

ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA NA CULTURA DO CAFÉ

NITROGEN AND PHOSPHATE FERTILIZATION IN COFFEE CULTIVATION

FERTILIZACIÓN CON NITRÓGENO Y FOSFATO EM EL CULTIVO DEL CAFÉ

Maria Eduarda Soares¹

RESUMO: A cafeicultura é uma atividade de grande importância econômica para o Brasil, sendo a nutrição mineral um fator essencial para a produtividade da cultura. Entre os nutrientes mais importantes para o cafeeiro, destacam-se o nitrogênio e o fósforo, responsáveis pelo crescimento, desenvolvimento e formação dos grãos. Este trabalho teve como objetivo analisar os efeitos da adubação nitrogenada e fosfatada na cultura do café por meio de uma revisão bibliográfica qualitativa. Foram analisados estudos relacionados à fertilidade do solo, manejo nutricional e produtividade do cafeeiro. Os resultados indicam que o fornecimento adequado desses nutrientes favorece o desenvolvimento das plantas, aumenta a produtividade e contribui para a qualidade dos grãos. Além disso, práticas de adubação bem planejadas promovem maior eficiência produtiva e sustentabilidade na cafeicultura.

Palavras-chave: Cafeicultura, adubação nitrogenada, adubação fosfatada, produtividade.

ABSTRACT: Coffee farming is an activity of great economic importance to Brazil, with mineral nutrition being an essential factor for crop productivity. Among the most important nutrients for coffee plants are nitrogen and phosphorus, responsible for growth, development, and bean formation. This study aimed to analyze the effects of nitrogen and phosphate fertilization on coffee cultivation through a qualitative literature review. Studies related to soil fertility, nutritional management, and coffee plant productivity were analyzed. The results indicate that the adequate supply of these nutrients favors plant development, increases productivity, and contributes to bean quality. Furthermore, well-planned fertilization practices promote greater productive efficiency and sustainability in coffee farming.

Keywords: Coffee cultivation, nitrogen fertilization, phosphate fertilization, productivity.

RESUMEN: El cultivo de café es una actividad de gran importancia económica para Brasil, donde la nutrición mineral es un factor esencial para la productividad del cultivo. Entre los nutrientes más importantes para las plantas de café se encuentran el nitrógeno y el fósforo, responsables del crecimiento, el desarrollo y la formación del grano. Este estudio tuvo como objetivo analizar los efectos de la fertilización con nitrógeno y fósforo en el cultivo de café mediante una revisión cualitativa de la literatura. Se analizaron estudios relacionados con la fertilidad del suelo, el manejo nutricional y la productividad de la planta de café. Los resultados indican que el suministro adecuado de estos nutrientes favorece el desarrollo de la planta, aumenta la productividad y contribuye a la calidad del grano. Además, las prácticas de fertilización bien planificadas promueven una mayor eficiencia productiva y sostenibilidad en el cultivo de café.

Palabras clave: Cultivo de café, fertilización nitrogenada, fertilización fosfórica, productividad.

¹ Engenheira Agrônoma e Professora - Faculdade Cristo Rei / FACCRI.

I INTRODUÇÃO

A cafeicultura brasileira ocupa posição de destaque no cenário agrícola nacional e internacional, constituindo-se como uma atividade de grande relevância econômica, social e produtiva. O Brasil figura entre os principais produtores e exportadores mundiais de café, sendo essa cultura responsável pela geração de renda, empregos e dinamização de diversas regiões produtoras. Nesse contexto, a busca por maior produtividade, qualidade dos grãos e sustentabilidade dos sistemas de cultivo exige o aprimoramento constante das práticas de manejo, especialmente no que se refere à fertilidade do solo e à nutrição mineral do cafeeiro.

Entre os nutrientes essenciais ao desenvolvimento da cultura, destacam-se o nitrogênio e o fósforo, por exercerem funções diretamente relacionadas ao crescimento vegetativo, à formação do sistema radicular, à floração, à frutificação e ao enchimento dos grãos. O nitrogênio contribui para a formação de folhas, ramos e estruturas vegetativas, sendo indispensável para o vigor das plantas e para sua capacidade produtiva. O fósforo, por sua vez, atua no desenvolvimento das raízes, nos processos energéticos da planta e na formação de flores e frutos. Assim, o fornecimento adequado desses nutrientes torna-se fundamental para o equilíbrio fisiológico do cafeeiro e para a obtenção de lavouras mais produtivas e eficientes.

Historicamente, a adubação do café passou por um processo de transformação, deixando de se apoiar em práticas empíricas e passando a fundamentar-se em estudos técnicos e científicos. Essa evolução permitiu compreender que a simples aplicação de fertilizantes não garante, por si só, bons resultados produtivos, sendo necessário considerar fatores como fonte utilizada, dose aplicada, época de aplicação, interação entre nutrientes, características do solo e condições edafoclimáticas da região. Estudos como os de Chagas *et al.* (2019) indicam que diferentes fontes de nitrogênio podem apresentar eficiências distintas, sobretudo em razão de perdas por volatilização e lixiviação, enquanto pesquisas sobre a interação entre nitrogênio e fósforo demonstram que o equilíbrio entre esses nutrientes pode favorecer tanto o desenvolvimento da planta quanto a produtividade e a qualidade final dos grãos.

Apesar dos avanços nas pesquisas sobre nutrição mineral do cafeeiro, ainda persistem lacunas relacionadas às doses ideais de nitrogênio e fósforo, à eficiência de suas combinações e aos efeitos desses nutrientes em diferentes condições de cultivo. A resposta da cultura pode variar significativamente conforme o tipo de solo, o clima, o sistema de produção e o manejo adotado pelo produtor. Dessa forma, torna-se necessário investigar de maneira mais sistemática de que forma a adubação nitrogenada e fosfatada interfere no crescimento, na produtividade e

na qualidade do café. Diante disso, este estudo parte do seguinte problema de pesquisa: qual é o impacto da adubação nitrogenada e fosfatada na produtividade e na qualidade da cultura do café?

A pesquisa justifica-se pela necessidade de compreender, de forma mais aprofundada, os efeitos do manejo nutricional sobre o desempenho agrônomo do cafeeiro. Embora existam recomendações técnicas para a adubação da cultura, a diversidade de condições edafoclimáticas brasileiras exige estudos que permitam ajustar as práticas de manejo às realidades específicas de cada região produtora. Além disso, o uso inadequado de fertilizantes pode gerar prejuízos econômicos e ambientais, como aumento dos custos de produção, baixa eficiência no aproveitamento dos nutrientes, lixiviação de nitratos, fixação inadequada de fósforo no solo e degradação ambiental. Nesse sentido, investigar a adubação nitrogenada e fosfatada é relevante não apenas para ampliar o conhecimento científico sobre a cultura do café, mas também para subsidiar recomendações práticas aos cafeicultores.

