

**FAIXAS CRÍTICAS DE TEORES FOLIARES
DE MACRO E MICRONUTRIENTES NO
CAFEEIRO (*Coffea arabica* L.) NO PRIMEIRO
ANO DE FORMAÇÃO DA LAVOURA**

FLÁVIA MARIA VIEIRA TEIXEIRA CLEMENTE

2005

FLÁVIA MARIA VIEIRA TEIXEIRA CLEMENTE

**FAIXAS CRÍTICAS DE TEORES FOLIARES DE MACRO E
MICRONUTRIENTES NO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) NO
PRIMEIRO ANO DE FORMAÇÃO DA LAVOURA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Prof. Dr. Rubens José Guimarães

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Clemente, Flávia Maria Vieira Teixeira

Faixas críticas de teores foliares de macro e micronutrientes no cafeeiro (*Coffea arabica* L.) no primeiro ano de formação da lavoura / Flávia Maria Vieira Teixeira Clemente. -- Lavras : UFLA, 2005.

63 p. : il.

Orientador: Rubens José Guimarães.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Café. 2. Nutriente. 3. Primeiro ano. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.73891

FLÁVIA MARIA VIEIRA TEIXEIRA CLEMENTE

**FAIXAS CRÍTICAS DE TEORES DE MACRO E
MICRONUTRIENTES NO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) NO
PRIMEIRO ANO DE FORMAÇÃO DA LAVOURA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 04 de março de 2005

Prof^a Dr^a Janice Guedes de Carvalho	UFLA
Prof. Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes	UFLA
Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho	EPAMIG – Patrocínio

Prof. Dr. Rubens José Guimarães
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

“Não se iluda com conquistas fáceis, com os prazeres transitórios, com as sensações efêmeras. Busque intensamente as coisas sólidas e duradouras, e para isso espalhe em redor de você alegria e otimismo, bondade e amor, que são as bases firmes e eternas da felicidade que jamais termina”.

C. Torres Pastorino (1987)

À minha família,
minha mãe, Maria Izabel Vieira Texeira
meu pai,
Donaldson Xavier Teixeira (*in memoriam*)
meus irmãos
meu sogro Paulo Roberto Clemente e sogra Rozalina Ferreira Clemente.

DEDICO

Ao meu esposo,
André Luís Clemente
Ao meu filho,
Bruno Vieira Clemente

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me guiou todos os dias.

Em especial ao meu esposo André e meu filho Bruno, perdão pelos vários momentos de ausência.

À minha mãe pelo exemplo de força que sempre foi.

À Rozalina e Paulo R. Clemente por todos os momentos de grande ajuda.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) que considero “minha casa”.

Ao Prof. Rubens José Guimarães pela orientação.

À Prof^a. Janice Guedes de Carvalho pela co-orientação imprescindível para a realização deste trabalho.

Ao Depto. Agricultura, em especial a todo o Setor de Cafeicultura, onde além de uma excelente infra-estrutura encontrei um ambiente muito saudável e fiz grandes amigos em especial Sérgio Parreiras Pereira.

À todos os funcionários do Setor de Cafeicultura, em especial Zé Maurício e Marcinho, pela colaboração.

Às amigas, Gracinha, Fafa, Paula Cabral e principalmente Cynthia, que muito me ajudaram nas avaliações nos árduos finais de semana.

A todos, com muito carinho,

Obrigada!!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	03
2.1 Demanda de nutrientes pelo cafeeiro.....	04
2.2 Absorção dos nutrientes pelo cafeeiro.....	07
2.3 Comportamento dos nutrientes minerais.....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 Área experimental.....	20
3.2 Delineamento experimental.....	20
3.3 Caracterização do experimento.....	21
3.4 Manejo do experimento.....	23
3.5 Avaliações.....	23
3.6 Determinação dos níveis e faixas críticas.....	25
3.7 Análise estatística.....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1 Avaliação das características de crescimento das plantas.....	26
4.1.1 Altura das plantas.....	31
4.1.2 Diâmetro de caule.....	32
4.1.3 Índice de Área Foliar (IAF).....	33
4.1.4 Massa seca de raízes (MSR).....	34
4.1.5 Massa seca de caules (MSC).....	35
4.1.6 Massa seca de folhas (MSF).....	36
4.1.7 Massa seca total (MST).....	37
4.1.8 Número de ramos plagiotrópicos.....	38
4.1.9 Comprimento de ramos plagiotrópicos.....	38
4.2 Avaliação dos teores de macro e micronutrientes.....	40
4.3 Determinação dos teores e faixas críticas de macro e micronutrientes na matéria seca das folhas, correspondentes a 90% do ponto de máximo crescimento de cada característica avaliada.....	42
4.3.1 Nitrogênio (N).....	43
4.3.2 Fósforo (P).....	44
4.3.3 Potássio (K).....	44
4.3.4 Cálcio (Ca).....	45
4.3.5 Magnésio (Mg).....	46

4.3.6 Enxofre (S).....	47
4.3.7 Boro (B).....	48
4.3.8 Zinco (Zn).....	49
4.3.9 Cobre (Cu).....	50
4.3.10 Ferro (Fe).....	51
4.3.11 Manganês (Mn).....	52
5 CONCLUSÕES.....	55
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

RESUMO

CLEMENTE, Flávia Maria Vieira Teixeira. **Faixas críticas de teores foliares de macro e micronutrientes no cafeeiro (*Coffea arabica* L) no primeiro ano de formação da lavoura.** 2005. 60 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

O experimento instalado no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, em Lavras – MG, avaliou os teores foliares de macro e micronutrientes em plantas de cafeeiro no primeiro ano de plantio, definindo as faixas críticas adequadas destes teores. Utilizando-se de uma casa de vegetação, no período de 16/03/2003 a 31/03/2004, as plantas foram dispostas em um delineamento estatístico de blocos ao acaso (DBC), constando de seis (6) tratamentos (níveis de adubação), sendo estes: T1 – 25%, T2 - 50%, T3 - 75%, T4 – 100%, T5 – 125% e T6 – 150% da adubação padrão. Foram adotados quatro (4) blocos, num total de 24 parcelas. Os parâmetros avaliados dividiram-se em características de crescimento (altura das plantas - cm, diâmetro de caule - mm, índice de área foliar – $\text{dm}^2.\text{Kg}^{-1}$, comprimento de ramos plagiotrópicos – cm e número de ramos plagiotrópicos), que eram realizados a cada sessenta (60) dias. As demais avaliações foram análise química de folhas para macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre) e para micronutrientes (boro, zinco, cobre, ferro e manganês) e avaliação do peso seco (g) de raízes, caules e folhas das plantas, que foram realizados no término do experimento. Calculou-se o ponto de máximo para cada característica de crescimento avaliada no final dos 12 meses, bem como o nível de adubação correspondente a 90% deste máximo crescimento. De posse das faixas dos níveis de adubação buscou-se a correspondência destes valores com os teores de macro e micronutrientes na matéria seca das folhas. As faixas críticas dos teores foliares de macro e micronutrientes nas plantas, sendo estes: nitrogênio (19,24 a 23,16 g/Kg), fósforo (1,14 a 1,21 g/Kg), potássio (17,39 a 19,02 g/Kg), cálcio (12,70 a 14,11 g/Kg), magnésio (8,26 a 8,97 g/Kg), enxofre (1,49 a 1,77 g/Kg), boro (12,42 a 18,54 mg/kg), zinco (11,51 a 11,92 mg/kg), cobre (12,40 a 18,54 mg/kg), ferro (424,89 a 457,31 mg/kg), manganês (127,17 a 178,67 mg/kg). Constatou-se ainda que a faixa de

adubação entre 71 e 112,25% apresentou os melhores resultados no desenvolvimento das plantas.

*Comitê orientador: Rubens José Guimarães – UFLA (Orientador);
Janice Guedes de Carvalho – UFLA (Co-orientadora)

ABSTRACT

CLEMENTE, Flavia Maria Vieira Teixeira. **Critical ranges of macro and micronutrient leaf levels in coffee (*Coffea arabica* L.) in first year of the formation phase.** 2005. 60 p. Thesis (Master in Agriculture) Federal University of Lavras, Minas Gerais, Brazil*.

The experiment was carried out at the Department of Agriculture, Federal University of Lavras, Lavras, MG, to evaluate the foliar levels of macro and micronutrients in coffee plants in its first year of growth, defining the critical ranges. In a greenhouse, the plants were placed according to block design with six treatments (fertilizer levels), T1-25%, T2-50%, T3-75%, T4-100%, T5-125% and T6-150% of standard fertilization. For that, four blocks were used, in a total of 24 plots. The parameters evaluated were growing pattern (plant height, in cm, stem diameter, in mm, foliar area index, in $\text{dm}^2.\text{Kg}^{-1}$, length of plagiotropic branches, in cm, and number of plagiotropic branches). The measurements were taken every 60 days. Also, other measurements were taken by the end of the experiment, such as chemical foliar analysis for macronutrients (nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur) and for micronutrients (boro, zinc, copper, manganese and iron), and dry weight (g) of roots, stems, and leaves of plants. For each characteristic, it was calculated the maximum growth level in the last 12 months, as well as the fertilizer level, corresponding to 90% of it. Based on these fertilizer levels, it was searched for correlation of these values with macro and micronutrients in the dried matter of leaves. The critical ranges for foliar macro and micronutrient levels were found in the plants, nitrogen (19.24 to 23.16 g/Kg), phosphorus (1.14 to 1.21 g/Kg), potassium (17.39 to 19.02 g/Kg), calcium (12.70 to 14.11 g/Kg), magnesium (8.26 to 8.97 g/Kg), sulfur (1.49 to 1.77 g/Kg), boro (12.42 to 18.54 mg/Kg), zinc (11.51 to 11.92 mg/Kg), copper (12.40 to 18.54 mg/Kg), iron (424.89 to 457.31 mg/Kg), and manganese (127.17 to 178.67 mg/Kg). It was demonstrated that 71 – 112,25% fertilization, had better plant development.

* Committee members: Rubens Jose Guimaraes, UFLA (advisor), and Janice Guedes de Carvalho, UFLA (co-advisor).

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura, com toda a sua expressividade no Brasil e mundo, sempre passou por grandes mudanças tecnológicas, desde novas alternativas de espaçamentos para o plantio, controle de pragas e doenças, novas linhagens obtidas no melhoramento genético e também aprimoramento nas recomendações de adubação. O cafeicultor se profissionaliza constantemente dentro de suas exigências e capacitações específicas.

Como o cafeeiro é uma planta sensível a desequilíbrios nutricionais, busca-se minuciosamente tecnologias que cheguem a maior eficiência produtiva, fato este que está diretamente relacionado com uma adubação equilibrada para a necessidade real da cultura, de maneira que eventuais desequilíbrios não sejam prejudiciais na formação e produção do cafeeiro.

Quando se faz a implantação da lavoura no campo, deve-se ter em mente a importância da manutenção da mesma visando obter qualidade com o menor custo, visto que ao se tratar de uma cultura perene, esta lavoura estará no campo por muitos anos. Considerando que o somatório das atividades na cultura onera o seu custo de produção, sendo que isso pode agravar-se quando estas plantas não estão em idade produtiva, a nutrição equilibrada nessa fase é preponderante.

A falta de adubação equilibrada associada a um manejo inadequado desde o plantio até a produção, tem contribuindo para a baixa produtividade de algumas lavouras cafeeiras e conseqüentemente, tem reduzido o sucesso da atividade para muitos cafeicultores.

A adubação do cafeeiro não pode ser baseada somente em quantidades de nutrientes exportados para os grãos, deve-se considerar também que o desenvolvimento vegetativo, sendo então a produção de ramos, folhas e raízes

fazem parte de um extenso processo fisiológico que antecede o sucesso de uma lavoura.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar o estudo nutricional do cafeeiro submetido a diferentes níveis de adubação construindo faixas críticas realizadas em análises foliares.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Furtini Neto et al. (2001) a recomendação e eficiência da adubação não dependem apenas da definição das doses a serem aplicadas. Muito pelo contrário, tem-se que analisar uma série de aspectos, dentre os quais, sem qualquer ordem seqüencial, destacam-se:

- definição dos nutrientes a serem aplicados;
- definição da quantidade do nutriente a ser aplicada;
- definição da melhor época de aplicação dos nutrientes;
- definição dos fertilizantes a serem aplicados;
- definição da forma de aplicação dos fertilizantes.

Para Guimarães et al. (2002) a cultura do cafeeiro como qualquer outra, depende de vários fatores para alcançar níveis adequados de produtividade. Portanto engana-se quem pensa em fatores de produção isolados, sem conhecer todo o conjunto desses que influencia a produtividade. Assim, é de fundamental importância que conheçamos as causas prováveis da baixa produtividade dos cafezais brasileiros.

Ao se considerar as doses de adubo para o cafeeiro deve-se levar em consideração, entre outros fatores, a idade das plantas. Segundo Malavolta (1993) o acúmulo de matéria seca na planta tem etapas distintas em seu ciclo de vida, sendo que dos 6 aos 78 meses este acúmulo de matéria seca cresce continuamente. As exigências iniciais do cafeeiro são pequenas e crescem rapidamente a partir de 1,5 a 2,5 anos de idade, quando a planta passa a suprir a vegetação e produção. Por esses motivos, não se pode considerar a adubação de uma planta em pleno crescimento vegetativo, semelhante à uma planta que além de vegetar, tem que produzir frutos.

Os avanços nas técnicas de cultivo da lavoura cafeeira, como redução de espaçamentos, cultivares mais produtivas, adaptação de cultivares em áreas que anteriormente eram inaptas e uma adubação coerente, proporcionam condições básicas para o bom desenvolvimento da lavoura. Enquanto que uma adubação desequilibrada certamente traz problemas à mesma.

Quando o desequilíbrio se faz para uma quantidade maior ou menor de adubo do que necessário, observam-se desordens fisiológicas e algumas doenças ou onerando o custo final da saca.

