

RUBENS JOSÉ GUIMARÃES

ANÁLISE DO CRESCIMENTO E DA QUANTIFICAÇÃO DE
NUTRIENTES EM MUDAS DE CAFEEIRO (**Coffea arábica** L.),
DURANTE SEUS ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO EM
SUBSTRATO PADRÃO

Dissertação apresentada à Escola Superior de **Agri-**
cultura de Lavras, como parte das exigências do cur-
so de Mestrado em Agronomia, área de concentra-
ção Fitotecnia, para obtenção do grau de «MESTRE».

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS . MINAS GERAIS

1994

Aos meus pais,

Nilson (in memoriam) e Edanée

Com gratidão e carinho

DEDICO

A minha esposa Zilda, a minha

filha Elisa e a meus

irmãos, Edilson, Renato e

Nilce

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A DEUS.

A Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, especialmente ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade concedida para a realização do curso de Mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) pelos recursos oferecidos para a realização do experimento.

Ao Professor Milton ~~M~~oreira de Carvalho, pela orientação segura e pela amizade.

A Professora Janice Guedes de Carvalho e ao Professor Moacir Pasqual pela colaboração e amizade.

Ao Pesquisador Antônio Nazareno Guimarães Mendes da EPAMIG pela valiosa colaboração nas análises estatísticas.

Aos funcionários **do** viveiro de mudas, José Avelino e **José** Maurício, pela colaboração durante a realização do experimento e pela amizade.

A secretária Neuzy Aparecida da Silva pela atenção e amizade.

Ao meu irmão Renato Mendes Guimarães, pelo constante incentivo, apoio e pelos conselhos nas horas mais difíceis.

AOS colegas de pós-graduação, especialmente a Virgílio Anastácio da Silva e Silvério José Coelho pela amizade e incentivo.

SUMARIO

1 . INTRODUÇÃO	01
2 . REVISÃO DE LITERATURA	04
2.1. O substrato	04
2.2. Análise Quantitativa do Crescimento	15
2.2.1. Taxa de Crescimento Relativo (TCR)	15
2.2.2. Taxa assimilatória líquida (TAL)	16
2.2.3. Razão de área foliar (RAF)	17
2.3. Intensidade de luz em viveiros de café e crescimento das mudas	18
2.4. Marcha de absorção de nutrientes	20
2.5. Os nutrientes	21
2.5.1. Nitrogênio	21
2.5.2. Fósforo	22
2.5.3. Potássio	23
2.5.4. Cálcio	24

2.5.5.	Magnésio	25
2.5.6.	Enxofre	26
2.5.7.	Boro	26
2.5.8.	Cobre	27
2.5.9.	Ferro	21
2.5.10.	Manganês	28
2.5.11.	Zinco	28
2.6.	Absorção radicular de nutrientes	29
3.	MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1.	Caracterização do viveiro	32
3.2.	Composição do substrato	3.3
3.3.	Semeadura	34
3.4.	Tratamento químico do substrato	34
3.5.	Emergência e desbaste das mudas	34
3.6.	Tratos culturais	35
3.1.	Controle fitossanitário	35
3.8.	Delineamento experimental	35
3.9.	Parâmetros de avaliação	37
3.9.1.	Altura média de plantas	37
3.9.2.	Diâmetro médio do caule no colo das plantas ...	38
3.9.3.	Diâmetro médio do caule acima da "folha cotiledonar"	38
3.9.4.	Area foliar média	38
3.9.5.	Peso seco médio	38

3.9.6. Teores médios de N. P. K, Ca, Mg, S. Zn, B. Cu, Fe e Mn	39
3.9.7. Taxa de crescimento relativo (TCR)	40
3.9.8. Taxa assimilatória líquida (TAL)	40
3.9.9. Razão de área foliar (RAF)	41
3.10. Análises estatísticas	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1. Parâmetros de crescimento	43
4.2. Variação dos teores de nutrientes	54
5. CONCLUSÕES	71
6. RESUMO	72
7. SUMMARY	74
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
APÊNDICE	85

LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Exemplos de efeitos interiônicos	29
2	Médias diárias de temperatura, umidade relativa do ar e insolação e precipitação, ocorridas entre cada estágio de desenvolvimento das mudas de café. ESAL, Lavras, 1993	32
3	Resultados das análises químicas da amostra do solo utilizada para a composição do substrato. ESAL, Lavras, MG, 1991	33
4'	Idade das plantas e intervalo de tempo entre os tratamentos das mudas de cafeeiro (<i>Coffea arabica</i> L.). ESAL, Lavras, 1993	37

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Altura das mudas de cafeeiro nos 8 estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993	45
2	Diâmetros médios das mudas de café, na altura do colo das plantas nos 8 estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993	46
3	Diâmetros médios das mudas de café medidos imediatamente acima das folhas cotiledonares, nos 8 estádios de desenvolvimento. estudados. ESAL, Lavras, 1993	47

Figura

Página

4	Area foliar total média de 16 mudas de café nos 8 estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993	48
5	Peso seco médio de 16 mudas de cafeeiro nos 8 estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993	49
6	Taxas assimilatórias líquidas (TAL) de 16 plantas em $\text{g/cm}^2/\text{dia} \times 10^{-5}$, calculada em seus valores médios entre os estádios estudados. ESAL, Lavras, 1993	51
7	Razão de área foliar (RAF), de 16 plantas, calculada em seus valores instantâneos nos 8 estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993	52
8	Taxas de crescimento relativo (TCR), de 16 plantas, em $\text{g/g/dia} \times 10^{-3}$, calculadas em seus valores médios entre os estádios estudados. ESAL, Lavras, 1993	53

Figura		Página
9	Avaliação dos teores médios de nitrogênio na matéria seca das plantas, nos 8 estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993	55
10	Avaliação dos teores médios de fósforo na matéria seca das plantas, nos 8 estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993	57
11	Avaliação dos teores médios de potássio na matéria seca das plantas, nos estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993	58
12	Avaliação dos teores médios de cálcio na matéria seca das plantas, nos estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993	60
13	Avaliação dos teores médios de magnésio na matéria seca das plantas, nos estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993	62
14	Avaliação dos teores médios de enxofre na matéria seca das plantas, nos estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993	63

Figura		Página
15	Avaliação dos teores médios de boro na matéria seca de plantas, nos estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993	64
16	Avaliação dos teores médios de cobre na matéria seca das plantas, nos estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993	66
17	Avaliação dos teores médios de ferro na matéria seca das plantas, nos estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993	67
18	Avaliação dos teores médios de manganês na matéria seca das plantas, nos estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993	68
19	Avaliação dos teores médios de zinco na matéria seca das plantas, nos estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993	70

1. INTRODUÇÃO

A planta de café é originária da Etiópia na África. No século XV foi levada para a Arábia onde foi usada em infusão com o nome de "Kahvah" ou "Cahue" e depois para o Cairo no Egito. Em 1554 já se encontrava em Constantinopla, na época grande centro comercial, tornando os árabes os primeiros exportadores de café. Entrou como bebida na Europa através da Itália e Inglaterra por volta de 1670. Em 1671 atingiu a França, depois Alemanha, Suíça, Dinamarca, Espanha e Portugal, de onde foi levado para as possessões Ibéricas nas Américas chegando aos Estados Unidos da América, hoje seu maior consumidor e importador. Chegou ao Brasil através de sementes trazidas por Mello Palheta, da Guiana Francesa, hoje Suriname, em 1727, mas somente por volta de 1790 iniciaram-se os plantios comerciais em São Paulo. (CARNEIRO FILHO, 1989).

Atualmente, a cultura do café ocupa posição de destaque na economia mundial, sendo explorada por mais de 70 países tornando-se grande geradora de divisas.

No Brasil, maior produtor mundial na atualidade, chegou a marcar época na história da economia do país a exemplo do pau-brasil, cana-de-açúcar, ouro e borracha.

Além de sua importância econômica, a cultura do café exerce importante função social, pois é geradora de grande número de empregos, diretos e indiretos, sendo responsável pela fixação de grande parte da população na zona rural.

A propagação das plantas passa pela formação de mudas que devem ser de linhagens produtivas, bem adaptadas, sadias e vigorosas, plantadas em períodos adequados para o sucesso do empreendimento. E levando-se em consideração o fato de que se trata de uma cultura perene, os erros cometidos no início, trarão consequências maléficas por toda a vida da cultura (GONÇALVES & TOMAZIELLO, 1970 e CARVALHO, 1978).

O substrato usado na formação de mudas é um dos mais importantes fatores de produção, pois interfere diretamente no desenvolvimento das mesmas.

Vários trabalhos foram e tem sido realizados na busca do substrato ideal e da nutrição adequada das mudas de café. Atualmente adota-se um substrato padrão, recomendado pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG) em 1989.

Há porém, necessidade de se conhecer melhor o comportamento das mudas de cafeeiro na fase de viveiro, durante os seus vários estádios de desenvolvimento, quanto ao acúmulo de matéria seca e eficiência do seu sistema assimilador.

Também é necessário quantificar cada nutriente na matéria seca das plantas durante sua permanência no viveiro, de forma a possibilitar a melhoria da nutrição das mesmas através de adubações suplementares para correção de elementos lixiviados devido as regas constantes.

O presente trabalho tem como objetivos, analisar o crescimento das plantas durante a sua permanência em viveiro e estudar a, variação quantitativa de macro e micronutrientes na matéria seca em mudas de cafeeiro, a partir do substrato padrão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O substrato

Os métodos de preparo de mudas de café tem evoluído com o passar dos anos, dada a importância dessa fase no sucesso da cultura do cafeeiro, que interfere decisivamente na economia dos países produtores e na distribuição de renda, principalmente junto as populações rurais. SOUZA (1966) descreve os métodos de "semeadura direta na cova", "mudas de raiz nua (ou lavada)" em que a semeadura ocorria em canteiros de terra e esterco e "mudas em laminados de madeira ou saquinhos de polietileno perfurados", concluindo que a última seria a melhor solução diante dos problemas ocorridos nos demais métodos. O mesmo autor cita ainda em seu trabalho, denominado "Primeiras normas técnicas para a cultura do café" que o substrato deveria ser composto de terra e esterco de curral na proporção 1:1 (metade de esterco e metade de terra) admitindo ainda a utilização do terriço de mato somente.



GODOY JR et alii (1964), estudando os efeitos da calagem no desenvolvimento de mudas de café da variedade Mundo Novo e usando um substrato composto por partes iguais de terra roxa e esterco de cocheira e cal hidratada incorporada a 10 cm de profundidade, concluíram que a calagem não seria prática recomendável no preparo de mudas de café. As avaliações foram feitas quando as mudas estavam no estágio de 3 a 4 pares de folhas.

GODOY & GODOY JR (1965) destacaram a importância da suplementação de um substrato composto por terra roxa e esterco de curral em volumes iguais, com adubação mineral em pulverizações com solução nutritiva. Neste trabalho também não ficou explícita a época da avaliação, mas o estágio das mudas variam de 6 a 8 pares de folhas entre os tratamentos.

VIANNA (1967) estudou o efeito de diferentes níveis de adubação nitrogenada - fosfatada no substrato e posterior irrigação com sulfato de amônio no desenvolvimento de mudas de café. Concluiu que a adição de nitrogênio via irrigação foi positiva, bem como a adição de superfosfato simples ao substrato. Encontrou também efeitos negativos no desenvolvimento das mudas quando aplicava doses crescentes de nitrogênio no substrato, principalmente nos tratamentos com ausência de fósforo. A avaliação do ensaio se deu nas seguintes idades após a semeadura: altura de mudas aos 8 e 12 meses, peso da parte aérea após 12 meses.

BRILHO et alii (1967), estudando o efeito da adubação química e orgânica no desenvolvimento de mudas de café em diferentes tipos de solos, concluíram que mudas vigorosas de café podem ser obtidas pela adição de uma mistura de fertilizantes químicos, adicionada ao substrato e que a aplicação de nitrogênio em irrigações periódicas seria benéfica, sendo que melhores resultados foram conseguidos pelo emprego do sulfato de amônio nas soluções seguida pelo nitrocálcio e uréia; o salitre, revelou-se inferior as demais fontes nitrogenadas. As avaliações desse ensaio se deram após 6 a 8 meses da semeadura para altura de plantas e 11 meses de idade para peso da parte aérea.

SCARANARI (1967) sugere um substrato para mudas de café, composto por partes iguais de esterco bem curtido e terra, misturados 1 mês antes do plantio. Cita também que a adubação com fertilizantes químicos pode ser usada.