O presente artigo tem como objetivo geral avaliar os efeitos da adubação nitrogenada e fosfatada sobre o desenvolvimento, a produtividade e a qualidade da cultura do café, identificando práticas de manejo nutricional mais eficientes e sustentáveis. Em termos específicos, busca-se caracterizar as condições de solo e clima da área experimental; descrever o desenvolvimento vegetativo das plantas sob diferentes doses e combinações de nitrogênio e fósforo; analisar a qualidade dos grãos resultantes dos diferentes tratamentos; comparar a eficiência técnica e econômica das adubações utilizadas; e propor recomendações práticas de manejo que considerem os ganhos produtivos, os impactos ambientais e a sustentabilidade do sistema de cultivo. Para sustentar essas discussões, o referencial teórico ancora-se em estudos sobre nutrição mineral de plantas, fertilidade do solo e manejo da adubação na cultura do café, com destaque para Malavolta (2006), Raij et al. (1997), Chagas et al. (2019) e dados da CONAB (2024).

Do ponto de vista metodológico, a pesquisa caracteriza-se como um estudo qualitativo, voltado à análise dos efeitos da adubação nitrogenada e fosfatada sobre a cultura do café. Por fim, o artigo está estruturado em seções interligadas: após esta introdução, apresenta-se a fundamentação teórica sobre a cafeicultura e o manejo nutricional; em seguida, discutem-se os procedimentos metodológicos adotados; posteriormente, são apresentados e analisados os resultados obtidos; e, ao final, são desenvolvidas as considerações finais, sintetizando as contribuições da pesquisa para o manejo sustentável da adubação na cafeicultura.

2 FERTILIDADE DO SOLO E EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DO CAFEEIRO

Nesta seção, serão abordados os principais aspectos relacionados à fertilidade do solo e à nutrição do cafeeiro, com destaque para a importância do nitrogênio e do fósforo no desenvolvimento da planta. Inicialmente, é necessário compreender que o solo tem papel fundamental na produção do café, pois é dele que a planta retira água e nutrientes necessários para crescer, formar folhas, raízes, flores e frutos. Quando o solo apresenta problemas, como acidez elevada, baixa fertilidade, pouca matéria orgânica ou desequilíbrio entre nutrientes, o desenvolvimento do cafeeiro pode ser prejudicado, refletindo diretamente na produtividade e na qualidade dos grãos.

Por isso, práticas como análise de solo, correção da acidez e adubação adequada são importantes para orientar o manejo da lavoura. Nesse sentido, Núñez et al. (2011) e Veiga et al. (2018) destacam que muitos produtores ainda possuem pouco conhecimento sobre a fertilidade dos solos agrícolas, o que pode dificultar a adoção de práticas corretas de manejo e limitar o potencial produtivo da cultura.

2.1 A cafeicultura brasileira e sua importância econômica

A cafeicultura brasileira possui grande relevância para a economia nacional, sendo uma das atividades agrícolas mais importantes da história do país e mantendo destaque significativo na atualidade. O café representa não apenas um produto agrícola de ampla comercialização internacional, mas também um elemento fundamental para a formação econômica, política, social e cultural do Brasil. Desde o período imperial até os dias atuais, a produção cafeeira exerceu influência direta no desenvolvimento de diversas regiões brasileiras, contribuindo para a expansão econômica, geração de empregos e fortalecimento do agronegócio nacional.

O cultivo do café foi introduzido no Brasil no século XVIII, porém sua expansão ocorreu principalmente no século XIX, quando o produto passou a ocupar posição central na economia brasileira. Inicialmente cultivado na região Norte, o café encontrou condições climáticas favoráveis nas regiões Sudeste, especialmente nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, tornando-se rapidamente o principal produto de exportação do país. Segundo Furtado (2007), o ciclo cafeeiro foi responsável pela reorganização econômica brasileira, promovendo o crescimento das exportações e permitindo a acumulação de capital necessário para o início do processo de industrialização.

Durante o período do chamado “Ciclo do Café”, o Brasil tornou-se o maior produtor mundial da commodity, posição que permanece até os dias atuais. A riqueza gerada pela atividade cafeeira contribuiu para importantes transformações estruturais no país, como a construção de ferrovias, modernização dos portos, expansão urbana e desenvolvimento de centros comerciais. Além disso, o café foi responsável pelo fortalecimento político e econômico das elites agrárias, principalmente em São Paulo e Minas Gerais, fenômeno conhecido historicamente como “política do café com leite”.

Outro aspecto importante relacionado à cafeicultura refere-se à utilização da mão de obra ao longo da história. Inicialmente, o cultivo do café utilizava trabalho escravo em larga escala, especialmente nas grandes fazendas do Sudeste brasileiro. Após a abolição da escravidão, em 1888, houve a intensificação da imigração europeia para suprir a necessidade de mão de obra nas lavouras cafeeiras. Imigrantes italianos, espanhóis e japoneses passaram a atuar principalmente nas fazendas paulistas, contribuindo significativamente para o desenvolvimento econômico e social das regiões produtoras.

Na contemporaneidade, a cafeicultura continua desempenhando papel estratégico para a economia brasileira. O Brasil permanece como maior produtor e exportador mundial de café, destacando-se tanto na produção do café arábica quanto do café conilon. De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2024), a produção brasileira apresenta elevados índices de produtividade, resultado dos investimentos em tecnologia, pesquisa agrícola e modernização das técnicas de cultivo.

A cadeia produtiva do café possui grande importância para o agronegócio nacional, abrangendo diversas etapas econômicas, desde o plantio até a exportação do produto final. Essa cadeia envolve atividades relacionadas à produção agrícola, transporte, armazenamento, industrialização, comercialização e exportação, movimentando bilhões de reais anualmente. Além disso, o setor gera milhares de empregos diretos e indiretos, contribuindo para a manutenção econômica de inúmeros municípios brasileiros que dependem da atividade cafeeira.

Outro fator relevante refere-se à participação do café na balança comercial brasileira. O produto representa importante fonte de geração de divisas para o país, sendo exportado para diversos mercados internacionais, como Estados Unidos, Alemanha, Itália e Japão. Conforme informações da Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC, 2024), o crescimento da demanda mundial por cafés especiais tem impulsionado o desenvolvimento de novos métodos de produção, focados na qualidade, sustentabilidade e agregação de valor ao produto brasileiro.

