



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO NO ÍNDICE DE CLOROFILA
E ALTURA EM CAFEEIROS**

LAVRAS - MG

2021

ELISÂNGELA DA SILVA

**NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO NO ÍNDICE DE CLOROFILA
E ALTURA EM CAFEEIROS**

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

Dr. Rubens José Guimarães

Orientador

Marina Scalioni Vilela

Coorientadora

LAVRAS-MG

2021

ELISÂNGELA DA SILVA

**NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO NO ÍNDICE DE CLOROFILA
E ALTURA EM CAFEEIROS**

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

MSc. Clarissa de Moraes Sousa - DCF/ESAL/UFLA

Dalyse Toledo Castanheira – DAG/ESAL/UFLA

Lorena Martins Brandão – DAG/ESAL/UFLA

Prof. Dr. Rubens José Guimarães

Orientador

Marina Scalioni Vilela

Coorientadora

LAVRAS- MG

2021

Aos meus pais Nilza e Geraldo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por ter me dado saúde, sabedoria e perseverança e por ter me ajudado a concretizar o meu sonho de infância.

Agradeço aos meus pais, que com muito amor e conselhos, fertilizaram o meu solo, onde meu sonho foi plantado, cultivado e colhido.

Agradeço ao meu orientador Prof. Rubens por ter me recebido de braços abertos, e por ter me dado oportunidade de recomeçar a minha trajetória acadêmica.

Agradeço a minha coorientadora, Marina, pela paciência, ensinamentos, pela parceria e pelo carinho.

Agradeço os meus sobrinhos, Sthéfany e Luiz Gustavo, pelo todo amor e pelo “vamos fazer dever com a titia”.

Agradeço à família InovaCafé por terem me recebido de braços abertos.

Agradeço às minhas amigas Beatriz Rocha, Lorena Brandão, Lourdes Cláudia, Maísa Mota, Mariana Tanure, Patrícia Mara pelos cafés, pelos conselhos, pela amizade e pelo amor que têm por mim.

Agradeço à Dalyse Toledo Castanheira pelos conselhos, ensinamentos e apoio.

RESUMO

O café é uma das culturas agrícolas mais importantes do Brasil. Altas produtividades dependem do manejo correto da lavoura, sobretudo por meio da adubação suficiente e equilibrada, respeitando as características do solo e a disponibilidade de nutrientes do mesmo. Dessa forma, objetivou-se com esse trabalho, avaliar o crescimento vegetativo e o teor de clorofila das folhas do cafeeiro submetido a diferentes níveis de adubação com nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Foram implantados dois experimentos em uma área de 0,22 hectares, em dezembro de 2018, no setor de cafeicultura da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras - MG. Foram usadas mudas da cultivar Mundo Novo IAC 379/19 da espécie *Coffea arabica* L., plantadas em espaçamento de 3,5 metros entre linhas por 0,55 metros entre plantas. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, contendo seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos utilizados correspondem a 10, 40, 70, 100, 130 e 160%, da adubação padrão recomendada para o cafeeiro. No experimento 1, houve diferenciação doses de N, P e K já durante a implantação da lavoura, enquanto no experimento 2, a variação das doses ocorreu somente a partir do segundo ano após o plantio, tendo na implantação 100% da dose padrão. Espera-se com esse trabalho, definir um nível de adubação que proporcione a melhor resposta do cafeeiro, fornecendo nutrientes suficientes para um teor adequado de clorofila e para o melhor crescimento da cultura, ajudando assim, os cafeicultores no planejamento da lavoura, tornando a sua produção mais sustentável.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L. Adubação. Nutrição de plantas.

ABSTRACT

Coffee is one of the most important agricultural crops in Brazil. High yields depend on the correct management of the crop, above all through sufficient and balanced fertilization, respecting the characteristics of the soil and its availability of nutrients. Thus, the objective of this work was to evaluate the vegetative growth and chlorophyll content of the coffee tree leaves subjected to different levels of fertilization with nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K). Two experiments were carried out in an area of 0.22 hectares, in December 2018, in the coffee sector of the Federal University of Lavras, in the municipality of Lavras - MG. Seedlings of the cultivar Mundo Novo IAC 379/19 of the species *Coffea arabica* L. were used, planted at a spacing of 3.5 meters between rows by 0.55 meters between plants. The experimental design used was randomized blocks, containing six treatments and four replications. The treatments used correspond to 10, 40, 70, 100, 130 and 160% of the standard recommended fertilization for the coffee tree. In experiment 1, there was a differentiation of N, P and K doses already during the implantation of the crop, while in experiment 2, the variation of the doses occurred only from the second year after planting, having in the implantation 100% of the standard dose. It is expected with this work, to define a level of fertilization that provides the best response of the coffee tree, providing sufficient nutrients for an adequate content of chlorophyll and for the best growth of the crop, thus helping coffee growers in the planning of the crop, making its more sustainable production.

Keywords: *Coffea arabica* L. Fertilization. Plant nutrition.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1.INTRODUÇÃO | 7 |
| 2.REFERENCIAL TEÓRICO | 8 |
| 2.1 Fertilidade do solo e nutrição mineral do cafeeiro | 8 |
| 2.1.1 Nitrogênio | 10 |
| 2.1.2 Fósforo | 11 |
| 2.1.3 Potássio | 13 |
| 2.1.4 Clorofila | 14 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS | 14 |
| 3.1 Caracterização da área experimental | 14 |
| 3.2 Tratamentos e delineamento experimental | 15 |
| 3.3 Avaliações | 16 |
| 3.3.1 Índice de clorofila | 16 |
| 3.3.2 Altura | 17 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 17 |
| 5 CONCLUSÃO | 20 |
| REFERÊNCIAS | 20 |

1.INTRODUÇÃO

O cultivo do café é uma importante atividade para o agronegócio e desenvolvimento socioeconômico brasileiro, sendo um dos principais geradores de divisas para a economia do País (Fassio & Silva, 2015). O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo, competindo com grandes produtores, como Colômbia e Vietnã (NISHIJIMA et al., 2012).

