

SAMUEL VASCONCELOS VALADARES

**PRODUÇÃO DE CAFEEIROS ADENSADOS EM RESPOSTA À
FERTILIZAÇÃO COM N, P E K**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Solos e Nutrição de Plantas, para
obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2011

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

V136p
2011

Valadares, Samuel Vasconcelos, 1987-

Produção de cafeeiros adensados em resposta à fertilização com N, P e K / Samuel Vasconcelos Valadares. – Viçosa, MG, 2011.

viii, 55f. : il. ; 29cm.

Orientador: Júlio César Lima Neves.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 50-55

1. Café - Adubos e fertilizantes. 2. Coffea arabica. 3. Café - Aspectos nutricionais. 4. Café - Nutrição - Efeito do nitrogênio. 5. Café - Nutrição - Efeito do potássio. 6. Café - Nutrição - Efeito do fósforo. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 633.738

SAMUEL VASCONCELOS VALADARES

**PRODUÇÃO DE CAFEIROS ADENSADOS EM RESPOSTA À
FERTILIZAÇÃO COM N, P E K**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Solos e Nutrição de Plantas, para
obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

APROVADA: 25 de julho de 2011.

Prof. Hermínia Emília Prieto Martinez
Coorientadora

Dr. Paulo César de Lima

Prof. Júlio César Lima Neves
Orientador

“À minha família, que alimenta e participa dos meus sonhos”.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, pela oportunidade de realização do curso.

À Heringer Fertilizantes, pelo apoio à realização do trabalho, especialmente nas pessoas do Msc. Gustavo, Sr. Sinésio e Sr. Vinícius, pela atenção e dedicação que me dispensaram.

Ao Prof. Júlio César Lima Neves, pelo exemplo, por compartilhar sua sabedoria, pela excelente orientação e pela amizade.

Ao Prof. Victor Hugo Alvarez V., pela contribuição a este trabalho, pelo exemplo, pelas aulas e pelos conselhos.

À Prof. Hermínia Emília Prieto Martinez, por participar da equipe e sempre se prontificar a ajudar.

Ao Dr. Paulo César de Lima, pelo interesse e pelas contribuições para este trabalho.

Aos Prof. Roberto Ferreira Novais e Reinaldo Bertola Cantarutti, pelo exemplo de dedicação, pelas aulas, pelas críticas e pelos conselhos.

A todos os demais professores com os quais tive contato e com quem muito aprendi.

A todos os colegas, pelos momentos agradáveis e pelo apoio.

Ao meu Irmão Rafael, pela amizade, fidelidade e confiança incondicionais.

À minha mãe Tânia, pelo amor, pelo carinho e apoio incondicionais.

SUMÁRIO

RESUMO	V
ABSTRACT	VII
1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 – ESTABILIDADE DA PRODUÇÃO DO CAFEIEIRO	5
1.2- NUTRIÇÃO DO CAFEIEIRO EM SISTEMA ADENSADO DE PLANTIO	7
2 - MATERIAL E MÉTODOS.....	9
2.1 - EXPERIMENTO 1 - FONTES E DOSES DE P EM CAFEIEIROS ADENSADOS EM PRODUÇÃO NA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS.	12
2.2 – EXPERIMENTOS COM N E K	14
2.2.1- Experimento 2 - Produtividade e estabilidade da produção de cafeeiros adensados sob diferentes doses de Nitrogênio e Potássio.....	14
2.2.2. Experimento 3 - Produtividade e estabilidade da produção de cafeeiros adensados sob diferentes combinações de doses de Nitrogênio e Potássio.....	15
2.3- ANÁLISE DE DADOS.....	16
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1 – PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO CULTIVADO NO SISTEMA DE PLANTIO ADENSADO EM RESPOSTA À ADIÇÃO DE DIFERENTES FONTES E DOSES DE P.....	17
4.2 – PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO CULTIVADO NO SISTEMA DE PLANTIO ADENSADO EM RESPOSTA A DOSES CRESCENTES DE N E K.	22
4.3 – PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO CULTIVADO NO SISTEMA DE PLANTIO ADENSADO SOB DIFERENTES COMBINAÇÕES DE NÍVEIS DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO.....	27
4.4 – BIENALIDADE DA PRODUÇÃO DO CAFEIEIRO CULTIVADO EM SISTEMA DE PLANTIO ADENSADO EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO COM N, P E K.	37
4.5- COMPARAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES OBTIDAS NO MANUAL DE RECOMENDAÇÃO E CALAGEM PARA O ESTADO DE MINAS GERAIS (5ª APROXIMAÇÃO) E PELO MODELO DE BALANÇO NUTRICIONAL DENOMINADO FERTI-UFV CAFÉ ARÁBICA.	46
5 – CONCLUSÕES.....	49
REFERÊNCIAS	50

RESUMO

VALADARES, Samuel Vasconcelos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2011. **Produção de cafeeiros adensados em resposta à fertilização com N, P e K.** Orientador: Júlio César Lima Neves. Coorientadores: Victor Hugo Alvarez V. e Hermínia Emília Prieto Martinez

Embora seja uma importante região produtora de café, a Zona da Mata de Minas Gerais é carente em informações relativas à fertilização de cafeeiros adensados. O trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a resposta de cafeeiros adensados à adubação com N, P e K, na região da Zona da Mata de Minas Gerais, no que concerne à produtividade e à estabilidade da produção, tendo em vista o aprimoramento das recomendações de adubação para esta cultura. Foram avaliados os resultados de três experimentos, todos realizados em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, no Centro de Pesquisas Cafeeiras Eloy Carlos Heringer (CEPEC), localizado no município de Martins Soares, MG. Os três experimentos foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas no tempo. No primeiro experimento, com cafeeiros da variedade Catucaí Amarelo 6/30 (6666 plantas por hectare), com três repetições, os tratamentos foram distribuídos, nas parcelas, em esquema fatorial completo [(4x3)+1], composto por quatro fontes (fosfato monoamônico, Superfosfato Simples, Fosfato Natural Reativo da Argélia e FH 550), três doses de P (100, 200, e 400 kg/ha/ano de P₂O₅) e um tratamento adicional, sem aplicação de P. As subparcelas foram compostas por quatro safras. O segundo experimento foi conduzido com cafeeiros da variedade Catucaí vermelho 44, no espaçamento de 1,5 x 0,7 m (9523 plantas / ha), com quatro repetições. Nas parcelas os tratamentos consistiram de sete doses de N e K (0, 100, 200, 300, 400, 600 kg ha⁻¹ de N e K₂O) e nas subparcelas pelas oito safras avaliadas. O terceiro experimento foi desenvolvido com cafeeiros da variedade Catucaí amarelo 6/30, no espaçamento de 2,5 x 0,6 m (6666 plantas por hectare), com três repetições. Nas parcelas os tratamentos foram distribuídos em arranjo fatorial completo (5 x 5), com cinco doses de N (0, 150, 300, 450 e 600 kg/ha/ano) e cinco doses de K (0, 150, 300, 450 e 600 kg/ha/ano de K₂O) e as subparcelas foram

constituídas pelas seis safras avaliadas. Dados de produtividade e bienalidade foram submetidos à análise de variância e de regressão. Foi também calculada a dose de máxima eficiência física (MEF) e econômica (MEE) para N, P e K. As recomendações médias referentes à MEE de cada experimento foram comparadas às obtidas por meio do Manual de Recomendações para Uso de Corretivos e Fertilizantes do Estado de Minas Gerais e do sistema de Balanço Nutricional denominado Ferti-UFV Café Arábica. Não houve resposta da produtividade da cultura à adição de P. As doses para máxima eficiência econômica da fertilização, para os anos em que houve resposta à fertilização com N e K, variaram entre 282 – 495 kg/ha de N e de 282 a 495 kg/ha de K₂O. A adubação com N, principalmente, e K reduziu o efeito do ciclo bienal de produção do cafeeiro. O sistema Ferti-UFV Café Arábica mostrou-se adequado para recomendação de N e K para cafeeiros (*Coffea arábica*) adensados na Zona da Mata de Minas Gerais, devendo, contudo, ser melhor ajustado quanto à recomendação de P.

ABSTRACT

VALADARES, Samuel Vasconcelos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2011. **Production of coffee in high density cropping systems as a function of N, P and K fertilization.** Adviser: Júlio César Lima Neves. Co-advisers: Victor Hugo Alvarez V. and Hermínia Emília Prieto Martinez

Although it is an important coffee-producing region, Zona da Mata of Minas Gerais is lacking information on the fertilization of coffee tree in high density cropping systems. The study was carried out in order to evaluate the response of adensed coffee tree plantations to N, P and K fertilizations, in the region of Zona da Mata, in Minas Gerais state, aiming to enhance fertilizer recommendations for this crop. Results of three experiments, conducted in dystrophic Oxisols, at the Carlos Eloy Heringer Coffee Research Center (CEPEC), located in Martins Soares-MG, were evaluated. The experiments were designed in randomized blocks in a split-plot scheme. In the first one, the coffee variety Yellow Catucaí 6 / 30 (6666 plants per hectare) was used. Plot treatments, in three replicates, were arranged in a full factorial design [(4x3) +1], consisting of four sources of P (monoammonium phosphate, simple superfosfate, Reactive Algerian rock phosphate and FH 550), three levels (100, 200, and 400 kg / ha / year P₂O₅) and an additional treatment without application of the nutrient. The subplots were composed of four seasons. The second experiment was conducted with the coffee variety Red Catuaí 44, spaced 1.5 x 0.7 m (9523 plants / ha) with four replications. In plots, treatments consisted of seven doses of N and K (0, 100, 200, 300, 400, 600 kg N ha⁻¹ and K₂O) and the subplots of the eight years evaluated. The third experiment was carried out with yellow Catucaí 6 / 30, spaced 2.5 x 0.6 m (6666 plants per hectare), with three replications. In the plots, the treatments were distributed in complete factorial arrangement (5 x 5) with five N (0, 150, 300, 450 and 600 kg / ha / year) and K levels (0, 150, 300, 450 and 600 kg / ha / year of K₂O) and the subplots were constituted by the six years evaluated. Data of yield and its bienniality were subjected to analysis of variance and regression. The doses of maximum physical (MEF) and economic efficiency (MEE) for N, P and K were calculated. The recommendations for medium MEE generated in each experiment were compared with those obtained through the Manual of recommendations for lime and fertilizers use of Minas Gerais State and through

the system named Ferti-UFV Arabica Coffee, based in the principle of Nutritional Balance. There was no yield response to P addition. The doses for maximum economic efficiency of fertilization, for the years in which there was response to fertilization with N and K, ranged from 282 to 495 kg / ha of N and 282 to 495 kg / ha of K₂O. Fertilization, mainly with N, reduced the biennial production cycle of the coffee trees. The system Ferti-UFV Café arábica is an adequate decision-support tool for recommending N and K to adensed coffee trees in the region of Zona da Mata of Minas Gerais, however, it should be better suited on the recommendation of P.

1 – INTRODUÇÃO

O café é uma das commodities mais comercializadas no mundo e a cafeicultura constitui-se numa das atividades agrícolas mais relevantes para o Brasil, maior produtor e exportador mundial do produto (ICO, 2011). Em 2010 as exportações brasileiras de café equivaleram a 36 % das exportações globais. Nesse mesmo ano, foram produzidas 47 milhões de sacas de café beneficiado no país e o consumo interno foi recorde, com 19,3 milhões de sacas (Conab, 2010). Por sua expressiva relevância econômica, o cafeeiro está entre as culturas perenes mais estudadas no país, com importância particular para o Estado de Minas Gerais, onde 50 % do café brasileiro é produzido (Conab, 2010). Nesse estado, a cafeicultura se caracteriza como uma das atividades econômicas mais dinâmicas, no que concerne ao volume de produção, ao montante de capital movimentado e à massa socioeconômica ocupada ao longo de sua cadeia produtiva (Pelegri e Simões, 2011).

Dentre as mesorregiões tradicionalmente produtoras de café em Minas Gerais, a Zona da Mata, inclusa na região denominada “Montanhas de Minas”, é responsável por elevada parcela da produção do estado, cerca de 21 % (Emater, 2009). Em particular, esta região é caracterizada pela topografia acidentada, com agricultura predominantemente familiar, diferente dos novos polos de cafeicultura do estado, como o polo dos cerrados, onde a mecanização dos processos produtivos e a maior extensão das áreas agrícolas facilitam a economia de escala e garantem maior competitividade dentro do setor. Apesar desse cenário, a relevância da cafeicultura para as regiões tradicionais continua marcante, especialmente para as pequenas propriedades, de agricultura familiar, onde prevalece como principal atividade econômica (INAES, 2010). Por isso, sob o ponto de vista econômico e social, é estratégico rever os processos produtivos, dentre outros aspectos associados à cadeia produtiva do café nessas regiões.

As recomendações de adubação para o cafeeiro, nas lavouras conduzidas sob maior tecnificação, são baseadas em análises de solo, na produtividade esperada e em análises de tecido vegetal, de modo a subsidiar o ajuste das adubações feitas. Diferentemente do que ocorre com outras

culturas, nas fertilizações com N, a análise foliar não é utilizada apenas para o ajuste das adubações realizadas com base na produtividade esperada, mas como critério adicional para a definição das doses a serem aplicadas (Raij, 1985; CSFEMG, 1999;). Entretanto, apesar do grande volume de informações nessa área, as recomendações de adubação são ainda, em sua maioria, realizadas por meio de tabelas, constantes em manuais de recomendação.

Indiscutivelmente as informações e os critérios adotados nas tabelas são um bom suporte técnico para recomendação de adubação, tendo sido muito importantes para a obtenção de ganhos de produtividade contínuos na cafeicultura nacional (Prezotti, 2001; Raij et al., 2006), bem como para a implementação e o desenvolvimento exitosos de polos de produção de café em áreas de cultivo não tradicionais para essa cultura, como os cerrados, que, atualmente, contribuem com 48 % do café produzido no País. Todavia, dentre outros problemas de ordem prática, essas tabelas de recomendação de adubação são criticadas por sua aplicabilidade regional, também por, apesar de considerarem a produtividade esperada para algumas culturas, como é o caso do cafeeiro, suas recomendações serem normalmente embasadas em faixas fixas de produtividade, associadas a faixas de teores de nutrientes no solo, sem uma acepção contínua (Prezotti, 2001; Oliveira et al., 2005; Santos et al., 2008; Tiftonel et al., 2008).

Para melhorar a acurácia das recomendações de correção de solo e adubação do cafeeiro, são necessários modelos mais processuais¹, que estimem com maior aproximação o requerimento nutricional da cultura e o suprimento de nutrientes pelo solo. Esses métodos devem, por exemplo, computar o aporte de nutrientes ao solo pelas culturas antecessoras ou intercalares e por meio de podas, recorrentes na cafeicultura e, principalmente, devem considerar a variação na eficiência nutricional das plantas sob diferentes condições de cultivo. Com esse propósito, o emprego de ferramentas computacionais tem permitido que modelos de simulação, para tomada de decisão de curto e longo prazo, sejam desenvolvidos, parametrizados e aplicados com sucesso no estabelecimento de boas práticas

¹ Modelos que integram conhecimentos sobre os mecanismos envolvidos na disponibilidade de nutrientes pelo solo e sua absorção pela planta.

de manejo de corretivos e fertilizantes para várias culturas (Janssen et al., 1990; Liu et al., 2006). Nessa linha, Prezotti (2001) desenvolveu um sistema, denominado “FERTICALC Café Arábica”, mais recentemente redenominado de “FERTI-UFV Café Arábica”, que se fundamenta no balanço entre o suprimento de nutrientes pelo solo e sua demanda pela cultura, para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do café, representado, de modo simplificado no fluxograma abaixo (Figura 1).