GONÇALVES & TOMAZIELLO (1970) recomendam para a formação de mudas um substrato composto por 300 litros de esterco de curral ou 80 litros de esterco de galinha ou ainda 15 litros de torta de mamona para cada metro cúbico de terra, com adição de 2,5 kg de superfosfato simples e 0,5 kg de cloreto de potássio.

CAIXETA et alii (1972) pesquisando 14 tipos diferentes de substratos para formação de mudas, concluíram que a mistura do solo de pastagens aos esterco de galinha ou bovino com adição de N, P_2O_5 e K_2O produziram melhores efeitos, concordando em parte com **GODOY & GODOY JR** (1965) e **GONÇALVES & TOMAZIELLO** (1970),

porém as proporções de terra e esterco bem como as quantidades de adubos químicos testados foram diferentes; no caso da recomendação de CAIXETA et alii (1972) havia adição de N, ausente nos demais trabalhos. As avaliações dos parâmetros no trabalho de CAIXETA et alii (1972) ocorreu aos oito meses após o transplante das mudas feito no estádio de "orelha de onça", e as mudas variaram de 3 a 7 pares de folhas verdadeiras entre os tratamentos.

MALAVOLTA et alii (1974) recomenda, para cada tonelada de terra usada para encher os recipientes, 100 kg de esterco de curral fermentado (ou 25 kg de esterco de galinha fermentado ou ainda 5 kg de esterco de torta de oleaginosas fermentada) com adição de 2,5 kg de sulfato de amônio, 2,5 kg de superfosfato simples, 1,0 kg de cloreto de potássio, 10 gramas de bórax e 20 gramas de sulfato de zinco. Recomenda também ainda a aplicação de 1 a 2 kg de calcário dolomítico se o solo tiver pH abaixo de 6,5. Sugere ainda pulverizações mensais com uma solução a 0,5% da fórmula 15-15-15.

CARVALHO et alii (1978a) pesquisando o efeito da composição do substrato em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) concluíram que melhores resultados eram obtidos com quantidades de esterco de curral e P_2O_5 em torno de 3.00 litros e 1,0 kg por metro cúbico da mistura respectivamente, concordando com GONÇALVES E TOMAZIELLO (1970) quanto a quantidade de matéria orgânica no substrato, mas recomendando doses superiores de P_2O_5 por metro

cúbico de mistura e discordando desses autores com relação a **recomendação** do KCl por considerarem sem influência. Nesse mesmo trabalho, concluem que o uso da calagem seria dispensável podendo ser este indesejável quando se usa P_2O_5 no substrato, concordando com GODOY JR et alii (1964). Neste trabalho a avaliação das mudas foi feita sete meses após a semeadura, época essa diferente da usada por CAIXETA et alii (1972).

CARVALHO et alii (1973b) em trabalho complementar ao citado anteriormente, desta vez trabalhando com esterco de galinheiro, concluíram que, as mudas apresentaram melhor desenvolvimento quando se adicionou ao substrato quantidade de esterco de galinheiro e P_2O_5 , próximos de 50 litros e 1,0 kg, respectivamente, ou seja, dose de esterco de galinha menor que a recomendada por GONÇALVES & TOMAZIELLO (1970) e confirmando a de P_2O_5 encontrada em seu trabalho quando foi usado o esterco de curral. Confirmou também que a adição de KCl no substrato foi desnecessária quando a fonte de matéria orgânica usada foi o esterco de galinheiro e desta vez encontrando efeito negativo do calcário. A avaliação desse segundo experimento foi feita também aos sete meses após a semeadura, e o número de pares de folhas (estádio) variou com os tratamentos.

. IBC (1976) recomenda o uso de 300 litros de esterco de curral ou 80 litros de esterco de galinha, ou 15 litros de torta de mamona por metro cúbico a substrato com adição de 3 kg de superfosfato simples e 0,5 kg de cloreto de potássio.

SALAZAR-ARIAS (1977), testando a adição em cobertura de N , P_2O_5 e K_2O em substrato de solo derivado de cinzas vulcânicas, sem adição de matéria orgânica concluiu que o nitrogênio teve efeito negativo, o fósforo efeito positivo e o potássio não modificou o desenvolvimento das mudas. A época de avaliação do experimento se deu aos seis meses de idade das mudas, diferente das citadas até aqui, mas ressalta-se ainda a grande diferença entre os tipos de solos usados neste e nos demais ensaios.

OLIVEIRA et alii (1977), estudando os efeitos de doses crescentes de superfosfato simples em substrato composto por 30% de esterco de curral e 70% de terra com adição de 0,5 kg de cloreto de potássio, encontrou resultados melhores, com cerca de 5 kg por metro cúbico, concordando com **CARVALHO** et alii (1978a,b). Foram 2 ensaios avaliados, sendo um aos 5 meses (em casa de vegetação) e outro aos 6 meses de idade (em viveiro).

ALMEIDA et alii (1978), estudando o efeito da calagem no substrato para formação de mudas de café, usando o substrato básico de 300 litros de esterco de curral e 700 litros de terra Por metro cúbico de mistura, relação essa idêntica a usada por **GONÇALVES & TOMAZIELO** (1970), **CARVALHO** et alii (1978a) e **OLIVEIRA** et alii (1977), reafirmaram o efeito benéfico da adição do esterco no substrato e concluíram que com a adição de calcário na dose recomendada pela análise de solo se obteria um bom desenvolvimento das mudas na ausência do esterco, sendo que as avaliações foram feitas aproximadamente 8 meses após a sementeira

quando as plantas tinham de 5 a 6 pares de folhas, estágio das mudas semelhante ao avaliado por CARVALHO et alii (1978a,b) porém com idades diferentes.

A Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1978) recomendou um substrato composto por 300 litros de esterco de curral, ou 80 litros de esterco de galinha ou 15 litros de torta de mamona por metro cúbico de terra com adição de $0,5 \text{ kg/m}^3$ de P_2O_5 e $0,3 \text{ kg/m}^3$ de K_2O .

SANTINATO et alii (1980) trabalhando com um substrato básico de 700 litros, de terra, 300 litros de esterco de curral com adição de 5 kg de superfosfato simples por metro cúbico de mistura, estudou o efeito de várias doses de cloreto de potássio. Concluiu que não houve efeito significativo das doses de cloreto de potássio empregadas no desenvolvimento das mudas de café, nem houve aumento dos teores de potássio nas diversas partes da planta, apesar das médias de crescimento e peso da matéria seca terem sido superiores. Não observou efeitos de toxidez nas mudas e concluiu que provavelmente a esterco de curral funcionou como fator de equilíbrio nas diferentes doses sendo suficiente em suprimento de K nas mudas. A avaliação do referido ensaio se deu aos 8 meses após a semeadura.

EZEQUIEL (1980), estudando os efeitos da adição de boro e zinco a substratos no desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.), usou o substrato composto por 5 kg de superfosfato simples mais $0,5 \text{ kg}$ de cloreto de potássio e nos

tratamentos que levaram esterco de curral, 300 litros por m^3 de mistura. Foi usado o nitrocálcio em cobertura nitrogenada em todos os tratamentos. Concluiu que o boro teve efeito positivo com relação a área foliar e matéria seca da parte aérea e sistema radicular, independente da presença do esterco de curral. Não houve influência do boro no período até emissão de 4º par de folhas verdadeiras, no número de folhas e na altura das mudas. A aplicação do boro elevou seu teor nas mudas aumentando também o teor de cobre e não afetando os teores dos demais nutrientes. A adição do zinco não afetou o crescimento das mudas e reduziu os teores de fósforo, cobre e cálcio. A avaliação do ensaio se deu aos 6 meses após a repicagem quando as mudas se encontravam entre a 5º e 7º par de folhas verdadeiras, variando com os tratamentos.

OLIVEIRA & PEREIRA (1984) estudando a adubação de substrato para formação de mudas de café, concluíram que a adubação fosfatada, potássica e mesmo a orgânica, com adição de esterco de curral, são indispensáveis e que no substrato com 25% de esterco de curral na mistura, as doses mais prováveis para P_2O_5 estão entre 1,06 a 1,14 kg/m^3 e para K_2O entre 0,67 e 0,87 kg/m^3 , ou seja, a dose de P_2O_5 coincidindo com o encontrado por CARVALHO et alii (1978a,b) e a dose de K_2O maior que a recomendada por GONÇALVES & TOMAZIELLO (1970). Concluiu ainda que a adição de calcário só se justifica na ausência de esterco de curral. Neste trabalho, as avaliações das mudas foram feitas aos 6 meses após a repicagem.

BRAGANÇA & CARVALHO (1984), estudando o efeito de fontes e doses de fósforo no desenvolvimento de mudas de cafeeiro, concluíram que não houve diferença entre as fontes de fósforo usadas, no desenvolvimento da planta, mas que o uso de fontes mais solúveis em água interferiu na composição mineral das mudas, diminuindo os teores de K e aumentando os de Ca e S; as fontes menos solúveis de fósforo tiveram efeito inverso, diminuindo os teores de Ca e S e aumentando o de K. Este ensaio foi avaliado aos 4 meses, após o trasplante das mudas. O substrato básico usado foi o recomendado por CARVALHO et alii (1978a).

VIANA et alii (1985), estudando o efeito de 2 fontes de K combinadas com sulfato de magnésio e calagem em mudas de café, concluíram que o aumento dos níveis de K_2O no substrato composto originalmente por 70% de terra, 30% de esterco de curral com adição de 5 kg de superfosfato de cálcio simples, não afetou o desenvolvimento das mudas.. Também concluíram que não houve diferença entre as fontes de potássio usadas e a adição de 0,6 kg de sulfato de magnésio por m^3 de substrato não afetou o desenvolvimento das mudas. Nessa publicação não ficou explícito o estágio da muda em que se fez a avaliação.

TOMAZIELLO et alii (1987) recomendam uma mistura de 300 litros de esterco de curral, ou 80 litros de esterco de galinha ou ainda 15 litros de torta de mamona, com adição de 2,5 kg de superfosfato simples e 0,5 kg de cloreto de potássio para cada m^3 de substrato usado na formação de mudas de cafeeiro.

AGUAS (1989) estudando o efeito de fontes e doses de cálcio e enxofre no desenvolvimento de mudas de café (*Coffea arabica* L.), concluiu que o gesso foi mais eficiente que o calcário calcítico e enxofre em pó no fornecimento de cálcio e/ou enxofre para as plantas na dose 2.214,3 e 2.349,47 g por metro cúbico de substrato. A avaliação do experimento foi realizada “aproximadamente 7 meses após a repicagem”. O substrato básico usado contou com adubações de fósforo e potássio nas dosagens de 2, 63 kg/m³ de DAP e 0,5 kg/m³ de cloreto de potássio.

ABRAHÃO (1991), estudando os efeitos de doses de boro, em mudas de diferentes progênies de dois cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.), usou o substrato básico de terra com adição de 5 kg de superfosfato simples e 0,5 kg de cloreto de potássio, sem matéria orgânica. Concluiu que a aplicação de boro, via substrato em todas as cultivares e progênies testadas, reduziu o teor de ferro e não modificou o teor de boro e dos demais nutrientes contidos na matéria seca da parte aérea das mudas. A avaliação do experimento foi feita “aproximadamente” com 4 pares de folhas verdadeiras.

SANTOS (1993), estudando os efeitos de doses de nitrato de Potássio e esterco de curral, na composição do substrato para mudas de café (*Coffea arabica* L.), concluiu que a aplicação do KNO₃ ao substrato, possibilitou a substituição parcial do esterco de curral, encontrando um maior desenvolvimento das plantas quando utilizou-se 200 litros de esterco de curral, associado a

11.550 gramas de nitrato de potássio por m^3 de substrato. Quanto a análise dos nutrientes N, P e K na parte aérea das mudas, concluiu que os tratamentos não influenciaram seus teores. Para o cálcio e magnésio seus teores foram reduzidos com a aplicação do KNO_3 no substrato e se elevaram com a aplicação do esterco de curral. Aumentando-se a quantidade de KNO_3 reduzia-se o teor de enxofre e boro. Aumentando-se a dose de esterco de curral, o teor de cobre e manganês diminuía na matéria seca das plantas. O ferro na parte aérea teve resposta linear negativa em relação a doses crescentes de KNO_3 e esterco de curral. O zinco respondeu de forma linear positiva a aplicação do esterco de curral somente. Conclui ainda que a análise geral dos nutrientes citados não possibilitou nenhuma inferência tendo em vista seus comportamentos diferentes. A avaliação dos tratamentos se deu aproximadamente aos sete meses após a semeadura.