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

Dessa forma, busca-se obter maiores produtividades com melhor qualidade, o que inevitavelmente está atrelado a nutrição adequada dos cafeeiros, pois o metabolismo das plantas necessita de nutrientes para o acúmulo de compostos químicos necessários ao aroma e sabor de qualidade refinado (MARTINEZ *et al.*, 2014).

Tal fato demonstra serem necessários estudos específicos para cada região e sistemas de cultivo. As exigências minerais do cafeeiro variam entre cultivares, de ano a ano, bem como durante o ano, sendo o período reprodutivo o de maior requerimento nutricional pela planta. O conhecimento da dinâmica dos nutrientes nas cultivares de cafeeiro, principalmente no que se refere a flores e frutos, é importante para identificar o período de maior exigência nutricional pela planta e, dessa forma, melhorar a eficiência das práticas de adubação (SOBREIRA, 2010).

Há dados importantes sobre a influência do nível de adubação no crescimento, teor de clorofila e conseqüentemente na produtividade dos cafeeiros. Em 2010 iniciou-se um experimento que tem gerado vários resultados que foram disponibilizados em trabalhos até o ano de 2019, evidenciando que lavouras fertirrigadas com diferentes níveis de adubação de N, P e K influenciaram a produtividades o que permitiu determinar faixas críticas de teores

foliares dos macronutrientes no primeiro e segundo anos de adubação pós-plantio (PINTO et al., 2013; VILELLA et al., 2015).

Sendo assim, o presente estudo poderá auxiliar na compreensão das alterações possíveis do cafeeiro por meio de diferentes níveis de adubação com macronutrientes, dentre eles nitrogênio, fósforo e potássio e a influência destes no teor de clorofila e crescimento de cafeeiros cultivados em sequeiro.

Objetivou-se neste trabalho avaliar a altura e o teor de clorofila das folhas de cafeeiros submetidos a diferentes níveis de adubação com N, P e K.

2.REFERENCIAL TEÓRICO

O café é uma planta que tem a sua origem no continente africano, na região da Etiópia. Estima-se que a região da “Cafa”, na Etiópia, é uma das explicações para a origem do nome de Café. Saindo da Etiópia e indo diretamente para a Arábia, os árabes tentaram manter o privilégio, já que a planta era considerada “milagrosa” e tinha um papel social muito importante, devido ao seu uso medicinal utilizado na época, para cuidar e curar “vários males” (CARVALHO, 2017).

A produção de café arábica está estimada em 30,7 milhões de sacas, 36,9% a menos se comparado ao volume produzido na safra anterior (EMBRAPA, 2021). O café é uma das culturas que possui a característica da bienalidade, significando que em um ano a cultura produz um maior número de frutos que outro, o que exige da planta mais nutrientes. Em decorrência deste fato, no ano seguinte ela recompõe suas estruturas vegetais e reservas, reduzindo sua produtividade. Por causa da bienalidade, os efeitos fisiológicos nas lavouras ficam mais latentes na fase de produção, especialmente para o café arábica, que é mais sensível a este fenômeno se comparado ao café conilon (EMBRAPA, 2021).

2.1 Fertilidade do solo e nutrição mineral do cafeeiro

A recomendação de adubação de uma cultura depende de sua exigência nutricional para o crescimento vegetativo e reprodutivo e, também, deve-se levar em consideração a eficiência

de aproveitamento dos adubos aplicados e a fração de nutrientes suprida pelo solo (LAVIOLA *et al.*, 2007; PREZOTTI, 2001).

Grande parte do parque cafeeiro do Brasil está implantado em solos com sérias limitações de ordem química e nutricional ao desenvolvimento normal das plantas (GUIMARÃES, 1992).

O cafeeiro, *Coffea arabica* L., é muito exigente em bases, sendo o cálcio (Ca) e o magnésio (Mg), normalmente, fornecidos por corretivos da acidez. A calagem fornece Ca e Mg, eleva o pH, com conseqüente diminuição da toxidez de alumínio (Al), manganês (Mn) e ferro (Fe), aumenta a disponibilidade de P e a atividade microbiológica do solo. Como conseqüência, a calagem constitui uma prática importante, dada a extensão de solos ácidos ocupados pela cafeicultura no Brasil, onde existem cerca de 320.000 propriedades rurais, em, aproximadamente, 2,5 milhões de hectares (MATIELLO *et. al.* 2006).

A falta ou o excesso de um nutriente para a planta leva a anormalidades, com sintomas típicos de cada nutriente. O motivo pelo qual o sintoma é típico é que um dado nutriente exerce sempre as mesmas funções, qualquer que seja a espécie de planta. Tais sintomas que aparecem nas folhas, caules e raízes, contribuem para avaliar o estado nutricional do vegetal (GONTIJO; GUIMARÃES, 2008). Entretanto, antes da manifestação visível da deficiência, o crescimento e a produtividade já poderão estar limitados: é o que se chama de “fome oculta”, que somente poderá ser detectada por meio da análise química do material vegetal ou da diagnose foliar (MALAVOLTA, 2006).

A fase vegetativa das plantas perenes é ininterrupta, variando de intensidade, durante o ano, em razão da fenologia da planta, força dreno dos órgãos e das condições ambientais. De maneira geral, as condições favoráveis ao crescimento da parte aérea são temperatura acima de 12,5° C, disponibilidade hídrica e fotoperíodo longo (ALVES; LIVRAMENTO, 2009).