Nesse contexto, destaca-se também o crescimento do mercado de cafés especiais no Brasil. Consumidores nacionais e internacionais têm demonstrado maior interesse por produtos de qualidade superior, produzidos com técnicas sustentáveis e rastreabilidade. Essa valorização do café especial contribui para o aumento da renda dos produtores e incentiva práticas agrícolas mais modernas e ambientalmente responsáveis.

A agricultura familiar exerce papel fundamental dentro da cafeicultura brasileira. Grande parte das propriedades produtoras de café pertence a pequenos e médios produtores rurais, responsáveis por significativa parcela da produção nacional. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), milhares de famílias dependem economicamente da atividade cafeeira, especialmente nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e Bahia. Dessa forma, a cafeicultura contribui diretamente para a geração de renda no meio rural e para a permanência das famílias no campo.

Além dos impactos econômicos, a produção cafeeira possui relevância social e cultural. O café está presente nos hábitos cotidianos da população brasileira, sendo uma das bebidas mais consumidas no país. A cultura do café também influencia tradições regionais, práticas sociais e manifestações culturais relacionadas ao meio rural brasileiro. Em muitas cidades do interior, a economia local está diretamente vinculada à produção e comercialização do café, demonstrando a importância da atividade para o desenvolvimento regional.

6

Entretanto, apesar da relevância econômica do setor, a cafeicultura enfrenta diversos desafios. Entre os principais problemas destacam-se as mudanças climáticas, períodos de seca, ocorrência de geadas, aumento dos custos de produção e oscilações nos preços internacionais da commodity. Esses fatores podem comprometer a produtividade das lavouras e afetar diretamente a renda dos produtores rurais. Além disso, existe crescente preocupação com a adoção de práticas sustentáveis, visando reduzir impactos ambientais relacionados ao uso inadequado do solo, recursos hídricos e defensivos agrícolas.

Diante desse cenário, observa-se que a modernização da cafeicultura tornou-se essencial para garantir a competitividade do Brasil no mercado internacional. O investimento em pesquisa científica, mecanização agrícola, irrigação, melhoramento genético e sustentabilidade ambiental representa importante estratégia para o fortalecimento do setor cafeeiro. Instituições de pesquisa, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), desempenham papel fundamental no desenvolvimento de tecnologias voltadas ao aumento da produtividade e qualidade do café brasileiro.

Portanto, a cafeicultura brasileira apresenta importância histórica, econômica, social e cultural para o país. Desde sua consolidação no século XIX até os dias atuais, o café permanece como um dos principais produtos agrícolas nacionais, contribuindo significativamente para o desenvolvimento econômico e para a inserção do Brasil no comércio internacional. Além disso, a atividade cafeeira continua sendo fonte de renda e emprego para milhares de famílias brasileiras, reafirmando sua relevância estratégica para o agronegócio nacional.

2.2 Fertilidade do solo e exigências nutricionais do cafeeiro

A fertilidade do solo é considerada um dos principais fatores responsáveis pelo desenvolvimento e produtividade do cafeeiro, influenciando diretamente o crescimento das plantas, a formação dos frutos e a qualidade final do café produzido. O cafeeiro é uma cultura perene e altamente exigente em nutrientes, necessitando de condições adequadas de solo para expressar seu potencial produtivo. Dessa forma, o manejo correto da fertilidade do solo torna-se essencial para garantir sustentabilidade econômica e eficiência produtiva na cafeicultura brasileira.

Segundo Malavolta (2006), a fertilidade do solo corresponde à capacidade que o solo possui de fornecer nutrientes essenciais às plantas em quantidades adequadas e equilibradas. No caso da cultura do café, essa disponibilidade nutricional é fundamental durante todas as fases de desenvolvimento da planta, desde o crescimento vegetativo até a formação e maturação dos frutos. Solos pobres em nutrientes ou com desequilíbrios químicos podem comprometer o desenvolvimento radicular, reduzir a absorção de água e nutrientes e afetar negativamente a produtividade da lavoura.

Grande parte dos solos brasileiros utilizados para a cafeicultura apresenta características típicas de regiões tropicais, como elevada acidez e baixos níveis naturais de nutrientes. Conforme Raij et al. (1997), essas condições tornam indispensável a adoção de práticas corretivas e de manejo nutricional adequadas para garantir maior eficiência produtiva. A elevada acidez dos solos favorece a presença de alumínio tóxico, prejudicando o crescimento das raízes e limitando a absorção de nutrientes essenciais pelas plantas.

Nesse contexto, a calagem constitui prática fundamental para a correção da acidez do solo. A aplicação de calcário promove a elevação do pH, reduz a toxicidade do alumínio e aumenta a disponibilidade de nutrientes como cálcio e magnésio. Além disso, melhora as condições químicas do solo, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular do cafeeiro.

Segundo Ribeiro, Guimarães e Alvarez V. (1999), a correção adequada da acidez representa uma das principais estratégias para o aumento da produtividade das lavouras cafeeiras.

Além da correção do solo, a adubação é essencial para suprir as exigências nutricionais do cafeeiro. Os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas são classificados em macronutrientes e micronutrientes. Entre os macronutrientes mais importantes destacam-se o nitrogênio, fósforo e potássio, conhecidos como nutrientes primários devido à elevada demanda pela cultura.

O nitrogênio exerce importante função no crescimento vegetativo das plantas, participando da formação de proteínas, aminoácidos e clorofila. Sua deficiência provoca sintomas como amarelecimento das folhas, crescimento reduzido e queda de produtividade. Segundo Matiello et al. (2015), o nitrogênio é um dos nutrientes mais exigidos pelo cafeeiro, principalmente durante períodos de intenso crescimento e formação dos frutos.

O fósforo possui papel fundamental no desenvolvimento das raízes e nos processos energéticos da planta. Esse nutriente contribui para a formação floral, enchimento dos grãos e desenvolvimento inicial das mudas. Entretanto, em solos tropicais, o fósforo frequentemente apresenta baixa disponibilidade devido à fixação pelos minerais do solo, tornando necessária a aplicação de fertilizantes fosfatados.

O potássio, por sua vez, está diretamente relacionado à qualidade dos frutos, resistência das plantas e regulação hídrica. Esse nutriente participa da ativação de enzimas e do transporte de açúcares dentro da planta, contribuindo para maior enchimento dos grãos e tolerância ao déficit hídrico. Conforme Guimarães et al. (1999), o potássio é um dos nutrientes mais exportados pelos frutos do cafeeiro, exigindo reposição constante por meio da adubação.

