 10.1590/S1983-40632012000200015.

FERNANDES, V.C.; LAZARINI, E.; SANCHES, I.R.; SANTOS, F.L. DOS; BOSSOLANI, J.W. Calagem, gessagem, culturas de cobertura e adubação nitrogenada em sistema plantio direto: estado nutricional e produtividade do milho. **Research, Society and Development**, v.9, p.e924985943, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.5943.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, p. 109-112, 2014.

GARCIA JÚNIOR, D.; POZZA, E.A.; POZZA, A.A.A.; SOUZA, P.E.; CARVALHO, J.G.; BALIEIRO, A.C. Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro em função do suprimento de potássio e cálcio em solução nutritiva. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, p.286–291, 2003. DOI: 10.1590/S0100-41582003000300010.

GUARÇONI, A. E NO SUPRIMENTO DE Ca E Mg. **Coffee Science**, v.12, p.10, 2017.

GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; JULIATTI, F. C.; RAMOS, A. S.; MENDONÇA, F. C.; SANTOS, C. M. Incidência e severidade da cercosporiose em lavoura cafeeira conduzida sob diferentes sistemas de irrigação e lâminas d'água. In: Embrapa café (ed) **I Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 26-29. Poços de Caldas, MG, Brasil, p. 219–222, 2000.

GUPTA, V.P.; TEWARI, S.K.; GOVINDAIAH; BAJPAI, A.K.; DATTA, R.K. Observations on the surface ultrastructure of conidial stage of *Cercospora moricola* and its infection process in mulberry. **Observations on the surface ultrastructure of conidial stage of Cercospora moricola and its infection process in mulberry**, v.35, p.123–131, 1995.

HARELIMANA, A.; RUKAZAMBUGA, D.; HANCE, T. Pests and diseases regulation in coffee agroecosystems by management systems and resistance in changing climate conditions: a review. **Journal of Plant Diseases and Protection**, 2022. DOI: 10.1007/s41348-022-00628-1.

HUBER, D.; RÖMHELD, V.; WEINMANN, M. Chapter 10 - Relationship between Nutrition, Plant Diseases and Pests. Em: MARSCHNER, P. (Ed.). **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (Third Edition)**. San Diego: Academic Press, 2012. p.283–298. DOI: 10.1016/B978-0-12-384905-2.00010-8.

JEZEER, R.E.; VERWEIJ, P.A.; BOOT, R.G.A.; JUNGINGER, M.; SANTOS, M.J. Influence of livelihood assets, experienced shocks and perceived risks on smallholder coffee farming practices in Peru. **Journal of Environmental Management**, v.242, p.496–506, 2019. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.04.101.

KNOLHOFF, L.M.; HECKEL, D.G. Behavioral Assays for Studies of Host Plant Choice and Adaptation in Herbivorous Insects. **Annual Review of Entomology**, v.59, p.263–278, 2014. DOI: 10.1146/annurev-ento-011613-161945.

KUMAR, A.; SINGH, U.M.; MANOHAR, M.; GAUR, V.S. Calcium transport from source to sink: understanding the mechanism(s) of acquisition, translocation, and accumulation for crop biofortification. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.37, p.1722, 2015. DOI: 10.1007/s11738-014-1722-6.

KUMAR, B. Chapter 2 - Biocontrol of Insect Pests. Em: OMKAR (Ed.). **Ecofriendly Pest Management for Food Security**. San Diego: Academic Press, 2016. p.25–61. DOI: 10.1016/B978-0-12-803265-7.00002-6.

LOPES, P.R.; FERRAZ, J.M.G.; THEODORO, V.C.; LOPES, I.M. Evolução da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) e da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em agroecossistemas cafeeiros convencional, organo-mineral e orgânico. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.7, 2012.

MACOSKI, N.; GABARDO, G.; CLOCK, D.C.; AVILA, G.M. DE A.; CHORNOBAY, A.K. Application of Calcium and Sulfur in the Severity of *Puccinia coronata* f. sp. avenae. v.8, 2021.

MAJEROWICZ, N.; SÖNDAHL, M.R. Induction and differentiation of reproductive buds in *Coffea arabica* L. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.17, p.247–254, 2005. DOI: 10.1590/S1677-04202005000200008.