2.1 Demanda de nutrientes pelo cafeeiro

Baseado nos estudos de fenologia do cafeeiro e admitindo que as raízes, o tronco e os ramos crescem proporcionalmente às folhas e tomando a porcentagem média de nitrogênio contido na parte vegetativa e seu incremento anual, segundo Catani et al.. (1965) citado por Haag (1986) calcula-se que para produzir 25 sacas de café ou 3500 Kg de café em coco gasta-se um valor 1,75% de N.

Para Malavolta (1980) durante o desenvolvimento da cultura a extração de N, P e K não se faz nas mesmas quantidades durante vários estágios, pois a curva que descreve a marcha de absorção, isto é, a extração em função do tempo, é, em geral uma sigmóide. E, quando a planta é muito nova, a absorção de nutrientes do solo (ou de outro substrato) é muito pequena; segue-se um período em que a quantidade absorvida cresce bastante, podendo ser descrita por uma curva que se aproxima muito da reta; num período final em que a planta está madura, perto da colheita, a absorção é muito pequena ou mesmo nula.

Matiello et al. (2002) citam que na fase de formação em uma lavoura conduzida em Varginha – MG, com as cultivares Mundo Novo e Catuaí, as exigências aumentaram de forma quase geométrica, da muda até a idade de 18

meses, sendo os nutrientes necessários exigidos na seguinte ordem: N, K, Ca, Mg, P e S para os macronutrientes e Fe, Mn, B, Cu e Zn para os micronutrientes.

De uma maneira simplificada, Catani (1965) citado por Malavolta et al. (1974) mostram que a extração de N, P e K pelo cafeeiro aumenta consideravelmente quando se inicia a produção.

Sabe-se que a marcha de absorção no período de 24 a 48 meses cresce de maneira significativa, pois a partir daí já se observam as primeiras produções e mesmo que não haja plena carga da planta, o fruto já realiza a força de dreno de fotoassimilados.

De acordo com Malavolta (1993) as curvas que descrevem a marcha de absorção de N, P e K em função da idade mostram o estreito paralelismo com o correspondente acúmulo da matéria seca, o que significa que entre meio ano e 6,5 anos de idade são sempre crescentes as exigências dos 3 nutrientes, ainda que a produção suba e desça – isto sugere que, pelo menos no período considerado, não se deve adubar pouco depois de uma alta produção; ao contrário, as doses devem ser aumentadas; em ano de baixa, o que não é exigido para fazer fruto é demandado para fazer vegetação.

Corrêa et al. (2001) ao avaliarem a fertilidade do solo e o estado nutricional das lavouras cafeeiras do sul de Minas Gerais observaram diferentes diagnoses foliares e então concluíram a necessidade do estabelecimento de teores adequados calibrados localmente para garantir maior segurança na realização da diagnose nutricional do cafeeiro.

Corrêa et al. (2000) destacaram em seu trabalho os teores adequados de macro e micronutrientes para o cafeeiro já em fase de produção. Sendo estes apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Teores adequados de macronutrientes para o cafeeiro em produção.

	N	P	K	Ca	Mg	S
	g/Kg					
Reuter & Robinson (1988)	25-30	1,5-2,0	21-26	7,5-15,0	2,5-4,0	0,2-1,0
Mills & Jones Jr. (1996)	23-30	1,2-2,0	20-25	10-25	2,5-4,0	1,0-2,0
Malavolta et al. (1993)	27-32	1,5-2,0	19-24	10-14	3,1-3,6	1,5-2,0
Malavolta et al. (1997)	29-32	1,6-1,9	22-25	13-15	4,0-4,5	1,5-2,0

Tabela 2. Teores adequados de micronutrientes para o cafeeiro em produção.

	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg/Kg				
Reuter & Robinson (1988)	40-100	16-20	70-200	50-100	15-30
Mills & Jones Jr. (1996)	40-75	10-25	10-125	50-200	12-30
Malavolta et al. (1993)	59-60	8-16	90-180	120-210	8-16
Malavolta et al. (1997)	50-60	11-14	80-100	80-100	15-20

Fonte: Adaptado de Corrêa (2000)

A utilização, muitas vezes desbalanceadas de adubos químicos no solo, causam modificações no grau de humificação e fertilidade, assim como cita Mondragon (1998) uma vez que ocorre o acúmulo de nutrientes, especificamente de fósforo e potássio, elevando os níveis destes nutrientes no solo.

Deve-se observar fatores de correlação de grande importância entre os elementos, pois a partir de relações desequilibradas são desencadeadas reações que envolvam inibição ou competição no solo, ou mesmo a diluição de determinado nutriente na folha da planta. Na Tabela 3 Malavolta et al.. (1993)

apresentam as relações entre os nutrientes foliares considerados adequados para o cafeeiro.

TABELA 3 Relações entre os íons.

Íon	Segundo íon presente	Efeito
Cu^{+2}	Ca^{+2}	Antagonismo
Mg^{+2}	K^{+}	Inibição competitiva
K^{+}	Ca^{+2} (alta concentração)	Inibição competitiva
SO_4^{-2}	SeO_4^{-2}	Inibição competitiva
MoO_4^{-2}	SO_4^{-2}	Inibição competitiva
Zn^{+2}	Mg^{+2}	Inibição competitiva
Zn^{+2}	Cu^{+2}	Inibição competitiva
Fe^{+2}	Mn^{+2}	Inibição competitiva
Zn^{+2}	$\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$	Inibição não competitiva
$\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$	Mg^{+2}	Sinergismo
K^{+}	Ca^{+2} (baixa concentração)	Sinergismo
MoO_4^{-2}	$\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$	Sinergismo

Fonte: Malavolta (1980)

2.2 Absorção dos nutrientes pelo cafeeiro

De acordo com Malavolta et al. (1993) a extração dos nutrientes pelas plantas é a quantidade de minerais que a planta de café retira do solo e está contida em todas as suas partes (raízes, caules, ramos, folhas, flores e frutos). Já exportação, é a parte da extração em que os nutrientes são extraídos e exportados, como por exemplo os frutos; estes porém podem ser devolvidos parcialmente.

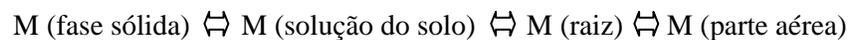
Seguindo a conceituação de Malavolta (1980) tem-se as definições para os termos absorção, transporte ou translocação e redistribuição.

Absorção: é a entrada de um elemento (ou nutriente) na forma iônica ou molecular no espaço intercelular ou em qualquer região ou organela da célula viva ou morta:

Transporte ou translocação: é a transferência de um elemento (ou nutriente) de um órgão ou região de absorção para outro (ou outra) qualquer.

Redistribuição: é o movimento do elemento ou nutriente de uma região ou órgão de acumulação para outro ou outra qualquer.

Como todas as adubações deste trabalho foram feitas via solo, justifica-se comentar a absorção radicular iônica, citada também por Malavolta (1980) em que o sistema solo-planta é representado pelo esquema abaixo, onde a fase sólida representada pelo solo está continuamente cedendo íons para planta:



Os processos de passagem do íons da fase sólida para a interface solução-raiz pode se dar por três processos, são eles:

Interceptação radicular: é o processo pelo qual a medida que as raízes crescem, entram em contato com os nutrientes presos à fase sólida e estabelecem combinações químicas com esses e os absorvem, trocando com o solo íons produzidos por elas.

Fluxo de massa: é o caminhamento de um elemento numa fase aquosa móvel, com a mesma velocidade de toda solução. A medida que as raízes absorvem água, ou seja, a solução do solo, estabelece-se um gradiente de tensão de água no terreno e a solução se move para a superfície da raiz.

Difusão: é o caminhamento do íon em distâncias muito curtas numa fase aquosa estacionária de uma região de maior concentração para outra de menor concentração na superfície das mesmas, criando então o gradiente, ao longo do qual o elemento se difunde.

Na Tabela 4 é apresentado o fornecimento de cada elemento em um solo.

TABELA 4. Contribuição relativa da interceptação radicular, do fluxo de massa e da difusão no fornecimento de nutrientes para o milho num solo fértil barro limoso.

Elemento	Quantidade necessária para colheita de 9t/ha	kg/ha fornecidos por		
		Interceptação	fluxo de massa	difusão
N	170	2	168	0
P	35	1	2	33
K	175	4	35	136
Ca	35	60	150	0
Mg	40	15	100	0
S	20	1	19	0
B	0,2	0,02	0,7	0
Cu	0,1	0,01	0,4	0
Fe	1,9	0,2	1,0	0,7
Mn	0,3	0,1	0,4	0
Mo	0,01	0,001	0,02	0
Zn	0,3	0,1	0,1	0,1

Fonte: Adaptado de Malavolta (1980)

2.3 Comportamento dos nutrientes minerais

De acordo com Faquin (2001) as plantas são capazes de absorver nutrientes de diferentes formas, ao se considerar cada elemento, tem-se:

Macronutrientes:

Nitrogênio (N): N_2 no caso de leguminosas pela FBN; Uréia e na forma mineral como NH_4^+ e NO_3^- sendo esta última predominante em condições naturais, devido ao processo de nitrificação. Ambas as formas minerais são rapidamente absorvidas pelas raízes das plantas e a maior absorção de uma forma em relação a outra é acompanhada por variações do pH do meio. O N absorvido pelas raízes é transportado para a parte aérea da planta através dos vasos do xilema, via corrente transpiratória. A forma pela qual o N é transportado depende da forma em que foi absorvido e assimilado. Portanto, $N-NO_3^-$ e aminoácidos são as principais formas de transporte de N no xilema das plantas superiores. A sua redistribuição nas plantas via floema ocorre facilmente na forma de aminoácidos.

Consciente destes fatos tem-se que buscar a forma de adubação mais eficiente. Foi o que demonstraram em seu trabalho Barros et al. (2000) na região da Zona da Mata mineira, estes concluíram que a adubação mais eficaz foi a aplicação de cobertura de NPK na projeção da copa, que seria a colocação do adubo de forma mais localizada.

Sendo o nitrogênio o nutriente mais exigido pelo cafeeiro, pois é componente da clorofila, enzimas, proteínas estruturais, ácidos nucléicos e outros compostos orgânicos, sua adequada concentração na planta ocasiona um crescimento rápido e a formação de folhas verdes e brilhantes. Com isso, diversos trabalhos vêm ressaltar a importância deste elemento, é o que sugere Nazareno et al. (2003) quando afirmaram em seu experimento realizado com

plantas da cultivar Rubi 1192 durante o primeiro ano após o transplante que, tanto o número de ramos plagiotrópicos quanto o número de nós com gemas por planta, responderam a adubação nitrogenada. Já Prezotti et al. (2003) concluíram em seu trabalho com uma lavoura adensada em produção que a menor dose de N utilizada (100 Kg/ha) foi satisfatória para manter adequados os teores foliares deste nutriente.

Fósforo (P): o fósforo no solo aparece na forma orgânica e mineral. O P orgânico ocorre em teores proporcionais à matéria orgânica. Na forma mineral, as proporções relativas dos compostos inorgânicos de fósforo com ferro, alumínio e cálcio, são condicionadas pelo pH e pelo tipo e quantidade de minerais existentes na fração argila. Na planta o P aparece nas formas inorgânicas e orgânicas. Na forma inorgânica (Pi) aparece como ortofosfato e em menor quantidade como pirofosfato (P-P) e que representam uma proporção relativamente alta em relação ao P total do tecido. Sendo que nas folhas a proporção de Pi para o P orgânico é maior que nos grãos e depende do estado nutricional da planta em P. Em plantas com suprimento inadequado, os valores de Pi são diminuídos enquanto que os de P orgânico permanecem praticamente inalterados (Faquin 2001).

A importância do P na fase jovem do cafeeiro é conhecida pela capacidade de aumentar significativamente o sistema radicular. O estímulo ao crescimento radicular em decorrência de um suprimento localizado de fósforo, tem sido atribuído a aumento das taxas de absorção e a aumentos na translocação de fósforo do segmento da raiz tratado com o nutriente até a parte aérea, assim cita Marcuzzo et al. (2002). Segundo Amaral et al. (2000) o P aplicado no plantio do cafeeiro promove maior desenvolvimento inicial das plantas e sua produção, sendo sua melhor forma de uso a aplicação em mistura dentro da cova, ou sulco de plantio.

Marcuzzo et al. (2002) ao avaliarem seu trabalho com plantas de 18 meses de idade conclui que mesmo não havendo diferença entre fontes de P, a dose equivalente a 538,09 g/m linear de sulco proporcionou o maior desenvolvimento em altura dos cafeeiros. Já Silva et al. (2002) demonstraram em seu trabalho que a ausência do P na adubação do cafeeiro reduz 56% da produtividade, perdendo somente para o potássio (71%) sendo que o nitrogênio é responsável por 40% e o zinco 34% da produtividade.

Potássio (K): a principal forma de K nos solos é a mineral, encontrada na rede cristalina de minerais primários – feldspatos, micas como a muscovita e biotita e nos minerais secundários – argilas do tipo 2:1, ilita e vermiculita. O grau de intemperismo no solo afeta os minerais e as formas existentes no mesmo, segundo Faquin (2001). Como o potássio é o segundo nutriente mais exigido pelo cafeeiro, a introdução de cultivares ou cultivares melhorados geneticamente, com alto potencial de produção, e a exaustão das reservas de K naturais do solo têm compelido a uma maior demanda da aplicação de fertilizantes potássicos nos países tropicais, de acordo com Nogueira et al. (2001). O K na solução do solo aparece na forma iônica K^+ , forma esta absorvida pelas raízes das plantas. O potássio é bastante permeável na membrana plasmática, o que o torna facilmente absorvido e transportado a longas distâncias pelo xilema e pelo floema.

De acordo com Silva (1995) existem solos em que os cafeeiros respondem freqüentemente à aplicação dos fertilizantes potássicos, e outros em que esta planta não é responsiva em cultivos de curta e, eventualmente, de longa duração. Esta questão já havia sido abordada por Lopes (1983) quando este afirmou que nos solos “sob cerrado”, as reservas de K não são suficientes para suprir as necessidades extraídas pelas culturas por um longo período de tempo e, portanto, a sua redistribuição deve ser feita através da adubação potássica.