Além dos macronutrientes, o cafeeiro também necessita de nutrientes secundários, como cálcio, magnésio e enxofre, além de micronutrientes como zinco, boro, cobre e manganês. Embora exigidos em menores quantidades, esses nutrientes desempenham funções importantes no metabolismo vegetal. A deficiência de micronutrientes pode comprometer o crescimento das plantas, reduzir a formação dos frutos e afetar a produtividade da cultura.

A análise de solo constitui importante ferramenta para o manejo adequado da fertilidade em áreas cafeeiras. Por meio dessa prática, é possível identificar as necessidades de correção e adubação da lavoura, permitindo maior eficiência no uso de fertilizantes e redução de custos de produção. Segundo Malavolta (2006), o manejo nutricional baseado em análises laboratoriais contribui para maior equilíbrio nutricional das plantas e sustentabilidade da atividade agrícola.

Outro aspecto relevante refere-se ao uso da matéria orgânica no manejo do solo. A utilização de resíduos vegetais, esterco animal e adubação verde melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, favorecendo a retenção de água e disponibilização gradual de nutrientes. Além disso, práticas conservacionistas auxiliam na redução da erosão e na manutenção da qualidade do solo ao longo do tempo.

Dessa forma, a fertilidade do solo e o manejo nutricional adequado são fatores fundamentais para o sucesso da cafeicultura brasileira. O fornecimento equilibrado de nutrientes contribui diretamente para o aumento da produtividade, qualidade dos grãos e sustentabilidade das lavouras. Assim, práticas como calagem, adubação equilibrada e análise de solo tornam-se indispensáveis para garantir maior eficiência produtiva e competitividade da cafeicultura no cenário nacional e internacional.

2.3 Nitrogênio: funções, manejo e efeitos na produtividade do café

O nitrogênio é considerado um dos nutrientes mais importantes para o desenvolvimento do cafeeiro, exercendo influência direta sobre o crescimento vegetativo, formação dos frutos e produtividade das lavouras. Por apresentar elevada exigência nutricional, a cultura do café necessita de adequado manejo da adubação nitrogenada para garantir bom desempenho produtivo e qualidade dos grãos. Dessa forma, o nitrogênio destaca-se como elemento essencial dentro dos programas de manejo nutricional da cafeicultura brasileira.

Segundo Malavolta (2006), o nitrogênio participa da constituição de compostos fundamentais ao metabolismo vegetal, como proteínas, aminoácidos, enzimas, ácidos nucleicos e clorofila. Em razão disso, esse nutriente possui papel diretamente relacionado aos processos fisiológicos das plantas, especialmente à fotossíntese e ao crescimento vegetativo. No cafeeiro, o nitrogênio favorece a emissão de ramos produtivos, expansão foliar e desenvolvimento adequado da planta, contribuindo para maior capacidade produtiva da lavoura.

O cafeeiro apresenta elevada demanda de nitrogênio durante diferentes fases de desenvolvimento, principalmente nos períodos de crescimento vegetativo e enchimento dos frutos. Conforme Matiello et al. (2015), a absorção de nitrogênio pelo cafeeiro ocorre de forma intensa durante o ciclo produtivo, sendo necessária reposição constante desse nutriente no solo por meio da adubação. A deficiência nitrogenada compromete diretamente o vigor das plantas, reduzindo o crescimento dos ramos, o tamanho das folhas e a produtividade dos cafeeiros.

Os principais sintomas da deficiência de nitrogênio no cafeeiro incluem amarelecimento das folhas mais velhas, redução do crescimento vegetativo e queda prematura das folhas. Além disso, plantas deficientes apresentam menor formação de ramos produtivos e frutos de menor tamanho, afetando negativamente a produtividade e a qualidade da bebida. Segundo Guimarães et al. (1999), a deficiência de nitrogênio constitui um dos fatores nutricionais que mais limitam a produção cafeeira em solos tropicais brasileiros.

Por outro lado, o excesso de nitrogênio também pode causar prejuízos à cultura. Aplicações excessivas favorecem crescimento vegetativo exagerado, tornando as plantas mais suscetíveis ao ataque de pragas e doenças. Além disso, o excesso de nitrogênio pode comprometer o equilíbrio nutricional da planta e reduzir a qualidade dos grãos. Dessa forma, o manejo adequado da adubação nitrogenada deve considerar as necessidades nutricionais da cultura, as características do solo e a expectativa de produtividade da lavoura.

As principais fontes de nitrogênio utilizadas na cafeicultura incluem ureia, sulfato de amônio e nitrato de amônio. Cada fertilizante apresenta características específicas relacionadas à disponibilidade do nutriente, perdas por volatilização e custos de aplicação. A ureia, por exemplo, é amplamente utilizada devido ao menor custo e elevado teor de nitrogênio, porém apresenta maiores riscos de perdas quando aplicada inadequadamente. Segundo Raij et al. (1997), a eficiência da adubação nitrogenada depende não apenas da fonte utilizada, mas também da forma e do momento de aplicação.

10

O parcelamento da adubação nitrogenada representa importante estratégia para aumentar a eficiência do aproveitamento do nutriente pelas plantas. Como o nitrogênio apresenta elevada mobilidade no solo, aplicações únicas podem favorecer perdas por lixiviação, principalmente em períodos chuvosos. Assim, recomenda-se dividir a aplicação em diferentes épocas ao longo do ciclo da cultura, acompanhando os períodos de maior demanda nutricional do cafeeiro.

Outro aspecto relevante refere-se à influência das condições climáticas sobre o aproveitamento do nitrogênio pelas plantas. Temperaturas elevadas e chuvas intensas podem aumentar as perdas do nutriente no solo, reduzindo sua eficiência. Além disso, períodos prolongados de seca comprometem a absorção de nutrientes pelas raízes, afetando o desenvolvimento das plantas e a produtividade das lavouras cafeeiras.

A análise de solo e a análise foliar constituem ferramentas importantes para o manejo racional da adubação nitrogenada. Por meio dessas técnicas, é possível identificar o estado

nutricional das plantas e ajustar as doses de fertilizantes de acordo com as necessidades da lavoura. Segundo Malavolta (2006), o manejo nutricional baseado em análises laboratoriais contribui para maior eficiência produtiva, redução de custos e menor impacto ambiental.