MALAVOLTA, E.; LEÃO, H.C. DE; OLIVEIRA, S.C. DE; LAVRES JUNIOR, J.; MORAES, M.F. DE; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, M. Repartição de nutrientes nas flores, folhas e ramos da laranjeira cultivar Natal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, p.506–511, 2006. DOI: 10.1590/S0100-29452006000300036.

MALAVOLTA E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 631 p., 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3<sup>a</sup>ed. New York: Academic Press, 2012. 651p.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ-VENEGAS, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5<sup>a</sup> aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 289-302, 1999.

MENDONÇA, S.M. DE; MARTINEZ, H.E.P.; NEVES, J.C. DE L.; GUIMARÃES, P.T.G.; PEDROSA, A.W. Coffee tree (*Coffea arabica* L.) response to limestone in soil with high aluminum saturation. 2007.

NDUWUMUREMYI, A. Soil Acidification and Lime Quality: Sources of Soil Acidity, Effects on Plant Nutrients, Efficiency of Lime and Liming Requirements. 2013.

OLEGO, M.A.; VISCONTI, F.; QUIROGA, M.J.; PAZ, J.M. DE; GARZÓN-JIMENO, E. Assessing the effects of soil liming with dolomitic limestone and sugar foam on soil acidity, leaf nutrient contents, grape yield and must quality in a Mediterranean vineyard. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v.14, p.e1102–e1102, 2016. DOI: 10.5424/sjar/2016142-8406.

PAIVA, E.; LIMA, M.; PAIXAO, J. Pectina: Propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, v.10, 2009.

PEREIRA, R.B.; LUCAS, G.C.; PERINA, F.J. Potential of essential oils for the control of brown eye spot in coffee plants. **Ciênc. agrotec.**, v.35, p.9, 2011a.

PEREIRA, S.P.; BARTHOLO, G.F.; BALIZA, D.P.; SOBREIRA, F.M.; GUIMARÃES, R.J. Crescimento, produtividade e bienalidade do cafeeiro em função do espaçamento de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.152–160, 2011b. DOI: 10.1590/S0100-204X2011000200006.

PETEK, M.R.; SERA, T.; FONSECA, I.C. DE B. Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de *Coffea arabica*. **Bragantia**, v.68, p.169–181, 2009. DOI: 10.1590/S0006-87052009000100018.

POZZA, A.A.A.; PRIETO MARTINEZ, H.E.; CAIXETA, S.L.; CARDOSO, A.A.; ZAMBOLIM, L.; POZZA, E.A. Influência da nutrição mineral na intensidade da mancha-de-olho-pardo

em mudas de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.53–60, 2001. DOI: 10.1590/S0100-204X2001000100007.

POZZA, E.A.; POZZA, A.A.A.; BOTELHO, D.M. DOS S. Silicon in plant disease control. **Revista Ceres**, v.62, p.323–331, 2015. DOI: 10.1590/0034-737X201562030013.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2000. 111p.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. V. Determinação do pH em cloreto de cálcio e de acidez total. In: RAIJ, B.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. Cap. 10, p. 181 – 188.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. 2016. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 18 ago. 2022.

RAIJ, B. **Gesso na agricultura**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2008, 233p.

RAMÍREZ-BUILES, V.H.; KÜSTERS, J.; SOUZA, T.R. DE; SIMMES, C. Calcium Nutrition in Coffee and Its Influence on Growth, Stress Tolerance, Cations Uptake, and Productivity. **Frontiers in Agronomy**, v.2, 2020.

RAMPIM, L.; LANA, M. DO C.; FRANDOLOSO, J.F.; FONTANIVA, S. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1687–1698, 2011. DOI: 10.1590/S0100-06832011000500023.

RODRIGUES, M.; SILVEIRA, C.A.P.; VAHL, L.C. Efeito da aplicação de calcário e subproduto da exploração de calcário sobre o ph, ca e mg do solo e na produção de massa seca do milho. p.7, 2017.

RONCHI, C.P.; SOUSA JÚNIOR, J.M. DE; AMEIDA, W.L. DE; SOUZA, D.S.; SILVA, N.O.; OLIVEIRA, L.B. DE; GUERRA, A.M.N. DE M.; FERREIRA, P.A. Morfologia radicular de cultivares de café arábica submetidas a diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p.187–195, 2015. DOI: 10.1590/S0100-204X2015000300001.