É importante registrar que, na parametrização desse sistema, o autor considera dados de eficiência nutricional da cultura, partição de biomassa e de nutrientes nos componentes das plantas de café, o aporte de nutrientes obtido por meio de podas e do resíduo de culturas antecessoras, bem como a idade do cafeeiro, o volume de solo explorado pelas raízes e o espaçamento de plantio, dentre outros fatores associados ao requerimento nutricional da cultura e ao suprimento de nutrientes pelo solo. Entretanto, em virtude da escassez de algumas informações para essa cultura, simplificações foram realizadas no desenvolvimento do sistema. Como exemplo, pode-se citar a estimativa da recuperação de nutrientes pelo cafeeiro, que é formulada no modelo por meio do relacionamento da demanda nutricional das plantas, obtida com base em dados de literatura, com as recomendações estabelecidas nas tabelas, considerando-se empiricamente uma redução de 20% no valor obtido para lavouras com baixa densidade populacional (1000 plantas/ha) e aumento da mesma ordem para as de alta densidade (10000 plantas/ha). Isto é indicativo da necessidade de avaliação das recomendações de fertilizantes obtidas por meio do modelo, notadamente para cafeeiros adensados, para os quais as informações são mais escassas.

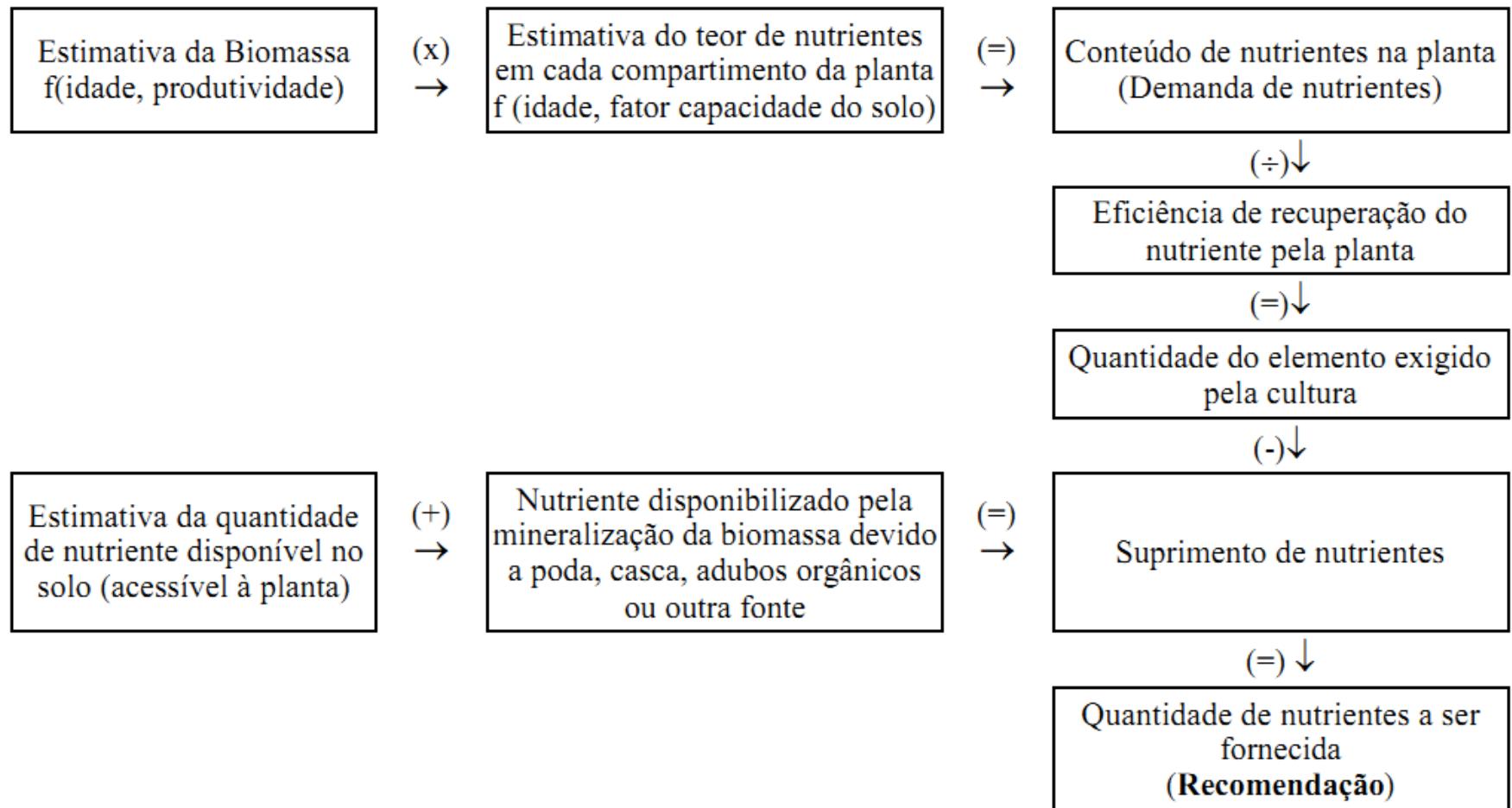


Figura 1 – Fluxograma representativo do sistema Ferti-UFV Café Arábica (extraído de Prezotti, 2001)

1.1 – Estabilidade da produção do cafeeiro

O antagonismo entre o crescimento vegetativo e o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos do cafeeiro sugere que a bienalidade da produção, característica desta cultura, esteja associada à evolução desta planta em ambientes sombreados (Da Matta et al., 2007; Chaves, 2009).

A radiação solar estimula a emissão de gemas reprodutivas nos ramos das plantas de café, em detrimento das gemas vegetativas (Da Matta e Rena, 2002). Por isso, nas condições naturais de origem do cafeeiro a emissão floral é menor que em pleno sol, o que está associado à estabilidade da produção nestes ambientes e à capacidade limitada desta planta, quando cultivada sob maior luminosidade, de adequar o dreno preferencial dos frutos, por meio de sua abscisão, à disponibilidade de carboidratos e minerais para seu desenvolvimento vegetativo (Cannell, 1985). Isto implica que sob maior luminosidade a produção de frutos é antagônica com o desenvolvimento dos órgãos produtivos e que o forte dreno do endosperma causa exaustão das reservas da planta.

Além de boa parte dos nutrientes minerais que a planta absorve serem direcionados para os frutos do cafeeiro (Cannell, 1985), durante o período reprodutivo a absorção de nutrientes é reduzida (Lima Filho e Malavolta, 2003), em razão do menor suprimento de carboidratos para o sistema radicular. Isso prejudica o desenvolvimento vegetativo da cultura, e como consequência a produção no ano seguinte (Da Matta e Rena, 2002; Rena e Carvalho, 2003; Chaves, 2009). Destaca-se, portanto, o papel da nutrição na estabilidade da produção do cafeeiro.

Com o objetivo de mitigar o efeito do ciclo produtivo bienal da cultura do café, estudos foram desenvolvidos com manejo da irrigação, de podas, da colheita, dos espaçamentos de plantio e da nutrição das plantas. Entretanto, embora comprovadamente estas práticas proporcionem aumento de produtividade, os resultados apresentados quanto à bienalidade da produção são contrastantes (Bartholo et al., 1998; Matiello, 2002; Faria e Siqueira, 2005; Silva et al., 2008).

Além dos efeitos compensatórios, associados à influência de diversos fatores ambientais no crescimento vegetativo e na produtividade do cafeeiro, que dificultam o entendimento do ciclo bienal da cultura, na maioria dos estudos, o cálculo do efeito da bienalidade é realizado pela diferença absoluta entre o ano de alta e o ano de baixa produtividade ou pela diferença entre a média dos anos de alta e baixa produtividade, conforme sugeriu Stevens (1949). Assim, práticas que proporcionam maior estabilidade da produção e que também proporcionam maior produtividade, como é o caso da nutrição mineral, têm seu efeito de estabilidade anulado pela maior produtividade, dado o cálculo pelo valor absoluto. Isso sugere que o efeito da bienalidade deveria ser calculado de forma relativa, como uma proporção do ano de alta produtividade ou da média dos anos de alta e baixa produtividade. Contudo, apesar dos resultados inconsistentes, é consensual que fatores diversos, bióticos e abióticos, que acentuam o depauperamento da planta, contribuem para aumentar a bienalidade da produção do cafeeiro e que a adequada nutrição é fundamental para a maior estabilização da produção ao longo das safras (Zambolim, 2007).

1.2- Nutrição do cafeeiro em sistema adensado de plantio

O adensamento de plantio é uma das práticas culturais que proporcionam maiores impactos econômicos na cafeicultura, não apenas por aumentar a produtividade de grãos, notadamente nos primeiros anos, mas por alterar, de modo sistemático, o manejo das lavouras (Pereira et al., 2011). Esse sistema, caracterizado por densidades populacionais entre 5000 a 10000 plantas/ha, apresenta maior custo de implantação e maiores dificuldades operacionais no manejo da lavoura. Entretanto, possibilita melhorar a eficiência de uso da terra, bem como antecipar o retorno do capital investido, o que é vantajoso, sobretudo em áreas montanhosas, de difícil mecanização.

Mesmo em plantios não adensados, as respostas do cafeeiro à adubação são muito variáveis e o adensamento pode intensificar estas inconsistências (Prezotti & Rocha, 2004). Nesse sentido, Augusto et al. (2007) verificaram que a redução do espaçamento entre plantas evidenciou diferenças entre cultivares tanto na absorção quanto na translocação de nutrientes. Braccini et al. (2005) encontraram respostas variáveis à fertilização com N, P e K, como variável da densidade de plantas. Pavan et al. (1994), na avaliação de 12 safras de duas cultivares de *Coffea arabica*, obtiveram maiores respostas à adubação em lavouras plantadas em espaçamentos mais largos e altas produtividades em sistemas adensados de plantio com menores doses de fertilizantes. Prezotti e Rocha (2004) reportaram aumento progressivo da intensidade de resposta ao N, ao P e à interação NK com o adensamento da cultura, e observaram também menores respostas à aplicação de K com o adensamento. Por sua vez, Gallo et al. (1999) reportaram que a adubação nitrogenada em cafeeiro adensado pode reduzir a produção, quando há excesso de sombreamento.

As alterações fisiológicas e morfológicas, dadas pela maior competição entre plantas com o aumento da densidade de plantio, estão associadas à diminuição da produção por planta e ao aumento da produção por área, tanto no que se refere ao crescimento vegetativo quanto à produção de frutos. Associam-se ainda o melhor aproveitamento da radiação solar e maior

eficiência de recuperação dos nutrientes, ocasionados principalmente pelas maiores superfície foliar e densidade radicular, bem como o sombreamento que uma planta exerce sobre a outra, que proporciona menor emissão de gemas reprodutivas em detrimento das vegetativas (Da Mata e Rena, 2002; Prezotti e Rocha, 2004). Tais constatações sugerem que com a redução do espaçamento as exigências nutricionais não crescem proporcionalmente ao aumento da população de plantas e que a extrapolação das doses aplicadas por cova em plantios não adensados para o sistema adensado normalmente resulta em aplicação de quantidades superestimadas de fertilizantes (Miguel et al., 1983; Gallo et al., 1999; Augusto et al., 2007).

Pesquisas têm sido desenvolvidas para avaliar a resposta de cafeeiros adensados à adubação com N, P e K em regiões produtoras (Pavan et al., 1994; Prezotti e Rocha, 2004; Figueiredo et al., 2006; Bragança et al., 2009). Entretanto, grande economia de recursos e tempo seria conseguida com a adoção de modelos de recomendação de fertilização com base mais processual, como é o caso do FERTI-UFV Café Arábica, bem como maior acurácia das fertilizações, dada a possibilidade de calibração desse modelo para as condições específicas das lavouras comerciais, quanto a material genético, população de plantas, sistema de condução e manejo cultural.

Embora seja importante região produtora de café, a região da Zona da Mata de Minas Gerais é carente em informações relativas à fertilização de cafeeiros adensados. Por isso, são muito adequados para esta região estudos que avaliem a resposta à adubação dos cafeeiros cultivados nesse sistema e que estas informações sejam incorporadas em modelos para recomendação de adubação.

Constituem objetivos deste trabalho: avaliar a resposta de cafeeiros adensados em fase de produção, na região da Zona da Mata de Minas Gerais, à adubação com N, P e K no que se refere à produtividade e sua bienalidade e comparar as simulações realizadas no modelo “Fert-UFV Café Arábica” com resultados de experimentos de campo com N, P e K, para futuros aprimoramentos do sistema.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

Foram desenvolvidos três experimentos de campo no Centro de Pesquisas Cafeeiras Eloy Carlos Heringer (CEPEC), localizado no município de Martins Soares, MG a 740 m de altitude. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é mesotérmico com verões úmidos (Cwa). Os dados climáticos médios referentes ao período de condução dos experimentos são apresentados nas tabelas 1 e 2.

Nos três experimentos, o plantio foi realizado em covas de 40 x 40 x 20 cm. As amostras de solo foram coletadas de acordo com o método proposto por CSFEMG (1999), anualmente no mês de setembro, em parcelas representativas de cada tratamento. A análise química do solo foi realizada de acordo com EMBRAPA (1997) e as adubações de plantio e formação dos cafeeiros foram baseadas nas recomendações da CFSEMG (1999). Quanto à análise foliar, a amostragem foi realizada em alguns anos agrícolas, indicados a seguir para cada experimento, quando os frutos estavam na fase de chumbinho, no 3º e 4º pares de folhas, a partir do ápice do ramo, à meia altura das plantas, totalizando 30 folhas por tratamento (Malavolta et al., 1997). Na safra 2010/2011 as amostras foram colhidas também ao fim da colheita. Nas folhas assim coletadas foram determinados os teores de N, P e K.

A bienalidade da produção foi avaliada, em cada parcela experimental, em diferentes abordagens: 1) primeiramente, foram calculados os coeficientes de variação dos dados de produtividade em nível de parcela, de modo a se ter idéia da variabilidade média entre anos consecutivos; 2) foi avaliada a bienalidade entre anos consecutivos, utilizando-se as seguintes equações: Bienalidade A (%) = $[(Pa - Pb)/Pa] \times 100$, em que Pa = produtividade no ano de alta e Pb = produtividade no ano de baixa, tendo portanto como referência a condição de alta produtividade; Bienalidade B (%) = $[(Pa - Pb)/Pb] \times 100$, em que Pa = produtividade no ano de alta e, Pb = produtividade no ano de baixa, tendo portanto como referência a condição de baixa produtividade. Com base na comparação da Bienalidade A com a Bienalidade B, foi investigada a existência de uma histerese entre as mesmas.

Tabela 1 - Precipitação mensal no período compreendido entre Janeiro de 1994 e maio de 2011, obtida na estação climatológica do Centro de Pesquisas Cafeeiras Carlos Eloy Heringer, Município de Martins Soares – MG.

Ano/Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1994	365.0	42.0	322.0	153.0	77.0	25.0	9.0	4.0	0.0	46.0	227.0	321.0	1591.0
1995	79.0	200.0	139.0	70.0	78.0	0.0	6.0	2.0	0.0	127.0	333.0	535.0	1569.0
1996	268.0	23.0	80.0	95.0	20.0	14.0	0.0	13.0	137.0	230.5	362.0	390.0	1632.5
1997	440.0	160.0	258.0	20.5	33.5	29.0	0.0	14.0	82.0	118.0	200.0	208.0	1563.0
1998	246.5	226.0	62.5	53.0	32.5	3.0	0.0	68.5	4.5	156.5	253.0	411.0	1517.0
1999	170.5	68.0	246.0	98.5	5.0	8.0	2.0	15.0	25.5	165.0	359.5	317.5	1480.5
2000	366.5	108.0	246.0	22.5	4.0	32.0	2.5	59.5	49.5	142.0	235.5	395.0	1663.0
2001	265.0	59.0	135.5	31.0	62.5	33.0	2.5	4.5	84.0	101.5	363.0	449.5	1591.0
2002	431.0	195.0	42.3	7.4	56.6	6.6	10.4	23.4	142.6	96.6	297.2	351.5	1660.6
2003	554.0	66.5	117.0	40.0	4.0	0.0	0.6	59.0	33.0	46.0	83.0	351.5	1354.6
2004	470.6	339.4	159.5	116.2	38.6	26.2	34.0	3.8	14.8	60.8	149.2	630.6	2043.7
2005	298.6	220.4	324.4	65.0	67.6	77.6	8.2	12.0	168.4	59.3	353.5	278.2	1933.2
2006	7.0	131.0	256.4	121.8	31.0	8.0	13.8	10.2	57.2	198.4	263.5	551.7	1650.0
2007	380.2	189.6	63.4	86.2	21.2	8.8	4.2	8.2	16.8	145.0	119.0	244.0	1286.6
2008	192.5	116.6	110.0	205.0	1.6	5.2	11.2	12.2	75.4	43.6	297.0	444.6	1514.9
2009	329.8	147.4	203.4	204.8	31.8	67.2	10.0	13.4	90.5	160.8	146.0	508.0	1913.1
2010	37.0	66.0	141.0	51.5	45.0	0.0	29.0	1.0	10.0	109.5	414.0	435.5	1339.5
2011	137.5	122.0	432.5	120.5	14.0	-	-	-	-	-	-	-	826.5
Média 1994-2010	279.9	137.8	185.5	86.8	34.7	20.2	8.4	19.0	58.3	118.0	262.1	401.3	1606.1

Tabela 2 - Temperatura média mensal no período compreendido entre Janeiro de 1994 e maio de 2011, obtida na estação climatológica do Centro de Pesquisas Cafeeiras Carlos Eloy Heringer, Município de Martins Soares – MG.