A Comissão de Fertilidade de Solo do Estado de Minas Gerais -CFSEMG (1989) recomenda um substrato composto de 700 l de terra peneirada e 300 litros de esterco de curral (ou 80 litros de esterco de galinha ou ainda 10 a 15 litros de torta de mamona) com adição de 1,0 kg de P_2O_5 e 0,3 kg de K_2O . Essa recomendação vem a ser uma interação dos estudos de GONÇALVES & TOMAZIELLO (1970), CAIXETA et alii (1972), IBC (1976), CARVALHO et alii (1978a), CARVALHO et alii (1978b), CFSEMG (1978), OLIVEIRA et alii (1977), ALMEIDA et alii (1978), SANTINATO et alii (1980), EZEQUIEL (1980), OLIVEIRA & PEREIRA (1984), BRAGANÇA & CARVALHO

(1984), VIANA et alii (1985), TOMAZIELLO et alii (1987) e adotada também por ÁGUAS (1989), ABRAHÃO (1991) e SANTOS (1993).

2.2. Análise Quantitativa do Crescimento

A produção final de Uma planta (no caso mudas de café) é o resultado de suas interações com o ambiente, sendo a planta um integrador de estímulos ambientais. Melhor entendimento de tais interações pode ser obtido através da análise quantitativa de crescimento (MACHADO et alii, 1982).

Segundo MAGALHÃES (1979) a análise quantitativa do crescimento vegetal foi desenvolvida por fitofisiólogos da escola inglesa (BLACKMAN, 1919; BRIGGS, KIDD & WEST, 1920; WATSON, 1952; BLACKMAN, 1968) e é considerada internacionalmente como método padrão para a estimativa da produtividade biológica, ou produtividade primária, das comunidades vegetais.

Para se conhecer melhor o crescimento de mudas de café, selecionaram-se três parâmetros da análise do crescimento, ou seja, a taxa de crescimento relativo (TCR), a taxa assimilatória líquida (TAL) e a razão de área foliar (RAF).

2.2.1. Taxa de Crescimento Relativo (TCR)

É sem dúvida a medida mais apropriada para a avaliação do crescimento vegetal. Representa a quantidade em gramas de

material vegetal produzido por determinada quantidade de material existente (g), durante um intervalo de tempo (dias) prefixado (OLIVEIRA & GOMIDE, 1986).

No caso do presente trabalho a unidade da TCR será g/g/dia e será usada a fórmula que dá a referida taxa, valores médios, ou seja:

$$TCR = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{MAGALHÃES, 1979})$$

onde: P_2 e P_1 = crescimento em peso seco (g) nos tempos t_2 e t_1 , respectivamente, medidos em dias a partir da data da sementeira.

A TCR de uma planta depende simultaneamente da eficiência assimilatória de suas folhas (TAL) e da folhagem (número de folhas/planta e tamanho da folha) da própria planta (RAF) (OLIVEIRA & GOMIDE, 1986).

2.2.2. Taxa assimilatória líquida (TAL)

Representa o incremento em matéria seca por unidade de superfície foliar (área) durante um intervalo de tempo prefixado. No presente trabalho o resultado da TAL será expresso em $g/cm^2/dia$. A TAL reflete a dimensão do sistema assimilador que é envolvida na produção de matéria seca: em outras palavras é uma estimativa da fotossíntese líquida (MAGALHÃES, 1979).

Segundo MACHADO et alii (1982), a TAL representa aproximadamente, o balanço entre o material produzido pela fotossíntese e as perdas devido a respiração.

A TAL pode ser determinada usando-se a expressão a seguir, que representa seus valores médios em um determinado período de tempo:

$$TAL = \frac{P_2 - P_1}{A_2 - A_1} \times \frac{l_n A_2 - l_n A_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{MAGALHÃES, 1979})$$

onde: P_2 e P_1 , representam o peso seco da planta (g) nos tempos t_2 e t_1 , respectivamente e A_2 e A_1 , as áreas foliares (cm^2) nos referidos tempos, medidos em dias após a sementeira.

2.2.3. Razão de área foliar (RAF)

É a relação entre a área foliar e o peso seco da planta. A RAF é medida da dimensão do aparelho assimilador, e serve como um parâmetro apropriado para as avaliações de efeitos genotípicos, climáticos e do manejo de comunidades vegetais (MAGALHÃES, 1979).

No presente trabalho será usada a fórmula que expressa a RAF em seus valores instantâneos, citada por MAGALHÃES (1979) e OLIVEIRA & GOMIDE (1986) como:

$$RAF = \frac{A}{P}$$

onde: A é a área foliar em cm^2 e P o peso seco da planta em gramas no momento da análise.

2.3. Intensidade de luz em viveiros de café e crescimento das mudas

Como os objetivos do presente trabalho são conhecer quantitativamente o crescimento das mudas de café em viveiro e o comportamento de cada nutriente durante os vários estádios de desenvolvimento de mudas, torna-se importante um estudo do nível de sombreamento das mesmas em viveiros.

MAESTRI & GOMES (1961), estudando níveis de sombreamento em mudas de café em viveiro, testaram 25%, 50%, 75% e 100% de luz solar, concluindo que o peso seco médio, a área foliar e o número médio de folhas por planta aumentou com a diminuição do nível de luz até 50%, reduzindo-se quando o nível de luz baixou para 25%. Os piores resultados foram obtidos ao sol direto. A área média das folhas cresceu com a diminuição do nível de luz, o mesmo ocorrendo com a razão da área foliar para o peso foliar. A razão de área foliar (razão da área das folhas/peso seco total da planta) aumentou a medida que o nível de luz decresceu. A razão de peso foliar (razão do peso seco das folhas para o peso seco total da planta) variou inconsistentemente com os diversos níveis de iluminação. A razão da parte aérea para o sistema radicular não foi influenciada pelos níveis de luz. Conclui-se que o melhor crescimento de mudas até 5 meses de idade, medido pelo peso seco total, área foliar total e número de folhas, se deu sob o nível de luz de 50%, correspondente à "meia sombra".

CASTILLO (1961), estudando o crescimento em mudas de café sob diferentes níveis de luz, adubadas e não adubadas, conclui que os aumentos na produção de matéria seca devido ao fertilizante foram notavelmente maiores que os obtidos na taxa assimilatória líquida (TAL). Em todas as formas de expressão do crescimento (peso seco, área foliar, número de folhas) a intensidade luminosa de 25% teve efeitos limitantes quando comparada com os demais. A partir de 50% de luz houve decréscimos na área foliar, concordando com MAESTRI & GOMES (1961).

SILVEIRA & MAESTRI (1973), estudando o crescimento de mudas de café sob quatro níveis de luz, concluem que o maior crescimento, medido pela matéria seca total, verificou-se sob o nível de 50% de luz, concordando com MAESTRI & GOMES (1961) e CASTILLO (1961). Não se pôde verificar diferenças na taxa de crescimento relativo (TCR) e na taxa assimilatória líquida, embora a razão de área foliar (RAF) decrescesse com o aumento do nível de luz. Os valores médios globais da taxa de crescimento relativo (TCR) e da taxa assimilatória líquida (TAL) foram respectivamente 0,145 g/g/semana e 0,152 g/dm²/semana. A razão de área foliar (RAF) decresceu com o aumento da intensidade luminosa até próximo do nível de 75% de luz. Essa razão decresceu também gradualmente com a idade das plantas. A área média de uma folha diminuiu com o aumento da intensidade luminosa, mas cresceu com a idade das plantas.

RENA & MAESTRI (1986) concluem que a interpretação desses resultados deve levar em consideração que nesses experimentos muitas outras variações ocorrem no ambiente, em adição e em decorrência da variação da intensidade luminosa, como: temperatura do solo, do ar e da folha, umidade do solo e do ar e conseqüentemente o balanço hídrico da planta. Os mesmos autores citam que o crescimento do caule e raízes em plantas jovens de café podem ser afetados por altas temperaturas como conseqüência da inibição da translocação de fósforo desde as raízes e seu acúmulo na parte aérea e da redução da capacidade foliar de fixar o gás carbônico e translocar fotoassimilados para outros órgãos da planta, principalmente as raízes.

2.4. Marcha de Absorção de Nutrientes

MALAVOLTA (1986) discorre sobre a marcha de absorção de nutrientes em cafeeiros a partir das mudas formadas, não apresentando dados durante o período de formação das mesmas.

BARROS et alii (1990) estudando a marcha de absorção de nutrientes em plantas de café Catuaí LCH-2077-2-5-44, no estádio de viveiro, colocadas em solução nutritiva de Hoagland, encontrou tendência de aumento em matéria seca e teores e quantidades de nutrientes nas plantas a partir de 15 dias após a instalação do experimento, chamando a atenção para um grande acréscimo de matéria seca e nutrientes no final do experimento, aos 150 dias após sua montagem.

2.5. Os nutrientes

Para estudo do comportamento de alguns nutrientes encontrados na matéria seca das mudas de café é importante que algumas considerações sejam feitas sobre os mesmos, bem como sobre as relações entre eles.

2.5.1. Nitrogênio

MALAVOLTA (1986) comenta a alta exigência desse elemento pelo cafeeiro, sendo que, quando da adubação nitrogenada adequada e não havendo outros fatores limitantes, é proporcionado um crescimento rápido da planta e a formação de folhas verdes e brilhantes. Cita ainda que o auto-sombreamento limita a capacidade fotossintética diminuindo assim as necessidades de adubos, particularmente o nitrogênio. Esse mesmo autor cita trabalhos de Accorsi & Haag (1959) que mostram que nas folhas deficientes em N, há uma quantidade menor de cloroplastos, os quais são também menores que os encontrados nas folhas normais, causando uma menor atividade fotossintética, portanto menor produção de amido.

MALAVOLTA (1993) comenta sobre o efeito positivo da interação N e K quando esses nutrientes são aplicados juntos.

COELHO (1973) descreve as perdas de nitrogênio no solo através de erosão, lixiviação e volatilização. Como para o

presente trabalho a influência maior das perdas de N se dão por lixiviação e volatilização, somente essas serão abordadas. A lixiviação de N se dá em 99% dos casos na forma de nitratos, sendo que menos de 1% ocorre na forma amoniacal (NH_4^+) e somente traços na de nitrito (NO_3^-). **OS solos** de textura grossa facilitam a perda de nitratos devido a maior percolação da água. Perdas por volatilização se dão mais em condições de baixa aeração do **solo** como na cultura do arroz irrigado com o fenômeno conhecido como denitrificação.

2.5.2. Fósforo

As exigências desse elemento pelo cafeeiro são pequenas, se comparados com as de N e K e sintomas de toxidez não são descritos na literatura disponível (MALAVOLTA, 1986). Quanto a influência desse elemento na planta, o trabalho de FRANCO (1983) mostra que o fósforo se redistribui pouco na planta e que a adubação fosfatada influi muito no desenvolvimento das raízes do cafeeiro. Geus (1973) citado por MALAVOLTA (1986) confirmam a importância do fósforo no sistema radicular e na formação do lenho da planta.

. COELHO (1973) comenta que a remoção de fósforo do **solo** pode se dar pelas culturas, por erosão ou por lixiviação, sendo que esta última é desprezível mesmo em condições de **solo** arenoso. Fala também de sua importância no desenvolvimento do sistema

radicular favorecendo sua formação e crescimento, especialmente das raízes secundárias e que em relação a outros nutrientes, **contribui** para o melhor aproveitamento do potássio pelas plantas e controla efeitos que podem produzir excesso de nitrogênio e de cálcio no **solo**. Outra informação importante desse autor é que a absorção de fósforo, de **um** modo geral se processa com grande intensidade nos primeiros estádios de desenvolvimento das plantas.

2.5.3. Potássio

O potássio é **um** elemento que desempenha papel dominante na nutrição de cafeeiros (MALAVOLTA, 1986). Segundo o mesmo autor citando Cooil & Nakayama (1953), para o cafeeiro esse elemento tem efeito na formação do amido, nas folhas e na sua translocação. Comenta também que **a** curva de absorção do K em cafeeiros, durante o ano é grosseiramente paralela à do nitrogênio, atingindo um máximo na estação chuvosa e que o excesso de potássio pode induzir carência de Mg, e em menor grau de Ca.