SALAZAR, M.R.; CHAVES C., B.; RIAÑO H., N.M.; ARCILA P., J. Crecimiento del fruto de café Coffea arabica var. Colombia. 1994.

SILVA, F. C. da (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

SILVA, L.M.; ALQUINI, Y.; CAVALLET, V.J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botanica Brasilica**, 2005.

SILVA, M.G. DA; POZZA, E.A.; CHAVES, E.; NETO, H.S.; VASCO, G.B.; PAULA, P.V.A.A. DE; DORNELAS, G.A.; ALVES, M. DE C.; SILVA, M. DE L.O. E.; POZZA, A.A.A. Spatio-temporal aspects of brown eye spot and nutrients in irrigated coffee. **European Journal of Plant Pathology**, v.153, p.931–946, 2019. DOI: 10.1007/s10658-018-01611-z.

SILVA, M.G.; POZZA, E.A.; VASCO, G.B.; FREITAS, A.S.; CHAVES, E.; PAULA, P.V.A.A.; DORNELAS, G.A.; ALVES, M.C.; SILVA, M.L.O.; POZZA, A.A.A. Geostatistical

analysis of coffee leaf rust in irrigated crops and its relation to plant nutrition and soil fertility. **Phytoparasitica**, v.47, p.117–134, 2019. DOI: 10.1007/s12600-019-00714-5.

SMITH, D.H.; PAUER, G.D.C.; SHOKES, F. M. Pontos de folha de cercosporidium e cercospora de amendoim. Em H. S. Chaube, U. S. Singh, A. N. Mukhopadhyay, & J. Kumar (Eds.), **Plant Diseases of International Importance**, 2, 285-304, 1992.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, Cap. 5 p. 205-274, 2007.

SOUZA, A.G.C.; MAFFIA, L.A.; MIZUBUTI, E.S.G. Cultural and Aggressiveness Variability of *Cercospora coffeicola*. **Journal of Phytopathology**, v.160, p.540–546, 2012. DOI: 10.1111/j.1439-0434.2012.01947.x.

SOUZA, A.G.C.; RODRIGUES, F.Á.; MAFFIA, L.A.; MIZUBUTI, E.S.G. Infection Process of *Cercospora coffeicola* on Coffee Leaf. **Journal of Phytopathology**, v.159, p.6–11, 2011. DOI: 10.1111/j.1439-0434.2010.01710.x.

STAEEL, S.; WURZINGER, B.; MAIR, A.; MEHLMER, N.; VOTHKNECHT, U.C.; TEIGE, M. Plant organellar calcium signalling: an emerging field. **Journal of Experimental Botany**, v.63, p.1525–1542, 2012. DOI: 10.1093/jxb/err394.

TAIZ, L., & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Artmed, Porto Alegre, Brasil. 2013.

TAKALA, B. Ameliorative Effects of Coffee Husk Compost and Lime Amendment on Acidic Soil of Haru, Western Ethiopia. **Journal of Soil and Water Science**, v.4, 2020. DOI: 10.36959/624/439.

TESHALE, E.; KUFA, T.; REGASSA, A. Effects of Lime on Phosphorus Availability and Nutrient Uptake of Hybrid Coffee (*Coffea arabica* L.) Seedlings Under Acidic Nursery Soil. **Agriculture, Forestry and Fisheries**, v.10, p.21, 2021. DOI: 10.11648/j.aff.20211001.14.

VICTOR, P.; PAULA, A.; POZZA, E.; ALVES, E.; MOREIRA, S.; CESAR, J.; PAULA, A.; SANTOS, L. Infection process of *Cercospora coffeicola* in immature coffee fruits. **Coffee Science**, v.14, p.127, 2019.

VILELA, M.S.; RESENDE, L.S.; POZZA, E.A.; NETTO, P.M.; CASSIA ROTELI, K. DE; GUIMARÃES, R.J. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization on the incidence of brown eye spot in coffee crop in vegetative stage. **Tropical Plant Pathology**, 2022. DOI: 10.1007/s40858-022-00523-y.

WILLATS, W.G.T.; MCCARTNEY, L.; MACKIE, W.; KNOX, J.P. Pectin: cell biology and prospects for functional analysis. **Plant Molecular Biology**, v.47, p.9–27, 2001. DOI: 10.1023/A:1010662911148.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J.A. Resistência a doenças induzida pela nutrição mineral de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 1, p. 275-318, 2016.