A justificativa de Nogueira et al. (2001) para que seja atendida a necessidade real de K pelo cafeeiro é que o potássio estimula o desenvolvimento da raiz, o alongamento dos colmos, ativa cerca de 60 enzimas, controla a turgidez das plantas, o transporte de açúcar e amido, auxilia na formação de proteína, oferece a planta maior resistência a doenças, propicia melhor qualidade dos produtos vegetais e está envolvido em muitas outras funções.

Cálcio (Ca): o cálcio que fica no solo encontra-se adsorvido nos colóides do solo ou componentes da matéria orgânica. Sob condições de solo com pH elevado, o Ca pode insolubilizar-se como carbonatos, fosfatos ou sulfatos. O Ca considerado disponível para as plantas é aquele adsorvido aos colóides (trocável) e presente na solução do solo (Ca^{2+}). Os teores de Ca^{2+} na solução de solos ácidos é bastante baixo. Como o cálcio é absorvido pelas raízes como Ca^{2+} na solução solo, geralmente, a concentração de cálcio na solução do solo é bem maior que a K^+ ; entretanto, a taxa de absorção de Ca^{2+} é normalmente menor que aquela observada para o potássio. Isto acontece porque o cálcio é absorvido apenas pelas extremidades das radículas radiculares, onde as paredes celulares da endoderme não foram suberizadas. O cálcio é transportado unidirecionalmente pelo xilema, via corrente transpiratória, das raízes para a parte aérea. As reações de troca no xilema são muito importantes para o movimento ascendente do cálcio na planta: o Ca^{2+} é deslocado dos sítios de troca por outros cátions. A taxa de redistribuição no floema é muito pequena devido a sua concentração no floema ser muito baixa (Faquin, 2001).

Além de ser um macronutriente, o cálcio tem a capacidade de elevar o pH, corrigindo a acidez do solo e proporcionando assim, que os nutrientes essenciais ao desenvolvimento do cafeeiro mantenham-se em níveis adequados de disponibilidade num curto espaço de tempo. Laviola et al. (2003) comprovaram

que a reação do calcário para correção do pH nos solos ocorre de forma rápida, sendo que em 30 dias já atinge valores ideais para o cafeeiro.

Pode-se considerar também, de acordo com Moreira et al. (2003) que, em obtiveram as maiores produtividades com as maiores doses de calcário, sendo alcançada a máxima eficiência econômica com a dose de 7,5 t.ha⁻¹. Mendonça (2001) verificou em seu trabalho que algumas cultivares mais sensíveis à presença do alumínio são bastante responsivas ao cálcio, tendo em vista a neutralização do Al³⁺ por este nutriente. As cultivares Catuaí 15 e Catimor tiveram um desenvolvimento radicular superior as demais (Catuaí 99 e Icatu) com a calagem.

Magnésio (Mg): no cafeeiro como um todo, existe quatro vezes mais cálcio do que magnésio, este nutriente tem uma tendência diferente do cálcio na planta durante o ano, pois o primeiro é móvel (Guimarães et al., 2002). As plantas absorvem o magnésio da solução do solo na forma de Mg²⁺, sua concentração é maior do que a do K⁺, porém é reduzida por altas concentrações de outros cátions, como o K⁺, Ca²⁺ e o NH₄⁺, devido a inibição competitiva. De acordo com Faquin (2001) o transporte de Mg das raízes para a parte aérea ocorre pelo xilema via corrente transpiratória, basicamente na forma como foi absorvido - Mg²⁺. Ao contrário do que se dá com o Ca²⁺ e de modo semelhante ao que ocorre com o K⁺, o Mg²⁺ é móvel no floema, é então facilmente redistribuído na planta. O magnésio é um elemento constituinte da clorofila e tem relação com o transporte de fósforo e carboidratos nas plantas. Concentra-se mais nas folhas, acumulando-se também nas partes em crescimento do caule e raízes. A presença do Mg aumenta a absorção de fósforo.

De acordo com Furtini Neto et.al (2001) a relação de Ca/Mg parece não ser tão crítica quanto se pensava anteriormente, desde que o pH esteja numa

faixa adequada e não se tenha um destes dois nutrientes em valores muito reduzidos. A definição da quantidade de cálcio e magnésio normalmente não recebem um tratamento específico na adubação, isso porque, a aplicação dos mesmos, quando necessária, é feita preferencialmente via calagem.

Enxofre (S): a exigência do cafeeiro em relação ao enxofre é semelhante a do fósforo. É fornecido por outras fontes (sulfato de amônio e superfosfato simples). Guimarães et al. (2001) comentam que nos tempos em que se usavam solos de mata com elevado teor de matéria orgânica para a implantação de lavouras e a “estrumeação” era prática, não ocorriam deficiências de enxofre com tanta frequência e gravidade. Atualmente, porém, o problema se tornou grave e limitante de produtividade, devido ao esgotamento dos solos pelas culturas e menor uso de matéria orgânica. De acordo com Faquin (2001) o S nas plantas se encontra, na sua maior parte, nas proteínas. A forma de S absorvida da solução do solo pelas raízes das plantas é altamente oxidada, o sulfato – SO_4^{2+} . Estudos têm mostrado que o enxofre atmosférico (SO_2) pode ser absorvido através dos estômatos das folhas e metabolizado, fazendo-o porém, de forma pouco eficiente. Nos compostos orgânicos a principal forma de S aparece reduzida, como sulfeto (S^{2-}) portanto para que ocorra assimilação o sulfato absorvido tem que ser previamente reduzido, tal como ocorre com o nitrato.

Silva et al. (2002) mostraram que o teor de S exigido pelo cafeeiro é maior que o teor exigido de P e pouco menor do que o teor exigido de Mg. Para o *Coffea arabica*, o teor de S nas folhas pode variar um pouco em função da espécie e da sua disponibilidade no solo.

Micronutrientes

A se tratar dos micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo e Cl) sabe-se que estes ocorrem em teores muito baixos no solo. O ferro e o manganês podem ser considerados uma exceção em alguns solos, mas são exigidos em quantidades extremamente pequenas pelas plantas. A razão da pouca exigência está ligada ao fato de que a principal função de quase todos é a de atuarem como catalizadores de reações enzimáticas (Furtini Neto 2001).

Boro (B): de acordo com Faquin (2001) o B é o único nutriente que não atende o critério direto de essencialidade, mas satisfaz o critério indireto. A maior prova da sua essencialidade é que nos solos das regiões tropicais, ao lado do Zn, é o micronutriente que mais freqüentemente promove deficiência nas culturas. O boro é absorvido pelas raízes na forma de ácido bórico não dissociado (H_3BO_3) a principal forma solúvel na solução do solo. Há ainda muitas controvérsias se o B é absorvido de forma passiva ou ativa. Pois como ocorre com o cálcio, o boro sofre um transporte unidirecional no xilema, via corrente transpiratória, das raízes para a parte aérea; no floema o B é pouco móvel. Ainda assim, o boro não é redistribuído nas plantas, o que provoca o aparecimento dos sintomas de carência primeiramente nos órgãos mais novos e nas regiões de crescimento.

Furlani Junior et al. (2001) demonstraram em seu trabalho que o comprimento de ramos, o número de pares de folhas e o diâmetro de caule apresentaram um incremento em crescimento com as doses de 1 e 2 g de B.planta⁻¹. Também determinaram que o aumento crescente de doses de B aumentou os teores foliares de nitrogênio, de cálcio até 2g por planta e aumento dos teores de fósforo até 2g.

Zinco (Zn): o zinco ocorre na solução do solo na forma de Zn^{2+} que também é a forma absorvida pelas plantas. Sua concentração diminui cerca de 100 vezes para cada aumento de uma unidade de pH. Assim, em solos com pH mais elevado e/ou com baixo teor de matéria orgânica a deficiência de zinco pode ser um sério problema, Furtini Neto et al. (2001). Ainda é motivo de controvérsias se o zinco é absorvido pela planta por processos ativos ou passivos, embora muitos trabalhos relatam haver uma absorção do elemento tipicamente metabólica. O zinco é transportado das raízes para a parte aérea pelo xilema, predominantemente na forma de Zn^{2+} , o que talvez se explique pela baixa constante de estabilidade dos quelantes orgânicos. Este fato ajuda a entender a diminuição do transporte do zinco no xilema, com o aumento do P no meio, devido a precipitação do micronutriente pelo fosfato. O zinco é pouco móvel na planta, particularmente nas deficientes, por isso, os sintomas da carência aparecem nos órgãos mais novos.

Para a cultura do café, entre os micronutrientes, o zinco tem merecido atenção por ser aquele que, na maioria dos solos, apresenta-se em níveis insuficientes. Deficiências de zinco em cafeeiro têm sido freqüentes no estado de São Paulo, e particularmente nos solos primitivamente cobertos com vegetação de cerrado. Os resultados encontrados por Souza et al. (1999) mostraram que tanto a textura do solo como o pH interferem na disponibilidade de zinco para o cafeeiro. Nos solos com textura arenosa as doses de zinco necessárias para o maior crescimento da planta, foram inferiores ao solo com textura mais argilosa, devido ao menor poder tampão do solo. Quando o pH do solo passou do seu nível natural para 5,5, houve maior crescimento das plantas. Porém, ao passar de 5,5 para 6,5, houve um decréscimo no crescimento das plantas.

Cobre (Cu): a forma iônica mais comum do cobre em solos é o Cu^{2+} . O elemento é adsorvido à fração mineral de solos e complexado pela matéria

orgânica. Mais de 98% do cobre da solução do solo está complexado como quelato com compostos orgânicos de baixo peso molecular como os aminoácidos, compostos fenólicos e outros compostos quelantes. No xilema o cobre é transportado na forma de quelados com aminoácidos. Considera-se o cobre como um elemento imóvel no floema, portanto os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas mais novas. Mas, a redistribuição é dependente do nível de cobre no tecido: não se dá quando há deficiência, podendo ocorrer quando o teor de cobre é elevado – o cobre pode sair das folhas e ir para os frutos.

Santinato et al. (2000) verificaram num latossolo vermelho amarelo fase arenosa, que a melhor dose de sulfato de cobre via solo na condução de uma lavoura cafeeira de 3 anos, é de 6,0 Kg/ha/ano, com acréscimos de 8% na produtividade do cafeeiro. Amaral et al. (2002) demonstraram os tratamentos com sulfato de cobre no solo e tiveram produções semelhantes à testemunha, foi utilizado um solo latossolo vermelho amarelo húmico, em relação ao tratamento com sulfato de cobre foliar. Deste modo, ficou evidente que mesmo em usos sucessivos de sulfato de cobre no solo, não houve efeito do cobre via solo na produção e nem no aumento do teor foliar deste nutriente, o que é atribuído a falta de sua translocação no solo e no seu aproveitamento pelas raízes do cafeeiro.

Ferro (Fe): o ferro chega às raízes das plantas como ferro férrico (Fe^{2+}) ferroso (Fe^{3+}) e quelados. O íon requerido no metabolismo é o Fe^{2+} e esta é a forma absorvida pelas plantas. O ferro é pouco redistribuído nas plantas, portanto, os sintomas de carência manifestam-se inicialmente nas folhas mais novas. A deficiência de ferro está geralmente relacionada a má drenagem, excesso de matéria orgânica e em rebrotas de recepa. Sua deficiência, rara nos solos mineiros, caracteriza-se pela presença de folhas novas amareladas até quase

brancas e as nervuras mantêm a cor verde normal, formando um reticulado bem visível, não havendo redução no tamanho das folhas.

Manganês (Mn): o manganês é o micronutriente mais abundante no solo depois do ferro. Sua principal forma para a nutrição das plantas é o Mn^{2+} , que pode encontrar-se adsorvido aos colóides, solúvel na solução do solo, na forma iônica (pequena concentração) ou na forma de quelantes. Análises da solução de solos tem mostrado que mais de 90% do Mn nos solos está complexado a compostos orgânicos. Devido a predominância da acidez nos solos das regiões tropicais e subtropicais e a disponibilidade do Mn, é muito mais freqüente a toxidez do que a deficiência do micronutriente nas plantas. A presença de altas concentrações de outros cátions no meio diminui competitivamente a absorção do micronutriente. O transporte do manganês no xilema, via corrente transpiratória, se faz na forma de Mn^{2+} , devido possivelmente, a baixa estabilidade do quelato de Mn. O manganês é pouco redistribuído na planta, em consequência, os sintomas de carência se manifestam primeiro nas folhas mais novas.

Matiello & Silva (2000) quando trabalharam com cafezal na Chapada Diamantina – BA, que diagnosticava carência de manganês devido a correções excessivas de solo e, a forma eficiente de corrigi-la, verificaram diferença de 75 ppm de Mn na área em que foi aplicado este elemento via canhão pulverizador para 17 ppm na área não tratada.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O experimento foi instalado no Campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA) conduzido no Centro de Ensino, Pesquisa e Extensão do Agronegócio Café (CEPECAFÊ) em Lavras - MG. Que se localiza a uma altitude de 918 metros, com latitude sul de 21^o14'06" e longitude de 45^o00'00" W.

A estrutura do CEPECAFÊ conta com uma casa de vegetação, que na região de Lavras é classificado como Cwa sendo então temperado úmido (Ometto, 1981) tem temperatura média anual de 19,4^oC, podendo oscilar entre mínima e máxima de 15,8^oC a 22,1^oC, respectivamente. Com uma precipitação média anual de 1529,7 mm e umidade relativa anual média de 76,2 % (Brasil, 1992).

3.2 Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso (DBC) considerando 6 níveis de adubação para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Cu, Fe, Mn; com quatro blocos (repetições) totalizando vinte e quatro parcelas e, cada parcela com quatro plantas, sendo então um trabalho com noventa e seis plantas (uma planta por vaso).