Ano/Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1994	*	*	*	22.0	19.8	17.5	18.0	18.2	21.4	22.7	23.4	22.7	20.6
1995	26.0	23.4	23.0	20.7	20.1	17.6	18.7	20.2	21.3	22.9	21.3	22.1	21.4
1996	25.9	27.3	27.4	23.9	20.4	19.7	18.3	18.5	21.2	22.5	22.0	24.4	22.6
1997	25.1	25.0	22.6	23.0	19.7	18.4	19.2	19.2	20.9	23.1	25.5	23.6	22.1
1998	26.0	26.7	25.6	23.7	21.0	18.2	18.6	20.2	22.5	21.4	21.5	24.9	22.5
1999	25.8	25.2	24.7	24.1	19.6	19.2	20.1	18.2	20.9	20.4	20.9	24.1	21.9
2000	24.3	24.1	23.3	21.5	19.3	18.6	17.1	17.5	19.9	23.7	21.5	24.0	21.2
2001	25.0	25.8	24.4	23.3	19.0	18.2	18.0	18.3	19.2	21.2	23.0	23.2	21.5
2002	25.8	23.3	24.7	21.5	19.5	18.7	18.2	19.1	19.1	21.6	21.6	23.4	21.4
2003	24.4	25.5	24.2	21.9	18.6	18.5	17.9	18.5	20.6	22.0	22.6	22.5	21.4
2004	21.8	22.1	23.1	20.7	19.0	16.8	16.0	15.9	20.0	21.3	22.0	22.0	20.1
2005	22.6	22.0	22.2	21.5	19.1	17.6	16.6	18.9	19.4	22.3	20.8	21.1	20.3
2006	22.8	24.4	22.6	20.9	18.2	16.6	16.9	18.9	18.8	20.4	20.4	21.7	20.2
2007	22.1	22.3	22.6	21.3	18.0	17.3	17.5	17.9	19.0	21.5	22.2	22.7	20.4
2008	21.5	22.7	23.1	22.1	17.9	17.5	16.2	18.8	18.7	21.6	21.0	21.6	20.2
2009	22.5	22.8	23.1	21.0	19.1	17.7	17.9	18.4	21.0	21.6	22.3	*	20.7
2010	*	*	*	*	20.1	17.7	19.2	17.7	20.6	21.9	22.7	24.7	20.6
2011	24.8	25.1	24.0	22.9	19.8	-	-	-	-	-	-	-	23.3
Média 1994 - 2010	24.1	24.2	23.8	22.1	19.3	18.0	17.9	18.5	20.2	21.8	22.0	23.1	21.1

*dados indisponíveis

2.1 - Experimento 1 - Fontes e doses de P em cafeeiros adensados em produção na Zona da Mata de Minas Gerais.

O experimento, com cafeeiros da variedade Catucaí Amarelo 6/30, foi implantado em Novembro de 2003, em área de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (características químicas apresentadas na tabela 3), no espaçamento de 2,5 x 0,6 (densidade populacional de 6666 plantas por hectare), conduzido em esquema de parcelas subdivididas no tempo, no delineamento de blocos casualizados, com três repetições.

Tabela 3 – Características químicas do solo utilizado no experimento.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	MO	P-rem
-- H2O --	-- mg dm ⁻³ --		-----	cmol dm ⁻³ -----			-- dag kg ⁻¹ --	-- mg L ⁻¹ --
4.57	1.9	84	0.79	0.27	0.6	3.38	1.9	34.7

Nas parcelas, os tratamentos foram dispostos no esquema fatorial completo, com tratamento adicional [(4x3)+1], composto por quatro fontes (fosfato monoamônico - MAP, Superfosfato Simples – SS, Fosfato Natural Reativo da Argélia – F.R.A e FH 550) e três doses de P (100, 200, e 400 kg/ha/ano de P₂O₅) e um tratamento adicional, sem aplicação de P. A composição das fontes de P utilizadas é apresentada na tabela 4. As subparcelas foram constituídas pelas safras avaliadas. A unidade experimental foi formada por três linhas de 10 plantas, onde foram avaliadas as oito plantas centrais.

As doses foram definidas com base no teor de P₂O₅ total e aplicadas sem parcelamento, anualmente, no mês de outubro, por cobertura sobre a superfície do solo.

Foram avaliados os dados de produtividade obtidos nos seguintes anos agrícolas: 2007/2008, 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011. Foram também avaliados dados das diferentes variáveis que expressam a bienalidade de produção (conforme anteriormente exposto), e dados de análise química de tecido foliar, referentes ao ano agrícola de 2010/2011.

Tabela 4 – Composição das fontes de P utilizadas no experimento.

Fontes de P	M.A.P.	S.S.	F.N.R.	FH550
	----- % -----			
P ₂ O ₅ total	48	18	29	30
P ₂ O ₅ sol. em ácido cítrico a 2 %	-	-	9	11
N	9	-	-	-
Ca	-	18	12	33
S	-	12	-	-

2.2 – Experimentos com N e K

2.2.1- Experimento 2 - Produtividade e estabilidade da produção de cafeeiros adensados sob diferentes doses de Nitrogênio e Potássio.

O experimento foi implantado em Dezembro 1993, com cafeeiros da variedade Catuaí vermelho 44, em área de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (características químicas apresentadas na tabela 4), no espaçamento de 1,5 x 0,7 m (9523 plantas/ha) e finalizado na safra 2008/2009.

O ensaio foi conduzido em esquema de parcelas subdivididas no tempo, no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Nas parcelas os tratamentos consistiram de sete doses de N e K (0, 200, 400, 600, 800, 1000 e 1200 kg/ha de N + K₂O na proporção 1:1) e as subparcelas foram constituídas pelas safras avaliadas. A unidade experimental foi constituída por três linhas de nove plantas, em uma área de 793,8 m², e a parcela útil composta pelas sete plantas centrais. As adubações com N e K, tendo como fonte a formulação 20-00-20, foram parceladas em três aplicações anuais, cada uma equivalente a 1/3 da dose total, realizadas nos meses de outubro, dezembro e março.

Foram avaliados os dados de produtividade obtidos nos seguintes anos agrícolas: 2001/2002, 2002/2003, 2003/2004, 2004/2005, 2005/2006, 2006/2007, 2007/2008, 2008/2009. Foram também avaliados dados das diferentes variáveis que expressam a bienalidade de produção (conforme anteriormente exposto).

Tabela 5 – Características químicas do solo utilizado no experimento.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	MO	P-rem
-- H ₂ O --	-- mg dm ⁻³ --		-----	cmol dm ⁻³	-----		-- dag kg ⁻¹ --	-- mg L ⁻¹ --
6,0	8,1	24	4,6	1,3	0.0	5,3	3,6	23,6

2.2.2. Experimento 3 - Produtividade e estabilidade da produção de cafeeiros adensados sob diferentes combinações de doses de Nitrogênio e Potássio.

De modo a determinar os efeitos isolados de N e de K, bem como avaliar a existência de interação entre esses dois fatores, instalou-se experimento em novembro de 2003, com cafeeiros da variedade Catucaí amarelo 6/30, em área de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (características químicas apresentadas na tabela 6), no espaçamento de 2,5 x 0,6 m (densidade populacional de 6666 plantas por hectare).

O experimento foi estabelecido em esquema de parcelas subdivididas no tempo, no delineamento de blocos casualizados, com três repetições. Nas parcelas os tratamentos foram distribuídos em arranjo fatorial completo (5 x 5), com cinco doses de N (0, 150, 300, 450 e 600 kg/ha/ano) e cinco doses de K (0, 150, 300, 450 e 600 kg/ha/ano de K₂O), totalizando 75 parcelas experimentais em uma área de 2400m². As subparcelas consistiram das safras avaliadas. Cada unidade experimental foi constituída por três linhas de sete plantas, e a parcela útil foi composta pelas cinco plantas centrais.

As doses de N, na forma de uréia, e K, na forma de KCl, foram parceladas em três aplicações anuais, cada uma equivalente a 1/3 da dose total, nos meses de outubro, dezembro e março.

Foram analisados os dados de produtividade obtidos ao longo de seis safras, correspondentes aos anos agrícolas de: 2005/2006, 2006/2007, 2007/2008, 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011. Foram também avaliados dados das diferentes variáveis que expressam a bialidade de produção (conforme anteriormente exposto), e dados de análise química de tecido foliar, referentes às safras 2006/2007, 2009/2010 e 2010/2011.

Tabela 6 – Características químicas do solo utilizado no experimento.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	MO	P-rem
-- H ₂ O --	-- mg dm ⁻³ --		-----	cmol dm ⁻³ -----			-- dag kg ⁻¹ --	-- mg L ⁻¹ --
4.7	4.3	132	0.5	0.2	0.9	5.94	3.69	18.1

2.3- Análise de dados

Os dados de produtividade, bienalidade e teor foliar de N, P e K, foram submetidos à análise de variância e de regressão. Foi calculada a dose para obtenção da produtividade máxima e de máxima eficiência econômica para N, P e K, igualando-se a derivada primeira da função de produtividade, determinada por meio da equação de regressão, à zero e à relação de preços dos fertilizantes utilizados e da saca de café beneficiado, respectivamente. Para tanto, foram considerados os preços médios dos fertilizantes e da saca de café beneficiado, vigentes nos últimos cinco anos (Tabela 7).

Tabela 7 – Histórico dos preços médios pagos pela saca de café beneficiado e pelos fertilizantes nos últimos cinco anos.

Ano	¹ Preço da saca de café -- R\$ saca ⁻¹ --	² Preço médio - K ₂ O ----- R\$ kg ⁻¹ -----	² Preço médio - N ----- R\$ kg ⁻¹ -----	Rel.de Preços - K ₂ O -----R\$ kg ⁻¹ / R\$ sc ⁻¹ -----	Rel. de Preços - N ----- R\$ kg ⁻¹ / R\$ sc ⁻¹ -----
2007	252.2	1.19	2.30	0.005	0.009
2008	260.1	2.16	2.85	0.008	0.011
2009	262.9	2.51	2.1	0.010	0.008
2010	311.0	1.80	2.2	0.006	0.007
2011	503.6	2.06	2.50	0.004	0.005
média	318.0	1.94	2.39	0.006	0.008

¹ Fonte: Cepea/Esalq, 2011 (cotação de preços da saca de café beneficiado); ²Conab (histórico de preços dos fertilizantes).

As recomendações de adubação obtidas nos experimentos foram comparadas às recomendações geradas por meio do sistema “FERTI-UFV Café Arábica” e pelo Manual de recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Para tanto, o sistema foi abastecido com os dados de análise de solo, idade, população de plantas e produtividade média na dose para máxima eficiência econômica, obtidos dos experimentos, considerando-se a profundidade efetiva do sistema radicular equivalente a 30cm. As recomendações geradas por meio da 5ª aproximação foram obtidas com os dados de produtividade, na dose equivalente à máxima eficiência econômica, e de análise de solo dos experimentos.

4 - Resultados e Discussão

4.1 – Produtividade do cafeeiro cultivado no sistema de plantio adensado em resposta à adição de diferentes fontes e doses de P.

Na figura 2 são apresentados os gráficos e suas respectivas equações de regressão que relacionam o teor médio de P no solo com as doses de P_2O_5 aplicadas, indicando que houve aumento da disponibilidade do nutriente com a aplicação dos tratamentos. Os maiores teores apresentados nos tratamentos com fontes de menor solubilidade devem estar associados à solubilização de formas indisponíveis de P ligado a cálcio pelo extrator utilizado (Mehlich-1).

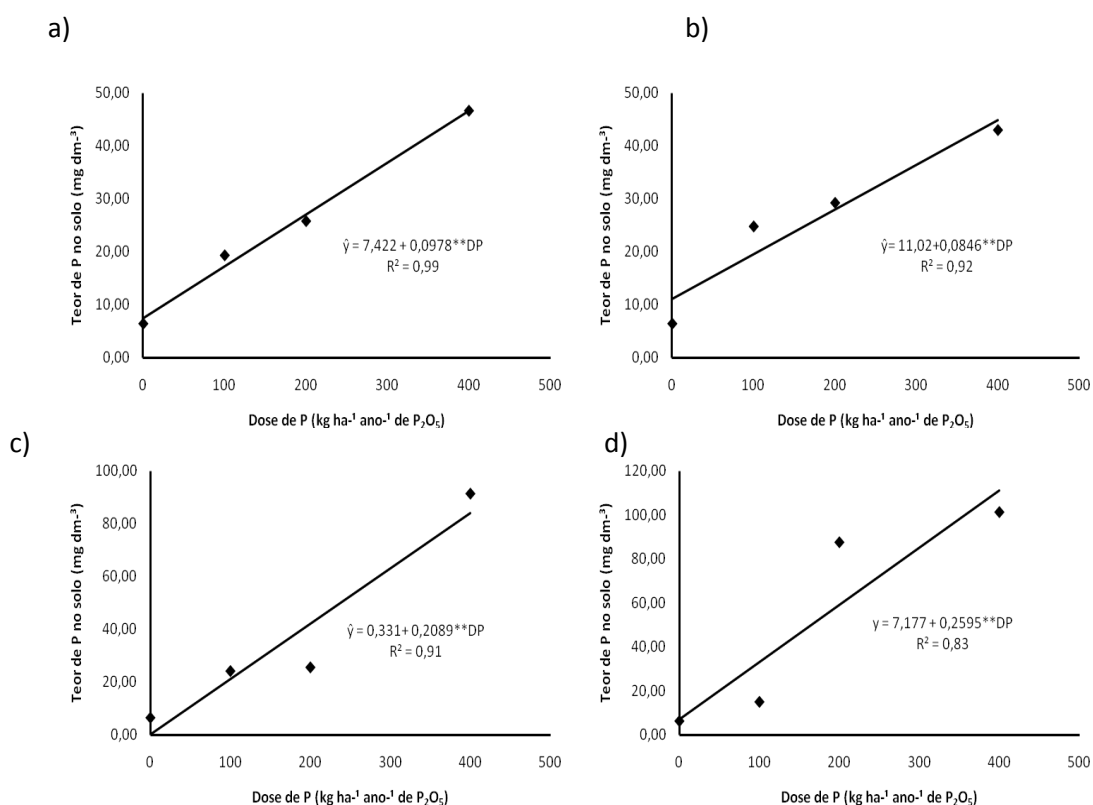


FIGURA 2 – Teor de P no solo (P-Mehlich), coletado sob a saia do cafeeiro no mês de setembro dos anos de 2008 e 2009, como função das doses de P_2O_5 , aplicadas sob as formas de Superfosfato Simples (a), Fosfato Monoamônico (b), FH550 (c) e Fosfato Natural Reativo da Argélia (d)

Embora fossem baixos os teores de P do solo utilizado no experimento (média de 6,43 mg dm⁻³ de P-Mehlich, com P-remanescente médio de 25,7 mg L⁻¹, na camada de 0 a 20 cm, no tratamento testemunha) e a adição de fósforo tenha promovido aumento do status desse nutrientes nas plantas (figura 3), para nenhuma das fontes utilizadas, tanto na avaliação da média das quatro safras estudadas quanto no desdobramento dos efeitos das fontes e doses de P, dentro de cada safra, não houve efeito da adição desse nutriente sobre a produtividade dos cafeeiros, sob cultivo adensado, avaliados nesse estudo (Tabela 8 e Tabela 9). Soma-se a isso as elevadas produtividades obtidas (produtividade média das quatro safras equivalente a 64 sacas de café beneficiado por hectare, 2,7 vezes maior que a média da Zona da Mata de Minas Gerais), um forte indicativo de que o P não foi limitante à produção de frutos nas condições desse estudo.

