

# ADUBAÇÃO PARA PRIMEIRO ANO PÓS-PLANTIO (N e K<sub>2</sub>O) DE CAFEIROS FERTIRRIGADOS NA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

Rubens José Guimarães<sup>1</sup>, Myriane Stella Scalco<sup>2</sup>, Alberto Colombo<sup>3</sup>, Gleice Aparecida Assis<sup>4</sup>, Gladyston Rodrigues Carvalho<sup>5</sup>, Luiz Paulo Bernardes Alexandre<sup>6</sup>

(Recebido: 19 de março de 2009; aceito: 20 de agosto de 2010)

**RESUMO:** A cafeicultura irrigada ocupa cerca de 10% da área total plantada e é responsável por 25% da produção anual brasileira. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito de diferentes doses e parcelamentos da adubação com N e K<sub>2</sub>O, aplicada via fertirrigação por um sistema de gotejamento, sobre o crescimento e teores foliares de N e K de cafeeiros (*Coffea arabica* L.), durante o primeiro ano de adubação pós-plantio da lavoura. A cultivar utilizada foi a Catiguá MG-3, no espaçamento de 2,50 m x 0,6 m. Os tratamentos constaram de combinações de cinco doses de adubação de N e K<sub>2</sub>O (i) 70%, (ii) 100%, (iii) 130%, (iv) 160% e (v) 190% do recomendado para cafeeiros não irrigados) e dois parcelamentos ((i) quatro e (ii) doze aplicações) e uma testemunha não irrigada e adubada em quatro aplicações de N e K<sub>2</sub>O na época das águas. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram compostas pelos parcelamentos e as subparcelas pelas doses. Cada subparcela constou de 10 plantas, sendo oito úteis. O crescimento das plantas (alturas e diâmetros de copa e caule) foi superior no parcelamento de doze aplicações e não diferenciaram quanto às doses aplicadas via fertirrigação, mas foi inferior na testemunha não irrigada. Para lavouras cafeieiras fertirrigadas no sul de Minas Gerais, deve-se reduzir para 70% a dose de N e K<sub>2</sub>O atualmente recomendada para lavouras de sequeiro.

Palavras-chave: Café, fertirrigação, nutrientes.

## FERTILIZATION (N and K<sub>2</sub>O) OF FERTIRRIGATED COFFEE IN THE FIRST YEAR AFTER PLANTING IN THE SOUTHERN REGION OF MINAS GERAIS STATE

**ABSTRACT:** Irrigated coffee production represents approximately 10% of the total area planted with coffee and 25% of Brazil's annual production of the crop. This study aimed at determining the effects of different doses and splittings of N and K<sub>2</sub>O fertilization, applied via drip fertirrigation, on growth and leaf N and K concentrations in the first year of fertilization after planting. The cultivar Catiguá MG-3 was used in a 2.50 m x 0.6 m spacing. Treatments consisted of combinations of five doses of N and K<sub>2</sub>O fertilizer ((i) 70%, (ii) 100%, (iii) 130%, (iv) 160%, and (v) 190% of the recommended dose for non-irrigated coffee), two split applications ((i) four and (ii) twelve applications) and a non-irrigated control treatment that received 100% of the recommended dose in four applications during the rainy season. The experimental design was in randomized blocks with four replications in split-plots. Plots were constituted by different splitting managements and split-plots by different doses. In each split-plot eight plants, from a total of ten, were sampled. Plant growth (plant height, stem and crown diameter) was higher in the treatments that received twelve fertilizer applications and did not vary according to the fertirrigation doses, but was lower in the non-irrigated control treatment. In fertirrigated coffee fields in the southern region of Minas Gerais state, N and K<sub>2</sub>O doses should be reduced to 70% of the amount usually recommended for non-irrigated coffee, providing that twelve monthly applications are done.

Index terms: Coffee, fertirrigation, nutrients.

## 1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura irrigada é uma realidade no cenário nacional, ocupando cerca de 10% da área

total da cafeicultura nacional (aproximadamente 233 mil hectares) e em torno de 20 a 25% de sua produção anual (SANTINATO et al., 2008), permitindo situar o cafeeiro entre as principais culturas irrigadas do

<sup>1</sup>Professor Associado, Doutor, Departamento de Agricultura/DAG – Universidade Federal de Lavras/UFLA Caixa Postal 3037 – 37200-000 Lavras, MG - rubensjg@dag.ufla.br

<sup>2</sup>Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitotecnia, Departamento de Agricultura/DAG – Universidade Federal de Lavras/UFLA Caixa Postal 3037 – 37200-000 Lavras, MG - msscalco@dag.ufla.br

<sup>3</sup>Professor Adjunto, PhD, Departamento de Engenharia/DEG – Universidade Federal de Lavras/UFLA -Caixa Postal 3037 – 37200-000 Lavras, MG - acolombo@deg.ufla.br

<sup>4</sup>Doutoranda em Fitotecnia, Departamento de Agricultura/DAG – Universidade Federal de Lavras/UFLA Caixa Postal 3037 – 37200-000 Lavras, MG - gleice\_ufla@yahoo.com.br

<sup>5</sup>Pesquisador da EPAMIG, Doutor em Fitotecnia, Departamento de Agricultura/DAG – Universidade Federal de Lavras/UFLA Caixa Postal 3037 – 37200-000 Lavras, MG - carvalho@epamig.ufla.br

<sup>6</sup>Engenheiro Agrônomo, graduado pela Universidade Federal de Lavras/UFLA – luis.paulo@sementesadriana.com.br

Brasil. Segundo os autores, desses 10%, de 4,5% a 5% concentram-se em Minas Gerais, 3,0% a 3,5% no Espírito Santo, de 1,0% a 1,5% na Bahia e de 0,5% a 1,0%, em Goiás.