A remoção de potássio do **solo** se dá através de perdas por lixiviação e remoção pelas culturas. **No** caso das perdas por lixiviação consideráveis perdas ocorrem através da água de drenagem em **solos** minerais, notadamente no caso de pesadas adubações potássicas. **solos** arenosos são mais susceptíveis de

lixiviação de potássio e para atenuar tais perdas deve-se eliminar a acidez do **solo** através de calagens convenientes. Nas plantas o potássio é altamente móvel (COELHO, 1973).

De acordo com MALAVOLTA (1980), o efeito do potássio é altamente específico na abertura e fechamento de estômatos, juntamente com a luz, podendo em sua carência haver menor entrada de gás carbônico e portanto menor atividade fotossintética.

2.5.4. Cálcio

Segundo MALAVOLTA (1986) as quantidades desse elemento nas raízes, caules e ramos do cafeeiro adulto **são** da mesma ordem de grandeza que os de K. Nas folhas o teor de cálcio é aproximadamente a metade que o de potássio. Esse mesmo autor citando trabalhos de Franco & Mendes (1949), Accorsi & Haag (1959) e Lové (1957), comenta a importante função do cálcio no crescimento de raízes e devido a grande dificuldade de translocação desse elemento na planta, torna-se necessário um fornecimento constante de cálcio pelo **solo** afim de serem atendidas as exigências da planta.

COELHO (1973) fala da disponibilidade de cálcio no **solo**, que pode ser influenciada pela textura do **solo**, quantidade de matéria orgânica, lixiviação e remoção pelas culturas. Para o caso do estudo em mudas de café, destaca-se as perdas por lixiviação, devido as regas constantes. O mesmo autor comenta ainda que o

cálcio é o elemento mais abundante nas plantas, depois do potássio e que grande parte desse elemento é localizado nas folhas, principalmente nas velhas que tem maior conteúdo.

A absorção de cálcio é diminuída por altas concentrações de potássio e magnésio no meio, como também por muito N-NU_4^- e depois de localizado nas folhas se torna muito imóvel e só pode ser redistribuído em condições especiais (MALAVOLTA, 1980).

2.5.5. Magnésio

No cafeeiro como em todo, segundo MALAVOLTA (1986), há aproximadamente 4 vezes mais Ca que Mg. Durante o ano esse elemento segue a mesma tendência que o Ca, mas tem grande facilidade de translocação das folhas velhas para as mais novas, Devido ao antagonismo pelo potássio, quando a absorção de K aumenta a do Mg diminui.

É um elemento constituinte da clorofila e tem relação com o transporte de fósforo e carboidratos nas plantas, O magnésio se concentra mais nas folhas, acumulando nas partes em crescimento do caule e raízes (COELHO, 1973).

A presença de Mg aumenta a absorção do fósforo (MALAVOLTA, 1980).

2.5.6. Enxofre

As exigências desse elemento pelo cafeeiro são semelhantes a do fósforo, mas apesar disso pouca importância se tem dado a esse elemento por ser também fornecido através de fertilizantes nitrogenados ou fosfatados como é o caso do sulfato de amônio e do superfosfato simples (MALAVOLTA, 1986).

Segundo COELHO (1973), o enxofre é absorvido do solo na forma de sulfato (SO_4^{-2}), podendo penetrar em pequena proporção por via foliar como o gás sulfúrico (SO_2). É um nutriente pouco móvel na planta, ocorrendo os sintomas de deficiência, normalmente, nas folhas mais novas. É influente na síntese de clorofila e importantíssimo no desenvolvimento das raízes.

2.5.7. Boro

Está presente na matéria orgânica. Como fatores que contribuem para a falta desse nutriente cita-se a lixiviação, falta de Ca ou calagem excessiva, ou ainda excesso de nitrogênio na adubação. É um elemento altamente exigido nas regiões de crescimento intenso do cafeeiro (MALAVOLTA, 1986).

. Segundo COELHO (1973), o boro parece fazer parte de alguma Unidade estrutural, onde se torna não disponível, não podendo se movimentar, requerendo portanto constante suprimento à planta durante seu crescimento.

2.5.8. Cobre

Gallo & Hiroce (1971), citados por MALAVOLTA (1986), encontraram deficiências desse elemento em níveis de 1,4 a 4,0 ppm na matéria seca de folhas.

O excesso de nitrogênio pode levar a deficiência de cobre devido ao efeito de diluição na folha. O excesso de adubação fosfatada, o encharcamento, ou ainda a calagem excessiva podem também causar a deficiência de cobre. (MALAVOLTA, 1986).

ANDRADE et alii (1974) definiram como nível limiar de cobre como 4,0 ppm nas folhas, ou seja, abaixo desse valor, as plantas de café se mostram deficientes. MALAVOLTA (1986) citando Andrade (1973), considera que níveis acima de 30 ppm de cobre nas folhas estão associados a toxidez desse elemento.

Altas concentrações de cobre diminuem a absorção de Fe, Mo e Zn (MALAVOLTA, 1980).

2.5.9. Ferro

Nas mudas de café em viveiros, a deficiência de ferro parece ser provocada por uma combinação de 3 fatores, ou seja, excesso de matéria orgânica no substrato, encharcamento e falta de luz. É um elemento de difícil translocação das partes mais velhas para as mais novas do cafeeiro, podendo ocorrer deficiência quando o crescimento da planta é rápido (MALAVOLTA, 1986).

A absorção de ferro diminui quando aumenta a concentração no meio de Ca, Mg, Cu, Zn e principalmente o Mn (MALAVOLTA, 1980)

2.5.10. Manganês

MALAVOLTA (1986) citando Arzolla et alii (1955/56) comenta que o excesso de manganês pode ser mais prejudicial que sua deficiência devido seu efeito antagônico com o zinco e o ferro. O mesmo autor comenta ainda que deficiências desse elemento podem ocorrer com um pH alcalino ou ainda por excesso de matéria orgânica e que em sua carência, notou-se aumento nos teores de N, P e K.

2.5.11. Zinco

O zinco aparece na solução do solo como cátion Zn^{+2} e é fortemente retido pelo complexo de troca do solo (VALADARES, 1972). Segundo LOPES et alii (s.d.) o zinco não é translocado dentro da planta, aparecendo os sintomas de deficiência primeiro nas folhas mais novas e outras partes da planta.

A deficiência de zinco é induzida pelo fósforo através do efeito diluição, diminuindo sua absorção, inibição não competitiva e diminuição do transporte raiz/parte aérea (MALAVOLTA, 1980).

2.6. Absorção radicular de nutrientes

MALAVOLTA (1980) discorre sobre **os** efeitos que interferem na **absorção** radicular de nutrientes, classificando como fatores **externos** e **internos** à planta. Dentre **os** externos cita a influência de outros íons na absorção de um determinado elemento que **pode** se dar por antagonismo, inibição ou **sinergismo** apresentada no quadro seguinte.

QUADRO 1. Exemplos de efeitos inter-iônicos.

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^{+} (baixa concentração)	Sinergismo
MoO_4^{-2}	$\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$	Sinergismo

O antagonismo ocorre quando a presença de um elemento no meio diminui a absorção de outro, de modo que a toxidez do **segundo** não se manifesta na planta (MALAVOLTA, 1980).

Inibição é a diminuição na quantidade de um elemento absorvido devido a presença de outro. É chamada de competitiva quando **os** dois elementos envolvidos se combinam com **o** mesmo sítio ativo do carregador e não competitiva quando a ligação se faz com sítios diferentes (MALAVOLTA, 1980). **No** caso da competitiva, a inibição é anulada pelo aumento da concentração do primeiro e no caso da não competitiva a inibição não é anulada ao se aumentar a concentração do elemento que está sendo inibido (CAMARGOS & CARVALHO, 1988).

Sinergismo acontece quando a presença de um dado elemento aumenta a absorção **do** ion em questão (CAMARGOS **L** CARVALHO, 1988).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de mudas de café da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Minas Gerais, no período de 12 de agosto de 1992 a 17 de maio de 1993. O local tem uma altitude de 800 metros e os dados meteorológicos (temperatura, precipitação, umidade relativa do ar e insolação) do referido período foram registrados pela estação meteorológica da ESAL (Quadro 2).

QUADRO 2. Médias diárias de temperatura, umidade relativa do ar, insolação e precipitação, ocorridas entre cada estágio de desenvolvimento das mudas de café. **'ESAL,** Lavras, 1993.

Período		Estádios	Temp. média diária	Precíp. no período	U.R. média diária	Insolação média diária
Datas	Nº de dias					
12/08 a 06/12/92	117	Semeadura até 1º estágio	19,82	557,10	76,40	5,01
07/12 a 27/12/92	21	Do 1º até o 20 estágio	21,37	126,00	77,19	6,09
28/12/92 a 10/01/93	14	Do 2º até o 30 estágio	22,45	105,60	75,50	5,08
11/01 a 01/02/93	22	Do 30 até o 40 estágio	22,39	94,20	76,86	5,12
02/02 a 23/02/93	22	Do 40 até o 50 estágio	21,60	223,50	84,27	4,19
24/02 a 14/03/93	19	Do 5º até o 60 estágio	22,40	127,20	75,37	7,23
15/03 a 01/04/93	18	Do 60 até o 70 estágio	21,97	58,40	82,17	4,21
02/04 a 16/05/93	45	Do 70 até o 80 estágio	20,13	82,70	79,13	6,16

3.1. Caracterização do viveiro

O viveiro utilizado foi o de cobertura alta e o controle de insolação feito com tela plástica denominada sombrite 50% (**MAESTRI & GOMES, 1961; CASTILLO, 1961, SILVEIRA & MAESTRI, 1973**), inclusive na parte lateral onde terminava a cobertura superior, para maior uniformidade durante o ensaio.

3.2. Composição do substrato

O substrato usado foi o padrão atual composto de 700 litros de solo, classificado por BAHIA (1975) como latossolo roxo **distrófi-**co (Quadro 3) e 300 litros de esterco de curral por metro cúbico de mistura, com adição de 1,0 kg de P_2O_5 (5 kg de superfosfato simples) e 0,3 kg de K_2O (0,5 kg de cloreto de potássio).

QUADRO 3. Resultados das análises químicas da amostra do solo utilizado para a composição do substrato. ESAL, Lavras, MG, 1992.

Características	Unidade	Quantidade	Classificação
pH em água	-	5,1	AcM
P	ppm	1	B
K	ppm	8	B
Ca	meq/100 cc	0,6	B
Mg	meq/100 cc	0,2	B
Al	meq/100 cc	0,7	M
H + Al	meq/100 cc	7,0	A
S	meq/100 cc	0,8	B
t	meq/100 cc	1,5	B
T	meq/100 cc	7,8	M
m	%	46	A
V	%	10	MB

Análises realizadas no Instituto de Química "John W. Weelock" do Departamento de Ciências do solo da ESAL.

- S = soma de bases trocáveis.
- m = saturação de Al da CTC efetiva.
- V = saturação de bases da CTC a pH 7.
- T = CTC a pH 7.
- t = CTC efetiva.
- AcM = acidez média
- B = baixo.
- A = alto.
- MB = muito baixo.

3.3. Semeadura

Usou-se saquinhos de polietileno preto com **11 cm** de largura por **20 cm** de comprimento e sementes de café da cultivar "Catuaí vermelho", progênie **CH-2077-2-5-44**, previamente selecionadas, semeadas em número de duas por saquinho e cobertas com **1 cm** de areia de rio (**TOMAZIELLO et alii, 1987**).

3.4. Tratamento químico do substrato

O tratamento de substrato **foi** efetuado imediatamente após o plantio com **2** litros da solução de **PCNB 75%** por metro quadrado de canteiro, na dosagem de **90** gramas do produto comercial por **10** litros d'água.

3.5. Emergência e desbaste das mudas

O início da emergência das plantas se deu no dia **06/11/92** e o desbaste realizado em **26/11/92** quando as mudas se encontravam no estágio de "orelha de onça", iniciando a emissão do primeiro par de folhas verdadeiras, deixando apenas **uma** muda por saquinho. (**GONÇALVES & TOMAZIELLO, 1970**).

3.6. Tratos culturais

Durante o desenvolvimento das mudas foram feitas regas, capinas e esscarificações segundo as recomendações de GONÇALVES & TOMAZIELLO (1970). Optou-se por não fazer adubações nitrogenadas em cobertura, para estudo do comportamento do nitrogênio absorvido do substrato.