Nos últimos anos, práticas sustentáveis relacionadas ao uso do nitrogênio têm ganhado destaque na cafeicultura. O uso excessivo de fertilizantes nitrogenados pode provocar impactos ambientais, como contaminação de águas subterrâneas e emissão de gases de efeito estufa. Dessa forma, pesquisadores e produtores têm buscado alternativas que promovam maior eficiência no uso do nutriente, incluindo o uso de fertilizantes de liberação controlada, biofertilizantes e manejo integrado da fertilidade do solo.

Além disso, a utilização de matéria orgânica e adubação verde contribui para o fornecimento gradual de nitrogênio ao solo, melhorando as condições físicas e biológicas do ambiente agrícola. Essas práticas favorecem a sustentabilidade da produção cafeeira e auxiliam na conservação da fertilidade do solo ao longo do tempo.

Portanto, o nitrogênio desempenha papel fundamental no desenvolvimento e produtividade do cafeeiro, sendo indispensável para o crescimento vegetativo, formação dos frutos e qualidade da produção. O manejo adequado da adubação nitrogenada, associado ao uso racional de fertilizantes e práticas sustentáveis, representa importante estratégia para garantir maior eficiência produtiva e sustentabilidade da cafeicultura brasileira.

2.4 Fósforo: disponibilidade no solo e importância para o desenvolvimento do cafeeiro

O fósforo é um dos nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento do cafeeiro, desempenhando funções fundamentais nos processos fisiológicos e metabólicos das plantas. Na cafeicultura, a disponibilidade adequada desse nutriente no solo é indispensável para garantir bom desenvolvimento radicular, formação dos frutos e elevada produtividade das lavouras. Entretanto, os solos brasileiros apresentam, em sua maioria, baixos teores naturais de fósforo disponível, tornando necessária a adoção de práticas de manejo e adubação fosfatada para suprir as exigências nutricionais da cultura.

Segundo Malavolta (2006), o fósforo participa diretamente dos processos de transferência de energia dentro das plantas, sendo componente estrutural de moléculas como ATP, DNA e RNA. Dessa forma, esse nutriente está relacionado ao crescimento celular, divisão de tecidos vegetais e desenvolvimento do sistema radicular. No cafeeiro, o fósforo

exerce importante papel principalmente nas fases iniciais de desenvolvimento da planta, favorecendo o estabelecimento das mudas e o crescimento das raízes.

O sistema radicular bem desenvolvido é essencial para o cafeeiro, pois permite maior absorção de água e nutrientes presentes no solo. Conforme Matiello et al. (2015), a adequada disponibilidade de fósforo favorece o crescimento das raízes, aumentando a resistência das plantas a períodos de déficit hídrico e contribuindo para maior eficiência nutricional. Além disso, o fósforo participa da formação floral e do enchimento dos frutos, influenciando diretamente a produtividade e qualidade dos grãos de café.

Apesar da importância do fósforo para a cultura, sua disponibilidade nos solos tropicais brasileiros geralmente é limitada. Isso ocorre porque grande parte dos solos apresenta elevados teores de óxidos de ferro e alumínio, responsáveis pela fixação do fósforo, reduzindo sua disponibilidade para as plantas. Segundo Raij et al. (1997), os solos altamente intemperizados possuem elevada capacidade de adsorção de fósforo, tornando indispensável a aplicação de fertilizantes fosfatados para suprir as necessidades nutricionais das culturas agrícolas.

A deficiência de fósforo no cafeeiro pode provocar diversos prejuízos ao desenvolvimento da planta. Entre os principais sintomas destacam-se crescimento reduzido, atraso no desenvolvimento das raízes, menor emissão de ramos produtivos e redução da produtividade. Além disso, folhas podem apresentar coloração verde-escura ou arroxeada em situações mais severas de deficiência. Segundo Guimarães et al. (1999), plantas deficientes em fósforo apresentam menor capacidade produtiva e menor vigor vegetativo, comprometendo o desempenho da lavoura ao longo do ciclo produtivo.

12

A adubação fosfatada constitui uma das principais práticas de manejo nutricional na cafeicultura. Os fertilizantes fosfatados são aplicados com o objetivo de elevar os níveis de fósforo disponível no solo e garantir adequado desenvolvimento das plantas. Entre as principais fontes utilizadas destacam-se o superfosfato simples, superfosfato triplo e fosfatos naturais. A escolha da fonte depende das características do solo, da disponibilidade econômica e das necessidades da cultura.

O manejo adequado da adubação fosfatada deve considerar fatores como análise de solo, textura, teor de matéria orgânica e capacidade de retenção de fósforo. Segundo Ribeiro, Guimarães e Alvarez V. (1999), a recomendação de fósforo deve ser realizada com base em análises laboratoriais, permitindo maior eficiência na aplicação dos fertilizantes e redução de

desperdícios. Além disso, o fósforo apresenta baixa mobilidade no solo, sendo importante posicionar o fertilizante próximo ao sistema radicular das plantas para favorecer sua absorção.

Outro aspecto relevante refere-se à relação entre fósforo e matéria orgânica do solo. A presença de matéria orgânica contribui para maior disponibilidade do nutriente, reduzindo os processos de fixação e aumentando sua eficiência no solo. Práticas como adubação verde, cobertura vegetal e incorporação de resíduos orgânicos auxiliam na melhoria das condições químicas e biológicas do solo, favorecendo a absorção de fósforo pelas plantas.

Além da importância para o crescimento vegetativo, o fósforo exerce influência direta na produtividade e qualidade dos grãos de café. Plantas adequadamente nutridas apresentam melhor desenvolvimento dos frutos, maior uniformidade de maturação e melhor formação dos grãos. Dessa forma, o manejo correto da adubação fosfatada contribui não apenas para o aumento da produção, mas também para a obtenção de cafés de melhor qualidade comercial.

Nos últimos anos, a sustentabilidade no uso de fertilizantes fosfatados tornou-se tema importante na agricultura. O uso inadequado desses fertilizantes pode provocar impactos ambientais, como contaminação de corpos d'água e desperdício de recursos naturais. Além disso, as reservas mundiais de fósforo são limitadas, tornando necessário o uso racional desse nutriente. Assim, estratégias como manejo integrado da fertilidade do solo, uso de fertilizantes de maior eficiência e aproveitamento de resíduos orgânicos têm sido incentivadas na cafeicultura moderna.

13

Outro fator que influencia a disponibilidade de fósforo é o pH do solo. Solos excessivamente ácidos reduzem a disponibilidade do nutriente devido à maior fixação por ferro e alumínio. Nesse sentido, a calagem desempenha importante função ao melhorar as condições químicas do solo e aumentar a eficiência da adubação fosfatada. Segundo Malavolta (2006), o equilíbrio entre correção da acidez e fornecimento de fósforo é essencial para o adequado desenvolvimento do cafeeiro.