Dados que quantifiquem a extração de nutrientes e sua relação com o padrão de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo para cafés fertirrigados em diferentes fases fenológicas da cultura e nas condições edafo-climáticas da região sul de Minas Gerais são conflitantes, ou mesmo faltam informações conscientes. A carência de tais dados pode comprometer o crescimento e a produção diferenciados de lavouras irrigadas se as doses de fertilizantes forem calculadas somente com base na recomendação para a cultura de sequeiro (GUIMARÃES et al., 1999). Especialmente as doses de nitrogênio e potássio, podem ser alteradas em um sistema de produção fertirrigado, podendo gerar alterações no padrão de desenvolvimento e consequentemente na produtividade do cafeeiro.

Existem vários trabalhos que quantificam o teor de nutrientes e o desenvolvimento em mudas de cafeeiro (GONÇALVES, 2005; GONTIJO, 2004), em lavouras em formação (CLEMENTE, 2005), e principalmente em lavouras em produção (MALAVOLTA, 1993; MARTINEZ et al., 2003; MATIELLO et al., 2005). Porém, para cafeeiros irrigados as informações são baseadas no comportamento da cultura de sequeiro (SANTINATO & FERNANDES, 2002). Os resultados obtidos podem elucidar vários questionamentos ainda sem resposta quanto ao manejo da lavoura irrigada, o que é o caso deste estudo que busca uma recomendação de adubação segura e racional para cafeeiros fertirrigados, para a região do sul de Minas Gerais. Nessa região tem crescido a utilização da irrigação em lavouras cafeeiras, devido principalmente aos veranicos, cada vez mais frequentes, atingindo as lavouras em fases fenológicas críticas quanto à necessidade hídrica.

Segundo Coelho (1994), os pontos a serem observados quanto à aplicação de N e K<sub>2</sub>O na fertirrigação são o potencial de perdas por lixiviação em função de sua mobilidade nos diferentes tipos de solos e as exigências das culturas em relação à curva de absorção de nutrientes. De acordo com Antunes et al. (2001), desde que os fertilizantes potássicos não apresentem problemas de solubilidade para a

aplicação via água, o ponto crucial é definir em que condição deve-se fazer o parcelamento desse nutriente.

Alguns autores como Santinato & Fernandes (2002) recomendam um aumento de 30% na adubação de cafeeiros irrigados em produção. Já França Neto et al. (2003), estudando níveis diferenciados de fertirrigação e parcelamento de N e K<sub>2</sub>O, não encontraram diferença significativa entre fertirrigação e adubação manual convencional junto com irrigação, mas ressaltaram as inúmeras vantagens dessa técnica em relação à adubação convencional, sugerindo ainda a necessidade da continuidade dos estudos nesta área.

No que se refere ao parcelamento, Silva et al. (2002), estudando épocas de irrigação e parcelamento de adubação em 12 vezes, aplicando o adubo de forma manual, outros três parcelamentos de 12, 24, e 36 aplicações de fertilizantes via água de irrigação, não encontraram diferenças significativas entre esses tratamentos. Mesmo assim, não se sabe ainda se o parcelamento feito somente durante a época da seca é justificável já que os cafeeiros irrigados têm crescimento durante todo ano, necessitando assim de nutrientes. De acordo com Burt (1995), quando a fertirrigação é realizada de maneira criteriosa, reduções nas doses de fertilizantes podem ser conseguidas. Segundo esse autor, a redução pode ser de até 25%, sem afetar o desenvolvimento e a produtividade das culturas.

Alguns trabalhos indicam redução de até 50% nas quantidades de nitrogênio e potássio recomendadas na adubação convencional de sequeiro, quando aplicadas em fertirrigação, sem prejuízo ao cafeeiro, como constatado na região do Triângulo Mineiro por Teodoro et al. (2005). Esses autores comentam ainda que, com aplicações de 125% e 150% da recomendação para a cultura de sequeiro, o teor foliar de nitrogênio logo após floração encontra-se em níveis mais acentuados que o normal. Também Fagundes (2006), trabalhando com adubação sólida e líquida em cinco doses (50%, 75%, 100%, 125%, e 150%) da adubação convencional de sequeiro, com parcelamentos de 2, 4, 8, ou 12 aplicações, em Boa Esperança-MG, constatou que: a adubação líquida proporcionou maior desenvolvimento vegetativo do cafeeiro recém-plantado em campo, quando comparada à adubação sólida convencional;

e que 50% da dose recomendada para lavouras de sequeiro em dois parcelamentos foi o suficiente para o desenvolvimento da cultura, no primeiro ano pós-plantio.