Para Fontes (2001), por meio de procedimentos diretos ou indiretos, é possível determinar o estado nutricional das plantas. Os procedimentos diretos são aqueles em que as concentrações aparentes (análise visual) e ou reais (análise da matéria seca ou da seiva) dos nutrientes são determinadas. Os indiretos são aqueles em que a concentração de determinado nutriente na planta é estimada por meio de uma característica cujos valores sejam correlacionados com as concentrações do nutriente na planta.

Diversos experimentos foram realizados com o intuito de identificar a dose de N e K mais adequada ao cafeeiro, contudo, ainda há muitas contradições entre os resultados, em função das diversas variáveis envolvidas, como solo, clima, cultivar, irrigação, espaçamentos,

produtividade e fertirrigação (colocar a citação dos experimentos que você falou no início da frase). Além disso, conhecer as variações nos teores de nutrientes nas folhas e sua mobilização para frutos, durante a fase reprodutiva de cultivares de cafeeiro, em diferentes ambientes, é importante para auxiliar no diagnóstico do status nutricional das plantas, podendo melhorar o manejo de fertilização da cultura (LAVIOLA; MARTINEZ, 2007a).

As tabelas de adubação existentes no país recomendam para o cafeeiro a aplicação de calcário, P e K, com base na análise de solo, como é feito, de forma geral, para as demais culturas; no caso do café, ocorreu a adoção do teor de nitrogênio foliar para a recomendação da adubação nitrogenada, conforme relatam Raij et.al (1997). Em condições de solos tropicais, os processos de mineralização e imobilização do N são muito instáveis, o que justifica a sua não avaliação nas análises de solo. Contudo, essas tabelas não têm sido motivação suficiente para minimizar a prática tecnicamente inadequada de adubação por métodos empíricos e utilização tão somente de formulações comerciais na cultura do café.

As análises químicas do solo e da planta auxiliam no diagnóstico do estado nutricional das culturas, porém apresentam limitações. A análise do solo caracteriza a disponibilidade de nutrientes, ao passo que a análise de tecidos fornece indicações sobre o estado nutricional da planta. Resultados de análises de tecidos podem ser interpretados por meio de comparações com padrões obtidos de populações de plantas altamente produtivas, da mesma espécie e cultivar (MALAVOLTA et.al, 1997).

2.1.1 Nitrogênio

O nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade pela cultura do café (MALAVOLTA *et al.*, 1993), em consequência das funções que exerce como constituinte de moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos e citocromos, dentre outros. Quando o fertilizante nitrogenado é aplicado, parte dele é recuperada pelo sistema radicular e parte aérea, parte permanece no solo enquanto outra porção pode ficar imobilizada na serrapilheira ou pode se perder do sistema solo-planta. Resultados obtidos, sob os mais diversos sistemas agrícolas, mostraram que raramente uma cultura aproveita mais de 60% do N aplicado como fertilizante.

Em relação ao N, tais efeitos podem ser resumidos da seguinte forma: aumento da área foliar da planta, com conseqüente aumento da fotossíntese e dos compostos fundamentais, como proteínas, ácidos nucleicos e constituintes de membranas; a nutrição nitrogenada

adequada, não havendo outros fatores limitantes, é evidenciada no desenvolvimento rápido, no aumento da ramificação dos galhos produtivos e na formação de folhas verdes e brilhantes; existe, ainda, relação direta entre fornecimento de N, número de folhas no florescimento e número de gemas floríferas; o crescimento da área foliar, mediante adubação nitrogenada suficiente, acarretará maior produção de amido e de outros carboidratos indispensáveis para a formação e o crescimento dos frutos (PEREIRA, 1999).

A deficiência de N aparece com intensidade, durante o crescimento dos frutos, quando as folhas formadas são geralmente menores. Nestas condições, as folhas mais velhas e, posteriormente, as mais novas apresentam uma clorose uniforme do limbo e se a deficiência for muito severa, as folhas ficam quase brancas e entram em necrose; o desfolhamento é comum, observando-se, ainda, em um estágio muito avançado de deficiência, a morte descendente dos ramos frutíferos (PEREIRA, 1999).

As quantidades de N, adicionadas às culturas, dependem do teor de N mineral que o solo pode fornecer em determinada fase de desenvolvimento da cultura. A matéria orgânica (MO) é a principal fonte de N no solo, onde mais de 85% do N encontram-se na forma orgânica; seu teor é muito variável e depende do processo de mineralização (MALAVOLTA, 1986).

De acordo com as recomendações oficiais, para cafeeiros em produção, as doses de N baseiam-se na produção esperada e no teor do nutriente na folha. São recomendadas doses que variam até 450 kg ha⁻¹ de N por ano agrícola, fornecidas no período chuvoso, de setembro a março, compreendendo as fases de floração, frutificação e desenvolvimento vegetativo (RAIJ; et.al 1997; RENA & MAESTRI, 1987; RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVARES, 1999).

O excesso de N desequilibra as relações N/P e N/K diminuindo a produção e aumentando a vegetação, prejudicando, também, a bebida (GUIMARÃES; MENDES, 1997). A relação adequada de N/P está na faixa de 16–18, de N/K 1,3 – 1,4 e N/S 16 – 18 (MALAVOLTA, 1993).

2.1.2 Fósforo

O fósforo é um nutriente extremamente importante na implantação e formação da lavoura cafeeira, uma vez que tem papel fundamental, principalmente no que diz respeito à

formação das raízes, estas precisam estar bem estabelecidas, pois são essenciais para permitir a exploração da lavoura cafeeira por muitos anos.

Em relação à adubação fosfatada, observa-se que a falta desse nutriente causa distúrbios imediatos no metabolismo e no desenvolvimento das plantas (LAWLOR; CORNIC, 2002). Também, não deve ser fundamentada, exclusivamente, na produção de grãos em formação, pois as aplicações de fertilizantes, também, devem ter por objetivo o crescimento de novos ramos e internódios para a safra futura (GUERRA et al., 2006).