3.7. Controle fitossanitário

O controle de pragas foi realizado imediatamente após o aparecimento das mesmas, conforme recomendações de (REIS e SOUZA, 1986). Quanto ao controle de doenças, optou-se por não fazê-lo preventivamente para que não houvesse interferências nos resultados de análise foliar e nem foi necessário o controle curativo devido ao não aparecimento de doenças durante o ensaio.

3.8. Delimitação experimental

Usou-se o delineamento de blocos casualizados com 8 tratamentos e 4 repetições, sendo cada parcela composta de 64 mudas (16 na área útil e 48 na bordadura). A bordadura utilizada foi maior que a usual para que não fossem alteradas as condições de auto-sombreamento (MALAVOLTA, 1986) das parcelas remanescentes após a retirada das mudas de cada tratamento. Como as bordaduras

das parcelas centrais eram comuns entre *si*, o experimento contou com um total de **1.400** mudas.

Os **8** tratamentos, corresponderam respectivamente aos **8** estádios de desenvolvimento das mudas em estudo:

- Tratamento (ou época) **1**: consistiu em se colher as **4** parcelas (**4** repetições) de número **1**, quando as plantas encontravam-se no estádio de apenas um par de folhas verdadeiras, iniciando a emissão do segundo.

- Tratamento (ou época) **2**: foi a avaliação das mudas das parcelas (**4** repetições) de número **2**, quando as plantas do ensaio se encontravam no estádio de 2 pares de folhas verdadeiras, iniciando a emissão do terceiro.

E assim sucessivamente, até o tratamento (ou época) **8**, em que as parcelas (4 repetições) de número **8** eram colhidas quando as plantas remanescentes do ensaio se encontravam no estádio de **8** pares de folhas verdadeiras, iniciando a emissão do nono (Quadro 4).

QUADRO 4. Idade das plantas e intervalo de tempo entre os tratamentos das mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

ESAL, Lavras, 1993.

Tratamentos (épocas)	Estádio das mudas (nº de pares de folhas verdadeiras)	Tempo entre tratamentos (dias)	Dias após semeadura
01	01	-	117
02	02	21	138
03	03	14	152
04	04	22	174
05	05	22	196
06	06	19	215
07	07	18	233
08	08	45	278

3.9. Parâmetros de avaliação

Com o objetivo, de se conhecer o comportamento das mudas de café em seus diferentes estádios de desenvolvimento, a partir de um substrato padrão avaliou-se:

3.9.1. Altura média de plantas

Medida em centímetros, do colo das plantas até a gema apical do caule, tendo em vista que seu crescimento é variável

dependendo de condições ambientais e nutricionais (RENA & MAESTRI, 1986).

3.9.2. Diâmetro médio do caule **no** colo das plantas:

Medido em milímetros com auxílio de paquímetro,

3.9.3. Diâmetro médio **do** caule acima da "folha cotiledonar";

Medido em milímetros com auxílio de paquímetro,

3.9.4. Area foliar média

Medida em centímetros quadrados, estimada pela fórmula proposta por BARROS et alii (1973) e HUERTA (1962) e confirmada por GOMIDE et alii (1977) para cafeeiros Mundo Novo e Catuaí,

3.9.5. **Peso** seco médio

Em cada tratamento, após avaliados **os** parâmetros anteriormente descritos, preparava-se as mudas para as análises laboratoriais, como a seguir:

- Procedeu-se a retirada cuidadosa do **substrato** das raízes das mudas por via úmida e em seguida **seccionaram-se** as plantas na

altura do colo e destacaram-se as folhas manualmente na inserção do pecíolo com o caule.

- Separadas, as 3 partes das plantas eram levadas ao laboratório para lavagem em água destilada e secagem em estufa a 60°C (MALAVOLTA et alii, 1989), até obtenção de peso seco constante. Com os dados de área foliar, peso seco e períodos de tempo. após a semeadura, eram calculados os valores da taxa assimilatória líquida (T.A.L), taxa de crescimento relativo (T.C.R.) e razão de área foliar (R.A.F) que serão descritos posteriormente.

3.9.6. Teores médios de N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, B, Cu, Fe e Mn

Após a determinação do peso seco, as amostras de cada parte da planta eram moídas em moinho tipo Wiley para determinação dos teores em % de N, P, K, Ca, Mn e S e em ppm de B, Cu, Fe, Mn e Zn.

As determinações analíticas foram feitas conforme MALAVOLTA et alii (1989) sendo: Nitrogênio pelo método semi-micro-Kjeldahl; fósforo, boro, pelo método de colorimetria; enxofre por turbidimetria; potássio por fotometria de chama de emissão; e finalmente cálcio e magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco pelo método de espectrofotometria de absorção atômica.

3.9.7. Taxa de crescimento relativo (TCR)

Representa a quantidade de material vegetal produzido, por determinada quantidade de material vegetal existente, durante um intervalo de tempo prefixado. (OLIVEIRA & GOMIDE, 1986). É expressa em $g \cdot q^{-1} \cdot dia^{-1}$ e seu valor médio é dado pela seguinte expressão:

$$TCR = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{T_2 - T_1} \quad (\text{MAGALH\AA ES, 1979})$$

Onde:

P_2 = peso seco em q no final do período considerado

P_1 = peso seco em q no início do período considerado

T_2 = tempo em dias no final do período considerado

T_1 = tempo em dias no início do período considerado.

OBS: o tempo em dias é contado a partir da sementeira.

3.9.8. Taxa assimilatória líquida (TAL)

Representa o incremento em matéria seca por unidade de superfície foliar (área), durante um intervalo de tempo prefixado (OLIVEIRA & GOMIDE, 1986). É expressa em $g \cdot cm^{-2} \cdot dia^{-1}$, e seu valor médio é dado pela expressão:

$$TAL = \frac{P_2 - P_1}{A_2 - A_1} \times \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{T_2 - T_1} \quad (\text{MAGALH\AA ES, 1979})$$

Onde:

P_2 = peso seco no final do período considerado

P_1 = peso seco no início do período considerado

A_2 = área foliar no final do período considerado

A_1 = área foliar no início do período considerado

t_2 = tempo final em dias após semeadura

t_1 = tempo inicial em dias após semeadura.

3.9.9. Razão de área foliar (RAF)

É medida da dimensão relativa do aparelho assimilador e serve como um parâmetro apropriado para as avaliações dos efeitos genotípicos, climáticos e do manejo de comunidades vegetais: MAGALHÃES (1979). É a razão entre a área foliar e o peso seco da planta.

Foi usada a fórmula da RAF para valores instantâneos da área foliar e do peso seco das plantas em cada tratamento conforme recomendação de MAGALHÃES (1979) e OLIVEIRA & GOMIDE (1986):

$$RAF = \frac{A}{P}$$

Onde:

A = área foliar em cm^2

P = peso seco da planta em gramas

3.10. Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio de software SANEST.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância mostraram que, **os** parâmetros avaliados apresentam diferenças significativas entre **os** estádios de desenvolvimento, a exceção de: teores de nitrogênio na matéria seca da raiz e caule, teores de cálcio na matéria seca da **raiz** e **folha**, teores de enxofre na matéria seca da raiz e teores de manganês na matéria seca da raiz.

Os valores médios dos parâmetros, resumos de análises de variância e regressões polinomiais encontram-se nos Quadros de 1 a 27 do Apêndice.

4.1. Parâmetros de crescimento

4.1.1. A altura média das plantas (Figura 1), teve um comportamento cúbico crescente, com maiores aumentos entre o 4º e 7º estádios. Entre o 7º e 8º estádios o aumento da altura média das plantas teve tendência um pouco menor, coincidindo com o maior período entre estádios, apresentada no Quadro 4. Essa

pequena queda no crescimento entre o 7º e 8º estádios é explicada possivelmente pelo auto-sombreamento e pela diminuição na temperatura média do período (Quadro 2).

4.1.2. O diâmetro médio das plantas na altura do colo (Figura 2) seguiu uma tendência quadrática crescente a medida que as mudas se desenvolviam e parece não sofrer influências da queda de temperatura e do auto-sombreamento entre o 7º e 8º estádios, como foi o caso da altura.

4.1.3. O diâmetro médio imediatamente acima das folhas dotiledonares (Figura 3) seguiu uma tendência cúbica crescente.

4.1.4. A área foliar total (Figura 4) seguiu uma tendência quadrática crescente, parecendo não ter sido influenciada pelos fatores auto-sombreamento e temperatura média, como no caso da altura das plantas (Figura 1), possivelmente devido ao estiolamento das folhas entre o 7º e 8º estádios.

4.1.5. O peso seco (Figura 5) nas três partes da planta tiveram uma tendência cúbica crescente, sendo que até o quinto estádio, raiz e caule tiveram comportamentos bastante semelhantes e a partir daí o aumento da matéria seca do caule foi maior. Já a matéria seca das folhas, foi maior que na raiz e caule desde o primeiro estádio, tendo durante o desenvolvimento das plantas um crescimento sempre maior.

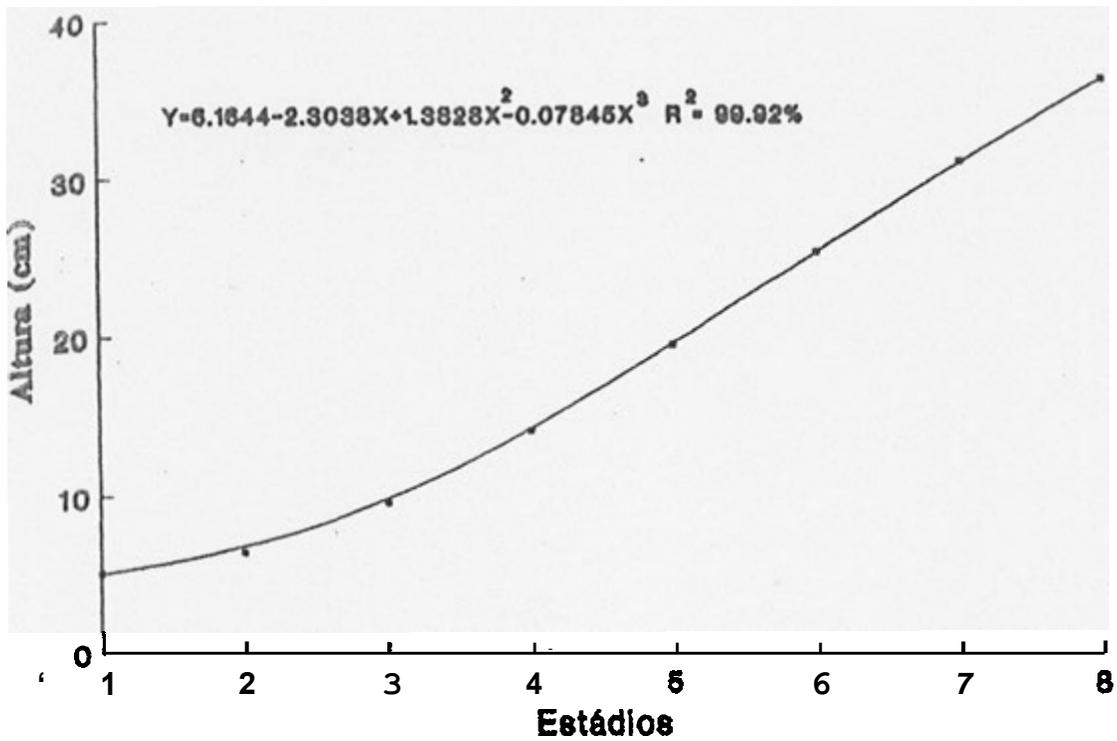


FIGURA 1. Altura média das mudas de café nos 8 estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993.