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito de diferentes doses e parcelamentos da adubação com N e K<sub>2</sub>O, ao longo dos 600 dias após plantio, sobre o crescimento e os teores foliares destes nutrientes nas plantas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e, com base nas respostas obtidas apresentar uma recomendação de adubação, via fertirrigação, para lavouras cafeeiras nessa fase de formação.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O preparo do solo foi realizado por meio de uma aração com arado de discos e duas gradeações em abril de 2007 e o plantio feito imediatamente após, utilizando-se mudas de ano podadas e tratadas em viveiro da cultivar Catiguá MG-3. Foi realizado o controle de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet) e *Cercospora coffeicola* Berk. & Cook.. O manejo de plantas daninhas constou de capinas manuais com posterior aplicação de herbicida oxifluorfen. Os micronutrientes foram fornecidos em três aplicações foliares, em intervalos de quarenta dias com: sulfato de zinco (0,3%), oxiclreto de cobre (0,3%) e ácido bórico (0,3%). Também foram feitas na fase inicial, pulverizações quinzenais de sulfato de magnésio, e aplicação de calcário e gesso como fonte de cálcio e enxofre, conforme recomendações de Guimarães et al. (1999).

O clima da região é do grupo Cwa, de acordo com a classificação de Köppen, ou seja, clima temperado suave, chuvoso, com inverno seco (DANTAS et al., 2007). A temperatura média anual do ar é de 19,4 °C, com média mínima de 14,8 °C e média máxima de 26,1°C. A umidade relativa média do ar é de 76,2% e a precipitação e a evaporação anual são de 1.529,7 mm e 1.034,3 mm, respectivamente.

Utilizou-se o espaçamento de 2,50 m entrelinhas e 0,6 m entre plantas (6666 plantas ha<sup>-1</sup>). Os tratamentos constaram de cinco doses de adubação, em relação ao recomendado para o “primeiro ano de adubação após o plantio” ou seja, para o primeiro período chuvoso após aquele do plantio da lavoura: (i) 70%, (ii) 100%, (iii) 130%, (iv) 160% e (v) 190% do recomendado para cafeeiros não irrigados

(GUIMARÃES et al., 1999) e (iv) uma testemunha não irrigada e adubada com 100% da recomendação para lavouras de sequeiro, em quatro aplicações de N e K<sub>2</sub>O de novembro a março. Essas doses foram estudadas em dois parcelamentos de (i) quatro e (ii) doze aplicações mensais. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, utilizando-se o esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas compostas pelos diferentes parcelamentos e as subparcelas pelas diferentes doses, perfazendo um total de 12 tratamentos. Cada subparcela foi composta de 10 plantas, sendo consideradas úteis as oito centrais. Para cada linha de tratamento foram deixadas bordaduras duplas, de forma a não haver interferência de um tratamento sobre o outro. As variáveis de crescimento e teores foliares foram analisadas de acordo com um esquema adaptado dos experimentos em parcelas subdivididas (STEEL et al., 1997). Os efeitos de parcelamentos sobre o crescimento e sobre os teores foliares de N e K foram comparados pelo teste de F. Os efeitos de doses e suas interações, além de submetidos à aplicação do teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, também foram submetidos à análise de regressão.

A diferenciação dos tratamentos de doses de aplicação e parcelamentos ocorreu a partir do início das águas (novembro de 2007). A recomendação de adubação foi feita de acordo com Guimarães et al. (1999), com base na análise de solo coletada em todas as parcelas de tratamento antes da aplicação dos mesmos. O fósforo (superfosfato simples) foi aplicado no plantio em dose única e o nitrogênio e potássio conforme os tratamentos, utilizando-se como fonte de nitrogênio a uréia pecuária (45% de N) e o nitrato de potássio (13% de N), que também forneceu o potássio (44% de K<sub>2</sub>O).

O sistema de irrigação constou de uma unidade central de controle (sistema de bombeamento, filtros de areia e tela, injetor de fertilizantes, manômetros e conexões), linha principal de tubos PVC, PN80, linhas de derivação de PVC, PN 40, linhas laterais com tubo flexível de polietileno, PN 40, gotejadores e registros. O sistema foi avaliado periodicamente quanto à uniformidade de distribuição de água. A irrigação de cada tratamento em cada unidade foi controlada através de registros instalados numa caixa, referentes às quatro repetições. Os gotejadores foram

espaçados de 30 cm na linha, formando uma faixa molhada ao longo da fileira de plantas. Esse espaçamento foi determinado em função das características do solo e após determinação do bulbo molhado para o tipo de gotejador utilizado (vazão nominal de 3,75 L h<sup>-1</sup>).

O momento de proceder às irrigações foi dado pela tensão da água no solo quando essa atingia valores próximos a 20 kPa na profundidade de 0,25 m, utilizando-se turnos de rega fixos de duas vezes por semana (terças e sextas-feiras). O controle da irrigação foi feito através de tensiômetros (com tensiômetro de punção digital e escala de leituras em bar). Os tensiômetros foram instalados nas profundidades de 0,10; 0,25; 0,40; 0,60; 0,80 e 1,00 m. Para cálculo da lâmina aplicada, na fase inicial, foi considerada a média das leituras dos tensiômetros até 0,25 m e, após desenvolvimento das plantas essa

profundidade foi alterada para 0,4 m de profundidade. O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho-escuro distroférico, textura argilosa a muito argilosa. A caracterização química para a camada de 0-20 cm e as equações de van Genuchten para as camadas de 0-0,35m; 0,35-0,70m; e 0,70 a 1,05m são apresentadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