Portanto, o fósforo representa nutriente indispensável para o crescimento, desenvolvimento e produtividade do cafeeiro. Sua participação nos processos energéticos, desenvolvimento radicular e formação dos frutos demonstra a importância do manejo adequado da adubação fosfatada na cafeicultura brasileira. Dessa forma, práticas como análise de solo, correção da acidez e uso racional de fertilizantes tornam-se fundamentais para garantir maior eficiência produtiva, sustentabilidade e qualidade na produção de café.

2.5 Interação entre nitrogênio e fósforo na cultura do café

O manejo nutricional adequado representa um dos principais fatores para o desenvolvimento e produtividade do cafeeiro, sendo o nitrogênio e o fósforo nutrientes essenciais para o crescimento das plantas e formação dos frutos. Na cultura do café, a interação entre esses nutrientes exerce influência direta sobre processos fisiológicos, absorção mineral, crescimento vegetativo e produtividade das lavouras. Dessa forma, o equilíbrio entre nitrogênio e fósforo torna-se fundamental para garantir maior eficiência nutricional e sustentabilidade da cafeicultura.

Segundo Malavolta (2006), a interação entre nutrientes ocorre quando a disponibilidade de um elemento interfere na absorção, transporte ou utilização de outro nutriente pelas plantas. No caso do nitrogênio e fósforo, essa relação é considerada complementar, uma vez que ambos participam de importantes processos metabólicos relacionados ao crescimento e desenvolvimento vegetal. O nitrogênio atua principalmente na formação de proteínas, aminoácidos e clorofila, enquanto o fósforo participa dos processos energéticos, desenvolvimento radicular e transferência de energia dentro das células vegetais.

O nitrogênio é um dos nutrientes mais exigidos pelo cafeeiro, estando diretamente relacionado ao crescimento vegetativo e formação de ramos produtivos. Conforme Matiello et al. (2015), o adequado suprimento nitrogenado favorece o desenvolvimento das folhas e aumenta a capacidade fotossintética das plantas, contribuindo para maior produção de fotoassimilados necessários ao enchimento dos frutos. Entretanto, para que o nitrogênio seja eficientemente utilizado pela planta, é necessário que haja disponibilidade adequada de fósforo no solo.

O fósforo desempenha importante função no desenvolvimento radicular do cafeeiro, favorecendo a absorção de água e nutrientes pelas raízes. Além disso, esse nutriente participa da formação de ATP, molécula responsável pelo armazenamento e transferência de energia nos processos metabólicos das plantas. Segundo Raij et al. (1997), a deficiência de fósforo compromete o crescimento das raízes e reduz a eficiência de aproveitamento do nitrogênio absorvido pela planta.

A interação positiva entre nitrogênio e fósforo contribui para maior desenvolvimento vegetativo, melhor formação floral e aumento da produtividade das lavouras cafeeiras. Plantas adequadamente supridas com ambos os nutrientes apresentam maior vigor, melhor desenvolvimento radicular e maior capacidade produtiva. Além disso, o equilíbrio nutricional

favorece maior resistência das plantas a condições adversas, como períodos de seca e incidência de doenças.

Entretanto, desequilíbrios nutricionais podem comprometer essa interação e reduzir a eficiência produtiva do cafeeiro. O excesso de nitrogênio associado à deficiência de fósforo pode estimular crescimento vegetativo excessivo sem adequado desenvolvimento radicular, tornando as plantas mais suscetíveis a estresses ambientais. Por outro lado, a deficiência de nitrogênio reduz o crescimento das plantas e limita o aproveitamento do fósforo absorvido pelas raízes.

Os solos brasileiros destinados à cafeicultura apresentam, em sua maioria, baixa disponibilidade natural de fósforo e elevada acidez, fatores que dificultam o aproveitamento dos nutrientes pelas plantas. Conforme Ribeiro, Guimarães e Alvarez V. (1999), o manejo adequado da fertilidade do solo é essencial para promover maior eficiência da adubação nitrogenada e fosfatada. Nesse contexto, práticas como análise de solo, calagem e adubação equilibrada tornam-se fundamentais para garantir condições favoráveis ao desenvolvimento do cafeeiro.

A análise de solo representa importante ferramenta para determinar as necessidades nutricionais da cultura e ajustar as doses de fertilizantes. Por meio dessa prática, é possível identificar possíveis limitações químicas do solo e realizar correções adequadas para melhorar a disponibilidade de nitrogênio e fósforo. Segundo Guimarães et al. (1999), o manejo racional da fertilidade contribui para maior eficiência no uso de fertilizantes e redução de custos de produção.

15

Outro aspecto importante refere-se ao parcelamento da adubação nitrogenada. O nitrogênio apresenta elevada mobilidade no solo, sendo suscetível a perdas por lixiviação e volatilização, especialmente em períodos chuvosos. Dessa forma, recomenda-se dividir as aplicações ao longo do ciclo produtivo do cafeeiro, acompanhando as fases de maior demanda nutricional. Já o fósforo, por apresentar baixa mobilidade no solo, necessita ser aplicado de forma localizada próximo ao sistema radicular das plantas para favorecer sua absorção.

Além dos efeitos sobre o crescimento vegetativo e produtividade, a interação entre nitrogênio e fósforo também influencia a qualidade dos grãos de café. Plantas nutricionalmente equilibradas apresentam melhor enchimento dos frutos, maior uniformidade de maturação e melhor qualidade final da bebida. Dessa forma, o manejo adequado desses nutrientes contribui não apenas para o aumento da produção, mas também para a valorização comercial do café produzido.

Nos últimos anos, a sustentabilidade na utilização de fertilizantes tornou-se tema relevante na cafeicultura moderna. O uso inadequado de nitrogênio e fósforo pode provocar impactos ambientais, como contaminação do solo e recursos hídricos. Além disso, perdas excessivas de nutrientes reduzem a eficiência econômica da produção agrícola. Assim, estratégias como manejo integrado da fertilidade, utilização de matéria orgânica e adoção de práticas conservacionistas têm sido amplamente incentivadas na produção cafeeira.

A matéria orgânica exerce importante papel na dinâmica do nitrogênio e fósforo no solo, contribuindo para maior retenção de nutrientes e melhoria das condições físicas e biológicas do ambiente agrícola. Práticas como adubação verde, cobertura vegetal e uso de resíduos orgânicos favorecem a sustentabilidade da produção e auxiliam na manutenção da fertilidade do solo ao longo do tempo.