Apesar de alguns trabalhos reportarem influencia da adubação fosfatada na produtividade do cafeeiro, conforme observaram Gallo et al. (1999), trabalhando com cafeeiros adensados no estado de São Paulo, Prezotti e Rocha (2004), no estado do Espírito Santo e Reis et al. (2011), estudando a resposta de cafeeiros irrigados à adubação com P no Distrito Federal, em geral, não são esperadas respostas de plantas lenhosas, na fase adulta, ao fornecimento desse nutriente (Novais et al., 1982), o que corrobora os resultados obtidos nesse estudo e nos trabalhos de Figueiredo et al. (2006), no Sul de Minas Gerais.

Tal qual a maioria das plantas o P é um dos macronutrientes menos acumulados pelo cafeeiro (Correa et al., 1986). Assim, quando ocorrem, as respostas dessa planta à adubação fosfatada se devem à baixa disponibilidade desse elemento no solo, muito comum em condições tropicais, e à maior ou menor eficiência de absorção e/ou de utilização deste nutriente pela planta, regulada por fatores genéticos e ambientais. Apesar da complexidade desses relacionamentos, normalmente os níveis críticos de P no solo diminuem com a idade da planta (Novais et al., 1982), fato que é atribuído à baixa mobilidade desse nutriente no solo, que torna sua aquisição muito dependente do desenvolvimento radicular da planta. Desse modo, à medida que aumenta a eficiência de aquisição e utilização do nutriente pela planta, associada ao aumento da área superficial de raízes, ao aumento das associações

micorrízicas ao longo do tempo e às alterações em seu metabolismo, que, em essência, estão ligadas e à intensificação da ciclagem bioquímica e biogeoquímica do nutriente (Thinker e Nye, 2000), o nível crítico de P diminui. Ou seja, a tendência é que a planta exija menos P, em termos relativos, à medida que se desenvolve.

A propósito os resultados obtidos suscitam dúvidas quanto à utilização de níveis críticos no solo, obtidos em lavouras de café não adensadas, para cafeeiros em fase de produção cultivados sob adensamento. Esta hipótese corrobora o trabalho de Prezotti e Rocha (2004), que encontraram teores foliares mais elevados de P e K em plantas cultivadas em sistema adensado comparativamente ao convencional. Esses autores atribuíram seus resultados à maior umidade do solo, obtida com a redução do espaçamento entre as plantas, que facilita o transporte desses nutrientes e também sugeriram que possivelmente seja necessário considerar a população de plantas na definição dos níveis críticos de alguns nutrientes no solo. Outro ponto que deve ser considerado é o aumento da densidade e profundidade do sistema radicular das plantas, que está associado à maior eficiência de absorção de nutrientes pela cultura nesse sistema, notadamente os de menor mobilidade, como o P, transportados no solo, em condições naturais, predominantemente por difusão.

Os resultados indicam a necessidade do estabelecimento de critérios mais adequados para recomendação de P para cafeeiros adensados, conforme será proposto mais adiante no item 4.5 desse trabalho.

TABELA 8 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação dos dados de produtividade de café como variável dependente de diferentes combinações de fontes e doses de P ao longo de quatro safras agrícolas.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Bloco	2	187.9
Tratamentos	12	102.4
Resíduo A	24	404.3
Safra	3	25109.8**
Resíduo B	6	1101.6
Tratamentos x Safra	36	547.8
Erro C	72	528.4
Total	155	
CV A (%)	31.37	
CV B (%)	51.78	
CV C (%)	35.86	

** significativo pelo teste F ($P \leq 0,01$)

TABELA 9 - Equações de regressão da produtividade de café (\hat{y} , sc ha⁻¹), como variável dependente de diferentes fontes e doses de P (kg de N e K₂O ha⁻¹), ao longo de quatro safras agrícolas no município de Martins Soares - MG.

Safra	Equação
2007/2008	$\hat{y} = \bar{y} = 82,4$
2008/2009	$\hat{y} = \bar{y} = 72,6$
2009/2010	$\hat{y} = \bar{y} = 26,3$
2010/2011	$\hat{y} = \bar{y} = 74,4$

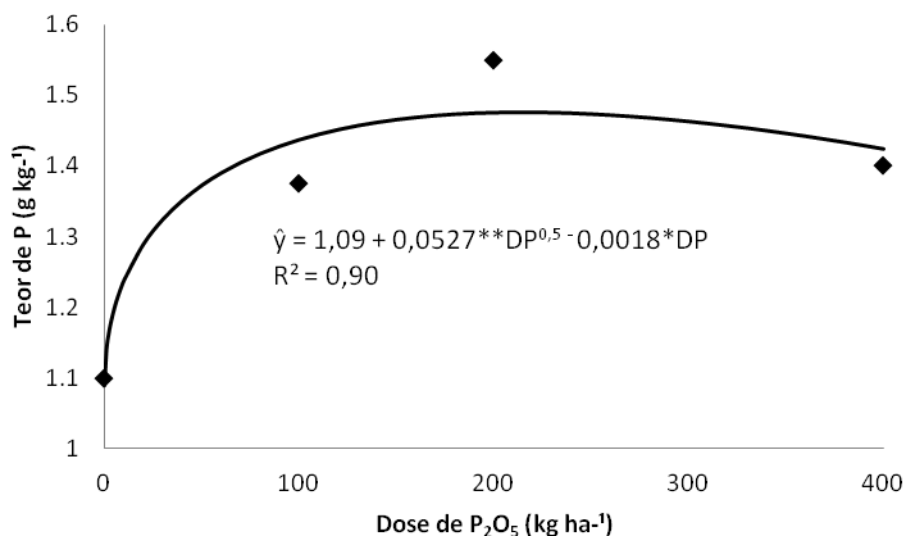


FIGURA 3 – Teor foliar médio de P em função das doses de P₂O₅ aplicadas para as quatro fontes de P utilizadas na safra de 2011.

4.2 – Produtividade do cafeeiro cultivado no sistema de plantio adensado em resposta a doses crescentes de N e K.

Os resumos das análises de variância são apresentados nas tabelas 10 (produtividade média) e 11 (produtividade em cada ano agrícola, ao longo de 8 safras). As equações que descrevem o aumento do teor de K no solo e o incremento da produtividade do cafeeiro em função dos tratamentos são apresentadas nas tabelas 12 e 13, respectivamente. As doses recomendadas para obtenção da máxima eficiência econômica, considerando o cenário médio de relações de preços dos fertilizantes e da saca de café beneficiado, dos últimos cinco anos, são apresentadas na Tabela 14.

TABELA 10 - Resumo da análise de variância e coeficiente de variação da variável “produtividade média” em resposta à adubação com N e K ao longo de 14 safras agrícolas.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Bloco	3	7.81
Doses de N+K	5	1317.00**
Erro	15	16.60
Total	23	
CV (%)	8,86	

** significativo pelo teste F ($P \leq 0,01$)

TABELA 11 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação dos dados de produtividade de café em resposta à adubação com N e K ao longo de oito safras agrícolas.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Bloco	3	17,4
Doses de N+K	5	13074,0**
Resíduo A	15	214,0
Safra	7	11838,7**
Resíduo B	21	131,0
Doses de N+K x Safra	35	729,4**
Erro C	105	218,9
Total	191	
CV A (%)	32,3	
CV B (%)	25,3	
CV C (%)	32,7	

** significativo pelo teste F ($P \leq 0,01$)

TABELA 12 - Equações de regressão referentes ao teor de K no solo (mg dm⁻³), como variável dependente das doses de K (kg K₂O ha⁻¹), ao longo de 8 safras agrícolas.

Safra	Equação	R ²
set/2002	$\hat{y} = 23,07 + 0,4028^{**}DK$	0,92
set/2003	$\hat{y} = 45,38 + 0,5504^{**}DK$	0,86
set/2004	$\hat{y} = 91,5 + 0,14^{\circ}DK$	0,51
set/2005	$\hat{y} = 82,86 + 0,3293^{**}DK$	0,90
set/2006	$\hat{y} = 28,35 + 0,3443^{**}DK$	0,97
set/2007	$\hat{y} = 50,81 + 0,1175^{**}DK$	0,54
Set/2008	$\hat{y} = 68,25 + 0,2458^{**}DK$	0,89
set/2009	$\hat{y} = 61,97 + 0,2688^{**}DK$	0,95

** significativo pelo teste F ($P < 0,01$); * significativo pelo teste F ($P < 0,05$); ° significativo pelo teste F ($P < 0,10$)

À exceção da safra 2003/2004, incrementos de produtividade foram obtidos com a adição de N e K em todas as safras, bem como na média das oito safras avaliadas (Tabela 12). As doses para obtenção da produtividade máxima e da máxima eficiência econômica da produção, considerando um cenário médio de relação de preços dos fertilizantes e da saca de café beneficiado, variaram, para os tratamentos onde houve resposta à fertilização, de 308 a 488 e 312 a 490 kg ha⁻¹ para N e K₂O, respectivamente. As produtividades obtidas na dose de máxima eficiência econômica, considerando o mesmo cenário anteriormente descrito, variaram de 37 a 102 sc ha⁻¹ de café beneficiado (Tabela 14). A produtividade média, obtida ao longo das oito safras, na dose de máxima eficiência econômica, incluindo-se a safra 2003/2004, para a qual não houve resposta à fertilização com N e K (doses p/MEE = 0), foi de 63 sc ha⁻¹ de café beneficiado, equivalente a 2,6 vezes a produtividade média obtida na região da Zona da Mata de Minas Gerais.

TABELA 13 - Equações de regressão referentes à produtividade de café (\hat{y} , sc ha⁻¹), como variável dependente das doses de N e K (kg de N e K₂O ha⁻¹) e doses (x) associadas à Máxima Eficiência Física – MEF (\hat{y} max)., ao longo de 8 safras agrícolas.

Safra	Equação	R ²	x p/ \hat{y} Max	\hat{y} max
2002/2003	$\hat{y} = 17,79 + 5,367^{**} \text{DNK}^{0,5} - 0,071\text{DNK}$	0,95	498,08	106,6
2003/2004	$\hat{y} = \bar{y} = 14,07$		0	14,07
2004/2005	$\hat{y} = 6,84 + 0,2931^{**}\text{DNK} - 0,0003^{**}\text{DNK}^2$	0,96	488,5	78,5
2005/2006	$\hat{y} = 2,98 + 4,3143^{**}\text{DNK}^{0,5} - 0,1171^{*}\text{DNK}$	0,74	350	55,2
2006/2007	$\hat{y} = 18,50 + 0,1854^{**}\text{DNK} - 0,0002^{*}\text{DNK}^2$	0,68	463,5	61,5
2007/2008	$\hat{y} = - 1,85 + 0,3347^{**}\text{DNK} - 0,0004^{**}\text{DNK}^2$	0,96	418,4	68,2
2008/2009	$\hat{y} = 17,45 + 8,211^{**} \text{DNK}^{0,5} - 0,226^{**}\text{DNK}$	0,80	329,7	92,0
2009/2010	$\hat{y} = 3,93 + 0,1358^{**}\text{DNK} - 0,00014^{*}\text{DNK}^2$	0,77	485,1	36,9
Média	$\hat{y} = 16,05 + 0,2117^{**}\text{DNK} - 0,00024^{*}\text{DNK}^2$	0,93	441,04	62,7

** significativo pelo teste F ($P < 0,01$); * significativo pelo teste F ($P < 0,05$)

Tabela 14 - Doses de N e K - K₂O associadas à máxima eficiência econômica considerando o cenário médio de relação de preços de fertilizantes e da Saca de Café beneficiado dos últimos cinco anos.

Safr	DK p/ \hat{y} MEE	DN p/ \hat{y} MEE	\hat{y} MEE (K)	\hat{y} MEE (N)
	----- kg ha ⁻¹ -----	----- kg ha ⁻¹ -----	---- sc ha ⁻¹ ----	
1	490,1	487,6	101,8	101,7
2	0	0	14,1	14,1
3	478,0	475,2	78,4	78,4
4	343,6	341,5	55,1	55,1
5	447,7	443,6	61,4	61,4
6	410,5	408,4	68,1	68,1
7	312,0	307,7	91,9	91,9
8	462,4	456,5	36,8	36,7
Média	427,9	424,4	62,7	62,7

As respostas à fertilização com N e K obtidas neste experimento são coerentes com os baixos teores de K no solo utilizado (média de 40 mg dm⁻³ de K no tratamento testemunha, ao longo das oito safras avaliadas), bem como com o elevado requerimento nutricional da cultura por estes nutrientes, vez que N e K são normalmente os nutrientes mais extraídos pelo cafeeiro (Corrêa et al., 1985).

Menores doses de N e K foram recomendadas por Figueiredo et al. (2006), com base em três experimentos realizados no Sul de Minas Gerais. Entretanto, nesses ensaios, as produtividades foram menores e os teores de K no solo foram maiores que os encontrados no presente trabalho. Outra diferença importante foi a população de plantas utilizada, que muitas vezes altera a resposta da cultura à fertilização (Bracini et al., 2002; Prezotti e Rocha, 2004;). Embora ambos os trabalhos tenham sido realizados com cafeeiros adensados, no experimento realizado no Sul de Minas Gerais a população de

plantas utilizada era menor (6667 plantas ha⁻¹). Doses de N próximas às obtidas nesse ensaio foram reportadas por Prezotti e Rocha (2004), para o espaçamento de 2 x 0,5m, equivalente a 10000 plantas ha⁻¹, semelhante ao utilizado nesse experimento (9523 plantas ha⁻¹). Por sua vez, Gallo et al (1999) obtiveram respostas negativas à adição de N em cafeeiros adensados, atribuídas ao excessivo desenvolvimento vegetativo da cultura e Raji (1996) e Gallo et al. (1999), não obtiveram resposta à adição de K. Vale ressaltar que, em todos esses experimentos, os teores de K eram maiores que os observados nesse ensaio.

Não obstante os resultados apresentados demonstrem que o melhor manejo nutricional com N e K, em sistemas adensados de plantio, está associado a aumentos consideráveis de produtividade na Região da Zona da Mata de Minas Gerais, o experimento, tal qual foi concebido, não é conclusivo quanto aos efeitos isolados dos dois nutrientes em estudo e das interações entre eles nessas condições. Nesse particular, é importante ressaltar que o requerimento nutricional do cafeeiro por N não deve ser necessariamente o mesmo que o de K, conforme sugere o trabalho de Neves et al. (2006). Além disso, é preciso considerar que o comportamento das formas disponíveis desses elementos no solo é distinto, o que também influencia a resposta à sua aplicação (Syers, 2003; Römhild e Kirkby, 2010; Tsay et al., 2011). Para melhor caracterizar esses efeitos e obter informações adicionais, outro experimento foi desenvolvido, com variedade e espaçamento diferentes e variadas combinações de N e K. Os resultados obtidos e maiores discussões sobre o assunto são apresentados em sequência.

4.3 – Produtividade do cafeeiro cultivado no sistema de plantio adensado sob diferentes combinações de níveis de Nitrogênio e Potássio.

A produtividade do cafeeiro foi influenciada pelas doses de N e K e por suas interações, tanto na avaliação da produtividade média, obtida ao longo das seis safras avaliadas (Tabela 15), quanto na avaliação do efeito dos tratamentos sobre essa variável ao longo do tempo (Tabela 16). Os gráficos e as respectivas equações, que descrevem o relacionamento da produtividade do cafeeiro com as doses de N e K, para a média das seis safras e dentro de cada safra avaliada, são apresentados na Figura 4.