A primeira avaliação de crescimento e a coleta de folhas do terceiro e quarto pares para análise dos teores de nutrientes (N e K), de acordo com Guimarães et al. (1999), foi realizada dois meses após diferenciação dos tratamentos, em janeiro de 2008. Assim, neste estudo foram consideradas as avaliações de crescimento e os teores de N e K, aos 330 (final de fevereiro de 2008), e aos 600 dias (final de novembro de 2008) após plantio das mudas. Foram realizadas medidas de altura de plantas (em centímetros, medidos

**Tabela 1** – Caracterização química do solo na camada de 0-20cm, da área experimental antes do plantio.

Característica	Unidades	Valores
pH (H <sub>2</sub> O)	-	6,7
Fósforo (P)	mg dm <sup>-3</sup>	15,4
Potássio (K)	mg dm <sup>-3</sup>	137
Cálcio (Ca <sup>2+</sup> )	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	4,4
Magnésio (Mg <sup>2+</sup> )	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	1,5
Alumínio (Al <sup>3+</sup> )	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	0,0
H+Al (Extrator SMP)	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	2,1
Soma de bases trocáveis (SB)	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	6,3
CTC (t)	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	6,3
CTC a pH 7,0(T)	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	8,3
Índice de saturação por bases (V)	%	74,9
Índice de saturação por alumínio (m)	%	0
Matéria orgânica (MO)	dag kg <sup>-1</sup>	4,3
Fósforo remanescente (P-rem)	mg L <sup>-1</sup>	7,7
Zinco (Zn)	mg dm <sup>-3</sup>	5,1
Ferro (Fe)	mg dm <sup>-3</sup>	76,7
Manganês (Mn)	mg dm <sup>-3</sup>	22,5
Cobre (Cu)	mg dm <sup>-3</sup>	3,7
Boro (B)	mg dm <sup>-3</sup>	0,2
Enxofre (S)	mg dm <sup>-3</sup>	38,21

do solo até a gema terminal do ramo ortotrópico), diâmetros de copa (em centímetros, medidos no maior comprimento dos ramos plagiotrópicos, no sentido da entrelinha) e caule (em centímetros e medido a cinco centímetros do solo com a utilização de um paquímetro), em oito plantas centrais de cada subparcela.

Na análise de variância das características de crescimento, os resultados referentes às doses de N e K<sub>2</sub>O, foram estudados incluindo-se o efeito da testemunha, não irrigada. Para a análise de variância dos teores médios foliares de N e K, os resultados foram apresentados considerando-se apenas as cinco doses aplicadas que foram calculadas com base no porcentual de recomendação para a lavoura de sequeiro, uma vez que se trata de uma proposta para uso da fertirrigação em lavoura irrigada.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Dotação hídrica

Do período de novembro de 2007 a novembro de 2008, quando foi realizada a última avaliação de crescimento, foi aplicada uma lâmina total de irrigação de 194,1 mm e a precipitação total nesse período foi de 1899,9 mm. Dessa forma as plantas receberam

um total 2094 mm de água por precipitação e irrigação, no período considerado.

#### 3.2 Análise de variância do crescimento e dos teores foliares de N e K dos cafeeiros

Ao final de 600 dias de condução do experimento, as características altura, diâmetro de copa e diâmetro de caule apresentaram diferenças significativas, em função dos tratamentos.

Os resultados de crescimento submetidos à análise de variância indicaram níveis de significância das interações triplas (doses, parcelamentos e épocas) apenas para o diâmetro de copa. A interação de doses versus época de avaliação apresentou níveis de significância para todas as características avaliadas e a interação de parcelamento versus época de avaliação só não foi significativa para o diâmetro de caule. Considerando cada fator de forma isolada, têm-se os seguintes resultados: efeito significativo de parcelamento sobre diâmetro de copa; efeito significativo de doses sobre o diâmetro de caule.

Quanto à análise de variância dos teores foliares de N e K<sub>2</sub>O tem-se: efeito significativo do

**Tabela 2** – Equações representativas da curva característica de umidade ajustadas ao modelo de Van Genuchten, para as camadas de 0-0,35m; 0,35-0,70m; e 0,70 a 1,05m do solo da área experimental.

$\theta = 0,300 + \frac{(0,542 - 0,300)}{\left[1 + (0,165 \psi )^{1,285}\right]^{0,222}}$	zero a 0,35 m
$\theta = 0,279 + \frac{(0,612 - 0,279)}{\left[1 + (0,160 \psi )^{1,587}\right]^{0,370}}$	0,35 a 0,70 m
$\theta = 0,300 + \frac{(0,626 - 0,300)}{\left[1 + (0,164 \psi )^{1,505}\right]^{0,336}}$	0,70 a 1,05 m
$\psi = \text{potencial matricial em cm}$	$\theta = \text{umidade volumétrica}$

parcelamento sobre o teor de K; de doses sobre o teor foliar de N; de época e da interação época versus parcelamento sobre os teores foliares de N e K; da interação de época e doses sobre o teor foliar de N. A interação tripla não foi significativa para os teores de N e K<sub>2</sub>O.

### **3.2.1 Efeito de parcelamento de N e K<sub>2</sub>O e suas interações no crescimento de plantas e nos teores foliares de N e K.**

A análise do desdobramento de parcelamentos, dentro de cada época de avaliação, para as características de crescimento foi significativa apenas aos 600 dias (Tabela 3), sendo que o maior crescimento médio das plantas ocorreu no parcelamento de doze aplicações de N e K. Somente foi possível detectar o efeito do N no crescimento aos 600 dias após o plantio, apesar de que aos 330 dias já se tivesse feito as quatro aplicações de nitrogênio, no tratamento com quatro parcelamentos. Aos 330 dias após plantio, as plantas comportaram-se igualmente quanto às características de crescimento para os dois parcelamentos. Assim, o nitrogênio, que é o elemento que tem efeito direto sobre o desenvolvimento da parte aérea das plantas e embora fornecido e encontrado em maior concentração nas plantas sob quatro parcelamentos, não chegou a condicionar um maior crescimento de plantas aos 330 dias após plantio.