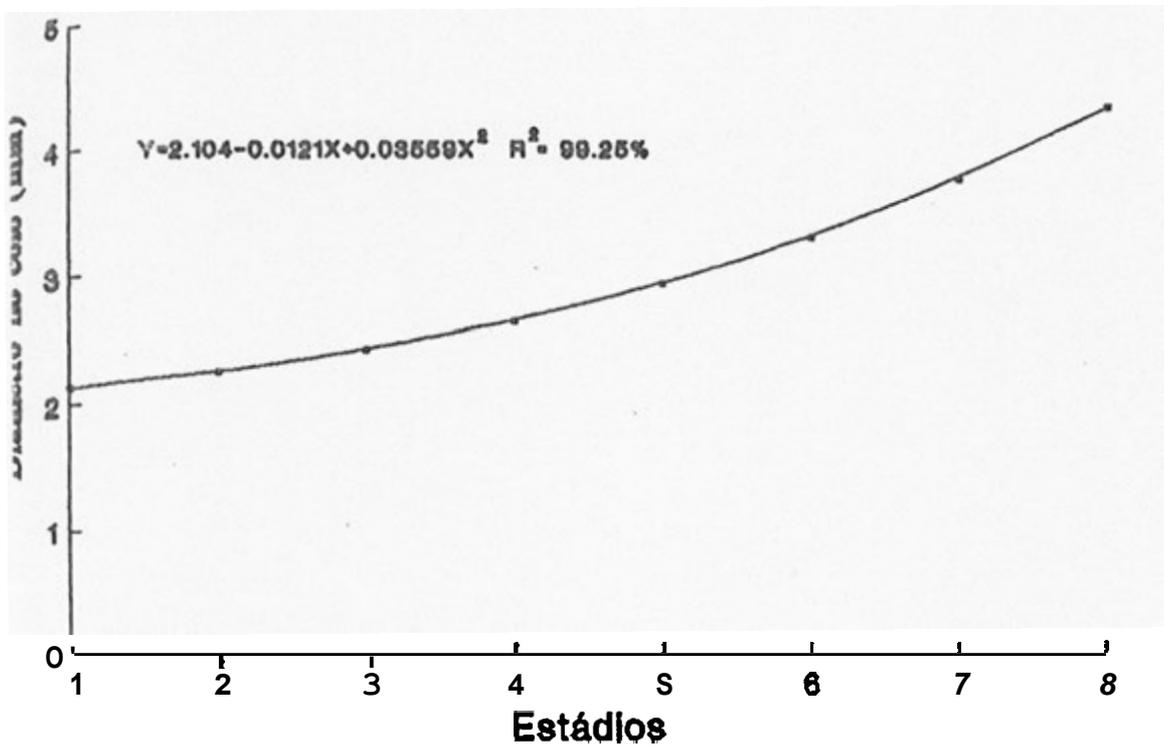


FIGURA 2. Diâmetros médios das mudas de café, na altura do colo das plantas nos 8 estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993.

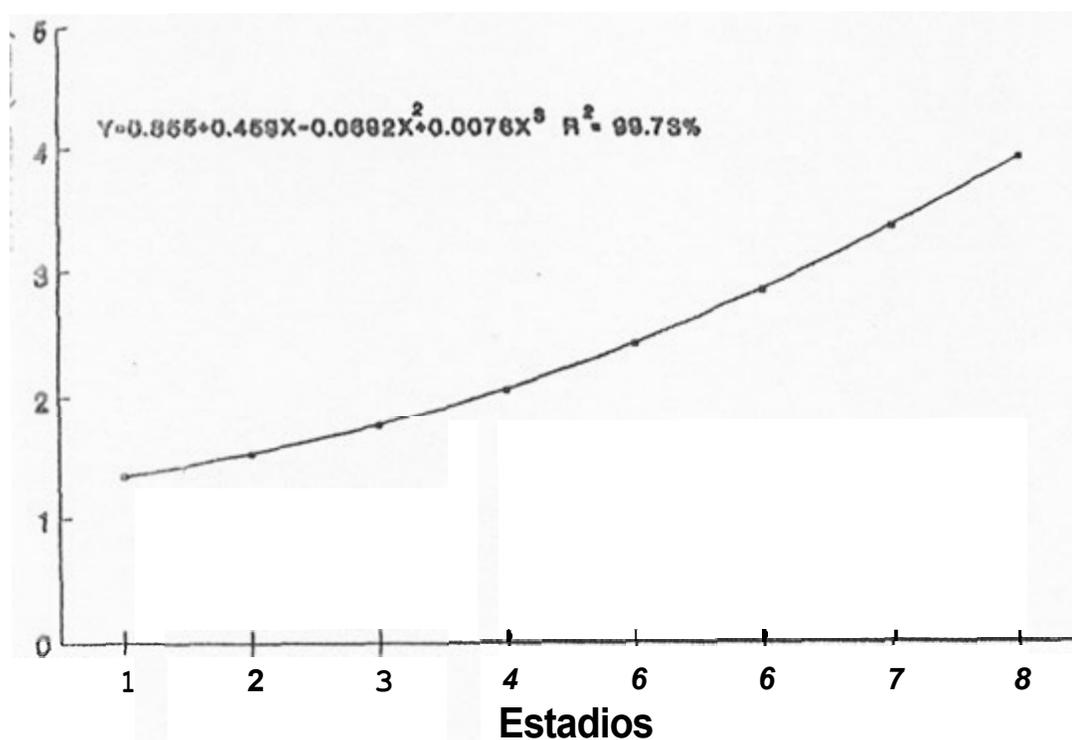


FIGURA 3. Diâmetros médios das mudas de café medidos imediatamente acima das folhas cotiledonares, nos 8 estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993.

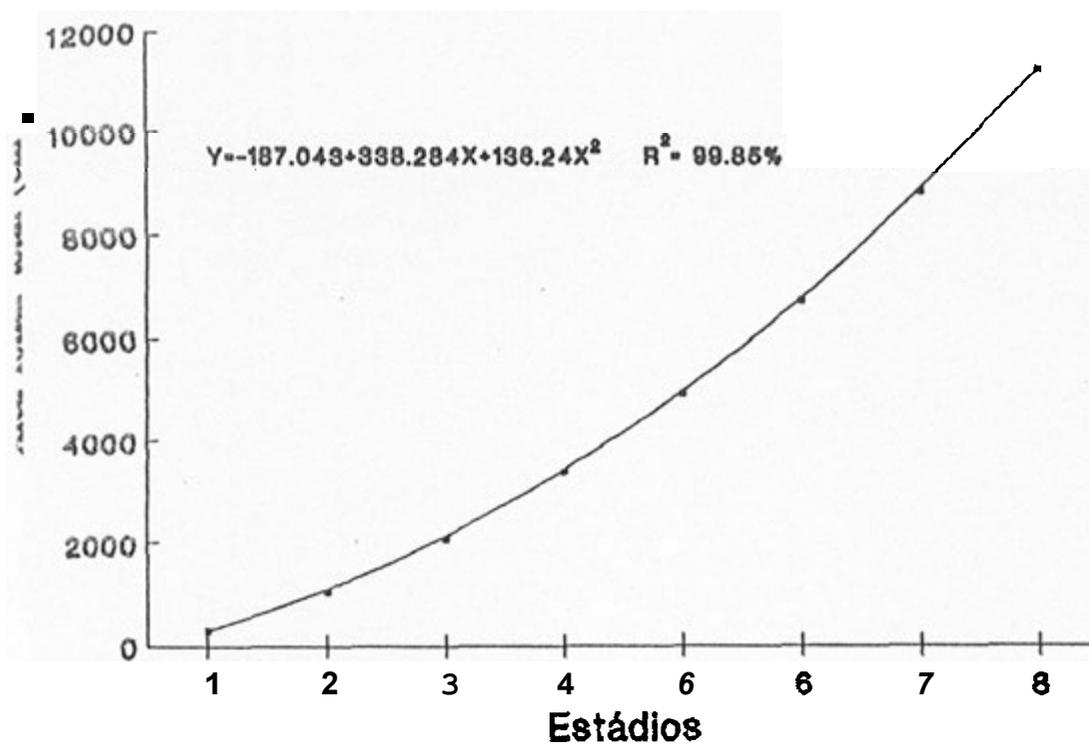


FIGURA 4. Área foliar total.média de 16 mudas de café nos 8 estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993.

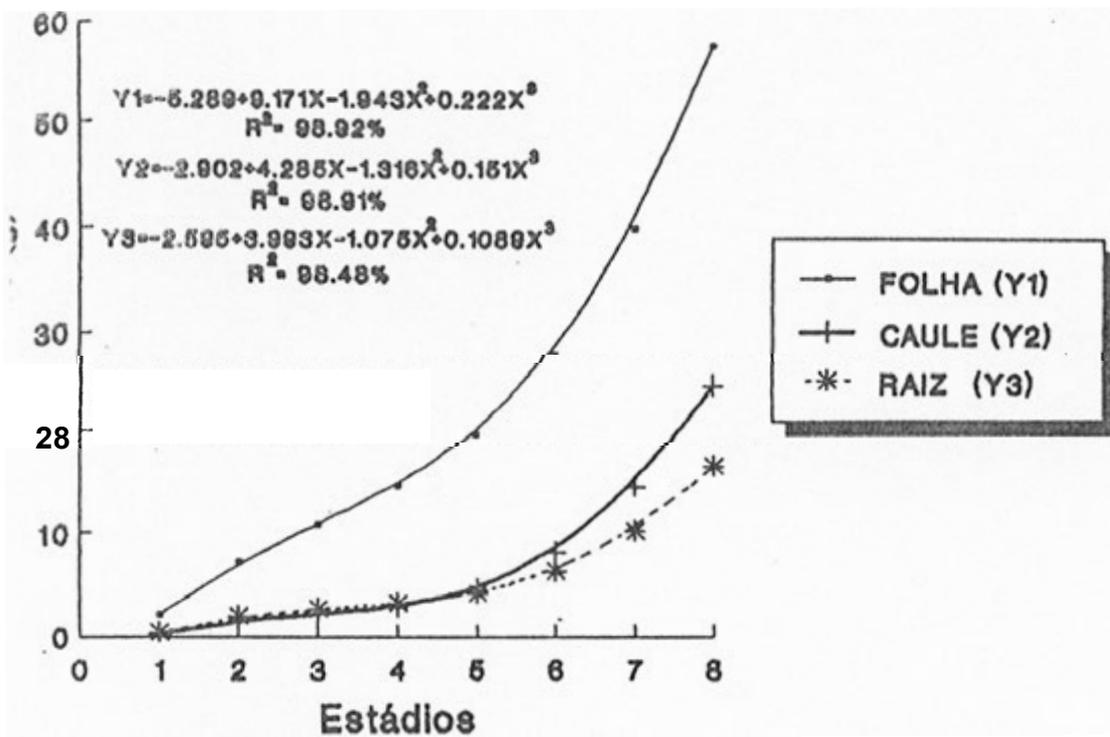


FIGURA 5. Peso seco médio de 16 mudas de café em 8 estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993.

O menor ganho de peso das raízes em relação ao caule, a partir do 5º estágio pode ser explicada, possivelmente, devido a barreira física representada pelo saquinho de polietileno, dificultando o desenvolvimento pleno do sistema radicular.

4.1.6. A TAL (Figura 6) seguiu uma tendência quadrática, decrescendo até o 5º estágio de desenvolvimento das mudas, principalmente devido ao auto sombreamento das mesmas em condições de viveiro. Nota-se que a partir do 5º estágio de desenvolvimento, a TAL teve uma tendência de estabilização, possivelmente devido a menores perdas pela respiração em relação ao material produzido pela fotossíntese (MACHADO et alii, 1982).

4.1.7. A RAP (Figura 7) seguiu uma tendência quadrática, atingindo seus valores máximos próximo ao 5º estágio de desenvolvimento das mudas, decrescendo em seguida, possivelmente devido a menores perdas pela respiração a partir desse estágio, a exemplo da TAL.

4.1.8. A TCR (Figura 8) seguiu uma tendência linear decrescente em seus valores médios até o 8º estágio, demonstrando que a produção de material vegetal produzido em relação ao existente, foi cada vez menor até o 8º estágio. Como a TCR é dependente da eficiência assimilatória das folhas (TAL) e da folhagem da própria planta (RAF) (OLIVEIRA & GOMIDE, 1986), nota-se que a TAL influenciou mais na TCR em sua tendência decrescente que a RAF.