TABELA 15 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação dos dados de produtividade de café como variável dependente de diferentes combinações de doses de N e K (média de seis safras).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Bloco	2	152,2
Doses de N	4	390,5**
Doses de K	4	221,9°
Doses de N x Doses de K	16	157,4 ⁺
Resíduo	48	99,1
CV (%)	46.0	

** significativo pelo teste t ($P < 0,01$); * significativo pelo teste t ($P < 0,05$); ° significativo pelo teste t ($P < 0,10$)

TABELA 16 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação dos dados de produtividade de café como variável dependente de diferentes combinações de doses de N e K ao longo de seis safras.

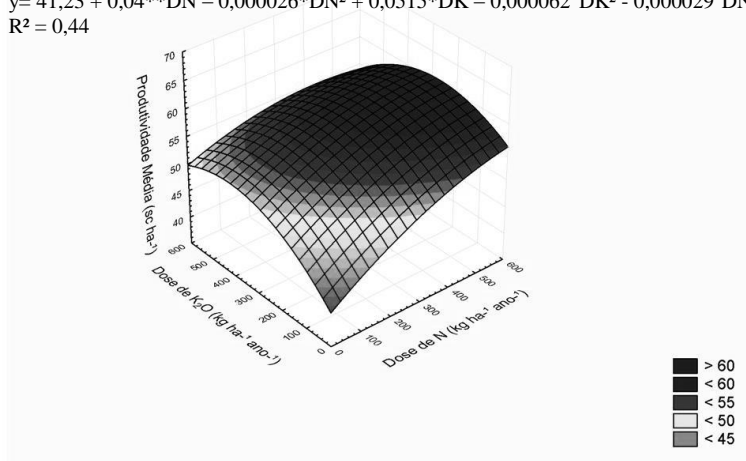
Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Bloco	2	913
Doses de N	4	2343**
Doses de K	4	1331°
Doses de N x Doses de K	16	945**
Resíduo A	48	595
Safra	5	34934
Resíduo B	10	974
Dose de N x Safra	20	829**
Dose de K x Safra	20	354*
Dose de N x Dose de K x Safra	80	443**
Erro C	168	179
Total	449	
<hr/>		
CV A (%)	46.0	
CV B (%)	58.9	
CV C (%)	25.2	

** significativo pelo teste F ($P \leq 0,01$); * significativo pelo teste F ($P \leq 0,05$); ° significativo pelo teste F ($P \leq 0,05$)

a)

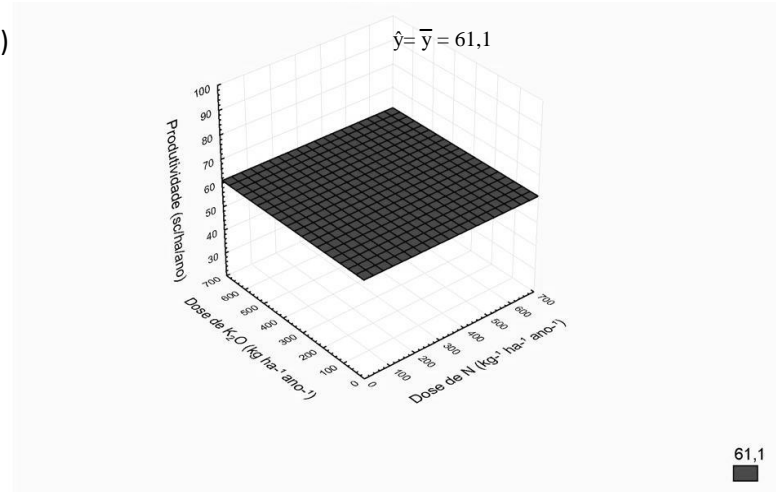
$$\hat{y} = 41,23 + 0,04**DN - 0,000026*DN^2 + 0,0515*DK - 0,000062^{\circ}DK^2 - 0,000029^{+}DNDK$$

$$R^2 = 0,44$$



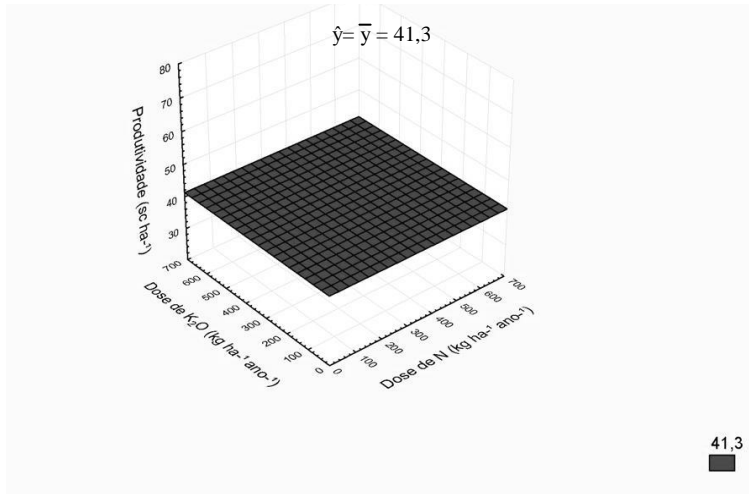
b)

$$\hat{y} = \bar{y} = 61,1$$



c)

$$\hat{y} = \bar{y} = 41,3$$



d)

$$\hat{y} = 41,23 + 0,04**DN - 0,000026*DN^2 + 0,0515*DK - 0,000062^{\circ}DK^2 - 0,000029^{+}DNDK$$

$$R^2 = 0,48$$

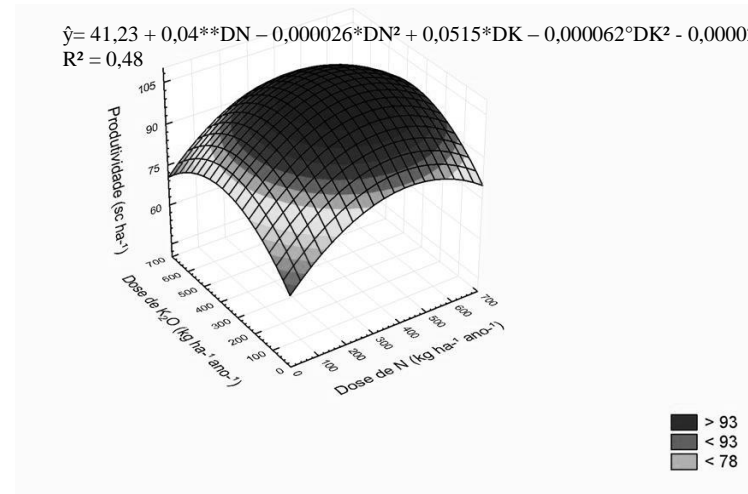
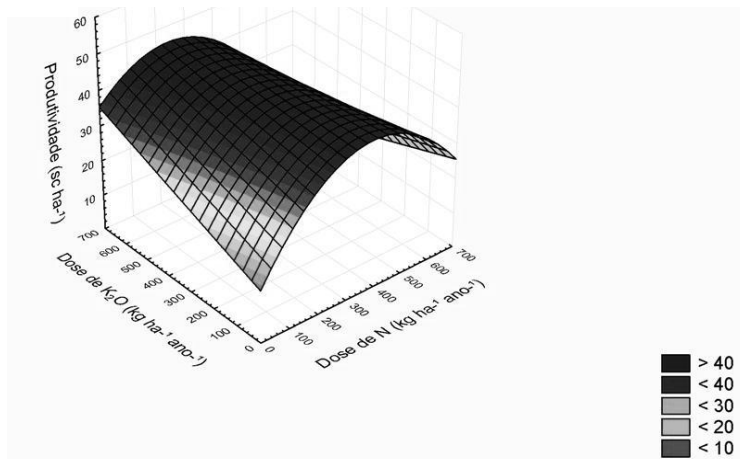
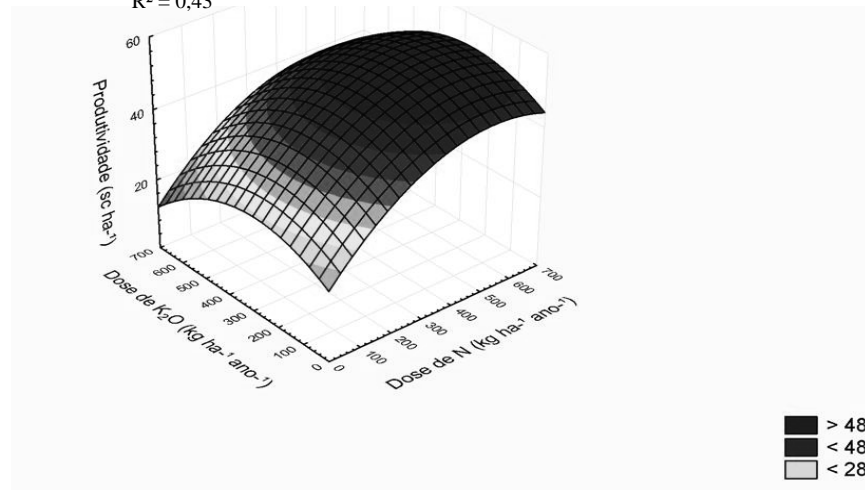


Figura 4 – Produtividade do cafeeiro em sistema adensado de plantio na Zona da Mata de Minas Gerais como variável dependente das doses de N e K ao longo de seis safras agrícolas. a) produtividade - média das seis safras ; b) produtividade - safra 1; c) produtividade - safra 2; d) produtividade - safra 3; e) produtividade - safra 4; f) produtividade - safra 5; g) produtividade - safra 6; ** significativo pelo teste t ($P \leq 0,01$); * significativo pelo teste t ($P \leq 0,05$); ° significativo pelo teste t ($P \leq 0,10$); + significativo pelo teste t ($P \leq 0,15$)

e) $\hat{y} = 14,88 + 0,1369DN + 0,02908DK - 0,000174^{**}DN^2 - 0,0000748^{*}DNDK$
 $R^2 = 0,24$



f) $\hat{y} = 20,02 + 0,0989^{**}DN + 0,05128 DK - 0,00009248^{\circ}DN^2 - 0,000089+DK^2$
 $R^2 = 0,43$



g) $\hat{y} = 25,29 + 0,0333DN + 0,1020^{**}DK - 0,00007^{+}DK^2 - 0,00009765^{*}DNDK$
 $R^2 = 0,20$

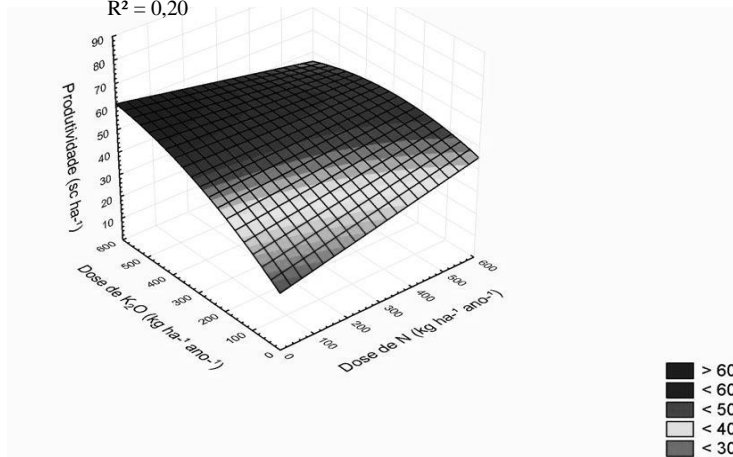


Figura 4 – Produtividade do cafeeiro em sistema adensado de plantio na Zona da Mata de Minas Gerais como variável dependente das doses de N e K ao longo de seis safras agrícolas. a) produtividade - média das seis safras ; b) produtividade - safra 1; c) produtividade - safra 2; d) produtividade - safra 3; e) produtividade - safra 4; f) produtividade - safra 5; g) produtividade - safra 6; ** significativo pelo teste t ($P \leq 0,01$); * significativo pelo teste t ($P \leq 0,05$); ° significativo pelo teste t ($P \leq 0,10$); + significativo pelo teste t ($P \leq 0,15$)

Na tabela 17, figura 5 e tabela 18 são apresentados, respectivamente, os teores de K no solo e teores foliares de N e K, em resposta às doses aplicadas. Houve aumento do teor de K no solo de acordo com as doses aplicadas, entretanto os teores foliares muito baixos para o mesmo elemento indicam ter havido algum erro durante a análise. Por isso foi realizada uma nova análise, no ano de 2011, após a colheita, por meio da qual foi possível confirmar esse problema. O K não é constituinte de nenhum composto orgânico conhecido nas plantas (Marschner, 1995), sendo facilmente lixiviado com a lavagem das folhas. Na segunda análise as folhas não foram lavadas, indicando que o laboratório utilizado pode ter, com o objetivo de descontaminar as amostras, lavado excessivamente as folhas antes de sua digestão, mesmo porque não houve problema com as análises de N, o que reforça esta possibilidade. Os teores foliares de N e K (após a colheita) aumentaram em resposta às doses de N e K₂O (figura 6), o que é coerente com os marcantes aumentos de produtividade obtidos por meio do aporte desses nutrientes.

TABELA 17 - Equações de regressão referentes ao teor de K no solo (mg dm⁻³), como variável dependente das doses de K (kg K₂O ha⁻¹) aplicadas.

Safra	Equação	R ²
set/2006	$\hat{y} = 70,04 + 0,1709^{**}DK$	0,89
set/2007	$\hat{y} = 50,81 + 0,2918^{**}DK$	0,94
set/2008	$\hat{y} = 68,25 + 0,2409^{**}DK$	0,98
set/2009	$\hat{y} = 61,97 + 0,2881^{**}DK$	0,84
set/2010	$\hat{y} = 61,97 + 0,4935^{**}DK$	0,97

** significativo pelo teste F ($P < 0,01$);

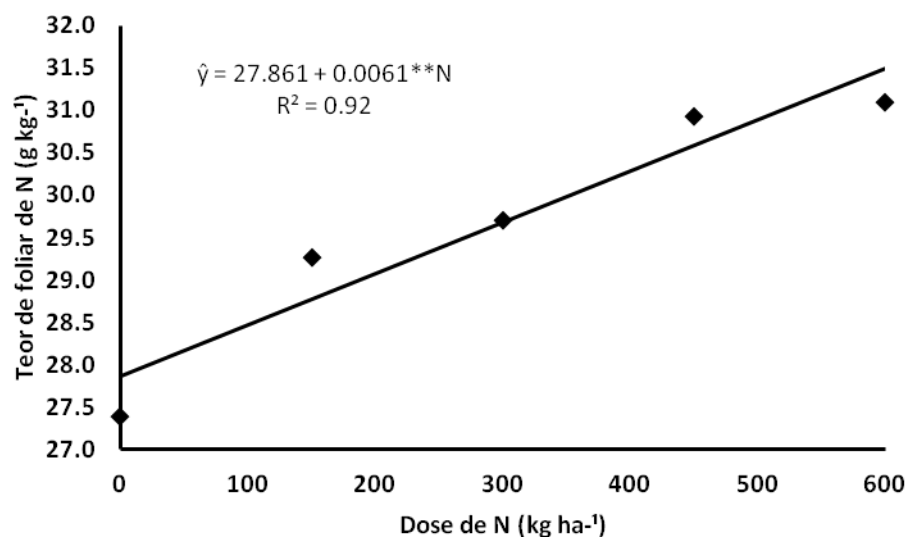
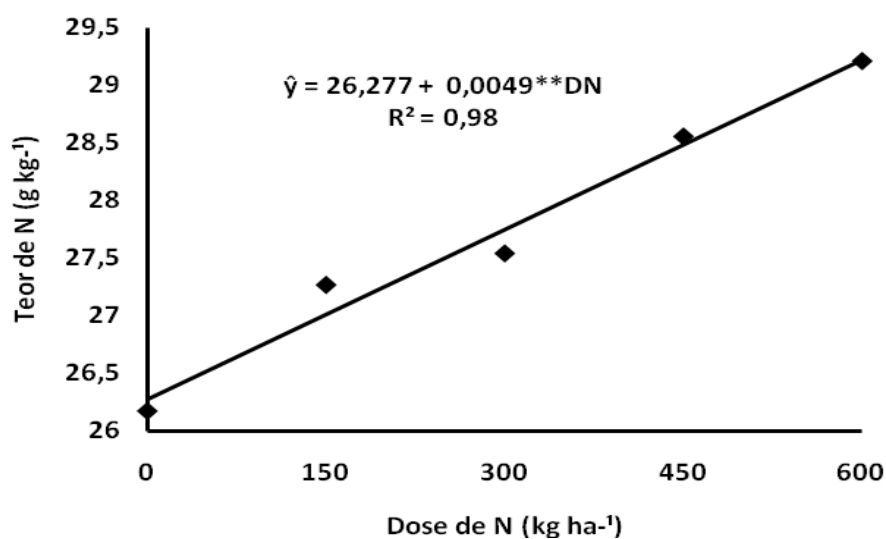