As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Scott Knott, ao nível de 5% de significância.

De acordo com os resultados da Tabela 4, as plantas no parcelamento de quatro aplicações apresentaram maior teor de N. Consequentemente, não havendo ainda diferença de crescimento de plantas aos 330 dias após plantio (Tabela 3) o teor de N foi mais elevado nas plantas que receberam maior concentração desse nutriente, ou seja, em quatro aplicações.

A análise do desdobramento de parcelamento dentro de cada época de avaliação de N e K indicou um maior crescimento médio de plantas aos 600 dias após plantio, tanto para o parcelamento de quatro, quanto para o de doze aplicações de N e K (Tabela 3), o que já era esperado. Aos 600 dias o efeito do N, fornecido às plantas ao longo de doze aplicações, em menores concentrações, porém de forma constante pode ter proporcionado um maior crescimento das mesmas. Esse nutriente se apresenta em concentrações mais elevadas

no parcelamento de doze aplicações (28,5 g kg<sup>-1</sup>), em relação ao de quatro aplicações (22,3 g kg<sup>-1</sup>) aos 600 dias após plantio (Tabela 4).

Para o período até 600 dias após plantio do cafeeiro, neste estudo ficou evidenciado que, na fertirrigação o uso de doses menores de N, em maior número de parcelamentos pode ser mais eficiente ao crescimento do cafeeiro em relação à fertirrigação feita em quatro parcelamentos, no período das águas. Em relação ao parcelamento de K (Tabela 4) esse não apresentou diferença no teor foliar aos 330 dias e apresentou-se em menor concentração, em doze parcelamentos aos 600 dias após plantio. Nesse caso, pode ter ocorrido o “efeito de diluição”. Esse efeito faz com que, apesar da maior quantidade (g) de K absorvida pelas plantas, esse encontra-se diluído na maior quantidade de matéria seca produzida (%), em função do maior crescimento.

Os estudos que envolvem o parcelamento de nutrientes via fertirrigação, normalmente são desenvolvidos em lavouras já instaladas e em fase de produção e os resultados ainda são conflitantes. Alves et al. (2000) relatam que os efeitos dos tratamentos de parcelamento (3, 6 e 9 parcelamentos) de adubação de N e K para cafeeiros irrigados, sob diferentes lâminas de aplicação de água e fertirrigados foram bastante variáveis, não havendo tendência de comportamento comum a todos os parâmetros. Já, Coelho & Silva (2005), observaram maiores produtividades com doze parcelamentos de adubação de N e K via manual, em cafeeiros irrigados.

Os resultados apresentados na Tabela 4 para o desdobramento de parcelamento dentro de cada época de avaliação indicaram que: (i) aos 330 dias após o plantio foi verificado um teor foliar de N significativamente superior no parcelamento de quatro aplicações em relação ao parcelamento de doze aplicações. Já aos 600 dias após o plantio, os teores foliares de N foram significativamente superiores no parcelamento de doze aplicações; (ii) o teor de potássio não diferiu aos 330 dias e foi significativamente superior no parcelamento de quatro aplicações, aos 600 dias após o plantio. Como na literatura não existem informações de teores foliares adequados de nutrientes para lavouras cafeeiras em formação, os teores foliares dos nutrientes verificados neste estudo foram comparados aos recomendados por Malavolta (1993) para lavouras cafeeiras em produção, apenas para uma referência.

Com base na faixa de variação de teores foliares de N e K, ao longo dos meses do ano, recomendada por Malavolta (1993), observou-se que: (i) os teores foliares de N verificados (36,3 g kg<sup>-1</sup>) para quatro parcelamentos aos 330 dias após o plantio situam-se acima dos limites de 26-31 g kg<sup>-1</sup>, considerados normais para os meses de março-abril. Aos 600 dias após plantio o valor encontrado (22,3 g kg<sup>-1</sup>) está abaixo do recomendado para os meses de novembro-dezembro que correspondem a 28-32 g kg<sup>-1</sup>. Como o nitrogênio foi fornecido em quatro aplicações, na época das águas, ao longo do ano pode ter ocorrido lixiviação de nitrato e conseqüentemente menor absorção pelas plantas; (ii) em relação ao parcelamento de doze aplicações aos 330 e 600 dias após o plantio os valores dos teores foliares de N de 30,1 g kg<sup>-1</sup> e 28,5 g kg<sup>-1</sup> encontram-se dentro dos limites recomendados. Neste caso, o nitrogênio fornecido ao longo do ano manteve um suprimento adequado desse nutriente às plantas; (iii) os teores foliares de potássio aos 330 dias após o plantio para quatro (24,2 g kg<sup>-1</sup>) e doze parcelamentos (23,9 g kg<sup>-1</sup>) situam-se dentro dos limites recomendados (19-24 g kg<sup>-1</sup>)

por Malavolta (1993). Já, aos 600 dias após o plantio os valores encontrados para os dois parcelamentos (22,0 g kg<sup>-1</sup> e 17,4 g kg<sup>-1</sup>) estão abaixo do recomendado (24-31 g kg<sup>-1</sup>) para os meses de novembro-dezembro.