Portanto, a interação entre nitrogênio e fósforo desempenha papel fundamental no desenvolvimento e produtividade do cafeeiro. O equilíbrio entre esses nutrientes favorece maior crescimento vegetativo, eficiência nutricional, formação dos frutos e qualidade da produção. Dessa forma, o manejo adequado da fertilidade do solo e da adubação representa importante estratégia para garantir sustentabilidade, competitividade e elevada produtividade na cafeicultura brasileira.

2.6 Adubação, qualidade dos grãos e sustentabilidade da produção cafeeira

A adubação é uma das práticas mais importantes para o sucesso da cafeicultura, pois fornece os nutrientes necessários ao crescimento, desenvolvimento e produção do cafeeiro. A disponibilidade adequada de nutrientes no solo influencia diretamente o desempenho fisiológico das plantas, refletindo na produtividade da lavoura e na qualidade final dos grãos. Nesse contexto, o manejo nutricional adequado torna-se essencial para garantir elevados rendimentos produtivos e maior competitividade da atividade cafeeira.

A qualidade dos grãos de café está diretamente relacionada ao equilíbrio nutricional das plantas. Quando o cafeeiro recebe os nutrientes em quantidades adequadas, ocorre melhor desenvolvimento vegetativo, maior eficiência fotossintética e formação adequada dos frutos. Como consequência, os grãos apresentam características superiores quanto ao tamanho, peso, uniformidade e composição química, fatores que influenciam diretamente a qualidade da bebida e o valor comercial do produto. Segundo Malavolta (2006), a nutrição equilibrada contribui para

o pleno desenvolvimento do cafeeiro, favorecendo a expressão do potencial produtivo e qualitativo da cultura.

Entre os nutrientes essenciais para a produção cafeeira, destacam-se o nitrogênio e o fósforo. O nitrogênio participa da formação de proteínas, enzimas e clorofila, sendo indispensável para o crescimento das folhas e ramos. Já o fósforo desempenha papel fundamental no desenvolvimento radicular, na transferência de energia e nos processos relacionados à floração e à frutificação. A deficiência desses nutrientes pode comprometer o crescimento das plantas, reduzir a produtividade e afetar negativamente a qualidade dos grãos produzidos.

Além da quantidade de nutrientes aplicada, a eficiência da adubação depende de fatores como a escolha da fonte fertilizante, a época de aplicação, as características do solo e as condições climáticas da região. A adoção de recomendações baseadas em análises de solo e de tecido vegetal permite maior aproveitamento dos nutrientes pelas plantas, reduzindo desperdícios e aumentando a eficiência do manejo. Dessa forma, a adubação deixa de ser apenas uma prática de reposição de nutrientes e passa a ser uma ferramenta estratégica para a gestão da produtividade e da qualidade da produção.

Nos últimos anos, a sustentabilidade tem assumido papel cada vez mais relevante na cafeicultura. O crescimento da demanda por sistemas produtivos ambientalmente responsáveis tem incentivado a adoção de práticas que conciliem produtividade, rentabilidade e conservação dos recursos naturais. Nesse cenário, o uso racional de fertilizantes é considerado um dos principais desafios para os produtores, uma vez que aplicações inadequadas podem gerar impactos ambientais significativos.

O excesso de fertilizantes nitrogenados, por exemplo, pode favorecer perdas por lixiviação, contribuindo para a contaminação de águas subterrâneas e superficiais. Da mesma forma, o fósforo aplicado em quantidades superiores à capacidade de absorção das plantas pode ser transportado para corpos hídricos, favorecendo processos de eutrofização. Além dos impactos ambientais, essas perdas representam aumento dos custos de produção e redução da eficiência econômica da atividade.

A sustentabilidade da produção cafeeira depende, portanto, da adoção de práticas de manejo nutricional que promovam o uso eficiente dos recursos disponíveis. O planejamento da adubação com base em critérios técnicos, a realização periódica de análises de solo, o parcelamento das aplicações e a utilização de tecnologias que aumentem a eficiência dos

fertilizantes são estratégias que contribuem para a redução de impactos ambientais e para a melhoria da rentabilidade da lavoura.

Dessa forma, a relação entre adubação, qualidade dos grãos e sustentabilidade é cada vez mais evidente na cafeicultura moderna. O manejo nutricional adequado possibilita a obtenção de grãos de melhor qualidade, maiores índices de produtividade e uso mais eficiente dos recursos naturais. Assim, a adoção de práticas de adubação fundamentadas em conhecimentos técnicos e científicos constitui um dos principais caminhos para garantir a competitividade e a sustentabilidade da produção cafeeira a longo prazo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Tipo de revisão e protocolo

O estudo fundamenta-se na análise de livros, artigos científicos, dissertações, teses e documentos técnicos publicados em bases de dados nacionais, relacionadas às áreas de agronomia, fertilidade do solo e cafeicultura. Foram considerados trabalhos que abordam a importância do nitrogênio e do fósforo na nutrição do cafeeiro, os impactos da deficiência e do excesso desses nutrientes e as estratégias de adubação utilizadas para otimizar a produção. Não houve registro prévio de protocolo.

18

3.2 Fontes de informação

Consultaram-se publicações de instituições reconhecidas na área agrícola, como a Embrapa, a CONAB e universidades que desenvolvem pesquisas sobre cafeicultura. Foram selecionados materiais que abordam os efeitos do nitrogênio e do fósforo no desenvolvimento, produtividade e qualidade dos grãos de café, priorizando publicações relevantes e atualizadas sobre o tema.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A resposta do cafeeiro à adubação nitrogenada e fosfatada tem sido amplamente demonstrada em estudos realizados em diferentes regiões produtoras do Brasil. O nitrogênio é considerado um dos nutrientes mais exigidos pela cultura, sendo responsável pelo crescimento vegetativo, formação dos frutos e aumento da produtividade. Malta, Nogueira e Guimarães (2003), avaliando diferentes fontes e doses de nitrogênio, observaram incremento na

produtividade à medida que as doses foram elevadas, destacando a importância do manejo adequado desse nutriente para o desenvolvimento do cafeeiro.

Em estudo conduzido por Quintela et al. (2011), foram avaliadas doses de 0, 100, 200, 300, 400 e 500 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Os resultados demonstraram aumento da produtividade até doses intermediárias, atingindo valores superiores a 40 sacas ha⁻¹, enquanto áreas sem aplicação de nitrogênio apresentaram produtividades próximas de 30 sacas ha⁻¹. Os autores concluíram que a adubação nitrogenada promoveu incrementos produtivos da ordem de 30%, evidenciando a elevada resposta da cultura ao nutriente.