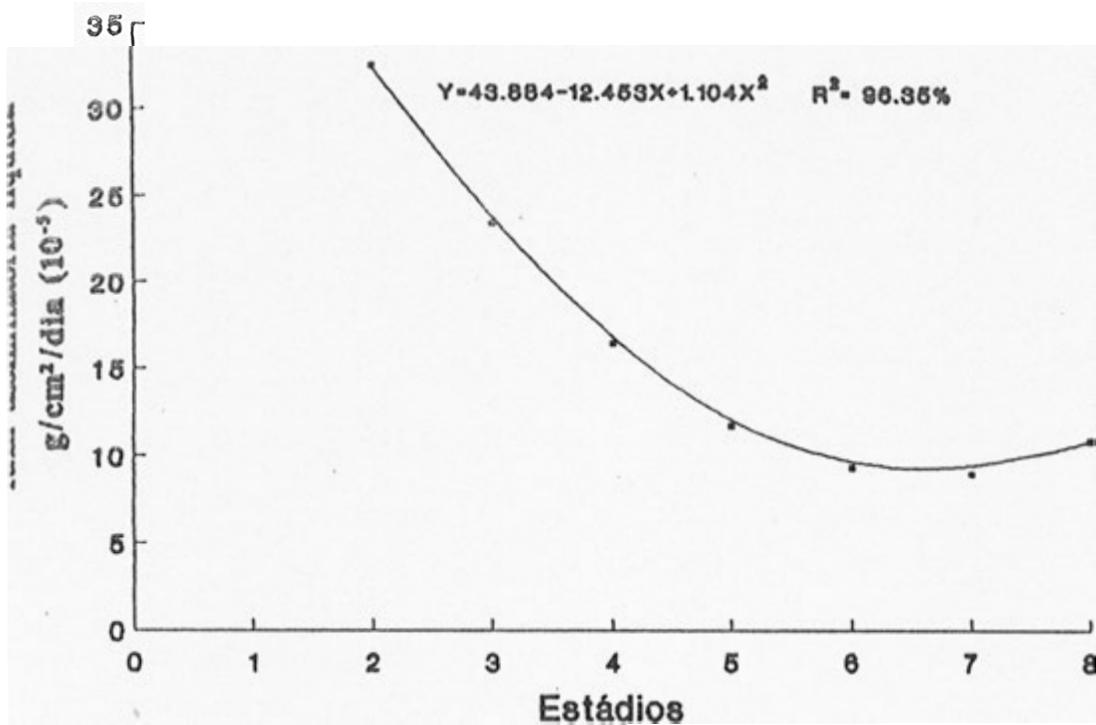


FIGURA 6. Taxas assimilatórias líquidas (TAL) de 16 plantas em $\text{g/cm}^2/\text{dia} \times 10^{-5}$, calculada em seus valores médios entre os estádios estudados. ESAL, Lavras, 1993.

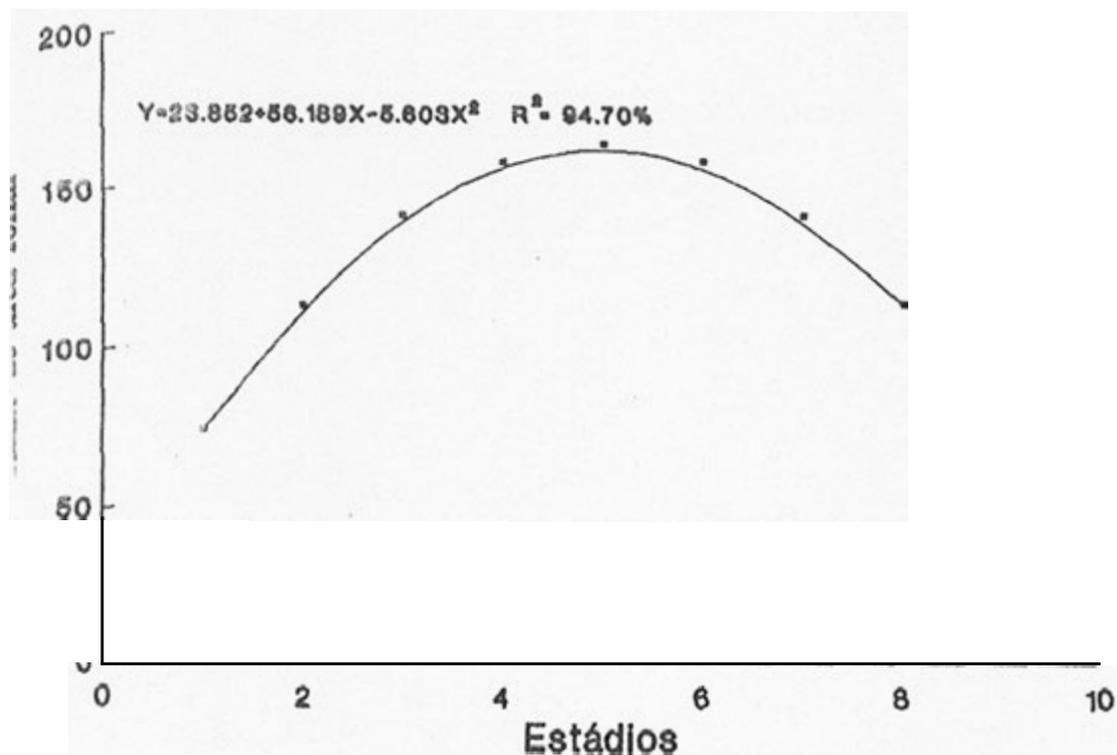


FIGURA 7. Razão de área foliar (RAF), de 16 plantas, calculada em seus valores instantâneos nos 8 estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993.

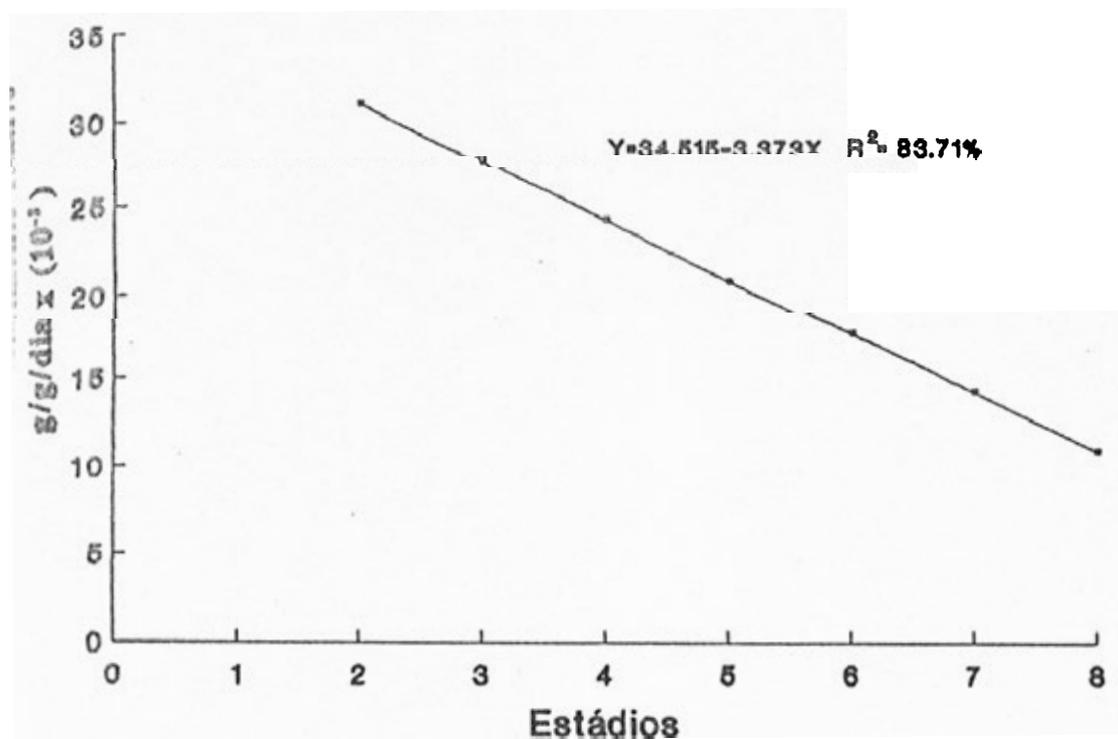


FIGURA 8. Taxas de crescimento relativo (TCR), de 16 plantas, em g/g/dia x 10³, calculadas em seus valores médios entre os estádios estudados. ESAL, Lavras, 1993.

4.2. Variação dos teores de nutrientes

4.2.1. Na análise de nitrogênio (Figura 9) da matéria seca da raiz e caule das plantas nos diferentes estádios, **os** teores encontrados não se ajustaram às equações de regressão de até 3º grau. Entretanto, **os** teores de **N** nas folhas tiveram uma tendência quadrática mostrando um decréscimo a partir do estágio de desenvolvimento correspondente ao terceiro par de folhas até o oitavo. Não se utilizou de coberturas **ou** pulverizações nitrogenadas, tal decréscimo pode ser explicado por dois fatores, ou seja, a lixiviação do nutriente, pelas regas constantes (COELHO, 1973), **ou** ainda pelo efeito diluição, visto que, na ausência de novas adições do elemento, uma vez que não se utilizaram de coberturas **ou** pulverizações nitrogenadas a quantidade existente seria diluída a medida que as plantas se desenvolviam.

A interação entre **N** e **X** (MALAVOLTA, 1993), pôde ser observada visto que o comportamento desses elementos foi semelhante. **As** perdas por volatilização (COELHO, 1973), não ocorreram porque, possivelmente não houve condições para tal.

A curva dos teores de **N** e **X** na matéria seca das folhas tiveram tendências grosseiramente parecidas, concordando com MALAVOLTA (1986).

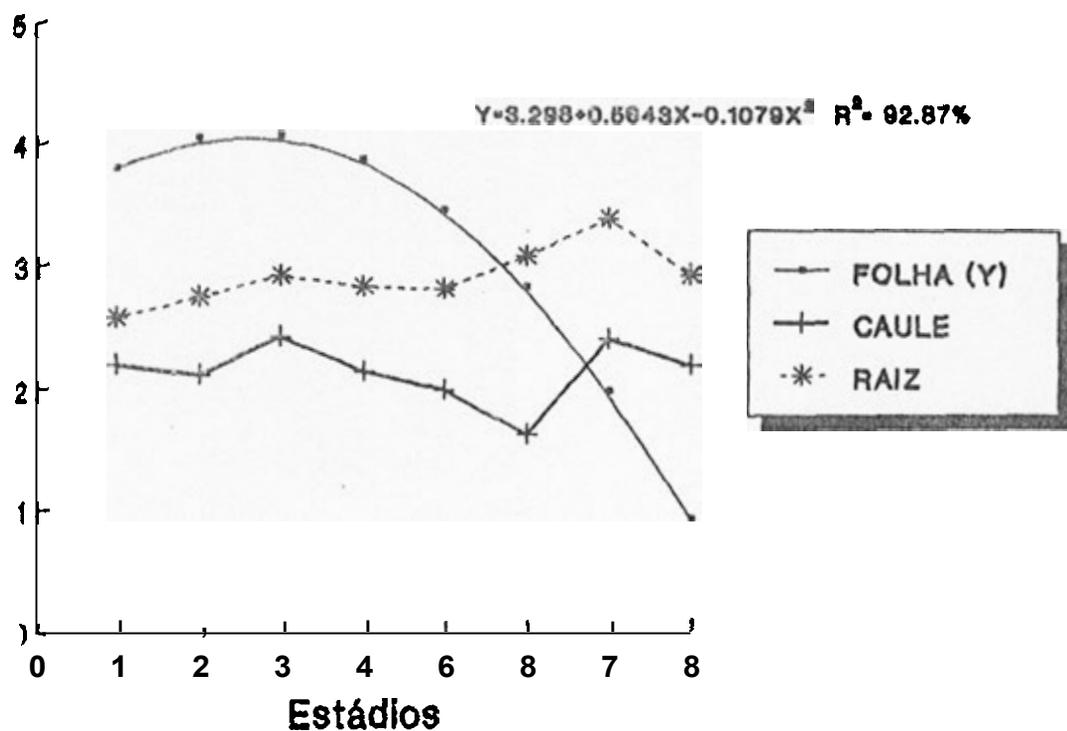


FIGURA 9. Avaliação dos teores médios de nitrogênio na matéria seca das plantas, nos 8 estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993.

Os teores de fósforo (Figura 10) no caule e folhas das mudas de cafeeiro, tiveram uma tendência sigmoide, sendo que entre o 1º e 2º estádios observou-se uma queda nos teores de P na matéria seca, possivelmente devido a alta taxa de crescimento relativo nessa fase das mudas (Figura 8) aliado ao ainda pequeno desenvolvimento do sistema radicular e causando o efeito diluição pela 'dificuldade de redistribuição desse elemento na planta (FRANCO, 1983). A queda observada entre o 7º e 8º estádios pode ser explicada por uma possível diminuição do efeito interativo entre N e P, já que nessa fase o N atingiu seus teores mais baixos, ou ainda por uma diminuição dos teores de Mg também ocorrida nessa fase, diminuindo o efeito sinérgico entre eles (MALAVOLTA, 1980).