Figura 5 – Teores foliares de N em cafeeiros adensados, no estágio de chumbinho, na Zona da Mata de Minas Gerais como variável dependente das doses de N para a média das safras 2006/2007, 2009/2010 e 2010/2011. ** significativo pelo teste t ($P \leq 0,01$);

Tabela 18- Teores foliares médios de K em função das doses de K₂O

Dose de K ₂ O (kg há ⁻¹)	Teor foliar de K (g kg ⁻¹)
0	11,2
150	14,2
300	14,3
450	13,2
600	14,6



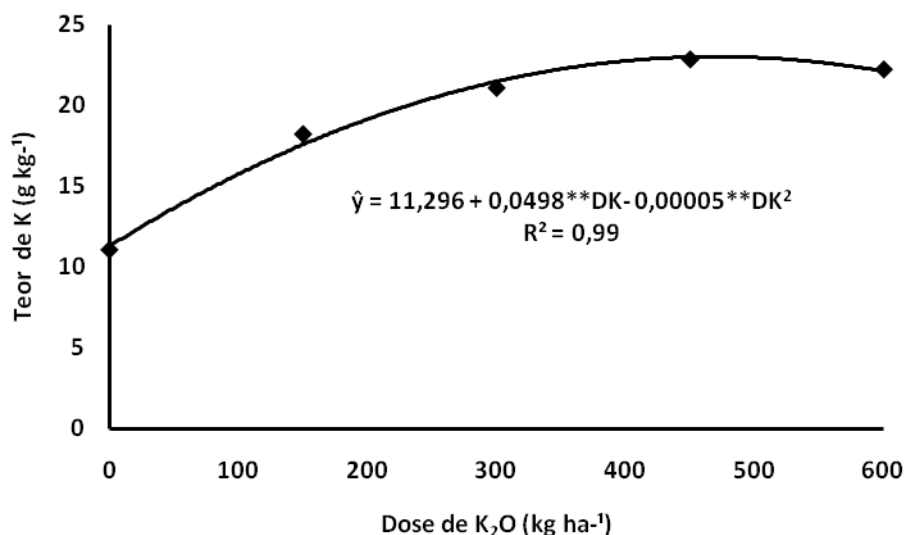


Figura 6 - Teores de N e K nas folhas de café após a colheita, no sexto ano de cultivo.

Na média, e nas safras avaliadas, com exceção das duas primeiras, para as quais o efeito dos tratamentos não foi significativo, a exigência do cafeeiro quanto ao suprimento de N foi maior em relação ao de K. Considerando apenas as safras em que houve resposta à fertilização, as doses de N e K₂O associadas à máxima produtividade de café beneficiado variaram, respectivamente, de 424 a 560 kg ha⁻¹ e de 21 a 338 kg ha⁻¹.

Esses resultados corroboram diversos trabalhos na literatura, que demonstram o elevado requerimento do cafeeiro por N, sendo esse, na maior parte das vezes, o nutriente associado aos maiores aumentos no rendimento das colheitas (Raij et al., 1996; Sanzonowicz et al., 2001; Prezotti e Rocha, 2004; Figueiredo et al., 2006). Nessa mesma linha Neves et al.(2006), trabalhando com quatro variedades de café e dois níveis de adubação, obtiveram relações médias entre N acumulado / K acumulado equivalentes a 2,36 e 1,51 aos 31 e aos 55 meses, respectivamente, indicando, em seu estudo, maior demanda nutricional de N em relação a K pelo cafeeiro.

Até o sexto ano de produção o requerimento por N foi crescente, ao passo que o requerimento por potássio, pelo menos até o quinto ano de produção, acompanhou as variações de produtividade de frutos ocorridas em cada ano, associadas ao ciclo bienal do cafeeiro (Figura 4), o que está de

acordo com as tradicionais curvas de acúmulo e partição de nutrientes pela cultura (Corrêa et al., 1985). Assim, a acumulação de N normalmente acompanha o incremento de biomassa da lavoura, pelo fato de esse ser o nutriente mais extraído pelo cafeeiro (Corrêa et al., 1985; Neves et al., 2006). Isso significa que a exigência nutricional do cafeeiro adensado, quanto ao nitrogênio, pelo menos até os seis anos de produção, tal qual em espaçamento convencional, varia pouco com a produtividade. Nos anos de baixa carga de frutos os órgãos vegetativos substituem os frutos como drenos preferenciais do nutriente (Malavolta et al., 2002), ao passo que o K é mais demandado nos anos de alta produtividade, dada a sua maior importância na fase reprodutiva da planta, por ser o macronutriente mais exportado nos frutos (Laviola et al., 2006). Apesar disso, é importante observar que, embora esse elemento seja mais requerido no ano de alta produtividade, as produções obtidas no ano de alta produtividade são influenciadas pelas adubações realizadas no ano de baixa produtividade, conforme será discutido mais adiante.

No sexto ano de produção, por sua vez, mesmo sendo um ano de baixa produtividade, a exigência das plantas por potássio aumentou em relação ao ano anterior e o requerimento por N foi pouco maior que o obtido na quinta safra. Tal constatação é reforçada pela análise da equação que descreve a produtividade em função das doses de N e K nesse ano agrícola, em que, diferentemente dos outros anos, o coeficiente linear referente ao efeito do N não foi significativo, havendo apenas efeito de K e da interação N e K (Figura 4g). Essa tendência deve estar associada ao maior fechamento do dossel da cultura observado nessa fase, o que está de acordo com as observações de Gallo et al. (1999), que associaram menores respostas ou mesmo efeitos depressivos da adubação nitrogenada sobre a produtividade do cafeeiro ao excessivo adensamento das plantas em lavouras mais velhas.

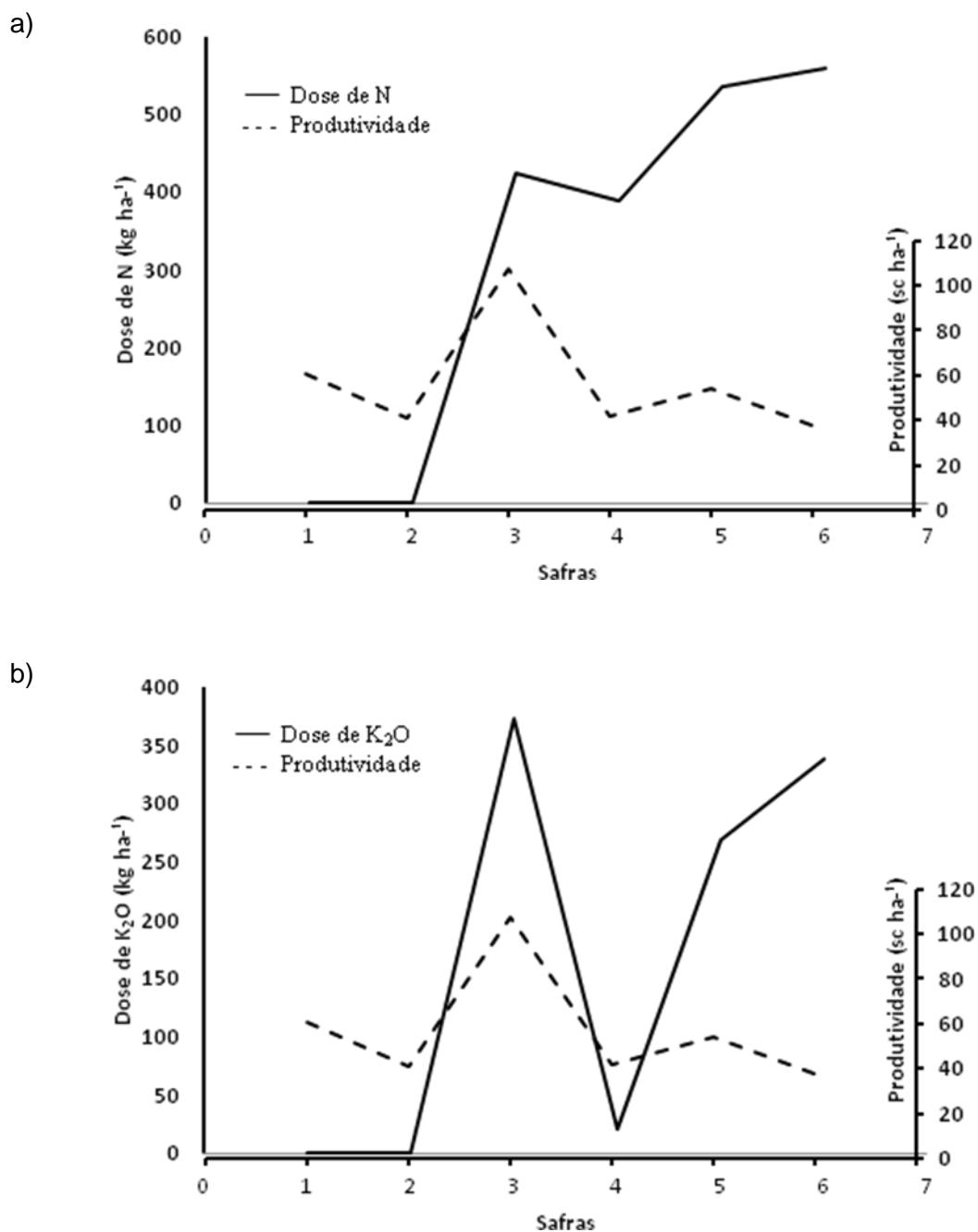


Figura 5 – Evolução das doses de N (a) e K (b) associadas à máxima produtividade de cafeeiros adensados na Zona da Mata de Minas Gerais, ao longo de seis safras agrícolas.

Admitindo-se um cenário médio de relações de preços dos fertilizantes e da saca de café beneficiado, as doses associadas à máxima eficiência econômica da adubação, para as safras onde houve resposta à adubação, variaram de 282,3 a 495,3 kg ha⁻¹ de N e de 251,3 a 348 kg ha⁻¹ de K₂O (Tabela 19).

As respostas à adubação com N e K estão coerentes com os dados de análise de solo e de folhas, posto que, os teores foliares destes nutrientes estavam muito abaixo daqueles considerados adequados para a cultura do cafeeiro na região (Martinez et al., 1999). Tal qual os teores de potássio no solo, também muito baixos no tratamento sem fertilização (média de 42 mg dm⁻³ de K no tratamento testemunha ao longo das 6 safras avaliadas (Alvarez V., 1999). Entretanto, os resultados também demonstraram maior requerimento de N em relação a K e que o emprego generalizado de formulações para cafezais em produção, como 20-05-20 e 20-00-20, sem a utilização de análises de solo e de tecido vegetal como critério de recomendação, comuns na cafeicultura, muitas vezes está associado a fertilizações desequilibradas e ao desperdício de fertilizantes.

Tabela 19- Doses de N (DN) e K - K₂O (DK) para a obtenção da máxima eficiência econômica (\hat{y} MEE), considerando um cenário médio de reação de preços dos fertilizantes e da saca de café beneficiado.

Safr	DK p/ \hat{y} = MEE	DN p/ \hat{y} = MEE	\hat{y} MEE
	-----kg ha ⁻¹ -----		---sc ha ⁻¹ ---
1	0	0	61,1
2	0	0	41,3
3	348,0	393,5	106,9
4	0,0	282,3	39,7
5	251,3	491,8	53,6
6	256,4	495,3	38,2
Média	261,3	447,8	60,2

4.4 – Bionalidade da produção do cafeeiro cultivado em sistema de plantio adensado em resposta à adubação com N, P e K.

Não houve efeito da adição de P sobre a bionalidade da produção do cafeeiro cultivado em sistema adensado, na transição dos anos de alta para baixa produtividade e vice-versa, o que é condizente com os dados de produtividade e que reforça o argumento de que o P não foi limitante à produtividade do cafeeiro nas condições daquele ensaio.

Em uma avaliação média, realizada por meio da análise do coeficiente de variação (C.V.) de cada parcela ao longo das oito safras, constatou-se que o aumento das doses de N e K proporcionou maior estabilidade da produção do cafeeiro, ou seja, redução do CV para a produtividade neste período (Tabela 20 e Figura 7).

Na avaliação do efeito da adição de N e K sobre a estabilidade da produção, dentro de cada biênio, observou-se que adição desses fatores esteve associada à redução menos intensa da produção de frutos de café, em termos relativos, em três de quatro biênios, na transição dos anos de alta para baixa produtividade (Tabela 21 e Tabela 22) e também a um aumento relativo menos acentuado em dois de três biênios, na transição dos anos de baixa para alta carga de frutos (Tabela 23). É importante ressaltar que os valores absolutos de produtividade foram muito maiores nos tratamentos onde houve fertilização, conforme apresentado em itens anteriores. Portanto, foram obtidas menores flutuações de produtividade, em termos relativos, por efeito do maior suprimento de N e K. Em outras palavras, a produtividade varia menos ao longo dos anos, em patamares mais elevados, quando a adubação de cobertura se aproxima do adequado.

Contudo, tal qual para a análise da produtividade, o primeiro experimento com N e K não é conclusivo quanto ao efeito de cada um desses elementos sobre o ciclo bional do cafeeiro, mas é bastante relevante para comparação com os resultados do segundo experimento, mais refinado, realizado com menor população de plantas, ainda em cultivo adensado, e com outro material genético.

TABELA 20 - Resumo da análise de variância e coeficiente de variação da variável “bienalidade média” em resposta à adubação com N e K ao longo de 8 safras agrícolas.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Bloco	3	6,7
Doses de N+K	5	299,5*
Erro	15	102,1
Total	23	
CV (%)	12,35	

** significativo pelo teste F ($P \leq 0,01$)

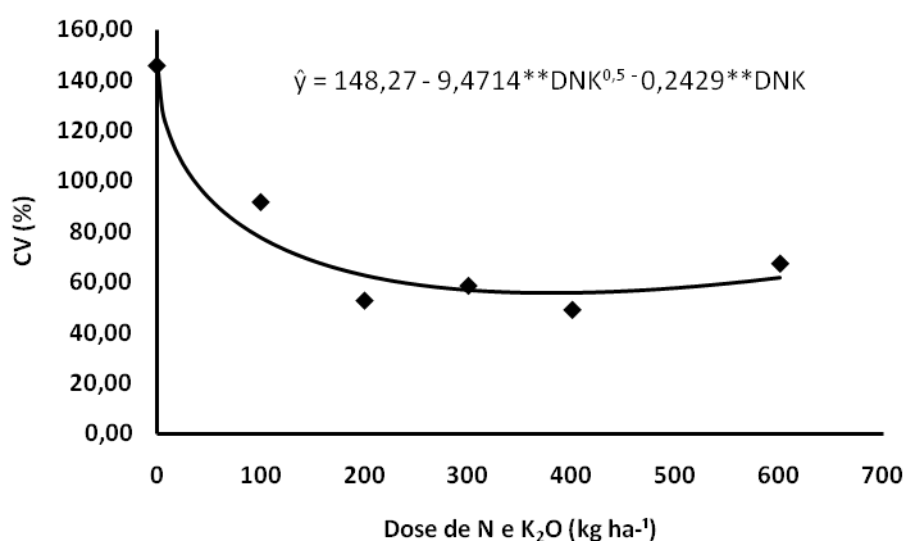


Figura 7 – Efeito da adubação com N e K sobre a bienalidade da produção do café (média de 8 safras).