Com relação ao fósforo, Reis et al. (2011) verificaram que a aplicação de 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionou aumento de até 138% na produtividade em comparação ao tratamento sem adubação fosfatada. Além disso, houve aumento dos teores foliares de fósforo e melhor desenvolvimento das plantas, demonstrando a importância desse nutriente para a obtenção de elevados rendimentos.

Em trabalhos desenvolvidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), observou-se que lavouras manejadas adequadamente com nitrogênio e fósforo apresentaram produtividades superiores a 50 sacas ha⁻¹, enquanto áreas com deficiência nutricional produziram menos de 30 sacas ha⁻¹. Esses resultados evidenciam a influência direta do manejo nutricional sobre o potencial produtivo do cafeeiro.

Sob o ponto de vista econômico, a adubação equilibrada apresenta elevada relação custo-benefício. Reis et al. (2013) verificaram que a máxima eficiência econômica foi obtida com produtividade de aproximadamente 41,88 sacas ha⁻¹, permitindo redução de R\$ 377,34 ha⁻¹ nos custos com nitrogênio e de R\$ 784,00 ha⁻¹ nos custos com potássio, sem comprometer a produtividade da cultura. Dessa forma, a recomendação de adubação baseada em análise química do solo e na expectativa de produção permite maior eficiência no uso dos fertilizantes e maior rentabilidade para o produtor.

Portanto, os resultados disponíveis na literatura demonstram que a adubação nitrogenada e fosfatada constitui uma ferramenta fundamental para o aumento da produtividade e da viabilidade econômica da cultura do café, sendo imprescindível a utilização de doses adequadas e fontes eficientes, visando à sustentabilidade e à maximização dos rendimentos da atividade cafeeira.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo analisar o impacto da adubação nitrogenada e fosfatada na produtividade e na qualidade da cultura do café. A partir da revisão da literatura e da análise dos estudos consultados, foi possível verificar que o fornecimento adequado de nitrogênio e fósforo desempenha papel fundamental no desenvolvimento da cultura, influenciando diretamente o crescimento vegetativo, a formação dos frutos e o rendimento da lavoura.

Os resultados evidenciaram que o nitrogênio é um dos nutrientes mais exigidos pelo cafeeiro, contribuindo para o desenvolvimento da parte aérea, para a fotossíntese e para o aumento da produtividade. Por sua vez, o fósforo está relacionado ao desenvolvimento radicular, ao estabelecimento das plantas e à eficiência dos processos metabólicos, favorecendo o aproveitamento dos demais nutrientes e o potencial produtivo da cultura.

Observou-se ainda que a adubação equilibrada e realizada de acordo com as necessidades nutricionais do solo e da planta pode proporcionar melhorias significativas tanto na quantidade quanto na qualidade dos grãos produzidos. Em contrapartida, o uso inadequado desses nutrientes pode resultar em perdas econômicas, redução da eficiência produtiva e impactos ambientais decorrentes do excesso de fertilizantes.

Dessa forma, conclui-se que a adubação nitrogenada e fosfatada constitui uma prática indispensável para o manejo nutricional do cafeeiro, sendo essencial para a obtenção de elevados índices de produtividade e qualidade. Os objetivos propostos neste trabalho foram alcançados, demonstrando que o manejo adequado desses nutrientes é um fator determinante para o sucesso da produção cafeeira.

Como sugestão para pesquisas futuras, recomenda-se a realização de estudos que avaliem diferentes doses e formas de aplicação de nitrogênio e fósforo em distintas condições de solo e clima, bem como a integração dessas práticas com tecnologias voltadas à agricultura sustentável e à otimização do uso de fertilizantes.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ (ABIC). Indicadores da indústria de café no Brasil. São Paulo: ABIC, 2024.

ALEGRE, Pedro Tácito Cobre. Influência de múltiplos substratos nos parâmetros de crescimento de diferentes mudas clonais de café conilon. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso

(Graduação) – Instituto Federal do Espírito Santo, Alegre, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/xmlui/handle/123456789/5010>. Acesso em: 29 maio 2025.

CAIXETA, D. S.; FUJIMURA, A. M. Soluções nutricionais para cultura do café. Informativo Técnico Nortox, Arapongas, 2019. Disponível em: <http://www.nortox.com.br/wpcontent/uploads/2019/08/informativo-artigo-23-Daniel-e-Fujimura.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2021.

CHAGAS, W. F. T. et al. Fontes e doses de nitrogênio na nutrição e na produção de cafeeiros arábica. Revista de Ciências Agrárias, v. 42, n. 1, p. 53-61, 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Café: acompanhamento da safra brasileira. Brasília: CONAB, 2024.

FURTADO, Celso. Formação econômica do Brasil. 34. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.

GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeicultura: recomendações de adubação e calagem para o estado de Minas Gerais. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção agrícola municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

MALAVOLTA, Eurípedes. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MARTINS, Ana Luiza. História do café. São Paulo: Contexto, 2008.

MATIELLO, José Braz et al. Cultura de café no Brasil: manual de recomendações. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2015.

NÚÑEZ, P. A. et al. Avaliação da fertilidade do solo em sistemas de produção de café (*Coffea* spp.) e recomendações de manejo para a Província de Barahona, República Dominicana. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, v. 11, n. 1, p. 127-140, 2011.

POZZA, A. A. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; ROMANIELLO, M. M.; POZZA, E. A.; CARVALHO, J. G. Suprimento de fósforo na produção e intensidade da cercosporiose de mudas de cafeeiro em tubetes. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 26, n. 5, p. 970-976, set./out. 2002.

PRADO, R. M. Nutrição de plantas. São Paulo: UNESP, 2008.

PRADO JÚNIOR, Caio. História econômica do Brasil. São Paulo: Brasiliense, 2012.

RAIJ, B. VAN et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1997.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

SILVA, Dayane Bortoloto. Aplicação foliar de silício e doses de nitrogênio via solo na cultura do café arábica em função da disponibilidade hídrica. 2023. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/b1e8c982-071f-4623-8a80-ed7c33f85629>. Acesso em: 02 jun. 2025.

SOUZA, H. A.; PIO, R.; CHAGAS, E. A.; RODRIGUES, J. M.; RODRIGUES, H. C. A.; RAMOS, J. D. Doses de nitrogênio e fósforo na formação de mudas de tamarindo. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 23, n. 1, 2007.