Foram feitas seis avaliações no decorrer dos doze meses que o experimento manteve-se instalado, adotando para análise estatística a subdivisão no tempo das variáveis respostas de crescimento. E, para as demais (análise química e massa seca) as avaliações foram realizadas somente no final do experimento.

3.3 Caracterização do experimento

O experimento foi instalado no dia 16/03/2003 utilizando plantas de saquinho com seis pares de folhas da cultivar Topázio MG 1190, produzidas no viveiro do Setor de Cafeicultura. A avaliação final do experimento ocorreu 31/03/2004.

Foi utilizada terra de subsolo peneirada, colocada na casa de vegetação para que atingisse peso constante, que se efetivou em cinco dias. A aferição do volume foi feita utilizando um vaso graduado de 18 litros, para que então fosse colocado os nutrientes individualmente em solução no solo (vaso a vaso) de acordo com a demanda segundo o resultado da análise de solo, que continha as especificações citadas no Tabela 5:

TABELA 5 Resultados da análise do solo utilizado no experimento

pH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	(t)	(T)
H ₂ O	mg/dm ³			cmol _c /dm ³			cmol _c /dm ³			
5,6	0,4	27	-	1,6	0,4	0,0	1,5	2,1	2,1	3,6

V	m	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
%		g/Kg	mg/L	mg/dm ³					
58	0	1,0	1,0	0,9	49,9	26,0	5,6	0,2	8,9

Areia	Silte	Argila	Classe Textural
g/Kg			
18	27	55	Argilosa

Os níveis de adubação adotados variaram a partir de um tratamento padrão de acordo com CFSEMG (1999) contemplando valores abaixo e acima do recomendados.

Os tratamentos foram: T1 (25% da adubação padrão) T2 (50% da adubação padrão) T3 (75% da adubação padrão) T4 (100% da adubação padrão descrita na Tabela 1) T5 (125% da adubação padrão) e T6 (150% da adubação padrão). Segue na tabela abaixo os valores da adubação padrão.

Tabela 6. Recomendação de adubação padrão para o cafeeiro no plantio.

Elemento	Adubação padrão (mg/dm ³ de substrato)
N	300
P	200
K	300
Ca	80
Mg	30
S	30
B	0,5
Cu	1,5
Zn	5,0

Fonte: CFSEMG, 1999.

A adubação de N e K foi parcelada de três vezes, efetuada a cada mês, contando a partir de 30 dias para pegamento das plantas. As datas das adubações foram:

- 1^a adubação – 30 dias após plantio (para todos os nutrientes)
 - 2^a adubação – 60 dias após plantio
 - 3^a adubação – 90 dias após plantio
- } Para N e K

3.4 Manejo do experimento

A irrigação foi feita de maneira uniforme para todos os tratamentos, considerando-se que a terra utilizada possuía a mesma umidade. Os vasos foram perfurados para permitir a drenagem da água, e, contornando as possíveis perdas por lixiviação foram conectadas mangueiras que terminavam em garrafas plásticas, de maneira que, ao drenar o líquido, este era retido individualmente e retornado ao respectivo vaso na próxima irrigação.

Foram realizadas pulverizações regulares para que fossem controlados problemas causados pela cercosporiose, pulgão, ácaro e cochonilha. Para todos os produtos utilizados foi considerada a dosagem recomendada pelo fabricante para o cafeeiro de acordo com idade das plantas.

3.5 Avaliações

As variáveis adotadas para avaliação do crescimento das plantas foram altura, diâmetro de caule e índice de área foliar (IAF) que totalizaram seis medidas nas seguintes datas:

- 1^a avaliação: 30 após a implantação do experimento;
- 2^a avaliação: 90 dias após implantação do experimento;
- 3^a avaliação: 150 dias após implantação do experimento;
- 4^a avaliação: 210 dias após implantação do experimento;
- 5^a avaliação: 270 dias após implantação do experimento;
- 6^a avaliação: 360 dias após implantação do experimento.

Como fonte de nitrogênio foi usada Uréia, como fonte de fósforo foi usado o Supersimples, para o potássio utilizou-se o Cloreto de Potássio, o cálcio foi aplicado via Supersimples, para o magnésio utilizou-se o Sulfato de Magnésio, o enxofre foi fornecido juntamente com o Supersimples, como fonte de boro foi usado o H_3BO_3 , para o zinco utilizou-se o Sulfato de Zinco e, para o cobre o Sulfato de Cobre.

Com o término do experimento foram avaliadas também a massa seca de raiz, caule e folha, número e comprimento de ramos plagiotrópicos e análise química dos nutrientes nas folhas.

Segue-se então a descrição das características avaliadas:

i) Altura: medida do colo até o meristema apical do ramo ortotrópico, com fita métrica de 150cm, obtendo-se a média por planta, em centímetros;

ii) Diâmetro de caule: medido com paquímetro de 15 cm, na altura de 15 cm do solo, obtendo-se valor médio em milímetros;

iii) Índice de área foliar: obteve-se o valor médio em decímetros quadrados por gramas das plantas. Foi calculado através do TCR (Taxa de Crescimento Relativo) em que se considera a quantidade (peso, volume ou área) do material

vegetal durante um intervalo de tempo sendo, $TCR = \frac{dP}{dT} * \frac{1}{P}$ e através da RAF (Razão de Área Foliar) calculada de acordo com Gomide et al. (1977) onde é considerado o produto do comprimento com a maior largura de cada folha de cada par e pelo produto da constante 0,667 e multiplicado por dois, dado em cm^2 e transformado em dm^2 para aplicação na seguinte equação: IAF obtido por $IAF = TCR * RAF$, de acordo Oliveira et al. (2002).

iv) Massa seca de raízes, caule e folhas: após a separação das partes da planta, estas foram lavadas em água corrente e depois em água destilada, colocadas em sacos de papel para secagem em estufa a temperatura de $65^{\circ}C$ com circulação de ar, até que fosse atingido peso constante. Posteriormente foram pesadas obtendo-se o valor médio em gramas;

v) Número de ramos plagiotrópicos: com o término do trabalho foi contabilizado o número de ramos plagiotrópicos das plantas, obtendo o valor médio em unidade;

vi) Comprimento de ramos plagiotrópicos: medidos através de uma fita métrica de 200 cm, no final do experimento;

vii) Análise química dos nutrientes: foi realizada nos 3^o e 4^o pares de folha após serem lavados com água destilada e secos separadamente; moídos em moinho tipo Wiley, para a determinação dos teores em g/Kg de N, P, K, Ca, Mg e S e em mg/Kg de B, Zn, Cu, Fe e Mn. Todas as determinações analíticas foram feitas de acordo com Malavolta et al. (1989).

3.6 Determinação dos níveis e faixas críticas

Assim como citado por Gontijo (2004) em seu trabalho realizado em mudas de cafeeiro em fase de viveiro, adotou-se a derivação das equações de regressão para encontrar o ponto máximo de crescimento. A partir de então, calculou-se 90% destes valores, utilizados para compor a equação de regressão. Baseado na fórmula resolutiva de Bhaskara, foram identificadas as faixas dos níveis de adubação do solo que proporcionaram acima de 90% do crescimento máximo das características. Estes valores foram então substituídos nas equações de regressão dos teores foliares dos macro e micronutrientes.

Com isso, as faixas críticas dos teores de nutrientes foram obtidas pela associação das equações de regressão das características de crescimento (altura, diâmetro de caule, índice de área foliar, massa seca de raízes, caule e folha e também comprimento e número de ramos plagiotrópicos) com as equações de regressão dos teores de nutrientes encontrados nas folhas das plantas durante os doze meses de desenvolvimento.

3.7 Análise estatística

A análise estatística foi realizada através do programa “SISVAR” – Sistema de Análise de Variância, versão 4.0, desenvolvido por Ferreira (2000).

Adotou-se significância de 5% e 1% de probabilidade pelo teste de F, conforme Banzatto & Kronka (1995).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação das características de crescimento das plantas

Procurou-se o ponto máximo de crescimento das plantas derivando as equações de regressão de cada característica estudada, que tenha apresentado efeito significativo, determinando então os pontos de máximo crescimento.

Na Tabela 7 é apresentado o resumo das análises de variância para as características altura de plantas (cm) e diâmetro de caule (mm).

Pode ser observado efeito significativo a 1% de probabilidade na interação entre Níveis de adubação e Épocas de avaliação, indicando a ocorrência de pelo menos uma diferença entre os tratamentos.

TABELA 7 Resumo da análise de variância e coeficiente de variação para a altura e diâmetro do cafeeiro arábica em fase de formação, submetido a diferentes níveis de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Altura (cm)	Diâmetro (mm)
		Quadrado Médio	
Níveis de Adubação	5	215,1110**	0,0493**
Épocas	5	12922,36**	4,0997**
N x E	25	51,5008**	0,0095**
Blocos	3	28,4481	0,0036
Erro		8,1567	0,0028
CV (%)		6,06	7,13

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F.

Na Tabela 8 é apresentado o resumo do desdobramento das análises de variância das épocas de avaliação dentro de cada nível de adubação para as características de crescimento como altura de plantas e diâmetro de caule.

TABELA 8 Resumo das análises de variância do desdobramento das épocas de avaliação dentro de cada nível de adubação do cafeeiro de primeiro ano. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Épocas	Altura (cm)	Diâmetro (mm)
			Quadrados Médios	
Níveis de adubação	5	1	0,7322	0,0002
Níveis de adubação	5	2	7,5803	0,0013
Níveis de adubação	5	3	8,8850	0,0034
Níveis de adubação	5	4	34,7646*	0,0480**
Níveis de adubação	5	5	181,9454**	0,0290**
Níveis de adubação	5	6	238,7075*	0,0150*
Erro	88		8,7669	0,0034

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

De acordo com a Tabela 9, pode-se observar o resumo do quadro de análise de variância para o Índice de Área Foliar (IAF) em dm^2/g .

TABELA 9 Resumo da análise de variância e coeficiente de variação para o Índice de Área Foliar (IAF) do cafeeiro arábica em fase de formação, submetido a diferentes níveis de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de Variação	GL	IAF (dm^2/g)
		Quadrado médio
Níveis de Adubação	5	1879,060**
Épocas	3	17961,34**
N x E	15	359,0771**
Blocos	3	32,6771
Erro		41,9382
CV (%)	12,85	

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F.

Na Tabela 10 é apresentado o resumo do desdobramento das análises de variância das épocas de avaliação dentro de cada nível de adubação para o Índice de Área Foliar (IAF).

TABELA 10 Resumo das análises de variância do desdobramento das épocas de avaliação dentro de cada nível de adubação do cafeeiro de primeiro ano. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Épocas	IAF (dm ² .g ⁻¹)
			Quadrados Médios
Níveis de adubação	3	1	11,3417
Níveis de adubação	3	2	379,6417**
Níveis de adubação	3	3	837,5667**
Níveis de adubação	3	4	1727,7417**
Erro	60		

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F.

Na Tabela 11 pode ser observado efeito significativo a 1% e 5 % de probabilidade pelo teste de F nas fontes de variação: Níveis de adubação para massa seca de raízes (MSR) caules (MSC) folhas (MSF) e massa seca total (MST) número e comprimento de ramos plagiotrópicos. Nenhum dos blocos apresentou efeito significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

TABELA 11 Resumo da análise de variância e coeficiente de variação para a massa seca de raízes (MSR) caule (MSC) folhas (MSF) massa seca total (MST) número e comprimento de ramos plagiotrópicos do cafeeiro arábica em fase de formação, submetido a diferentes níveis de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios					
		MSR (g)	MSC (g)	MSF (g)	MST (g)	Num. Plag.	Comp. Plag.
Níveis de Adubação	5	5731,300**	4474,5667*	25892,367*	77404,800*	40,9718**	91,2957*
Blocos	4	115,0000	1366,7778	2470,3667	4463,5555	6,9220	4,7670
Erro		384,0333	848,2778	5219,9667	8336,4839	2,6702	8,2682
CV (%)		12,13	14,12	23,83	13,61	9,29	9,59

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

Conforme pode ser observado nas tabelas apresentadas, todos os tratamentos analisados apresentaram significância para cada característica que será discutida individualmente. De forma abrangente, em cada tratamento pode ser observado pelo menos uma diferença entre as épocas em que foram realizadas as avaliações.

4.1.1 Altura das plantas

Analisando separadamente o desenvolvimento da altura das plantas, seguindo o avanço dos tratamentos dentro de cada época pode-se observar, de acordo com a Figura 1, que os tratamentos passaram a diferir entre si a partir da Época 4. Notando-se então um aspecto de fitotoxidez nos tratamentos com 125% (T5) e 150% (T6) da adubação.

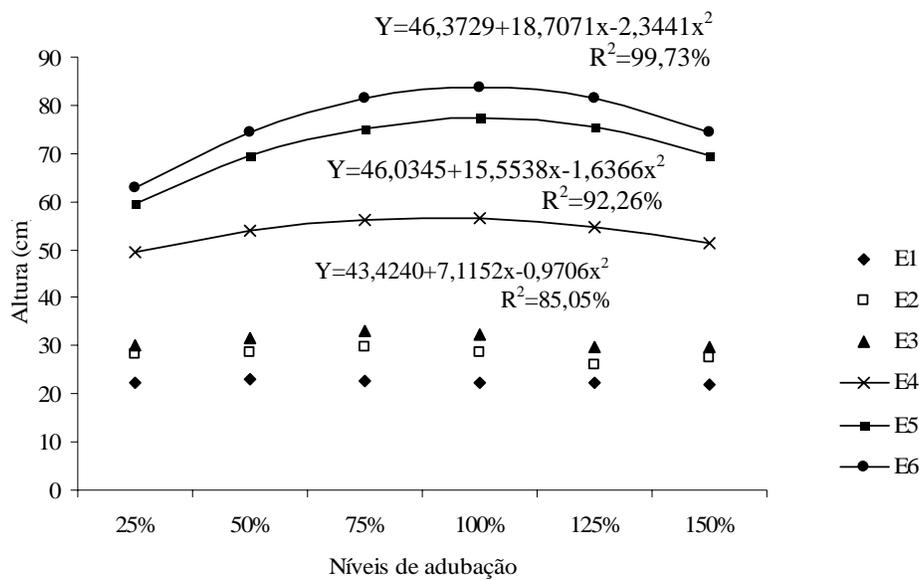


FIGURA 1 Equação da curva de regressão para os valores médios de determinação da altura de plantas de primeiro ano de cafeeiro, sob diferentes níveis de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Somente a partir da quarta época avaliada (E4) quando as plantas estavam com altura em torno de 50 cm, seu desenvolvimento passou a ser mais expressivo.