Decréscimos da ciclagem de P entre o citoplasma e o estroma, gerados por redução da absorção de P no solo (HENDRICKSON; CHOW; FURBANK, 2004; SANTOS et al., 2006), podem levar a diminuições no consumo e na produção de ATP e NADPH, menor carboxilação/regeneração de RuBP (SHUBHRA et al., 2004), decréscimo na expressão de genes relacionados à fotossíntese (LAWLOR; CORNIC, 2002), fechamento estomático (FLÜGGE et al., 2003) e menor condutância do mesófilo (LAWLOR; CORNIC, 2002).

As recomendações de adubação oficiais do cafeeiro (GUIMARÃES et al., 1999; RAIJ et al., 1997) sugerem que a exigência de P em cafeeiros adultos é pequena em decorrência, principalmente, da baixa exportação desse elemento pelos grãos e que as doses máximas recomendadas de P_2O_5 situam-se em torno $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, considerando a produtividade esperada e a quantidade de disponível no solo. Andrade (2004) recomenda doses máximas de $160 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para solos com baixo teor de P e com potencial de produção superior a $80 \text{ sc}\cdot\text{ha}^{-1}$. Por outro lado, Guerra *et al.* (2007) obtiveram resultados indicando a necessidade de ajustar o fornecimento de nutrientes, notadamente o P, para reduzir os efeitos da bienalidade do cafeeiro. Isso porque os cafeeiros normalmente produzem em ramos novos, portanto, necessitam de energia para crescer e formar novas gemas reprodutivas para produzir adequadamente todos os anos.

Por muitos anos, o cafeeiro foi considerado como não responsivo à aplicação de P durante a fase de produção. No entanto, alguns trabalhos têm mostrado que a cultura é capaz de responder a aumentos das doses de P, principalmente, quando cultivados em solos de baixa fertilidade natural (GUERRA *et al.*, 2008; PREZOTTI & ROCHA, 2004). Reis *et al.* (2013) obtiveram respostas lineares do cafeeiro ao estender a dose até de $400 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 . Observações de campo têm demonstrado que há aumento da produtividade com o uso de adubo fosfatado acima das quantidades recomendadas (SILVA *et al.*, 2010).

A disponibilidade adequada de P proporciona cafeeiros bem desenvolvidos e vigorosos, o que, em última instância, determina boas produtividades. Todavia, a maior parte

dos estudos publicados, sobre a presença de P, referem-se aos efeitos da baixa disponibilidade desse elemento no metabolismo vegetal, crescimento e nutrição das plantas (HENDRICKSON; CHOW; FURBANK, 2004; LÓPEZ-BUCIO *et al.*, 2002; REIS JUNIOR; MARTINEZ, 2002), com pouca ênfase aos possíveis efeitos de altas concentrações desse nutriente no solo.

2.1.3 Potássio

A exigência do K aumenta com a idade e, principalmente, com a frutificação, ocorrendo a translocação do K das folhas para os frutos em função da alta mobilidade do nutriente (GUIMARÃES; MENDES, 1997).

A absorção de K é semelhante a do N, com maior destaque em épocas chuvosas, quando se encontram maiores teores de K nas folhas e, durante as épocas mais secas menores teores foliares em face da menor absorção e extração dos K pelos frutos. O teor foliar, considerado adequado, é de 1,9 a 2,4 g Kg⁻¹ e a relação de P/K ideal para que não ocorra desequilíbrio é de 16 a 18 (MALAVOLTA, 1993).

Em relação ao K, sua importância pode ser resumida da seguinte maneira: é um cátion de alta mobilidade na planta, sendo de fundamental importância em sua atividade metabólica, como, por exemplo, no transporte de longa distância via xilema e floema, no equilíbrio osmótico de células e de tecidos, na ativação de enzimas, no movimento de estômatos e na lignificação de feixes vasculares; a quantidade de K nas partes vegetativas e nos frutos do cafeeiro demonstra que este elemento desempenha um papel muito importante na nutrição do cafeeiro; há correlação positiva entre o teor de K nas folhas e o seu conteúdo de amido, de tal forma que, ao baixar o nível de K, a produção de amido diminui e, conseqüentemente, reduzindo o desenvolvimento das plantas (PEREIRA, 1999).

O aparecimento de novos ramos e de novas folhas e a produção; a primeira indicação da falta de K aparece nas folhas mais velhas, como resultado da translocação para as folhas novas ou para os ramos em crescimento e, ou, para os frutos em formação; as manchas pardas, inicialmente formadas, gradualmente coalescem e uma faixa marrom-escura se forma na ponta da folha e nas margens adjacentes, levando ao desprendimento fácil do ramo; e, com frequência, apenas um ou dois pares de folhas permanecem presos ao ramo, que começa a morrer da ponta para a base (“dieback”) (PEREIRA, 1999).

2.1.4 Clorofila

As clorofilas são pigmentos que convertem a radiação luminosa em energia química para ser realizada a fotossíntese, assim estes pigmentos estão ligados à eficiência fotossintética das plantas (STREIT *et al.*, 2005). O nitrogênio é essencial para a síntese da clorofila e, também, como parte da molécula, faz parte do processo de fotossíntese. A possível falta de nitrogênio e clorofila na planta resulta em uma inutilização da luz do sol como energia, que é de fundamental importância para a ativação de funções primordiais, como a absorção de nutrientes (REIS *et al.*, 2006).

O teor de clorofila foliar está diretamente ligado com o potencial produtivo do cafeeiro, este elemento tem variabilidade espacial dentro da lavoura e dentro da própria planta. Existem alguns métodos de laboratório para determinação deste elemento na folha, porém são métodos demorados e onerosos. Outras alternativas de estimativa de clorofila foliar de forma rápida e prática vem sendo estudadas, algumas estão relacionadas ao sensoriamento remoto.