TABELA 21- Resumo da análise de variância e coeficientes de variação dos dados de bienalidade da produção de café em resposta à adubação com N e K ao longo de 7 biênios, considerando-se os anos de transição de alta para baixa carga de frutos e seis biênios, considerando-se os anos de transição de baixa para alta carga de frutos.

FV	Efeito da bienalidade – transição de alta para baixa carga		Efeito da bienalidade – transição de baixa para alta carga	
	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Bloco	3	221,8	3	401213
Trat	5	537,9	5	1520457*
Resíduo A	15	700,8	15	424990
Biênio	3	7704,3*	2	182896
Resíduo B	9	229,7	6	293702
Trat x Biênio	15	883,2*	10	7749840*
Erro C	45	393,8	30	329270
Total	95		71	401213
CV A (%)		28,6		190,2
CV B (%)		16,4		158,1
CV C (%)		21,4		167,4

** significativo pelo teste F ($P \leq 0,01$); * significativo pelo teste F ($P \leq 0,05$); ° significativo pelo teste F ($P \leq 0,10$); + significativo pelo teste F ($P \leq 0,15$)

TABELA 22 - Equações de regressão para o efeito da bienalidade da produção do caféiro (%), como variável dependente das doses de N e K (kg de N e K₂O ha⁻¹), na transição dos anos de alta para baixa carga de frutos, ao longo de sete biênios.

Biênio	Equação	R ²
2002/2003 - 2003/2004	$\hat{y} = 91,607 - 2,285^{**}DNK^{0,5} + 0,0877^{**}DNK$	0,43
2004/2005 - 2005/2006	$\hat{y} = 54,76 - 0,1153^{+}DNK + 0,00018DNK^2$	0,41
2006/2007 - 2007/2008	$\hat{y} = 72,04 - 3,7741^{**}DNK^{0,5} + 0,0969DNK$	0,67
2008/2009 - 2009/2010	$\hat{y} = \bar{y} = 81,73$	

** significativo pelo teste t ($P \leq 0,01$); * significativo pelo teste t ($P \leq 0,05$); ° significativo pelo teste t ($P \leq 0,10$); + significativo pelo teste t ($P \leq 0,15$)

TABELA 23 - Equações de regressão para o efeito da bienalidade da produção do caféiro (%), como variável dependente das doses de N e K (kg de N e K₂O ha⁻¹), na transição dos anos de baixa para alta carga de frutos, ao longo de sete biênios.

Biênio	Equação	R ²
2003/2004 - 2004/2005	$\hat{y} = \bar{y} = 323,82$	
2005/2006 - 2006/2007	$\hat{y} = 1986,61 - 230,89^{**}DNK^{0,5} + 6,4722^{**}DNK$	0,96
2007/2008 - 2008/2009	$\hat{y} = 812,83 - 3,7741^{**}DNK^{0,5} + 0,0969^{*}DNK$	0,98

** significativo pelo teste t ($P \leq 0,01$); * significativo pelo teste t ($P \leq 0,05$); ° significativo pelo teste t ($P \leq 0,10$); + significativo pelo teste t ($P \leq 0,15$)

À semelhança do que foi encontrado no primeiro experimento com N e K, na análise do CV relativo à produtividade de cada parcela ao longo do tempo, no segundo experimento, com variadas combinações de doses destes nutrientes, constatou-se efeito da adubação sobre a estabilidade da produção de frutos.

Em um primeiro momento, este relacionamento é atribuído essencialmente à adubação nitrogenada, que causa diminuição da bienalidade, sendo o efeito do K não significativo na análise geral (figura 8). Nesse ponto é importante retornar à figura 2, onde demonstrou-se que o requerimento por N pelo cafeeiro cultivado em sistema adensado é crescente, enquanto o requerimento por K acompanha as flutuações da produção de frutos, pelo menos nos primeiros anos de produção. Parece razoável que, em uma análise média, o N seja mesmo mais efetivo na estabilização da produção, haja vista que sua exigência é crescente e menos variável ao longo do tempo. Ademais, é importante frisar que o cafeeiro produz flores em ramos produzidos na safra anterior, o que torna sua produção dependente dos fatores que controlam o crescimento vegetativo da planta, entre os quais, o N possui importância marcante (Marschner, 1995).

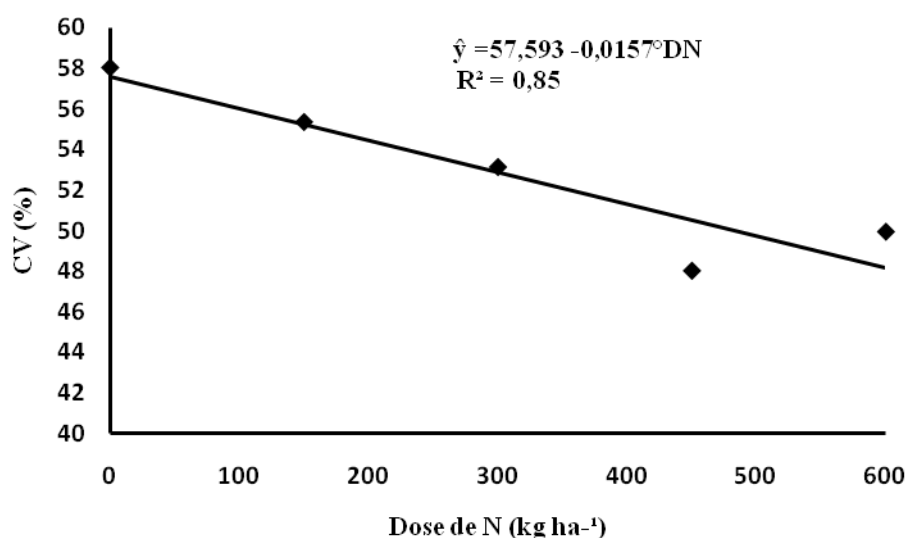


Figura 8 – Efeito da adubação com N sobre a estabilidade da produção do cafeeiro (média de 6 safras).

° significativo pelo teste t ($P < 0,10$)

Por meio da análise dos efeitos de N e K dentro de cada biênio obteve-se que na transição dos anos de alta para baixa carga de frutos apenas o N esteve associado à redução da bienalidade da produção do cafeeiro em dois dos três biênios estudados (Figuras 6 a, b e c).

Na transição dos anos de baixa para alta carga de frutos, no segundo biênio, a adição de potássio proporcionou aumento deste efeito bienal positivo e desejável (Tabela 24). Isto significa que mesmo com uma produtividade absoluta mais alta, obtida com o incremento da fertilização, a adição de potássio relacionou-se a um maior incremento relativo de produtividade nos anos de alta em relação aos anos de baixa carga de frutos, diferentemente do que ocorreu no primeiro experimento, em que a adubação com N e K, aplicados em proporção 1:1, proporcionou um menor incremento relativo da produtividade nesta mesma análise, embora a produtividade absoluta, dentro de cada ano, também naquele caso tenha aumentado com a fertilização. Apesar destes resultados se alinharem aos dados apresentados anteriormente, indicando maior requerimento de K nos anos de alta produtividade, eles sugerem que no ano de alta carga existe grande influência da adubação realizada no ano de baixa carga e vice-versa.

Em função do elevado requerimento do cafeeiro por N e K, notadamente no período reprodutivo, a absorção destes nutrientes é menor que sua utilização pela planta e por isso muito dependente da remobilização de reservas a partir dos órgãos de residência destes nutrientes (raízes, caule, ramos e folhas) (Lima filho e Malavolta, 2003). Soma-se a isso que a elevação do requerimento nutricional da planta se inicia na antese, haja vista as flores constituírem um dreno temporário de nutrientes na planta de café (Malavolta et al., 2002), o que explica o efeito da adubação realizada sobre a produtividade obtida na safra seguinte. Neste sentido, talvez bastasse a antecipação da adubação por meio de fertilizações de inverno, vez que o sistema radicular continua ativo durante este período (Da Matta et al., 1999; Laviola, 2006). Entretanto, além dos efeitos nutricionais diretos, no suprimento de nutrientes durante o período reprodutivo, é preciso levar em conta os efeitos indiretos da nutrição sobre a bienalidade da produção, pois existe um alto grau de

relacionamento entre o estado nutricional da planta e todas as suas funções vitais.

Desse modo, por mais que a demanda nutricional varie ao longo dos anos, notadamente para K, as fertilizações não devem ser formuladas apenas para o atendimento das necessidades nutricionais associadas à carga pendente de frutos, o que pode comprometer a produção na safra seguinte.

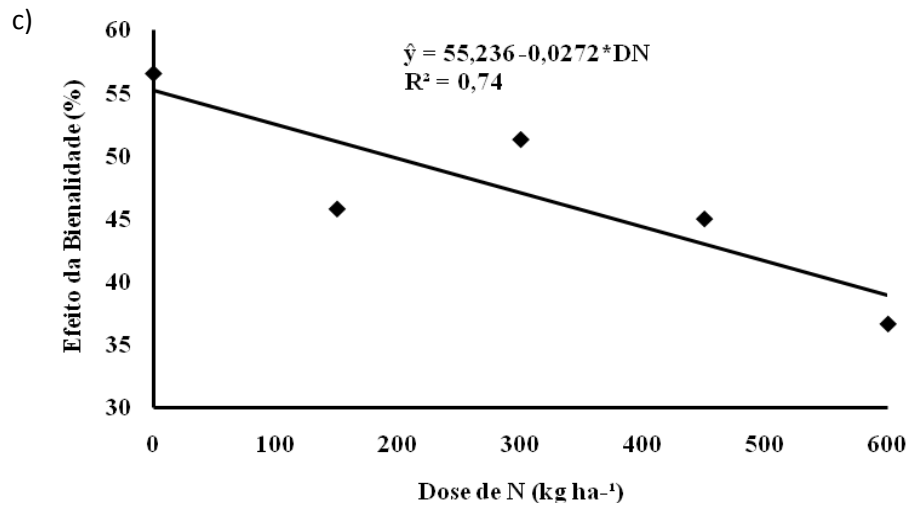
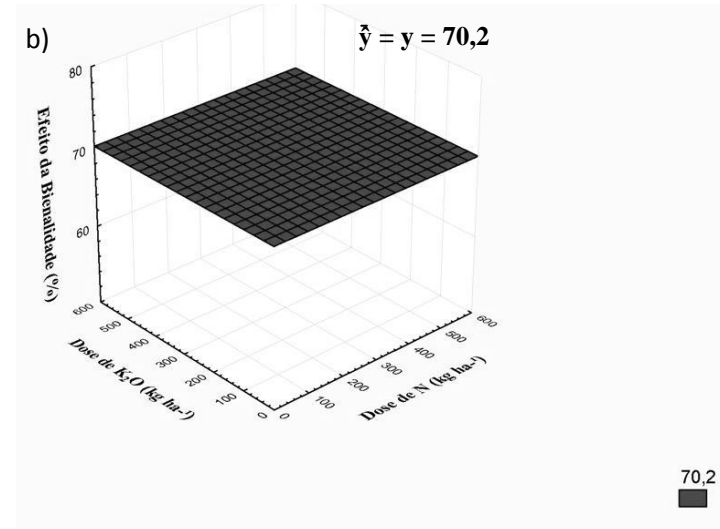
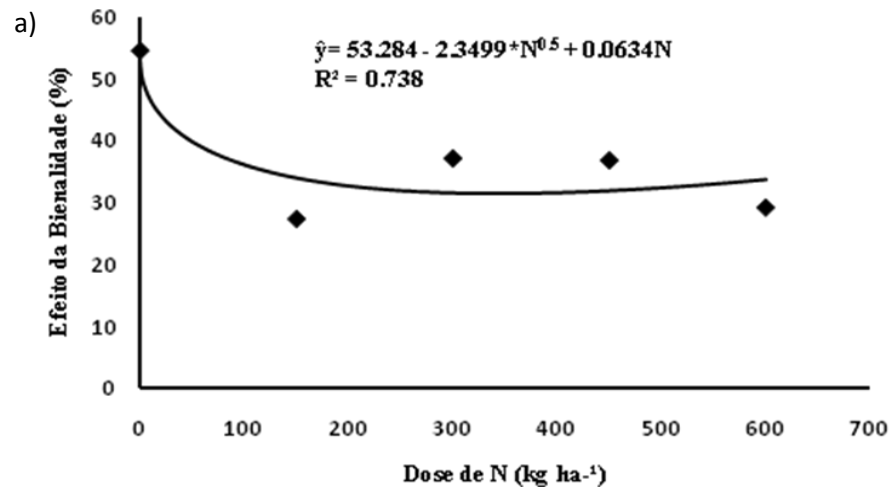


Figura 9– Efeito da adubação com N e K₂O sobre a bienalidade da produção do cafeeiro, na transição de anos de alta para baixa produtividade, em três biênios. a – primeiro biênio; b – segundo biênio; c – terceiro biênio.

* significativo pelo teste t ($P < 0,05$)

TABELA 23 - Equações de regressão para o efeito da bienalidade da produção do cafeeiro (%), como variável dependente das doses de K (kg de K₂O ha⁻¹), na transição dos anos de baixa para alta carga de frutos, ao longo de sete biênios.

Biênio	Equação	R ²
1	$\hat{y} = \bar{y} = 55,13$	
2	$\hat{y} = 37,796 + 1,9472^{\circ} DK^{0,5} - 0,0609 DK$	0,94

** significativo pelo teste t ($P \leq 0,01$); * significativo pelo teste t ($P \leq 0,05$); ° significativo pelo teste t ($P \leq 0,10$); + significativo pelo teste t ($P \leq 0,15$)

4.5 - Comparação das recomendações obtidas no manual de recomendação e calagem para o estado de Minas Gerais (5ª aproximação) e pelo modelo de balanço nutricional denominado ferti-ufv café arábica.

Conforme apresentado no item anterior, as fertilizações realizadas em um ano, seja de alta ou de baixa produtividade, interferem na produtividade do cafeeiro nos anos seguintes. Por isso, as comparações das recomendações obtidas por meio da tabela para recomendação de corretivos e fertilizantes do estado de Minas Gerais (5ª aproximação) e do Modelo Ferti-UFV Café Arábica com as recomendações geradas a partir dos experimentos, foram realizadas com base nas equações de produtividade média de cada experimento e não para cada safra.

Como o experimento 2 não permite isolar os efeitos de N, de K e de sua interação N x K, haja vista que esses nutrientes foram estudados em uma mesma proporção, os dados desse ensaio não foram utilizados nas comparações.

Embora o modelo Ferti-UFV Café Arábica considere a contribuição do N proveniente da mineralização da matéria orgânica do solo, isto não foi considerado neste trabalho, tendo em vista a manutenção da sustentabilidade da produção, bem como para evitar as incertezas acerca da dinâmica desse processo. No caso específico do experimento com P, as comparações foram realizadas com referência à dose zero, em razão de não ter havido resposta à adição desse nutriente em nenhuma das safras avaliadas.

As recomendações para P, obtidas pelo modelo Ferti-UFV Café arábica e pela 5ª Aproximação, foram superiores ao valor obtido no experimento 1 (figura 10). Embora a recomendação do modelo tenha se aproximado mais do valor obtido no experimento que a obtida pela 5ª aproximação, estes resultados indicam a necessidade de um melhor ajuste das recomendações de P para cafeeiros adensados na região da Zona da Mata de Minas Gerais.

As doses de N e K estimadas pelo sistema Ferti-UFV Café arábica foram mais próximas das doses recomendadas por meio do experimento comparativamente à 5ª aproximação (Figura 11). Nesse estudo, as recomendações geradas por meio da 5ª aproximação foram superestimadas

para K e subestimadas para N. Evidenciou-se, portanto, que as recomendações de N e K geradas pelo modelo de balanço nutricional foram mais acuradas que as obtidas pela tabela de recomendações de corretivos e fertilizantes para o estado de Minas Gerais (5ª aproximação), o que reflete o caráter processual do modelo.