Pode-se observar também que os melhores desempenhos estenderam-se em torno do tratamento de 100% da adubação padrão, confirmando os valores indicados pela CFSEMG (1999).

4.1.2 Diâmetro de caule

Considerando o diâmetro de caule das plantas, mostrado na Figura 2, observa-se que, assim como para a altura das mesmas, as épocas avaliadas se tornaram significativas a partir da E4, quando então, de acordo com a maior exigência de nutrientes pelo cafeeiro devido ao avanço no seu desenvolvimento, os tratamentos com os diferentes percentuais de adubação apresentaram características distintas de diâmetro de caule.

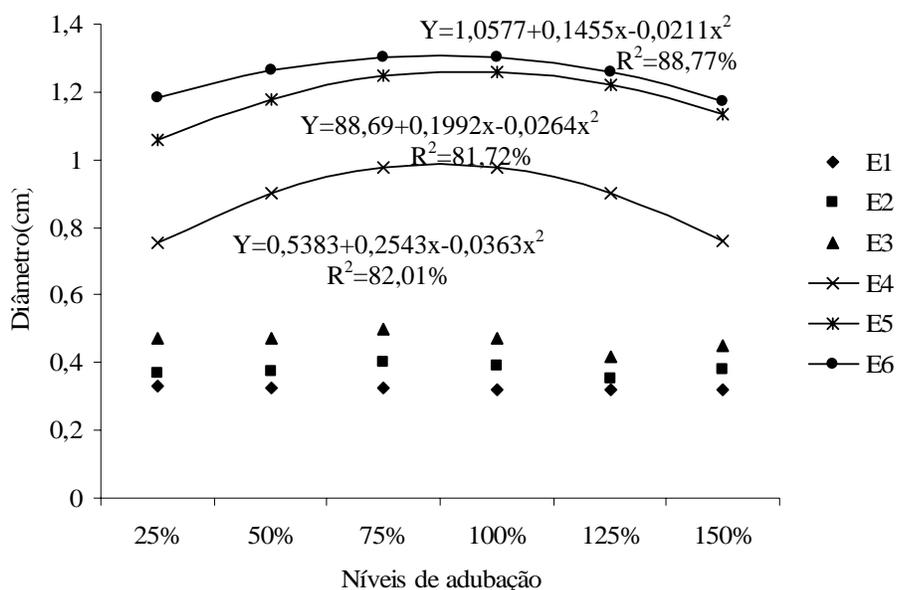


FIGURA 2 Análise de regressão para a determinação do diâmetro de plantas de cafeeiro de primeiro ano submetido a diferentes níveis de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Observa-se também que na última época avaliada (E6) a adubação referente a 75% da adubação padrão mostrou-se equivalente a de 100%, já os valores acima da adubação padrão (125 e 150%) apresentaram diâmetros inferiores.

4.1.3 Índice de Área Foliar (IAF)

Na Figura 3 são apresentados os valores obtidos com o Índice de Área Foliar (IAF) em quatro (4) épocas analisadas. Somente a época 1 (E1) não foi significativa, as demais indicam que existe pelo menos uma diferença ente os tratamentos.

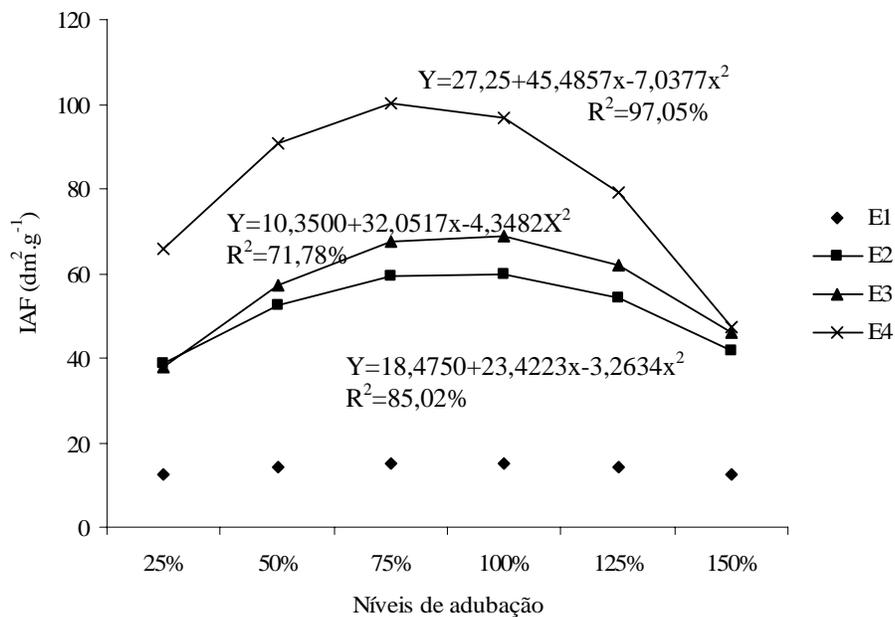


FIGURA 3 Análise de regressão para a determinação do índice de área foliar (IAF) de plantas de cafeeiro de primeiro ano submetido a diferentes níveis de adubação em quatro épocas de avaliação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Pode-se observar na última época avaliada (E4) que ocorreu um crescimento superior do tratamento que compunha 75% da adubação padrão, apresentando este o IAF equivalente a $100,00 \text{ dm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ enquanto que na adubação padrão o valor do IAF foi de $96,92 \text{ dm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$. Nos tratamentos com 125 e 150% da adubação fica evidenciado o efeito negativo do excesso de adubação.

Novamente justifica-se a validade da recomendação sugerida pela CFSEMG (1999) pois os melhores valores de IAF concentraram-se entre 75 e 100% da adubação padrão.

4.1.4 Massa seca de raízes (MSR)

Verifica-se na Figura 4 o comportamento da massa seca das raízes do cafeeiro.

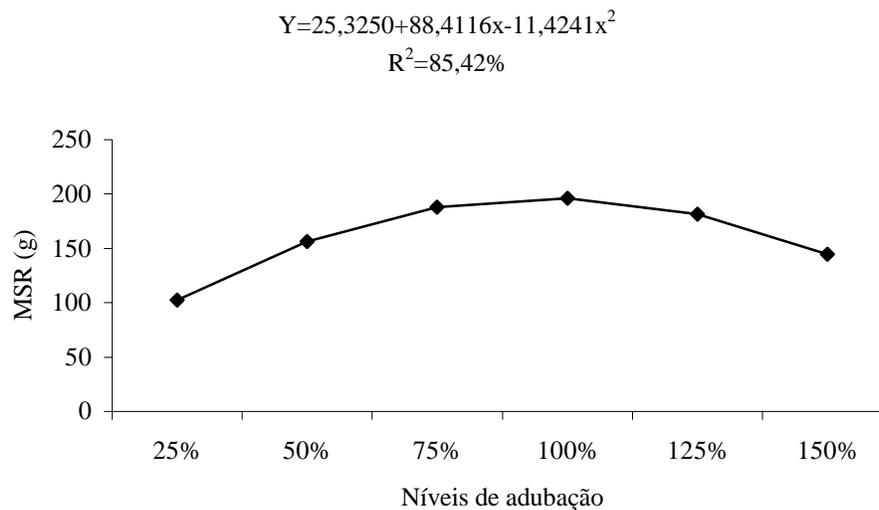


FIGURA 4 Análise de regressão para a massa seca de raízes do cafeeiro de primeiro ano, submetido a diferentes níveis de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

O tratamento com a adubação padrão (T4) obteve os maiores resultados, chegando a 196,18 g, seguido pelo percentual de adubação de 75% (T3) com média de 187,74 g.

A adubação de 150% (T6) obteve média superior somente a adubação de 25% (T1) 144,53 g e 102,31g, respectivamente; sendo então inferior às demais, mostrando que a partir da adubação recomendada (100%) já aparecem efeitos depressivos.

4.1.5 Massa seca de caules

Considerando a massa seca de caules, Figura 5, pode-se observar que o tratamento correspondente a 100% da adubação padrão (T4) com 234,93g, apresentou os maiores resultados, seguido do tratamento de 75% da adubação padrão (T3). O tratamento (T5) que representa 125% da adubação teve média próxima ao T3, sendo estes 225,17g e 226,43g; respectivamente. A adubação de 150%, com 199,67g, foi superior somente a adubação de 25% (154,64g).

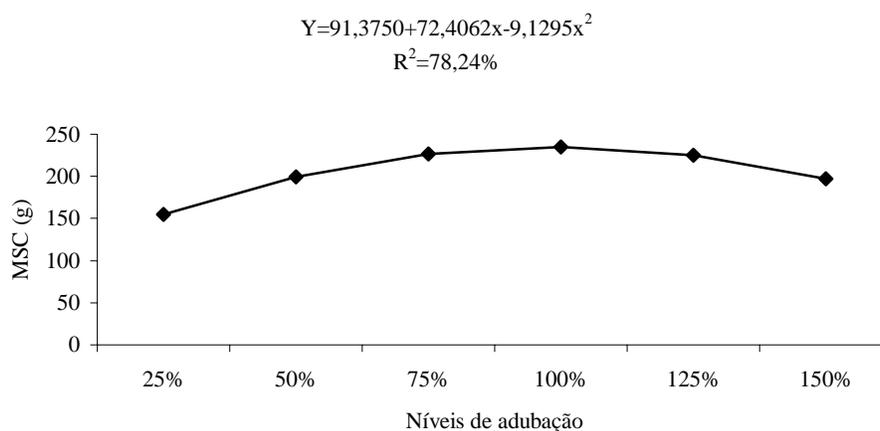


FIGURA 5 Análise de regressão para a massa seca de caules do cafeeiro de primeiro ano, submetido a diferentes níveis de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Mais uma vez fica evidenciada que a adubação recomendada pela CFSEMG (1999) é a que proporcionou o melhor desempenho das plantas, sendo que níveis abaixo ou acima são prejudiciais.

4.1.6 Massa seca de folhas

Na Figura 6, quando se analisa a massa seca de folhas, observa-se que o tratamento com 100% da adubação padrão (T4) apresentou os maiores resultados (364,96g) seguido pela adubação de 125% (358,78g).

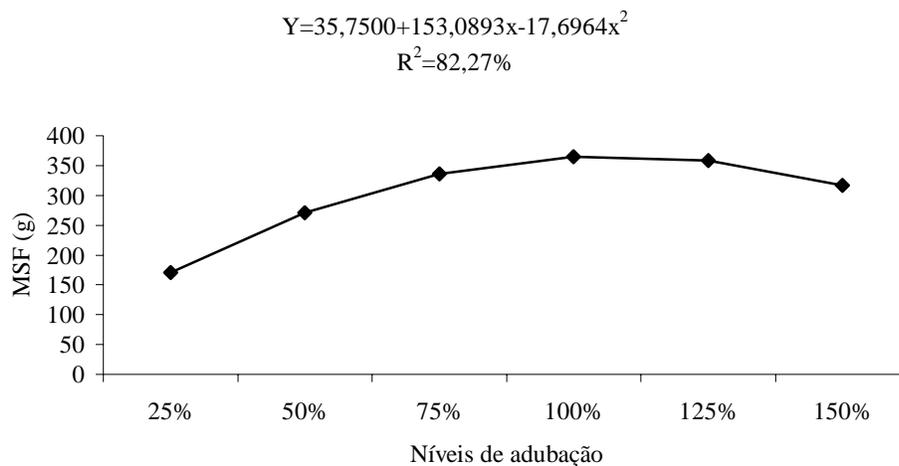


FIGURA 6 Análise de regressão para a massa seca de folhas do cafeeiro de primeiro ano, submetido a diferentes níveis de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

A adubação de 150% representou 317,21g de massa seca de folhas, sendo inferior a de 125% (358,78g) e a de 75% (335,75g) porém foi superior às demais.

4.1.7 Massa seca total

Ao analisar a massa seca total das plantas, conforme indica a Figura 7, observou-se os maiores resultados para o tratamento correspondente a 100% da adubação (T4) com 796,08g. O tratamento com 125% (T5) foi superior ao de 75% (T3) e ao 150% (T6) apresentando 765,73g, 749,92g e 658,89; respectivamente.

Os tratamentos com 25% e 50% da adubação mostraram-se inferiores ao tratamento correspondente a 150%.

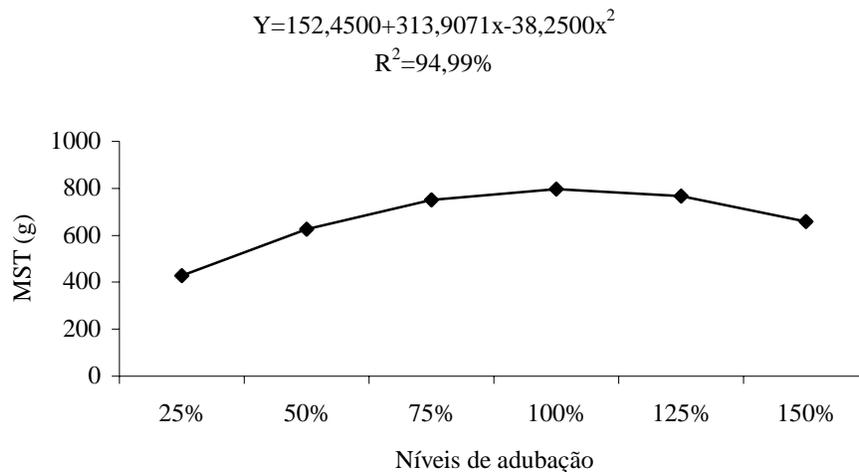


FIGURA 7 Análise de regressão para a determinação da massa seca total de plantas de cafeeiro de primeiro ano submetido a diferentes níveis de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

A massa seca total das plantas teve comportamento semelhante a maioria das características de crescimento avaliadas, demonstrando que o ponto máximo de desenvolvimento do cafeeiro de primeiro ano, ocorrem com a adubação considerada como padrão, ou seja, a recomendação da CFSEMG (1999).