A utilização do clorofilômetro para se estimar os teores de clorofila nas folhas, apresenta algumas vantagens, com relação ao método químico de análise de N na folha: a leitura pode ser realizada em poucos minutos; o aparelho tem custo mínimo de manutenção, ao contrário de outros métodos que exigem compra sistemática de produtos químicos (PIEKIELEK; FOX, 1992); não há necessidade de envio de amostras para laboratório, com economia de tempo e dinheiro; e podem ser realizadas quantas amostragens forem necessárias, sem implicar em destruição de folhas (DWYER; TOLLENAAR; HOUWING, 1991). Com o uso do clorofiLOG é possível identificar e corrigir deficiências de forma rápida e diretamente na lavoura, de modo simples, rápido e não destrutivo no próprio campo, o qual se correlaciona com a concentração de N em várias culturas, e que pode tornar mais rápida a correção de deficiência, otimizando a utilização da fertirrigação (GODOY, 2008).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

Dois experimentos foram implantados em campo em dezembro de 2018, com mudas de *Coffea arabica* L., cultivar IAC 379/19 do grupo Mundo Novo, no espaçamento de 3,5 m entre linhas por 0,55 m entre as plantas na linha. A área experimental de 0,22 hectares estava localizada no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura, na Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras-MG (altitude de 970 m, latitude 21°13'33.2" Sul e longitude 44°58'18.7" Oeste). As médias anuais das temperaturas média, máxima e mínima do ar são de 19,4, 21,6 e 14,4 °C, respectivamente. O clima da região é classificado como Cwa, mas apresenta características de Cwb com duas estações distintas, a seca no período de abril a setembro, e a chuvosa no período de outubro a março, segundo a classificação de Köppen (SÁ JÚNIOR *et al.*, 2012).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo vermelho-escuro distroférico de textura argilosa (CURI *et al.*, 2017). Antes de implantar os experimentos foram coletadas na área experimental de 0,11 hectares, amostras de solo para análise química nas camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 centímetros de profundidade. A calagem foi realizada em área total três meses antes do plantio. O calcário na dose de 0,5 ton.ha⁻¹ (GUIMARÃES *et al.*, 1999) foi incorporado à profundidade de 30 centímetros por meio de uma aração e duas gradagens. Nos sulcos de plantio foi aplicado calcário complementar na dose de 40g por metro linear, de acordo com as recomendações de Guimarães *et al.* (1999), sendo incorporado ao solo de forma homogênea.

Foi realizado o tratamento fitossanitário visando o manejo de plantas invasoras com a aplicação de herbicidas pré e pós-emergentes registrados e indicados para as plantas-alvo predominantes no local, além de capinas e roçadas mecânicas. Para controlar as pragas do cafeeiro, utilizaram-se produtos registrados para a cultura do café, seguindo as orientações para a sustentabilidade da agricultura (REIS; CUNHA, 2010). O controle de plantas daninhas, pragas e doenças foram feitos sempre que necessário e se aplicaram de maneira semelhante à todas as parcelas dos dois experimentos.

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

Para ambos os experimentos, o delineamento experimental foi em blocos casualizados, contendo seis tratamentos correspondentes aos níveis de adubação (10%, 40%, 70%, 100%, 130% e 160%) e quatro repetições, totalizando 24 parcelas. Cada parcela com 24 plantas (três fileiras de oito plantas), sendo as seis centrais a parcela útil para coleta de dados. Dessa forma, os experimentos contaram com 1.152 plantas em área de 0,22 ha. As fontes de adubo

utilizadas foram superfosfato simples (18% de P_2O_5), ureia (44% de N) e cloreto de potássio (58% de K_2O).

Para o experimento 1, os tratamentos corresponderam respectivamente aos níveis de 10, 40, 70, 100, 130 e 160% da adubação padrão, recomendada por Guimarães et al. (1999), para adubação de formação da lavoura em função da análise do solo. Os níveis considerados padrão foram de 80 gramas de P_2O_5 por muda na cova de plantio, 10 gramas de K_2O e 5 gramas de N por planta divididas em duas aplicações em cobertura. A primeira em janeiro e a segunda em fevereiro de 2019. Para o experimento 2, foi aplicado 50% da dose de fósforo recomendada por Guimarães et al. (1999) no sulco de plantio. Na adubação pós-pegamento das mudas foram aplicados 100% do nitrogênio e potássio recomendados de acordo com análise de solo. Assim, todas as parcelas receberam a mesma dose de NPK, sem diferenciação dos tratamentos no ano 0. No primeiro ano de formação (Ano 1 - 2019), as doses de N, P e K aplicadas variaram de acordo com os níveis de adubação correspondente a cada tratamento. A segunda metade da dose de fósforo foi aplicada também variando de acordo com as doses de cada tratamento. No segundo ano de formação (Ano 2 - 2020) repetiu-se a adubação com N, P e K de acordo com cada tratamento em função da análise de solo.

3.3 Avaliações

Foram avaliados em fevereiro e agosto de 2021, em ambos os experimentos: a altura das plantas e os índices de clorofila dos cafeeiros.

3.3.1 Índice de clorofila

O índice de clorofila total (CIT), foram obtidos através do aparelho digital ClorofiLOG, modelo CFL 1030 (Falker Automação, Porto Alegre, RS). O aparelho fornece os índices proporcionais à absorvância das clorofilas. As medições foram realizadas no período da manhã, entre 8 e 11h, em uma folha de cada planta da parcela útil. As folhas utilizadas foram aquelas localizadas no terço médio da planta, entre o terceiro ou quarto par de folhas, a partir do ápice do ramo plagiotrópico.