### 3.2.2 Efeito de doses de N e K<sub>2</sub>O e suas interações no crescimento de plantas e nos teores foliares de N e K.

A análise do desdobramento de doses dentro de épocas para altura de plantas, diâmetro de copa e diâmetro de caule apresentou significância apenas aos 600 dias após o plantio (Figuras 1a, 1b e 1c). Para as três características avaliadas as doses estudadas não diferenciaram de forma significativa entre si e nem em relação à testemunha, aos 330 dias após o plantio. Aos 600 dias após o plantio a altura de plantas e os diâmetros de copa e caule das plantas foram superiores nos tratamentos fertirrigados em relação à testemunha, embora não tenha sido detectado efeito das doses sobre o crescimento. Isso significa uma maior eficiência do uso da fertirrigação em lavouras cafeeiras irrigadas, podendo indicar ainda uma

**Tabela 3** – Altura média de plantas, diâmetro médios de copa e de caule de cafeeiros, em função dos desdobramentos de parcelamentos em cada época de avaliação.

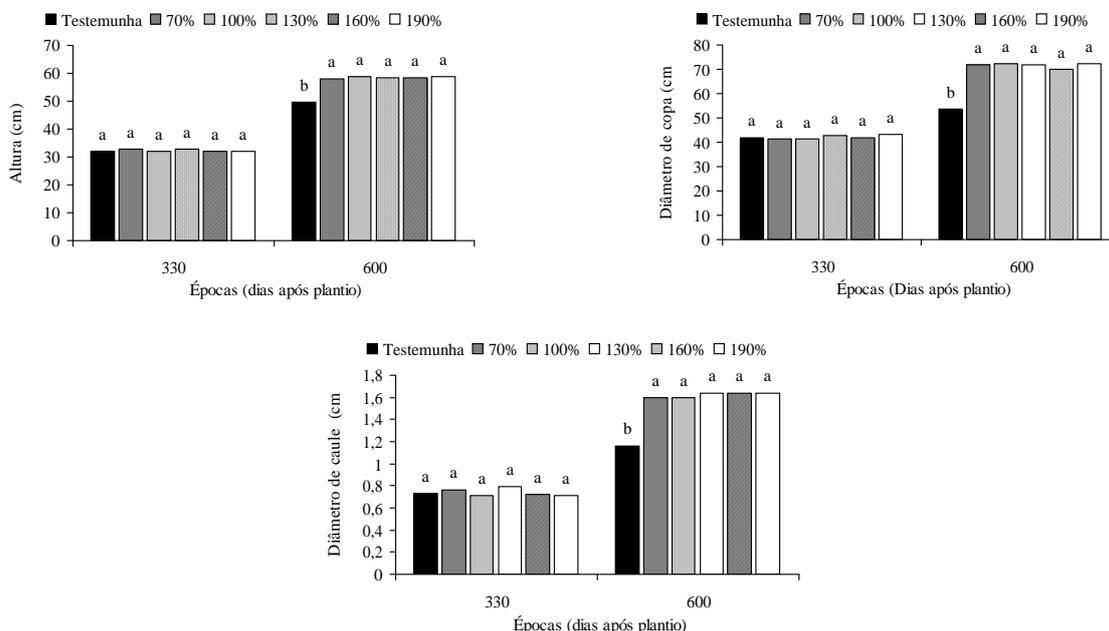
Parcelamento/ Época.		Crescimento		
		Altura (cm)	Diâmetro de copa (cm)	Diâmetro de caule (cm)
330	4	32,1a	41,9a	0,71a
	12	32,4a	42,4a	0,76a
600	4	55,8b	61,2b	1,48b
	12	58,6a	76,2a	1,62a

**Tabela 4** – Teores de N e K em função dos desdobramentos de parcelamentos, em cada época de avaliação e épocas em cada parcelamento.

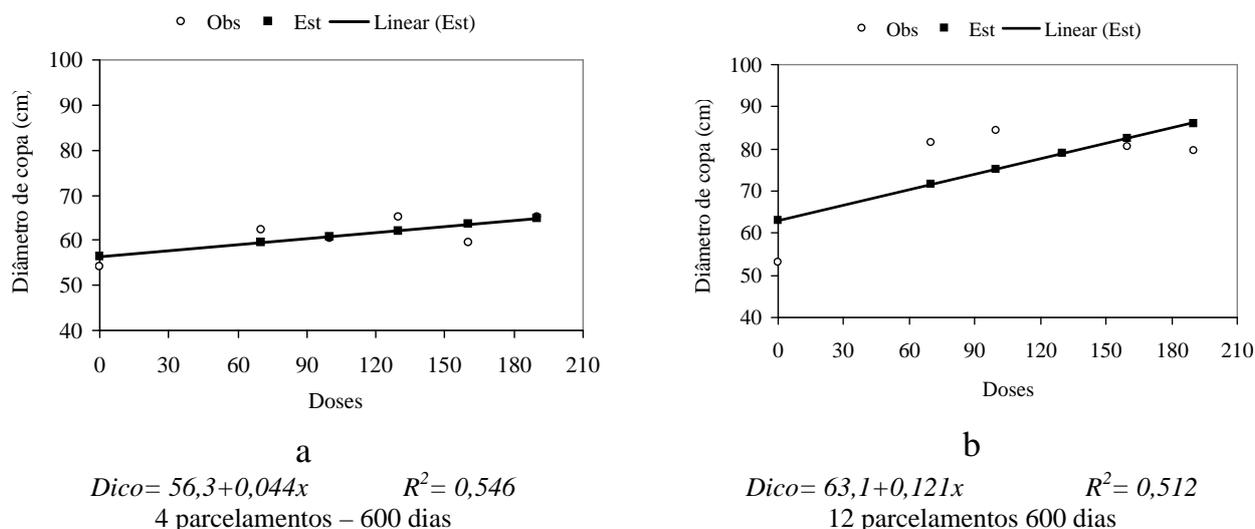
Parcelamento/Época		Teores de N e K (g kg <sup>-1</sup> )	
		N	K
330	4	36,3a	24,2a
	12	30,1b	23,9a
600	4	22,3b	22,0a
	12	28,5a	17,4b