4.1.8 Número de ramos plagiotrópicos

Considerando o número de ramos plagiotrópicos, conforme se apresenta na Figura 8, o tratamento com 125% da adubação (T5) apresentou o maior valor (20,05 ramos plagiotrópicos) seguido pelo tratamento de 100% (T4) com 19,86, porém com uma diferença de 0,19.

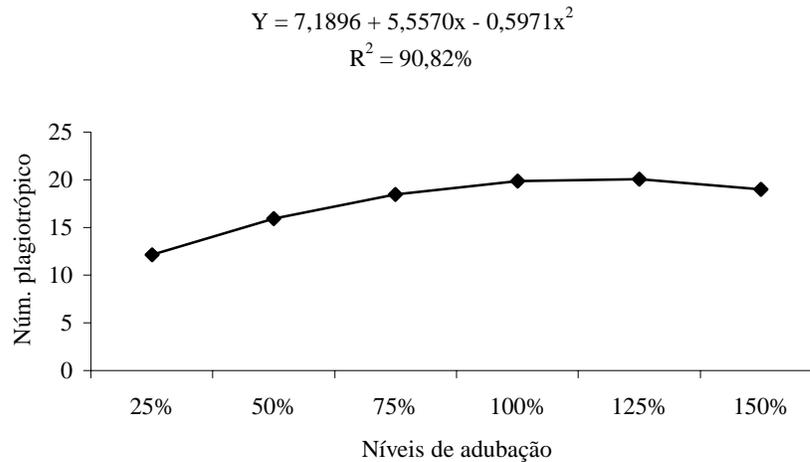


FIGURA 8 Análise de regressão para o número de ramos plagiotrópicos do cafeeiro de primeiro ano, submetido a diferentes níveis de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

O tratamento de 75% (T4) mostrou-se inferior ao tratamento de 150% (T6) sendo o número de ramos plagiotrópicos destes 18,49 e 19,03; respectivamente.

4.1.9 Comprimento de ramos plagiotrópicos

Na Figura 9, o tratamento com 100% da adubação apresentou as maiores médias no comprimento de ramos plagiotrópicos, sendo estas de 33,52 cm, seguido pelos tratamentos de 125% e 75%. O nível de 150% obteve médias

superiores aos de 50% e 25%, com 30,82 cm, 27,97 cm e 21,57 cm; respectivamente.

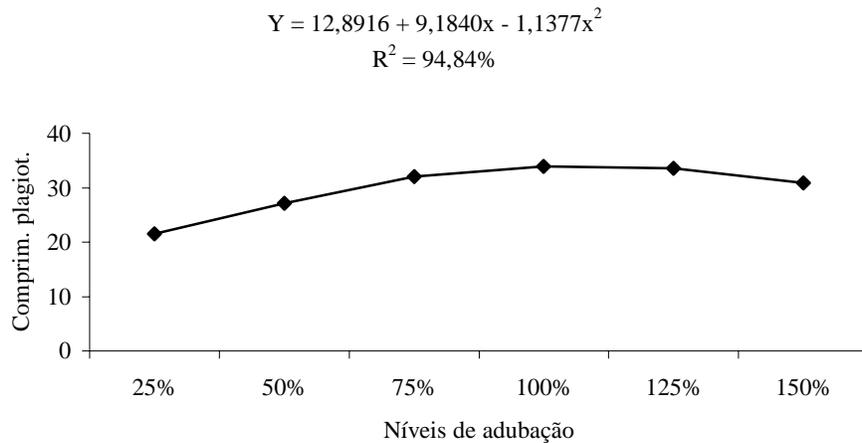


FIGURA 9 Curva de regressão para o comprimento de ramos plagiotrópicos do cafeeiro de primeiro ano, submetido a diferentes níveis de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Como pode ser observado nas análises de crescimento apresentadas, o tratamento com a adubação padrão, T4 - 100%, obteve os maiores valores médios em seis (6) das nove (9) características analisadas.

Estes resultados comprovam a eficiência da adubação sugerida pela CFSEMG (1999) e conseqüentemente, os ganhos trazidos por uma adubação equilibrada.

Concluídas as análises de regressão para as características de crescimento, foi então calculado 90% dos valores de máximo crescimento nas equações de regressão para posterior aplicação na fórmula resolutive de

Bhaskara, em que $x = (-b \pm \sqrt{\Delta})/2a$, sendo $\Delta = b^2 - 4ac$, definindo as faixas limítrofes de adubação das plantas.

Na Tabela 12 são apresentadas as faixas dos níveis de adubação que proporcionaram os melhores desenvolvimentos das plantas, 90% do valor destes e os pontos de máximo crescimento que originaram todos os anteriores.

TABELA 12 Pontos de máximo crescimento, sua correspondência a 90% e os níveis de adubação derivados destes. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Caracter.	Épocas de amostragem avaliadas	Ponto de máximo	90% do máximo	Nível de adubação correspondente a 90% do máximo (%)	
				Superior	Inferior
Altura (cm)	4	56,35	50,71	156,75	33,07
	5	77,26	69,53	190,75	47,25
	6	83,69	75,32	147,00	52,5
Diâmetro (cm)	4	0,97	0,87	130,00	42,75
	5	1,26	1,13	150,25	38,25
	6	1,30	1,17	150,25	22,00
IAF (dm ² .g ⁻¹)	2	59,95	53,95	124,25	53,75
	3	68,98	62,08	124,75	60,00
	4	100,00	90,00	112,25	49,50
MSR (g)	1	196,18	176,56	129,50	63,75
MSC (g)	1	233,46	210,11	140,25	57,50
MSF (g)	1	364,96	328,46	170,00	71,00
MST (g)	1	796,07	716,47	138,50	66,25
Num. Plagiot.	1	20,05	18,04	163,5	72,50
Comp. Plagiot. (cm)	1	33,94	30,55	123,00	79,25

4.2 Avaliação dos teores de macro e micronutrientes

Pode-se observar na Tabela 13 a análise de variância para todos os macro e micronutrientes analisados.

TABELA 13 Resumo do quadro de análise de regressão dos nutrientes envolvidos na adubação do cafeeiro de primeiro ano. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios					
		Nitrogênio (g/Kg)	Fósforo (g/Kg)	Potássio (g/Kg)	Cálcio (g/Kg)	Magnésio (g/Kg)	Enxofre (g/Kg)
Nível de adubação	5	96,7667**	0,3267*	17,3667*	19,100*	0,0517*	40,17**
Bloco	3	2,8333	0,1111	3,6667	1,9444	0,0153	1,2639
Erro	15	3,3000	0,0644	2,9000	2,6111	0,0419	2,2305
CV (%)		9,12	6,88	9,86	12,67	7,97	9,21

“continua”...

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		Boro (mg/Kg)	Zinco (mg/Kg)	Cobre (mg/Kg)	Ferro (mg/Kg)	Manganês (mg/Kg)
Nível de adubação	5	252,1667*	7,0417*	183,367**	41376,9**	17968,87**
Bloco	3	45,4444	0,3750	3,4861	1439,611	769,3889
Erro	15	18,0778	0,7083	6,0527	2339,0111	1285,4222
CV (%)		24,53	7,86	15,66	12,91	23,57

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F

4.3 Determinação dos teores e faixas críticas de macro e micronutrientes na matéria seca das folhas, correspondentes a 90% do ponto de máximo crescimento de cada característica avaliada

Para determinar a correspondência dos valores obtidos nas características de crescimento com os teores foliares encontrados nas amostras, utilizou-se das equações de regressão para cada característica nos níveis de adubação com os valores encontrados em cada elemento.

Foram feitas as substituições dos valores dos níveis de adubação anteriormente estabelecidos nas equações de regressão dos teores foliares em cada estágio de desenvolvimento.

Para aplicação direta destes valores foi usada a última avaliação realizada em todas as características (época 6 para altura de plantas e diâmetro de caule, época 4 para IAF e para as demais características a única avaliação realizada – no final do experimento) pois neste ponto as plantas estavam com 12 meses de idade, chegando nas faixas críticas dos teores de macro e micronutrientes necessários para promover o crescimento máximo.

Adotou-se a denominação de 1 a 6 para classificar os níveis de adubação, ficando correspondente: 25% = 1;

50% = 2;

75% = 3;

100% = 4;

125% = 5;

150% = 6.

Com o objetivo de se estabelecer a faixa crítica que contemplasse todas as características avaliadas com prejuízo máximo de 10% de desenvolvimento, optou-se por utilizar como faixa crítica o maior valor dos limites inferiores (71,00%) e o menor valor dos limites superiores (112,25%).

4.3.1 Nitrogênio

Substituindo-se os valores encontrados para níveis de adubação correspondentes a 90% do máximo (Tabela 12) em cada equação de regressão dos teores de nutrientes, encontraram-se os valores apresentados na Figura 10.

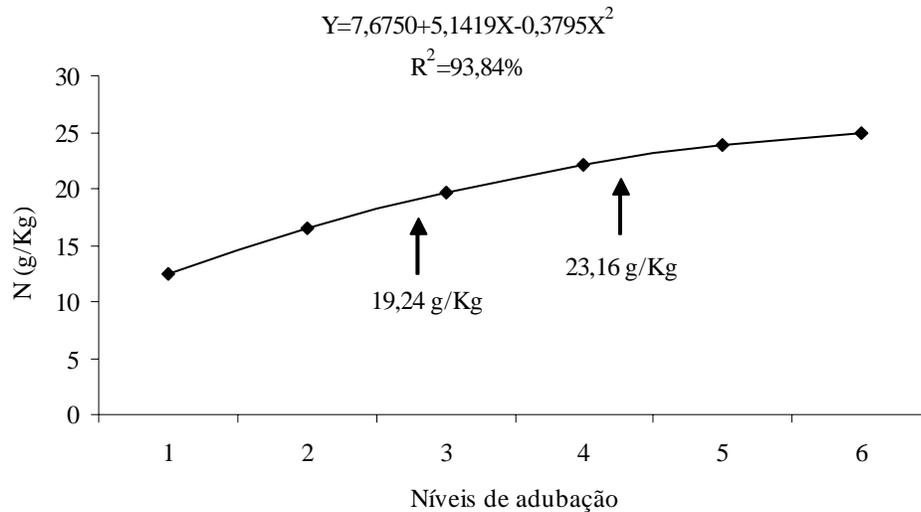


FIGURA 10 Curva de regressão dos teores de nitrogênio na matéria seca das folhas em diferentes níveis de adubação em plantas de cafeeiro no primeiro ano de plantio. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Os teores de nitrogênio das plantas variaram de 19,24 g/Kg até 23,16 g/Kg. Malavolta et.al (1997) encontraram valores superiores quando avaliaram uma lavoura adulta, seus teores oscilaram de 22 a 29 g/Kg. O mesmo fato ocorreu com Gontijo (2004) quando trabalhou com mudas de saquinho. Os teores de nitrogênio destas mantiveram-se entre 25,7 a 27,8 g/Kg.

4.3.2 Fósforo (P)

Substituindo-se os valores encontrados para níveis de adubação correspondentes a 90% do máximo (Tabela 12) em cada equação de regressão dos teores de nutrientes, encontraram-se os valores apresentados na Figura 11.

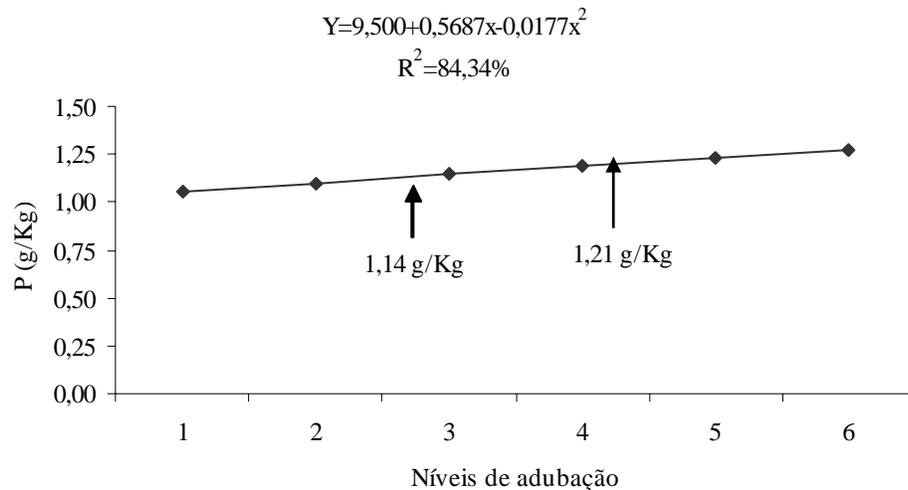


FIGURA 11 Curva de regressão dos teores de fósforo no cafeeiro de primeiro ano, submetido a diferentes níveis de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

As faixas dos teores de fósforo encontradas apresentaram variações relativamente pequenas nesta fase das plantas, de 1,14 g/Kg até 1,21 g/Kg de folha. Os teores de fósforo encontrados por Malavolta et al. (1997) para lavouras em produção foram equivalentes (1,6 até 1,9 g/Kg). Gontijo (2004) encontrou valores superiores em mudas de saquinho (3,3 a 3,8 g/Kg).

4.3.3 Potássio (K)

Assim como feito anteriormente, substituíram-se os valores encontrados para níveis de adubação correspondentes a 90% do máximo (Tabela 12) na

equação de regressão do teor de potássio, encontraram-se os valores apresentados na Figura 12.