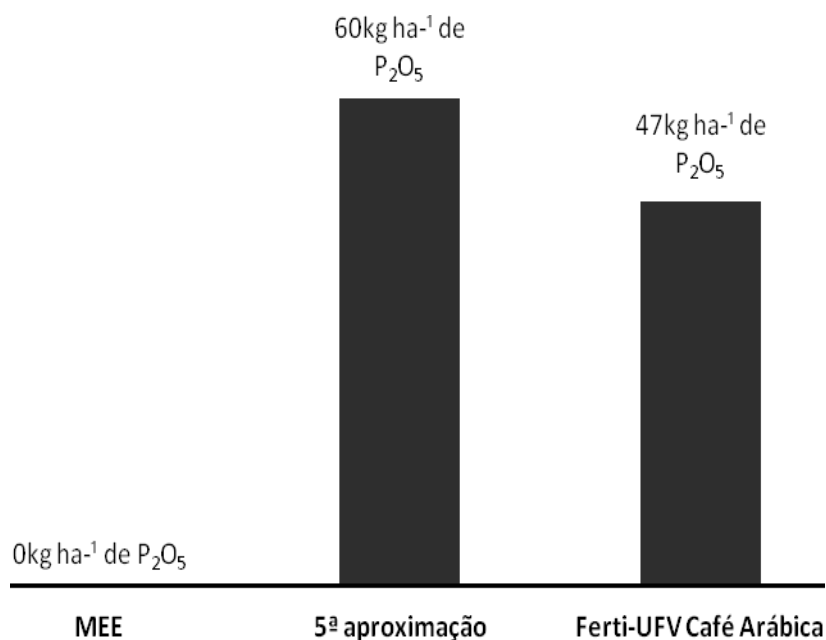


Figura 10 –Comparação entre a recomendação obtida no experimento 1, para P (MEE – assumido como referência – 0 kg ha⁻¹) e as doses estimadas por meio do Manual para Recomendação de Corretivos e Fertilizantes do Estado de Minas Gerais (5ª aproximação) e pelo Modelo de Balanço Nutricional Ferti-UFV Café Arábica.

Apesar de as respostas do cafeeiro à fertilização serem muito variáveis (Gallo et al., 1999) e, no caso de cultivos adensados, serem distintas daquelas obtidas em espaçamento convencional (Figueiredo et al., 2006), o modelo de balanço nutricional denominado Ferti-UFV Café Arábica mostrou-se adequado para recomendação de N e K para cafeeiros (*Coffea arabica*) adensados na Zona da Mata de Minas Gerais, devendo, contudo, ser melhor ajustado quanto à recomendação de P.

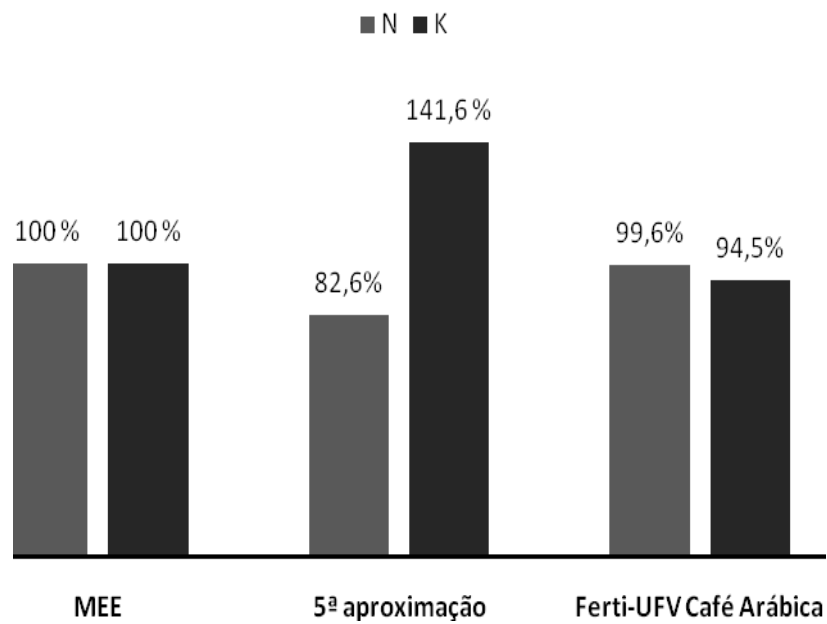


Figura 11 –Comparação entre a recomendação obtida no experimento 3 para N e K (MEE – assumido como referência – 100%) e as doses estimadas por meio do Manual para Recomendação de Corretivos e Fertilizantes do Estado de Minas Gerais (5ª aproximação) e pelo Modelo de Balanço Nutricional Ferti-UFV Café Arábica.

5 – CONCLUSÕES

Houve resposta positiva da produtividade do cafeeiro cultivado em sistema de plantio adensado, na fase de produção, na zona da mata de Minas Gerais à fertilização com N e K, mas não a P.

A estabilidade da produção de cafeeiros adensados na Zona da Mata de Minas gerais relaciona-se positivamente à fertilização com N (principalmente) e K.

O modelo de balanço nutricional denominado Ferti-UFV Café Arábica mostrou-se adequado para recomendação de N e K para cafeeiros (*Coffea arabica*) adensados na Zona da Mata de Minas Gerais, devendo, contudo, ser melhor ajustado quanto à recomendação de P.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, V. V. H. et al. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 25-32.
- AUGUSTO, H. S. ; MARTINEZ, H.E.P. ; SAMPAIO, N.F. ; CRUZ, C.D. ; PEDROSA, A.W. Concentração foliar de nutrientes em cultivos de Coffea arabica L sob espaçamentos adensados. Ciência e Agrotecnologia, 31: 973-981, 2007.
- BARTHOLO, G. F.; MELO, B.; MENDES, A. N. G. Evolução na adoção de espaçamentos na cultura do Café. Informe Agropecuário, 19: 61-70, 1998.
- BRACCINI, A. L. ; SCAPIM, C. A. ; VIDIGAL FILHO, P. S. ; BRACCINI, M.C.L. ; BORGES, S.C. ; ALBRECHT, L. P. Características agronômicas e produção de frutos e grãos em resposta ao aumento na densidade populacional do cafeeiro. Acta Scientiarum. Agronomy, 27: 269-279, 2005.
- BRAGANÇA, S.M.; SILVA, E.B.; MARTINS, A.G.; SANTOS, L.B.; LANI, J.A.; VOLPI, P.S. Resposta do cafeeiro conilon à adubação de N, P e K em sistema de plantio adensado. Coffee Science, 4: 67-75, 2009.
- CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. Bragantia, 60: 65-68, 2001.
- CANNELL, M. G. Physiology of the coffee crop. In: CLIFFORD MN, WILLSON KC (eds), Coffee – Botany Biochemistry and Production of Beans and Beverage. Crom Helm, London, 1985, p.108-134.
- CHAVES, A. R. M. Aspectos fisiológicos do crescimento e da produção do cafeeiro. Viçosa, MG : UFV, 2009. 66p. (Tese – Doutorado).
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação. Viçosa, 1999. 359p.

CONAB – Companhia nacional de Abastecimento (2010). Acompanhamento da safra brasileira, terceira estimativa de 2010. Disponível em:<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/2cafe_10.pdf. Acesso em 06 de abril de 2011.

CORRÊA, J. B.; GARCIA, A. W. R.; COSTA, P. C. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 13. 1986, São Lourenço. Anais... Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1986. p 35-41.

Da MATTA, F. M.; AMARAL, J. A. T.; RENA, A. B. Growth periodicity in trees of *Coffea arabica* L. in relation to nitrogen supply and nitrate reductase activity. *Field Crops Research* 60: 223-229, 1999.

DA MATTA, F.M., RENA, A.B. Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno Sol. In: Zambolim L (ed), *O Estado da Arte de Tecnologias na Produção de Café*. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002, p. 93-135.

DA MATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; MAESTRI, M. and BARROS, R.S. Ecophysiology of coffee growth and production. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19: 485-510, 2007.

DE NUNER, L. H.; PREZOTTI, L. C. Recomendação de adubação para o cafeeiro arábica. In: *Manual de Recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo*. 4.^a aproximação, 2001. Vitória: SEAG, 2001. p.118-121.

EMATER-MG. Relatório analítico para cultura permanente: produto - café. Belo Horizonte, 2009.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Ministério da agricultura, 1997. 212p.

FARIA, R.T. de; SIQUEIRA, R. Produtividade do cafeeiro e cultivos intercalares sob diferentes regimes hídricos. *Bragantia*, 64: 583-590, 2005.

FIGUEIREDO, F.C. ; FURTINI NETO, A.E. ; GUIMARÃES, P.T.G.; SILVA, E.B.; BOTREL, P. P. Eficiência da adubação com NPK na produção de cafezais adensados na região Sul de Minas Gerais.. *Coffee Science*, 1: 135-142, 2006.

GALLO, P.B.; RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A.; PEREIRA, L.C.E. Resposta de cafezais adensados à adubação NPK. *Bragantia*, 58: 341-351, 1999.

Instituto Antônio de Salvo – INAES, Caracterização da Cafeicultura de Montanha de Minas Gerais. Belo Horizonte: INAES, 2010. 300p.

International Coffee Organization-ICO, Total production of exporting members. Disponível em: <http://www.ico.org/proddoc.htm/>, Acesso em 06 de abril de 2011.

JANSSEN B.H.; GUIKING F.C.T.; VAN D.E.R.; EIJK D., SMALING E.M.A., Wolf J.; Van Reuler H. A system for quantitative evaluation of the fertility of tropical soils (QUEFTS). *Geoderma* 46: 299 –318, 1990.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B. & ALVAREZ V., V.H. Dinâmica de N e K em folhas, flores e frutos de cafeeiro arábico em três níveis de adubação. *Bioscience Journal* 22:33-47, 2006.

LIMA FILHO, O.F.; MALAVOLTA, E. Studies on mineral nutrition of the coffee plant (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí Vermelho). LXIV Remobilization and reutilization of nitrogen and potassium by normal and deficient plants. *Brazilian Journal of Biology* 63: 481-490. 2003.

LIU, M.Q., YU, Z.R., LIU, Y.H., KONIJN, N.T. Fertilizer requirements for wheat and maize in China: the QUEFTS approach. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 74:245–258, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Fósforo, 1997. 238p.

MALAVOLTA, E.; FAVARIN, J. L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C. P.; HEINRICHS, R.; SILVEIRA, J. S. M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37:1017-1022, 2002.

MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G. ; SOUZA, R.B.. Diagnóstico foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ VENEGAS, V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Viçosa, MG : CFSEMG, 1999. p.143-168.

MARTINEZ, H.E.P., MENEZES, J.F.S.; SOUZA, R.B. Critical nutrient ranges and evaluation of nutritional status in coffee-tree plantations of Minas Gerais. *Pesquisa agropecuária brasileira*. 38: 703-713, 2003.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. Podas. In: *Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações*. Rio de Janeiro: MAPA/ PROCAFÉ, 2002. p. 256-274.

MIGUEL, A. E.; GARCIA, A. W. R.; CORREA, J. B.; FIORAVANTE, N. Efeito de 3 níveis de adubação N e K em cafeeiros Mundo Novo, Catuaí e Catimor, plantados em 2 densidades de plantio. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS*, 10., 1983, Poços de Caldas. Anais... Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1983. p. 289-291.

NEVES, Y. P.; MARTINEZ, H. E. P.; AMARAL, J. F. T.; SOUZA, R. B.; DOMINGOS, D. R. Produtividad y acumulación de materia seca, N, P y K por cultivares de *Coffea arabica* L.. *Coffee Science*, 2: 156-167, 2006.

NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; COUTO, C. Níveis críticos de fósforo no solo para eucalipto. *Revista árvore* 6: 29-37, 1982.

OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; CANTARUTTI, R.B. Desenvolvimento de um sistema para recomendação de adubação para a cultura da bananeira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29:131-143, 2005.

PAVAN, M. A.; CHAVES, J. C. D.; ANDROCIOLI FILHO, A. Produção de café em função da densidade de plantio, adubação e tratamento fitossanitário. *Turrialba*. 44: 227-231, 1994.

PELEGRINI, D.F.; SIMÕES, J.C. Desempenho e problemas da cafeicultura no estado de Minas Gerais: 1934 a 2009. *Revista de Geografia Agrária* 6:183-199, 2011.

PREZOTTI, L.C. Sistema para recomendação de corretivos e de fertilizantes para a cultura do café arábica. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 93p. (Tese de Doutorado).

PEREIRA, S. P.; BARTHOLO, G.F.; BALIZA, D.P.; SOBREIRA, F.M.; GUIMARÃES, R.J. Crescimento, produtividade e bienalidade do cafeeiro em função do espaçamento de cultivo. Pesquisa agropecuária brasileira, 46:152-160, 2011.

PREZOTTI, L. C. ; ROCHA, A. C.. Nutrição do cafeeiro arábica em função da densidade de plantas e da fertilização com NPK. Bragantia, 63: 239-251, 2004.

RAIJ, B.V. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1985. 107p. (Boletim Técnico, 100)

RAIJ, B. V.; COSTA, V. M.; IGUE, T.; SERRA, J.R.M. ; GUERREIRO, G. Calagem e adubação nitrogenada e potássica para o cafeeiro. Bragantia, 55: 347-355, 1996.

RAIJ, B.V. A fertilização do cafeeiro no Brasil e o desenvolvimento sustentável. In: L. Zambolim. (Org.). Boas práticas agrícolas na produção de café. Viçosa: UFV-DFP, 2006, p. 61-82.

REIS, T. H. P. ; GUIMARÃES, P. T. G. ; FURTINI NETO, A. E. ; GUERRA, A. F. ; CURI, N. Soil phosphorus dynamics and availability and irrigated coffee yield. Revista Brasileira de Ciência do Solo 35: 503-512, 2011.

RENA, A.B.; CARVALHO, C.H.S. Causas abióticas da seca de ramos e morte de raízes em café. In: ZAMBOLIN, L. (Org.). Produção integrada de café. Viçosa: UFV, 2003. p.197-222.

RÖMHELD, V. e KIRKBY, E. A. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. Plant and Soil 335: 155-180, 2010.

SANZONOWICZ, C.; SAMPAIO, F.B.R.; NAZARENO, R.B.; TOLEDO, P.M.R.; SILVA, D.T.M. Fonte, doses e modos de aplicação de nitrogênio na produção do cafeeiro em solo de cerrado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., Vitória, 2001. Anais. Brasília: Embrapa Café, 2001. p.169-170.

SANTOS, F. C.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; SEDIYAMA, C.S.. Modelagem da recomendação de corretivos e fertilizantes

para a cultura da soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32: 1661-1674, 2008.

SILVA, C.A.; TEODORO, R.E.F.; MELO, B. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43: 387-394, 2008.

SYERS, J.K. Potassium in soils: current concepts. In: Johnston AE (ed) *Proceedings of the IPI Golden Jubilee Congress 1952–2002 held at Basel Switzerland 8–10 Oct 2002. Feed the soil to feed the people. The role of potash in sustainable agriculture*. International Potash Institute, Basel, p. 301–310, 2003.

STEVENS, W. L. Análises estatísticas do ensaio de variedades de café. *Bragantia*, 9: 103-123, 1949.

TINKER, P.B. e NYE, P.H. *Solute movement in the rhizosphere*. New York, Oxford University Press, 2000. 444p.

TITTONELL, P.; VANLAUWE, B.; CORBEELS, M.; GILLER, K.E. Yield gaps, nutrient use efficiencies and response to fertilizers by maize across heterogeneous smallholder farms of western Kenya. *Plant and Soil* 313:19 - 37, 2008.

TSAY, Y.F.; HO, C.H.; CHEN, H.Y.; LIN, S.H. Integration of nitrogen and potassium signaling. *Annual Review of Plant Biology* 62: 207 - 226, 2011.

ZAMBOLIM, L., SOUSA, A.F., ZAMBOLIM, E.M., RENA, A.B. (2007). Seca de ramos do cafeeiro – fatores bióticos e abióticos. In: Zambolim L. (Ed). *Boas práticas agrícolas na produção do café*. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 1-60.