economia de 30%, na dose de adubo nitrogenado e potássico. Fagundes (2006) e Teodoro et al. (2005) relatam reduções de até 50% nas doses de N e K recomendadas na adubação convencional de sequeiro, quando aplicadas em fertirrigação, sem prejuízo ao cafeeiro. O uso da água da irrigação para aplicação de fertilizantes pode ser vantajoso tanto na economia de fertilizantes quanto para o crescimento e produção das lavouras. O efeito benéfico da irrigação sobre o crescimento de plantas de cafeeiros foi relatado por Carvalho et al. (2006). Os autores encontraram maiores taxas de crescimento para cafeeiros irrigados em relação aos não irrigados. Esse padrão de comportamento foi relatado ainda por Alves & Livramento (2003) que destacam, em seu relato, que o padrão sazonal de crescimento do cafeeiro não é modificado pela irrigação, porém essas plantas, normalmente, apresentam maiores taxas de crescimento. Deve-se considerar ainda que, ao longo do tempo, as produtividades de lavouras de sequeiro são inferiores àquelas obtidas em lavouras irrigadas (SILVA et al., 2005) o que ocorre também quando se utiliza a irrigação em lavouras recepdadas (REZENDE et al., 2006).

A análise do desdobramento de doses em função da interação entre épocas e parcelamentos apresentou significância ( $p \leq 0,05$ ) apenas para o diâmetro de copa e aos 600 dias após plantio. Considerando o crescimento do diâmetro de copa para uma lavoura em formação foi adotado um modelo de regressão para ajuste dos resultados. Nesse estudo, para uma lavoura em pleno desenvolvimento o crescimento do diâmetro de copa apresentou um comportamento linear crescente em função das doses aplicadas (% da dose recomendada para lavoura de sequeiro). Os resultados apresentados nas Figuras 2a e 2b consideram como dose zero (0), apenas para efeito ilustrativo, os resultados observados para a testemunha não irrigada. Aos 600 dias após plantio e em quatro parcelamentos, os incrementos de crescimento do diâmetro de copa foram menores, enquanto que para o parcelamento de doze os incrementos foram maiores, o que pode ser visualizado pela menor inclinação da reta em relação ao eixo dos Y. Considerando que os gráficos estão numa mesma escala, foi observado que, para o parcelamento de quatro aplicações, o crescimento registrado para os diferentes tratamentos é inferior ao registrado para o parcelamento de doze aplicações.



**Figura 1** – Altura de plantas (a), diâmetro de copa (b) e diâmetro de caule (c) de cafeeiros aos 330 e 600 dias após plantio, sob diferentes doses e formas de adubação de nitrogênio e potássio.



**Figura 2** – Diâmetro de copa de plantas de cafeeiros, sob diferentes doses e parcelamentos de adubação.

(\*) Nos gráficos o Zero representa a testemunha, não irrigada, e os demais representam as doses de 70, 100, 130, 160 e 190% da recomendação para lavoura de sequeiro.

Para estudo do comportamento dos teores foliares de N e K em relação às diferentes doses, além da comparação pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ) adotou-se também a análise de regressão. Pelo teste de médias (Tabela 5) foi verificado que, aos 330 dias após o plantio, os teores médios foliares de N foram maiores nas doses mais altas de N e K, ao passo que, aos 600 dias após o plantio, esses teores médios não diferenciaram entre si. Para os teores foliares médios de K, aos 330 dias após o plantio, não se verificou diferenças significativas em função das doses de N e K. Aos 600 dias após o plantio os teores foliares de N não diferenciaram em relação às diferentes doses de N e K<sub>2</sub>O. Foram verificados maiores teores médios de K nas doses de 70 e 100% de N e K<sub>2</sub>O em relação às doses de 130, 160 e 190% da recomendação para lavouras de sequeiro, contudo as diferenças são muito pequenas, o que não proporcionou diferenças significativas no crescimento vegetativo das plantas, como se pode notar pelas Figuras 1a, 1b e 1c.

Os gráficos apresentados nas Figuras 3a, 3b, referem-se ao desdobramento do efeito de doses de N dentro de cada época de avaliação e considerando apenas as doses aplicadas, via fertirrigação. Aos 330 dias após o plantio houve

um acréscimo constante dos teores médios foliares de N, em função do aumento das doses de N e K<sub>2</sub>O.