3.3.2 Altura

As avaliações de crescimento foram realizadas nos meses de fevereiro e agosto de 2021, em todas as plantas da parcela útil. Foi avaliada a altura de plantas (ALT), em centímetros, medida do colo da planta até a gema apical do ramo ortotrópico, utilizando-se de uma régua graduada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pela análise de variância mostram que não houve efeito significativo das diferentes doses de NPK utilizadas na altura do cafeeiro em nenhum dos experimentos e em nenhuma das épocas analisadas (Tabela 1). Já na Tabela 2 fica evidente o significativo efeito das variadas doses de NPK no teor de clorofila total para as duas épocas no experimento 1 e apenas para época da seca (agosto/2021) no experimento 2.

Tabela 1. Quadro de análise de variância para altura de cafeeiros submetidos a diferentes níveis de adubação com NPK.

| ALTURA DE PLANTAS | | | | | | | | | |
|-------------------|----|------------|----------------------|-------------|---------------------|------------|---------------------|-------------|---------------------|
| Experimento 1 | | | | | Experimento 2 | | | | |
| | | Março/2021 | | Agosto/2021 | | Março/2021 | | Agosto/2021 | |
| FV | GL | QM | Pvalor | QM | Pvalor | QM | Pvalor | QM | Pvalor |
| Doses | 5 | 0,070 | 0,1517 ^{ns} | 0,005 | 0,873 ^{ns} | 0,003 | 0,507 ^{ns} | 34,334 | 0,509 ^{ns} |
| Bloco | 3 | 0,086 | 0,1155 | 0,008 | 0,681 | 0,031 | 0,001 | 285,896 | 0,003 |
| Erro | 15 | 0,037 | | 0,015 | | 0,003 | | 38,346 | |
| Total | 23 | | | | | | | | |
| CV (%) | | 22,61 | | 10,86 | | 4,38 | | 4,62 | |

^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade de acordo com o teste F.

Fonte: A Autora, 2021

A falta de resposta das plantas de café em termos de altura aos diferentes níveis de adubação com N, P e K pode ser justificado pela condição química do solo previamente à implantação, uma vez que o mesmo encontrava-se corrigido e com os atributos químicos equilibrados, apresentando o teor de P na classe ‘bom’ e o K na classe ‘média’. Com relação à altura, variável analisada na Tabela 1, os resultados obtidos são semelhantes aos de Vilela et al. (2017) que trabalhando com diferentes doses de nitrogênio, fósforo e potássio em

diferentes cultivares de cafeeiro não constatou diferenças significativas em relação a dose desses nutrientes quanto ao seu crescimento inicial.

Tabela 2. Quadro de análise de variância para teor de clorofila total de cafeeiros submetidos a diferentes níveis de adubação com NPK.

| Clorofila TOTAL | | | | | | | | | |
|-----------------|----|------------|----------|-------------|---------------|------------|---------------------|-------------|--------|
| Experimento 1 | | | | | Experimento 2 | | | | |
| | | Março/2021 | | Agosto/2021 | | Março/2021 | | Agosto/2021 | |
| FV | GL | QM | Pvalor | QM | Pvalor | QM | Pvalor | QM | Pvalor |
| Doses | 5 | 3597,7 | 0,00002* | 16785,1 | 0,002* | 8635,2 | 0,066 ^{ns} | 8385,4 | 0,007* |
| Bloco | 3 | 196,3 | 0,00002 | 1214,4 | 0,709 | 2190,7 | 0,584 | 1962,0 | 0,001 |
| Erro | 15 | 226,4 | | 2593,2 | | 3271,2 | | 1962,0 | |
| Total | 23 | | | | | | | | |
| CV (%) | | 2,15 | | 7,43 | | 8,69 | | 4,51 | |

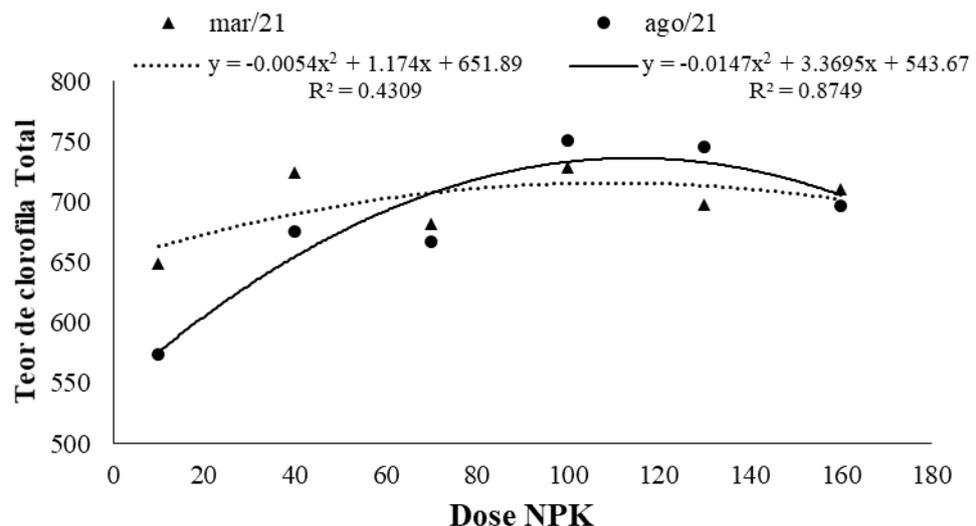
*: significativo a 5% de probabilidade de acordo com o teste F

^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade de acordo com o teste F.

Fonte: Da Autora, 2021

Houve efeito significativo das diferentes doses de NPK no teor de clorofila total dos cafeeiros em ambos os experimentos (Figura 1). No experimento 1, houve diferença significativa nas duas épocas de avaliação. Já no experimento 2, observou-se a diferença somente na época seca (agosto/2021).