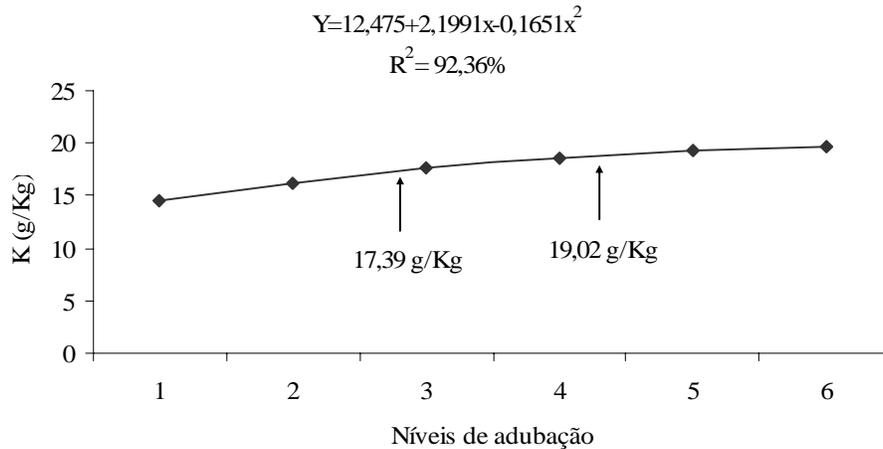


FIGURA 12 Curva de regressão dos teores de potássio em plantas de cafeeiro de primeiro ano, sob diferentes níveis de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Os teores de potássio nas plantas de primeiro ano variaram de 17,39 g/Kg a 19,02 g/Kg, sendo que Malavolta et al. (1997) encontraram em plantas em produção valores de 22 a 25 g/Kg de folha. Gontijo (2004) encontrou em mudas de saquinho teores foliares de potássio entre 25,8 a 27,0 g/Kg.

4.3.4 Cálcio (Ca)

Na avaliação da concentração de cálcio nas folhas, Figura 13, observou-se que os teores mantiveram-se entre 12,70 e 14,11 g/Kg. Malavolta et al. (1997) apresentaram teores próximos de cálcio nas folhas das plantas produtivas (13 e 15 g/Kg) esta diferença para a lavoura em formação foi menor quando comparada com os nutrientes já analisados. Gontijo (2004) encontrou teores

inferiores aos citados anteriormente, as mudas de saquinho mostraram valores em torno de 7,0 a 7,7 g/Kg de folhas.

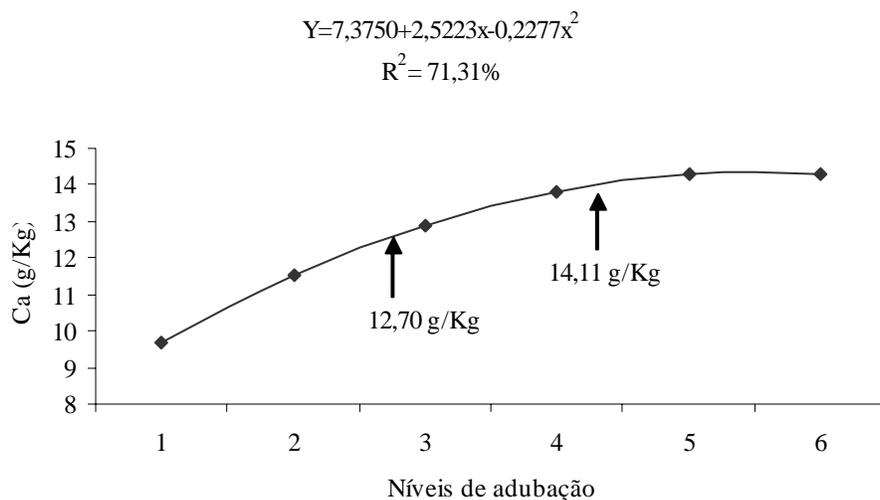


FIGURA 13 Curva de regressão dos teores de cálcio em plantas de café de primeiro ano, sob diferentes níveis de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

4.3.5 Magnésio (Mg)

Houve efeito na adubação com magnésio em todos os níveis testados, conforme mostra a Figura 14. Destacando-se a faixa crítica com pontos limítrofes entre 8,26 g/Kg e 8,97 g/kg.

Os teores de magnésio encontrados por Malavolta et al. (1997) foram inferiores aos apresentados neste trabalho. A faixa considerada para lavoura em produção variou de 4,0 a 4,5 g/Kg. Gontijo (2004) apresenta teores ainda menores nas mudas de saquinho (1,1 a 1,2 g/Kg).

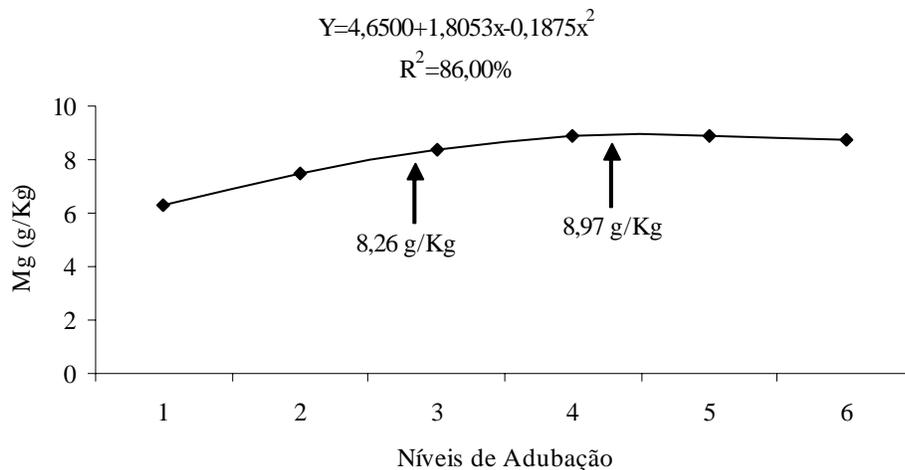


FIGURA 14 Curva de regressão dos teores de magnésio no cafeeiro de primeiro ano, submetido a diferentes níveis de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

4.3.6 Enxofre (S)

Na Figura 15 pode-se observar através da curva apresentada que, embora esta tenha ajuste quadrático, neste seguimento da reta esta se comportou de maneira linear, não demonstrando rejeição do nutriente mesmo na maior dosagem aplicada.

Os pontos adotados como limites do nutriente foram de 1,49 a 1,77 g/Kg de folha. Mostrando uma pequena amplitude na faixa de teores para o enxofre no cafeeiro de primeiro ano.

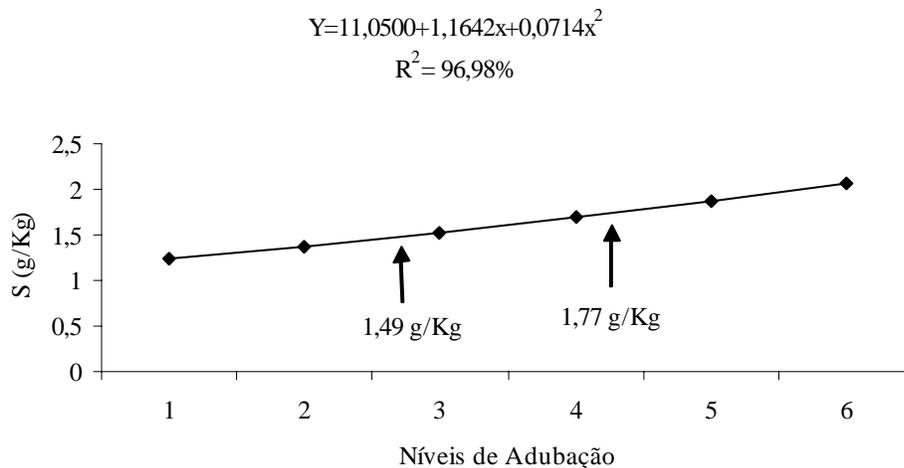


FIGURA 15 Curva de regressão dos teores de enxofre no cafeeiro de primeiro ano, submetido a diferentes níveis de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Os valores encontrados por Malavolta et.al (1997) em lavouras em fase de produção foram de 1,5 a 2,0 g/Kg. Já Gontijo (2004) encontrou teores ainda maiores (2,2 a 2,6 g/Kg).

4.3.7 Boro (B)

Ao se considerar que o excesso de alguns nutrientes, como por exemplo o nitrogênio, promovem a diluição do boro nas folhas, observa-se (Figura 16) que a maior concentração de boro nas folhas das plantas de café foram encontradas na menor concentração do adubo, sendo as maiores e menores proporções de 25% e 150% da adubação padrão, respectivamente.

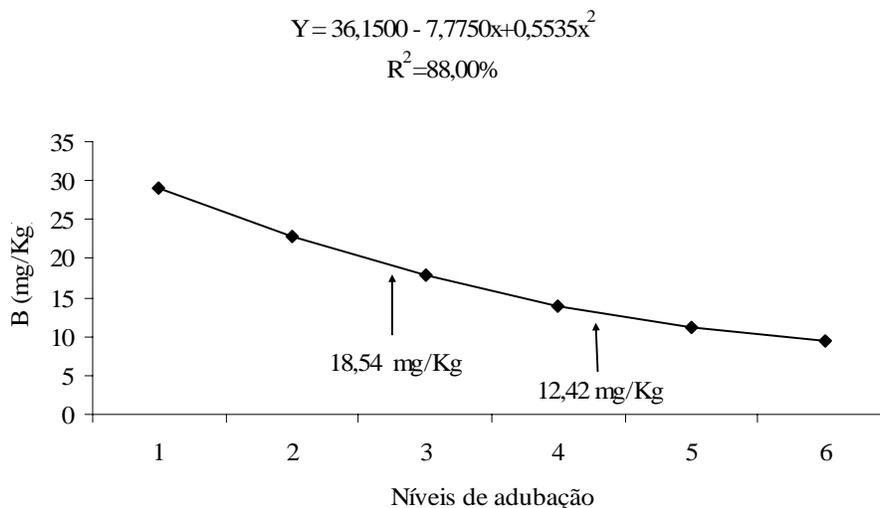


FIGURA 16 Curva de regressão dos teores de boro no cafeeiro de primeiro ano, submetido a diferentes níveis de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

A faixa de boro na folha foi de 12,42 a 18,54 mg/Kg. O teor de boro de uma lavoura em produção, citados por Malavolta et al. (1997) oscilaram entre 50 e 60 mg/Kg. Valores muito acima dos encontrados neste trabalho para o cafeeiro de primeiro ano. Conhecendo-se o papel fundamental do boro na fase reprodutiva do cafeeiro, justificam-se ambos os resultados encontrados.

4.3.8 Zinco (Zn)

Considerando a concentração de zinco nas folhas, como é apresentado pela Figura 17, percebe-se que a faixa de concentração do nutriente oscilou de 11,51 a 11,92 mg/Kg.

Malavolta et al. (1997) encontraram valores de zinco que oscilaram entre 15 e 20 mg/Kg de folha seca. Evidenciando a maior necessidade da lavoura que está na fase produtiva. Isto se comprova pelos teores encontrados por

Gontijo (2004) que, trabalhando com mudas de saquinhos determinou a faixa de zinco em torno de 3,68 a 4,08 mg/Kg.

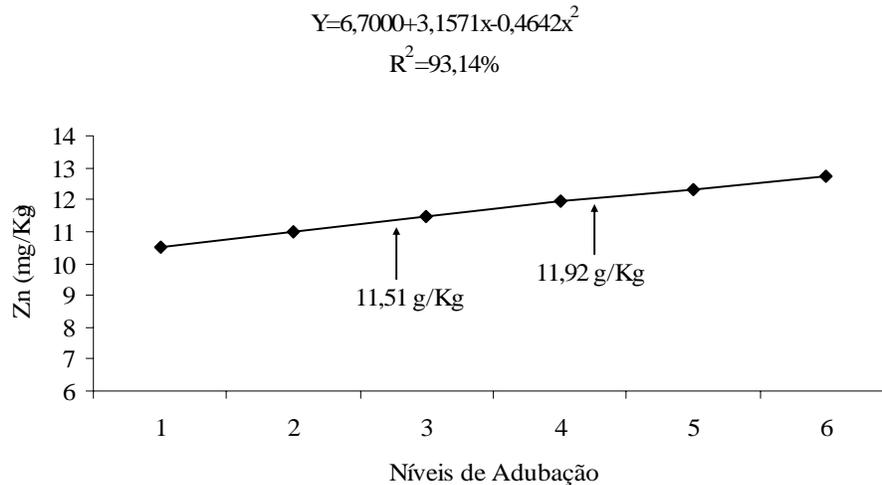


FIGURA 17 Curva de regressão dos teores de zinco no cafeeiro de primeiro ano, submetido a diferentes níveis de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

4.3.9 Cobre (Cu)

A Figura 18 mostra o comportamento da concentração de cobre nas folhas das plantas, pode-se observar que as menores doses atingiram as maiores concentrações, assim como ocorreu com o boro, pois o excesso de outros nutrientes promove a diluição do cobre nas folhas do cafeeiro. Tanto o nitrogênio como o fósforo e o zinco poderiam desencadear estes processos de diluição.

A faixa do teor de cobre encontrada no cafeeiro de primeiro ano foi de 12,40 a 18,54 mg/Kg.

Malavolta et al. (1997) encontraram valores que constituíram uma faixa de 15 a 20 mg/Kg, próximos aos teores encontrados no cafeeiro em fase de

formação. Indicando também ser a cultivar Topázio MG – 1190 exigente em cobre. Gontijo (2004) construiu a faixa de teores de cobre para mudas de saquinho entre 6,94 e 9,29mg/Kg.