Aos 600 dias após o plantio, os teores foliares de N ajustaram-se ao modelo polinomial, indicando uma maior concentração nos teores foliares de N na dose de 70%, seguida por uma queda nas concentrações de N nas doses de 100, 130 e 160% e um novo aumento na dose de 190% da recomendação. Considerando que os gráficos estão na mesma escala, foi observado que os teores médios foliares de N, aos 600 dias após plantio são inferiores aos verificados aos 330 dias, efeito esse que se deve provavelmente ao aumento do crescimento das plantas e conseqüente redução na concentração de N (%).

Em relação aos teores médios foliares de K, não houve efeito significativo para estudo de regressão de doses e suas interações.

#### 4 CONCLUSÕES

Para lavouras cafeeiras fertirrigadas durante o primeiro ano de adubação pós-plantio, no sul de Minas Gerais, deve-se reduzir para 70% a dose de N e K<sub>2</sub>O atualmente recomendada para lavouras de sequeiro, desde que seja parcelada em doze aplicações mensais.

## 5 AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) pelo apoio financeiro e pela concessão da bolsa de Iniciação Científica. Ao Consórcio Pesquisa Café pelo apoio financeiro e pela concessão da bolsa de Desenvolvimento para condução das atividades.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J. D.; LIVRAMENTO, D. E. da. **Morfologia e fisiologia do cafeeiro**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2003. 46 p.
- ALVES, M. E. B.; FARIA, M. A. de; GUIMARÃES, R. J.; MUNIZ, J. A.; SILVA, E. L. da. Crescimento do cafeeiro sob diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 219-225, 2000.
- ANTUNES, R. C. B.; RENA, A. B.; MANTOVANI, E. C.; ALVARENGA, A. P.; COSTA, L. C.; DIAS, A. S. C. Influência da fertirrigação no desenvolvimento do café arábica em formação. In: MANTOVANI, E. C.; SOUZA, L. O. C.; SOARES, A. R. (Eds.). **Energia na agricultura**. Piracicaba: ESALQ, 2001. p. 64-67. (Boletim técnico, 4).
- BURT, C. M. Fertigation: the next frontier. **Irrigation Business and Technology**, San Luis Obispo, v. 3, n. 4, p. 16-19, 1995.
- CARVALHO, H. M. de; COLOMBO, A.; SCALCO, M. S.; MORAIS, A. R. de. Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 243-250, mar./abr. 2006.
- CLEMENTE, F. M. V. T. **Faixas críticas de teores foliares de macro e micronutrientes no cafeeiro (*Coffea arabica* L.) no primeiro ano de formação da lavoura**. 2005. 63 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- COELHO, A. M. Fertigação. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Eds.). **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994.
- COELHO, G.; SILVA, A. M. da. O efeito da época de irrigação e de parcelamentos de adubação sobre a produtividade do cafeeiro em três safras consecutivas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 400-408, mar./abr. 2005.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendência climática em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.
- FAGUNDES, A. V. **Adubação líquida na implantação da lavoura cafeeira (*Coffea arabica* L.)**. 2006. 41 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- FRANÇA NETO, A. C. F.; MOURA, B. R.; MANTOVANI, E. C.; RENA, A. B.; PALARETTI, L. F. Influência da irrigação e da fertirrigação na produtividade da variedade Acaíá cerrado: dados de duas safras, em Viçosa, MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 6., 2003, Araguari. **Anais...** Araguari, 2002. p. 141-144.
- GONÇALVES, M. S. **Faixas críticas de teores foliares de nutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) produzidas em tubetes**. 2005. 82 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- GONTIJO, R. A. N. **Faixas críticas de teores foliares de macro e micronutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2004. 84 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ, V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 289-302.
- MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210 p.
- MARTINEZ, H. E. P.; MENEZES, J. F. S.; SOUZA, R. B.; ALVAREZ, V. V. H.; GUIMARÃES, P. T. G. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 703-713, 2003.

- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura do café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFE, 2005. 438 p.
- REZENDE, F. C.; OLIVEIRA, S. dos R.; FARIA, M. A. de; ARANTES, K. R. Características produtivas do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Topázio MG-1190), recepado e irrigado por gotejamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 103-110, jul./dez. 2006.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. **Cultivo do cafeeiro irrigado em plantio circular sob pivô central**. Rio de Janeiro: MAPA/Procafé, 2002. 250 p.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. 2. ed. Uberaba: O Lutador, 2008. 476 p.
- SILVA, A. M. da; COELHO, G.; SILVA, P. A. M.; COELHO, G. S.; FREITAS, R. A. Efeito da época de irrigação sobre a produtividade do cafeeiro Catuaí em 4 safras consecutivas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 5., 2002, Araguari. **Anais...** Araguari, 2002. p. 144-149.
- SILVA, A. M. da; COELHO, G.; SILVA, R. A. Épocas de irrigação e parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro, em quatro safras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 314-319, 2005.
- STEEL, R. G. D.; TURRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procednes of statistics: a biometrical approach**. 3. ed. Boston: WCB/McGraw Hill, 1997. 666 p.
- TEODORO, R. E. F.; MELO, B. de; CARVALHO, H. de P.; SANCHES, A. A.; FERREIRA NETO, J. G.; RUFINO, M. de A. Efeito da fertirrigação nos teores foliares de nitrogênio e potássio e na produtividade do cafeeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 7., 2005, Araguari. **Anais...** Uberlândia:UFU, 2005. p. 45-49.