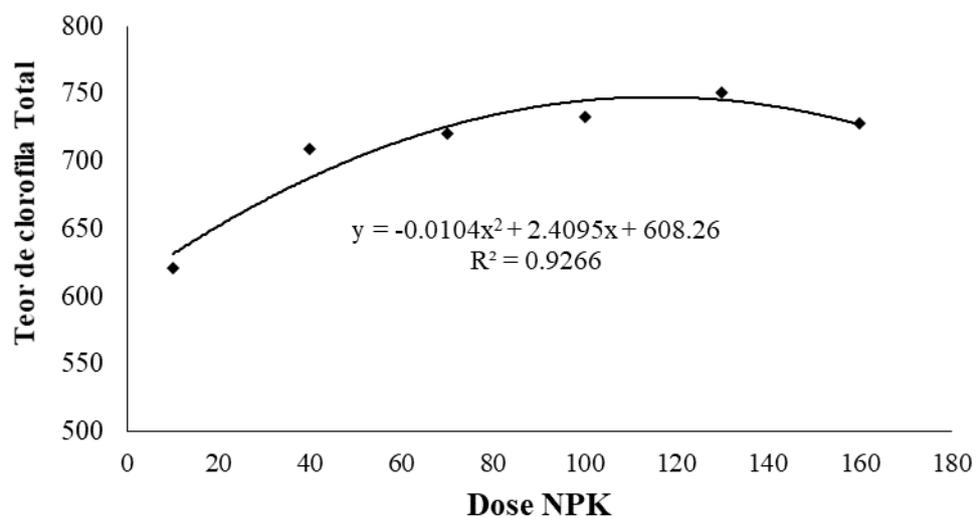
Figura 1. Teor de clorofila total em duas épocas de avaliação em função de diferentes doses de NPK para o experimento 1, UFLA, 2021



Fonte: Da Autora, 2021

Foi possível estimar máximo nível de adubação equivalente ao máximo teor de clorofila total nas folhas do cafeeiro. O nível máximo de adubação para o máximo teor de clorofila em março/2021 foi de 114,609% da adubação padrão recomendada para NPK, correspondendo ao teor de clorofila de 736,76. Em agosto/2021 o ponto de máxima dose de NPK foi 108,70% da dose de NPK recomendada para a lavoura cafeeira, correspondendo ao teor de clorofila total de 715,70.

Figura 2. Teor de clorofila total de cafeeiros em função de diferentes doses de NPK para o experimento 2, UFLA, 2021



Fonte: A Autora, 2021

Em relação ao experimento 2, com a equação estimada para o teor de clorofila total em agosto/2021, foi possível calcular o nível máximo de NPK que permitiu o máximo teor de clorofila total nas folhas do cafeeiro. O nível máximo de NPK encontrado foi equivalente à 115,84% da adubação recomendada para cafeeiros. Esse valor corresponde ao teor de clorofila total de 747,82.

O efeito significativo das diferentes doses de NPK em cafeeiros na formação sobre o Índice de CIT pode ser associada ao fato de que incrementos na dose de N em cobertura provocaram aumento do teor de clorofila, o que é justificado pelo fato desse elemento fazer

parte da molécula de clorofila (Malavolta et al., 1997). Além disso, a alta correlação entre o teor de N e de clorofila nas folhas do cafeeiro evidencia a possibilidade da utilização da prática não destrutiva de medição indireta da clorofila, por meio do clorofilômetro portátil, para estimar a necessidade de N pelas plantas (FURLANI JUNIOR et al., 1996; CARVALHO et al., 2003)

Entretanto, Laviola et al. (2007) relatam uma baixa demanda por N e K na fase vegetativa e alta demanda a partir da fase produtiva do cafeeiro, evidenciando assim que a resposta ao aumento das doses fica condicionada ao estágio fenológico da cultura. Visto o resultado apresentado no trabalho, há a necessidade de estudos mais prolongados em relação às diferentes doses de NPK na formação do cafeeiro, bem como seus efeitos no crescimento e Índice de CIT, pois são poucos os relatos na literatura, especialmente para condições de lavouras novas.

5 CONCLUSÃO

Os diferentes níveis de adubação NPK não interferem no crescimento de cafeeiros em formação, implantados nas condições descritas, no período avaliado. O nível de adubação que proporciona o máximo teor de clorofila varia de 108,70% a 114,61% da adubação padrão quando se diferenciou as doses desde a formação da lavoura. Já quando se variou as doses de fertilizantes somente no segundo ano pós-plantio o nível de adubação que proporciona o máximo teor de clorofila foi de 115,84% da adubação recomendada para cafeeiros.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. D.; LIVRAMENTO, D. E. **Morfologia e fisiologia do cafeeiro**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2009. 46 p. (Textos Acadêmicos).

ANDRADE, L. R. M. Corretivos e fertilizantes para culturas perenes e semiperenes. *In*: SOUSA, D. M. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA Informações Tecnológicas, 2004. p. 317- 366.

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

CARVALHO, M. **Conheça a origem do café e sua história**. Grão Gourmet, 2017. Disponível em: <<https://www.graogourmet.com/blog/conheca-origem-do-cafe-e-sua-historia/>>. Acesso em: 24 set. 2021.

CHALFOUN, S.M.; REIS, P.R. **História da cafeicultura no Brasil**. *In*: REIS, P.R.; CUNHA, R.L. da. **Café Arábica: do plantio à colheita**. Lavras: EPAMIG SM, 2010. 1 v. 896p.: il. cap. 1, p. 23-85

CONAB (a). **Primeiro levantamento da safra 2019/20 de grãos indica produção de 245 milhões de t**. Conab, 2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3080-primeiro-levantamento-da-safra-2019-20-de-graos-indica-producao-de-245-8-milhoes-de-t>>. Acesso em: 25 set. 2021.

CONAB (b). **Novo levantamento da safra de café nacional estima produção de 46,9 milhões de sacas**. Conab, 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4275-novo-levantamento-da-safra-de-cafe-nacional-estima-producao-de-quase-47-milhoes-de-sacas>>. Acesso em: 28 set. 2021.

CURI et.al. **Pedologia: solos dos biomas brasileiros**. SBCS, 2017.