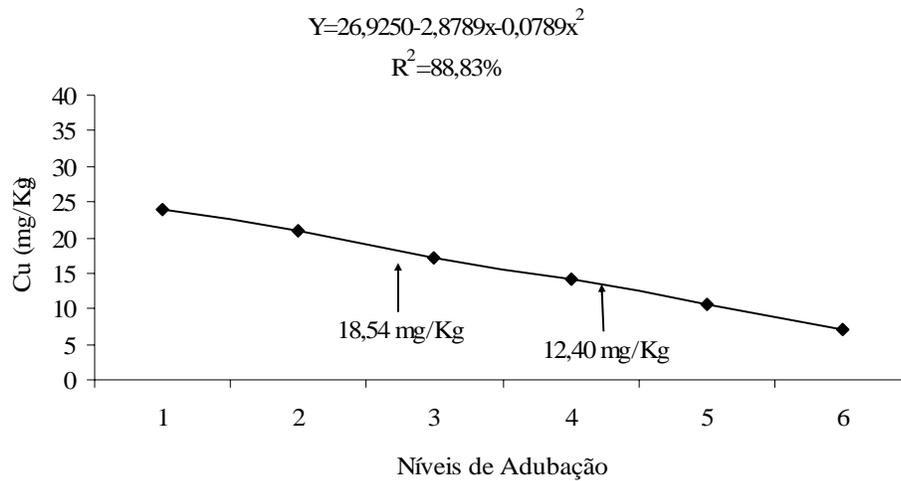


FIGURA 18 Curva de regressão dos teores de cobre no cafeeiro de primeiro ano, submetido a diferentes níveis de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

4.3.10 Ferro (Fe)

O teor de ferro nas folhas do cafeeiro variou de 424,89 mg/Kg e 457,31 mg/Kg.

Estes teores indicaram-se elevados pois se trata de um solo latossolo distroférico (com mais de 18% de ferro) e uma textura argilosa de 55%. Típico da região do sul de Minas Gerais. Parâmetros equivalentes ocorreram na determinação do manganês.

A Figura 19 apresenta a faixa dos teores de ferro encontrados nas folhas das plantas do cafeeiro de primeiro ano.

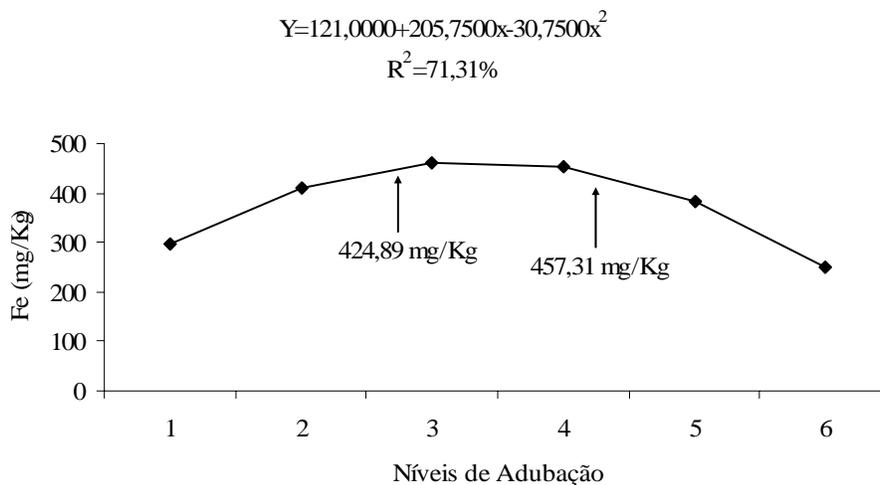


FIGURA 19 Curva de regressão dos teores de ferro no cafeeiro de primeiro ano, submetido a diferentes níveis de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

A variação encontrada por Malavolta et al. (1997) foi inferior aos resultados deste trabalho, pois oscilaram entre 80 e 100 mg/Kg de ferro nas folhas. Gontijo (2004) destacou uma faixa abrangente de 209,01 a 213,88 mg/Kg.

4.3.11 Manganês (Mn)

Os valores obtidos da concentração de manganês nas folhas das plantas, Figura 20, apresentou a faixa com prejuízo máximo de 10% para as características entre 127,17 e 178,67 mg/kg.

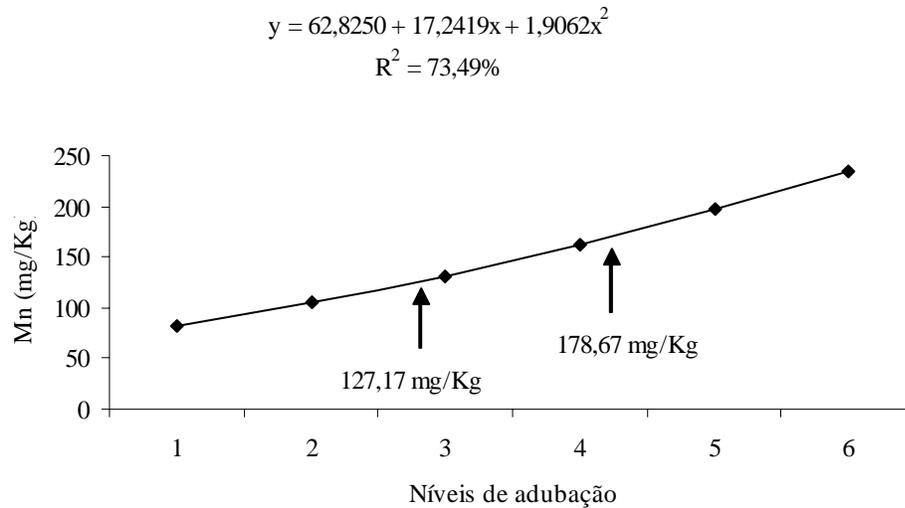


FIGURA 20 Curva de regressão dos teores de manganês no cafeeiro de primeiro ano, submetido a diferentes níveis de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Os teores de manganês nas folhas das plantas do cafeeiro em fase produtiva encontrados por Malavolta et al. (1997) variaram de 80 a 100 mg/Kg. Os obtidos por Gontijo (2004) variaram de 33,05 a 37,21 mg/Kg.

De acordo com as figuras abaixo nota-se o comportamento das plantas nos diferentes níveis de adubação testados.



5 CONCLUSÕES

As faixas dos teores encontrados para todos os nutrientes apresentaram-se na maioria das situações com percentuais em torno de 71 e 112,25% da adubação padrão.

As concentrações limites na adubação do cafeeiro de primeiro ano são:

Nitrogênio	19,24 g/Kg	a	23,16 g/Kg
Fósforo	1,14 g/Kg	a	1,21g/Kg
Potássio	17,39 g/Kg	a	19,02 g/Kg
Cálcio	12,70 g/Kg	a	14,11 g/Kg
Magnésio	8,26 g/Kg	a	8,97 g/Kg
Enxofre	1,49 g/Kg	a	1,77 g/Kg
Boro	12,42 mg/kg	a	18,54 mg/kg
Zinco	11,51 mg/kg	a	11,92 mg/kg
Cobre	12,40mg/kg	a	18,54 mg/kg
Ferro	424,89 mg/kg	a	457,31 mg/kg
Manganês	127,17 mg/kg	a	178,67 mg/kg

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, A. S.; ARRUDA VERAS, L. H. F.; FILHO, S. L.; LOUBACK, A. S. Recuperação de cafeeiros com aplicação corretiva de adubo fosfatado em plantas sem fósforo na cova de plantio – efeito na produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2002, Rio de Janeiro. **Trabalhos Apresentados...** Caxambu: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 118-119.

AMARAL, A. S.; ARRUDA VERAS, L. H. F.; FILHO, S. L.; LOUBACK, A. S.; MATIELO, J. B. Doses de sulfato de cobre via solo no suprimento do micronutriente em cafeeiros na zona de montanhas de Minas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2000, Rio de Janeiro. **Trabalhos Apresentados...** Caxambu: MAPA/PROCAFÉ, 2000. p. 46-47.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. 3. ed. Jaboticabal: FUEP, 1995.

BARROS, U. V.; SANTINATO, R.; MATIELLO, J. B.; BARBOSA, C. M. Comparação de modos de adubação o cafeeiro nas regiões montanhosas da Zona da Mata de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 26., Marília, 2000. **Trabalhos Apresentados...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2000. p. 41-42.

BRASIL. Ministerio da Agricultura. **Normais climatológicas (1960 – 1990)**. Brasília: MA/SNI/DNMET, 1992. 84 p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Café. In: **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, 1999. p. 289 – 302.

CORRÊA, J. B. et al. Avaliação da fertlidade do solo e do estado nutricional de cafeeiros do sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**., Lavras, v. 25, n. 6, p. 1273-1278, nov. /dez. 2001.

CORRÊA, J. B.; REIS Jr., R. A.; CARVALHO, J. G.; GUIMARÃES, P. T. G. Diagnose nutricional de cafeeiros do sul de Minas Gerais – Safra 1999/2000: I Macronutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 26., 2000, Marília. **Trabalhos Apresentados...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2000. p. 104-106.

FAQUIN, V.; **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 182 p.

FERREIRA, D. R. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 225-258.

FURLANI JUNIOR, E.; ALVES, C. C.; LAZARINI, E. Avaliação do estado de desenvolvimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) submetido à aplicação e calcário e boro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Brasília. **Resumos...** Vitória: CBP&Dcafé, 2001. p. 159.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252p.

GOMIDE, M. B.; LEMOS, O. V.; TOURINO, D.; CARVALHO, M. M.; CARVALHO, J. G.; DUARTE, G. S. Comparação entre métodos de determinação de área foliar em cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 118 – 123, jul./dez. 1977.

GONTIJO, R. A. N. **Faixas críticas de teores foliares de macro e micronutrientes em plantas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2004. 84 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. **Cafeicultura**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 317 p.

HAAG, H. P. **Evolução do uso de fertilizantes nas culturas do cafeeiro, cana-de-açúcar e soja**. Campinas, Fundação Cargill. 1986. 185p.

LAVIOLA, B. G.; MAURI, A. L.; LIMA, P. A.; ZANETI, L. Efeito da reação de solubilização do calcário na disponibilidade de cátions em solos cultivados com a cultura do café no Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 29., 2003, Rio de Janeiro. **Trabalhos Apresentados...** Araxá: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 99-100.

LOPES, A. S. **Solos “sob cerrado”: características, propriedades e manejo**. Piracicaba: POTAFOS, 1983. 162 p.

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

MALAVOLTA, E. **Nutrientes de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210 p.

MALAVOLTA, E.; YAMADA, T.; GUIDOLIN, J. A. **Nutrição e Adubação do Cafeeiro**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1989. 224 p.

MALAVOLTA, E. **Nutrientes de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. p. 251.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P.; MELO, F. A. F.; SOBRINHO, M. O. C. B. **Nutrição Mineral e Adubação de Plantas Cultivadas**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1974. 225 p.

MARCUZZO, K. V.; MELO, B.; TEODORO, R. E. F.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, P. T. G.; SEVERINO, G. M. Fontes e doses de fósforo na fase de formação do cafeeiro, em solos sob vegetação de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 28., 2002, Rio de Janeiro. **Trabalhos Apresentados...** Caxambu: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 312-313.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil – Novo Manual de Recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. 387 p.

MATIELLO, J. B.; SILVA, G. J. . Controle das deficiências de zinco e manganês em cafeeiros altos e em lavouras adensadas com o uso do canhão pulverizador. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 26., 2000, Marília. **Trabalhos Apresentados...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2000. p. 17-18.

MENDOÇA, S. M.; MARTINEZ, H. E. P; GUIMARÃES, P. T. G.; NEVES, J. C. L.; CEREDA, G. J. Comportamento radicular de quatro cultivares de café em resposta à calagem. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001. Brasília. **Resumos...** Vitória: CBP&Dcafé, 2001. p. 163.

MONDRAGON, M. A. R. **Resposta do cafeeiro e da mancha-de-olho-pardo a aplicação de fungicidas mais inseticida via solo e a adubação orgânica**. 1998.

65 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MOREIRA, M. A.; VIANA, A. E. S.; OLIVEIRA, C. A. C.; CARVALHO, G. S.; MELO FILHO, J. F.; SOUZA, S. E. Efeitos de calcário e gesso nas características químicas do solo e na produção do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2003, Brasília. **Resumos...** Vitória: CBP&Dcafé, 2003. p. 166-167.

NAZARENO, R. B.; OLIVEIRA, C. A. S.; SANZONOICZ, C.; SAMPAIO, J. C. P. S.; GUERRA, A. F. Crescimento inicial do cafeeiro Rubi em respostas a doses de N, P e K e a regimes hídricos. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Brasília. **Anais...** Porto Seguro: CBP&Dcafé, 2003. p. 404.

NOGUEIRA, F. D.; SILVA, E. B.; GUIMARÃES, P. T. G. **Adubação Potássica do Cafeeiro: sulfato de potássio.** Lavras: SOPIB. 2001. 81 p.

OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C.; FREITAS, R. B. **Análise de crescimento de plantas.** Lavras: UFLA, 2002. 20 p.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal.** São Paulo: Ceres, 1981. 425 p.

PREZOTTI, L. C.; ROCHA, A. C. Nutrição do cafeeiro arábica em função da densidade de plantas e da fertilização com NPK. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Brasília. **Anais...** Porto Seguro: CBP&Dcafé, 2003. p. 428-429.

SANTINATO, R.; SANTO, J. E.; FERNANDES, A. L. T.; ALVARENGA, M.; SILVA, V. A. Doses de sulfato de cobre na condução do cafeeiro irrigado via pivô central (plantio circular) no oeste a Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 26., Marília, 2000. **Trabalhos Apresentados...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2000. p. 352.

SILVA, E. B. **Potássio para o Cafeeiro: efeito de fontes, doses e determinação de cloreto.** 1995. 87 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição Mineral de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, V. A.; SANTINATO, R.; SERTÓTIO, R. A.; PUCCINELLI, L. F. R.; BERNARDES, C. R. Efeito do macro e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, B, Cu, e Mn) na formação e produção do cafeeiro e solo latossolo vermelho amarelo fase arenosa (LVA) com cultivo anterior na região cafeeira de Franca –

SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2002, Rio de Janeiro. **Trabalhos Apresentados...** Caxambu: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 130-132.

SOUZA, C. A. S.; **Aplicação de zinco via solo em plantas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em casa de vegetação.** 1999. 159 p. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.