DWYER, L. M.; TOLLENAAR, M.; HOUWING, L. *A nondestructive method to monitor leaf greenness in corn*. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 71, n. 3, p. 505-509, 1991.

EMBRAPA . **Estimativa da safra dos Cafés do Brasil de 2021 tem redução de 22,6% em comparação com 2020**. EMPRAPA, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62520035/estimativa-da-safra-dos-cafes-do-brasil-de-2021-tem-reducao-de-226-em-comparacao-com-2020>>. Acesso em: 28 set. 2021.

FASSIO, L. H.; SILVA, A. E. S. **Importância econômica e social o café Conilon**. 2015.

FOX, R.H.; PIEKIELEK, W.P. e MACNEAL, K.M. *Using a chlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer needs of winter wheat*. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 25:171-181, 1994.

- GODOY, L.J.G. *et al.* Fertilidade do solo e nutrição de plantas. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** . p.32 (1) . Fev 2008 . Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000100021>>. Acesso em: 11 nov. 2021.
- GONTIJO, R. A. N.; GUIMARÃES, R. J. Crescimento e teor foliar de nutrientes em cafeeiro decorrente da omissão isolada e simultânea de Ca, B, Cu e Zn. *Coffee Science*, Lavras, v. 3, n. 2, p. 124-132, jul./dez. 2008.
- GUERRA, A. F. et al. Aprimoramento do sistema de produção de café (*Coffea arabica*, L.) irrigado no cerrado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA; CBP&D Café, 2007. 1 CD-ROM.
- GUERRA, A. F. et al. Manejo da irrigação do cafeeiro, com estresse hídrico controlado, para uniformização de florada. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Boas práticas agrícolas na produção de café**. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 83-115. GUIMARÃES, P. T. G. O uso do gesso agrícola na cultura do cafeeiro. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba. **Anais...** Uberaba: IBRAFOS, 1992. p. 175-190..
- GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. H. (Ed.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 289-302.
- GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G. **Nutrição mineral do cafeeiro**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 70 p.
- HENDRICKSON, L.; CHOW, W. S.; FURBANK, R. T. *Low temperature effects on grapevine photosynthesis: the role of inorganic phosphate*. *Functional Plant Biology*, Victoria, v. 31, n. 8, p. 789-801, Aug. 2004.
- LAVIOLA, B. G. *et al.* Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em quatro altitudes de cultivo: cálcio, magnésio e enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 6, p. 1451-1462, 2007.
- LAWLOR, D. W.; CORNIC, G. *Photosynthetic carbon and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants*. *Plant, Cell and Environment*, Oxford, v. 25, n. 2, p. 275-294, Feb. 2002.
- LÓPEZ-BUCIO, J. et al. *Phosphate availability alters architecture and causes changes in hormone sensitivity in the Arabidopsis root system*. *Plant Physiology*, Bethesda, v. 129, n. 1, p. 244-256, May 2002.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 683 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

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

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro: colheitas econômicas máximas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 43 p.

MALAVOLTA, E. *et al.* **Seja o doutor do seu cafezal**. Piracicaba: Informações Agronômicas, 1993. Encarte.

MARTINEZ, H. E. P. *et al.* **Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida**. 2014.

MATIELLO, J. B.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R. **Adubos, corretivos e defensivos para a lavoura cafeeira: indicações de uso**. Varginha: Fundação PROCAFÉ, 2006. 112 p.

MESQUITA, C. M. *et.al.* **Manual do café: manejo de cafezais em produção**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. 72 p. il.

NISHIJIMA, M., SAES, M. S. M.; POSTALI, F. A. S. Análise de concorrência no mercado mundial de café verde. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 50(1):69-82, 2012.

PEREIRA, J. B. D. **Eficiência nutricional de nitrogênio e de potássio em plantas de café (*Coffea arabica* L.)**. 1999. 99 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

PREZOTTI, L. C. Fertilização do cafeeiro. *In*: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa, MG: UFV, 2001. p. 607-615

PREZOTTI, L. C.; ROCHA, A. C. Nutrição do cafeeiro arábica em função da densidade de plantas e da fertilização com NPK. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 239-251, maio/ago. 2004.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Estimulantes. *In*: RAIJ, B. van et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico; Fundação IAC, 1997. p. 91-103. (Boletim Técnico, 100).

REIS, T. H. P. et al. Estado nutricional e frações foliares de P no cafeeiro em função da adubação fosfatada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 7, p. 757-764, jul. 2013.

REIS JUNIOR, R. dos A.; MARTINEZ, H. E. P. Adição de Zn e absorção, translocação e utilização de Zn e P por cultivares de cafeeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 537-542, jul./set. 2002.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Ecofisiologia do cafeeiro. *In*: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. (Ed.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p. 119-147.

- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. H. V. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 359 p
- SANTOS, M. G. dos et al. *The role of inorganic phosphate on photosynthesis recovery of common bean after a mild water deficit*. **Plant Science**, Shannon, v. 170, n. 3, p. 659-664, Mar. 2006.
- SILVA, L. et al. Fotossíntese, relações hídricas e crescimento de cafeeiros jovens em relação à disponibilidade de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 9, p. 965-972, set. 2010.
- SOBREIRA, F. M. **Adubação do cafeeiro fertirrigado em fase de formação no Sul de Minas Gerais**. 2010. 104 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.
- SOUZA, B. P. de. **Aspectos fisiológicos e moleculares da absorção e metabolismo do nitrogênio e do déficit hídrico em café arábica**. 2015. 78 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.
- SHUBHRA, J. et al. *Influence of phosphorus application on water relations, biochemical parameters and gum content in cluster bean under water deficit*. **Biologia Plantarum**, Copenhagen, v. 48, n. 3, p. 445-448, Mar. 2004.
- STREIT, N. M. et. al. As clorofilas: revisão bibliográfica. **Ciência Rural**, versão 35, n.3, 2005.