Já os teores de P na raiz tiveram uma tendência linear crescente do 1º ao 8º estádio, concordando com Franco (1983), Geus (1973), citados por MALAVOLTA (1986) e COELHO (1973), devido a importância desse nutriente na formação das raízes.

Os teores de K (Figura 11) encontrados na matéria seca das raízes nos diferentes estádios, seguiram uma tendência quadrática decrescente do 1º ao 8º estádio, possivelmente devido a diminuição do elemento no substrato causado por lixiviação, devido as regas constantes (COELHO, 1973) e pela translocação para a parte aérea.

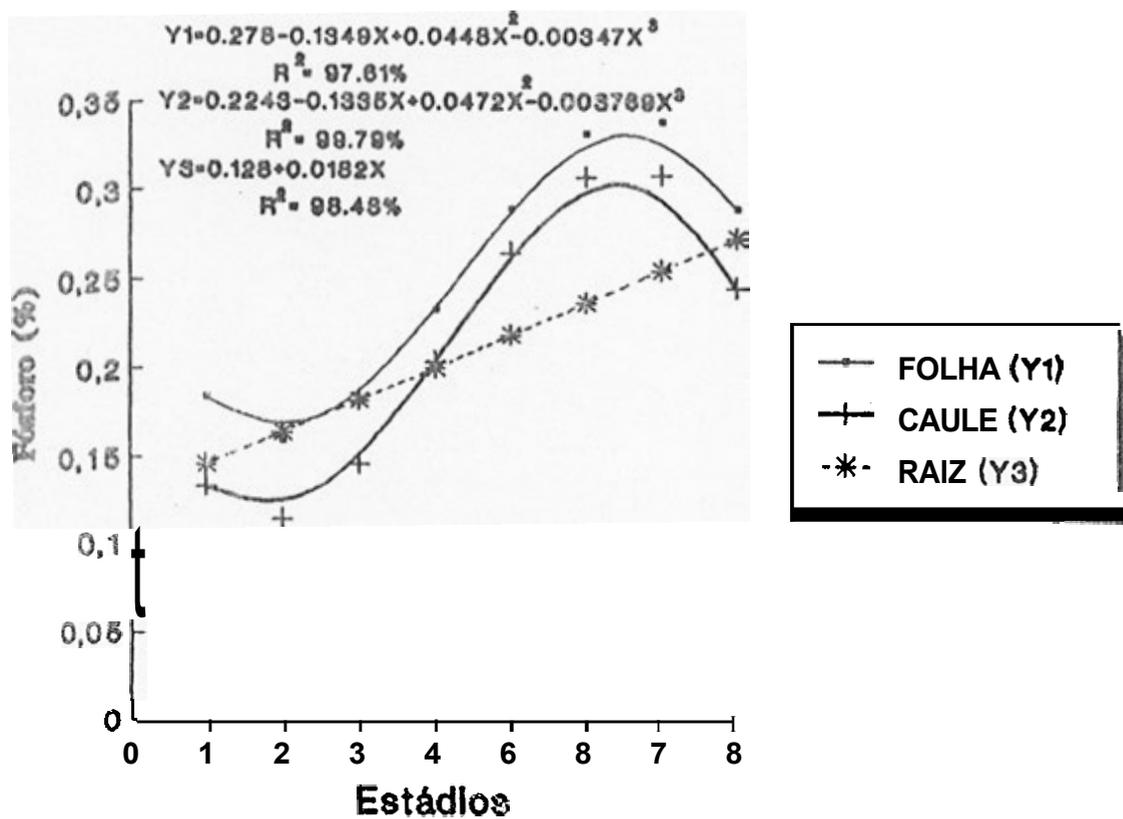
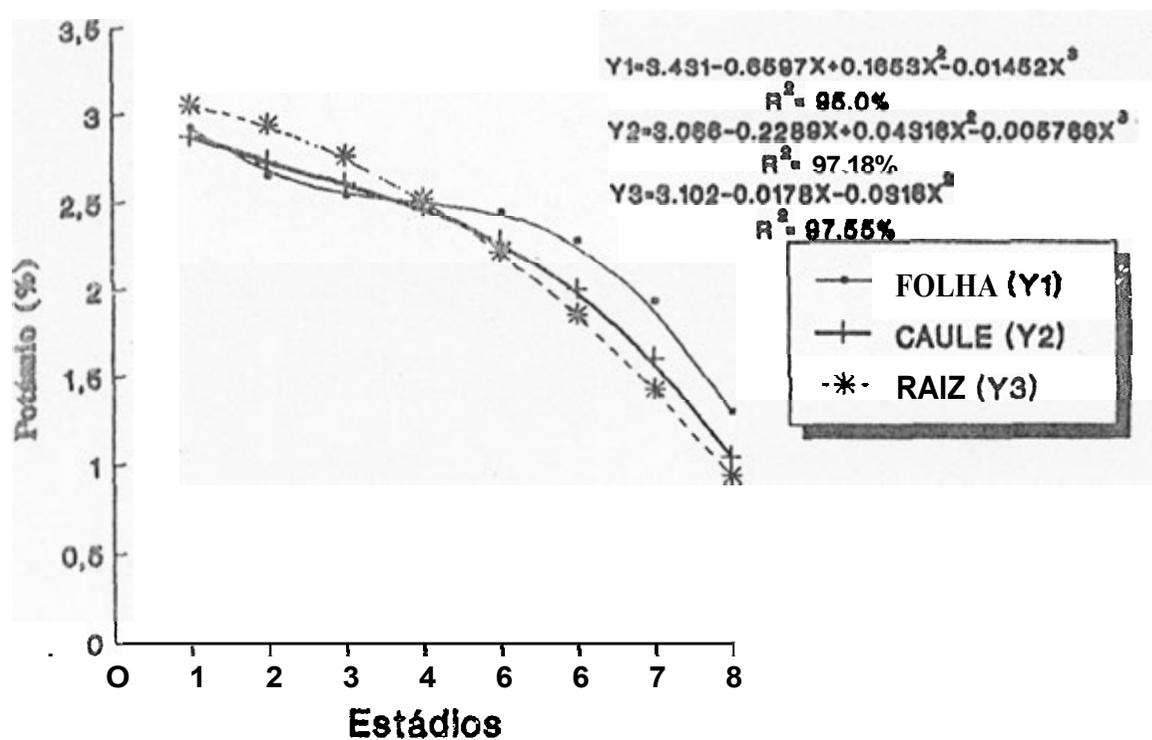


FIGURA 10. Avaliação dos teores médios de fósforo na matéria seca das plantas, nos 8 estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993.



IGURA 11. Avaliação dos teores médios de potássio na matéria seca das plantas, nos estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993.

Quanto aos teores de **K** no caule e folhas, tiveram tendência **sigmoide** sendo que nas folhas houve uma tendência de estabilização entre o 3º e 5º estádios de desenvolvimento; coincidindo com uma tendência de diminuição da queda da taxa assimilatória líquida (TAL) nesses estádios (Figura 6). Como o potássio está relacionado com a abertura e fechamento de estômatos (MALAVOLTA, 1980) e é altamente móvel na planta (COELHO, 1973), pode ter sido translocado das demais partes da planta para as folhas para compensação de sua carência (aliado a outros fatores), na atividade do aparelho assimilador nesse período. A partir do 5º estádio houve tendência de queda dos teores de **K** tanto no caule como nas folhas seguindo as tendências dos teores das raízes, possivelmente devido a diminuição do elemento no substrato causada pela lixiviação,

Nota-se que entre o 3º e 4º estádios houve uma coincidência dos teores de **K** em toda a planta e a partir daí acontecendo uma possível redistribuição,

Os teores de **Ca** (Figura 12) nas folhas e raízes das mudas não se ajustaram as equações de até 3º grau.

Os teores de **Ca** na matéria seca do caule seguiram uma tendência quadrática de queda do 1º ao 8º estádio, que pode ser explicada pela diminuição do nutriente nessa parte da planta, devido a uma maior concentração nas folhas e a sua baixa Capacidade de redistribuição, ou ainda pelo efeito antagônico ao cobre (MALAVOLTA, 1980), que teve tendência oposta. Vale

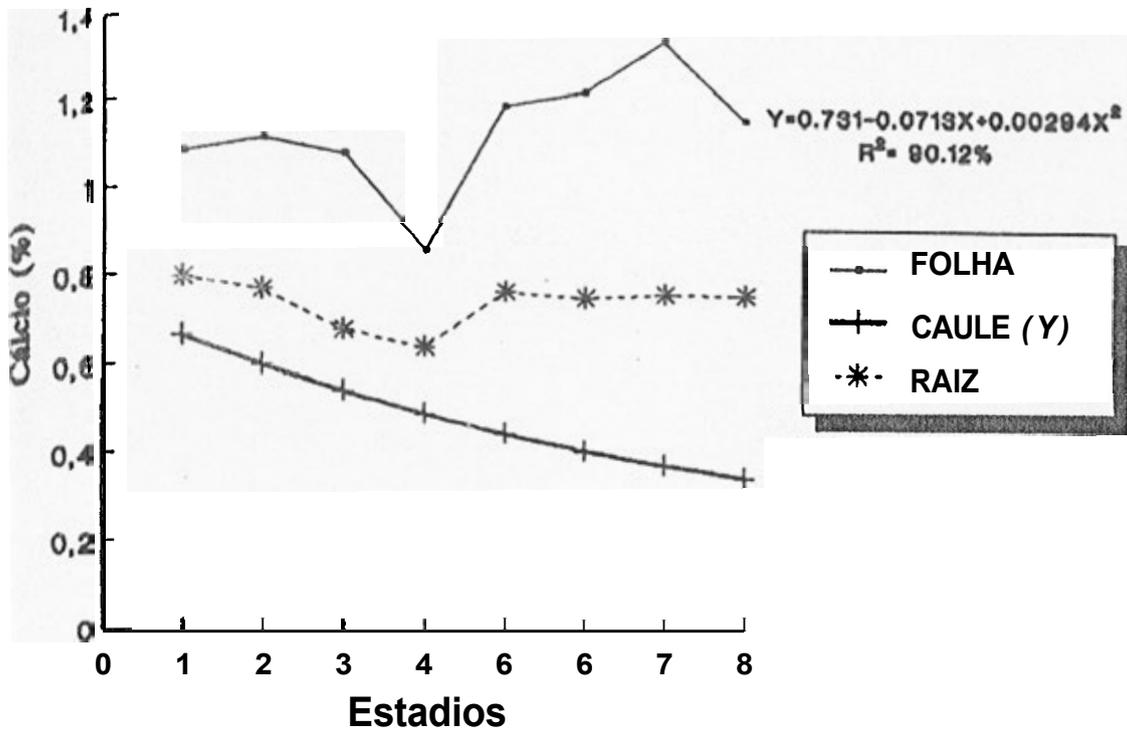


FIGURA 12. Avaliação dos teores médios de cálcio na matéria seca das plantas, nos estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993.

ressaltar porém, que apesar da tendência quadrática decrescente, as variações dos teores de Ca nos diferentes estádios foram muito pequenas.

Os teores de Mg (Figura 13) na raiz e nas folhas seguiram uma tendência quadrática crescente que pode ser explicada pela diminuição da absorção de K que é antagônico a esse.

Já os teores de Mg no caule seguiram uma tendência sigmóide, sendo que até o 30 estádio seus valores eram semelhantes aos encontrados nas folhas e a partir daí, talvez pela redistribuição, (MALAVOLTA, 1980) foi deslocado em parte para as folhas, onde é encontrado em maior concentração por ser constituinte da clorofila (COELHO, 1973).

Os teores de enxofre (Figura 14) na raiz não se ajustaram as equações de até 39 grau, porém as variações foram muito pequenas.

No caule, os teores de enxofre seguiram uma tendência sigmóide, apresentando seus valores máximos entre o 29 e 39 estádios e seus valores mínimos próximos ao 79 estádio.

Nas folhas, os teores de enxofre seguiram uma tendência quadrática apresentando seus valores mínimos entre o 49 e 59 estádios.

Também no caso dos teores de enxofre nas folhas e caules, apesar das tendências, as variações foram pequenas.

Os teores de boro (Figura 15), nas três partes da planta, seguiram uma tendência sigmóide, apresentando teores elevados próximos ao 69 estádio e a partir daí decrescendo, talvez pela

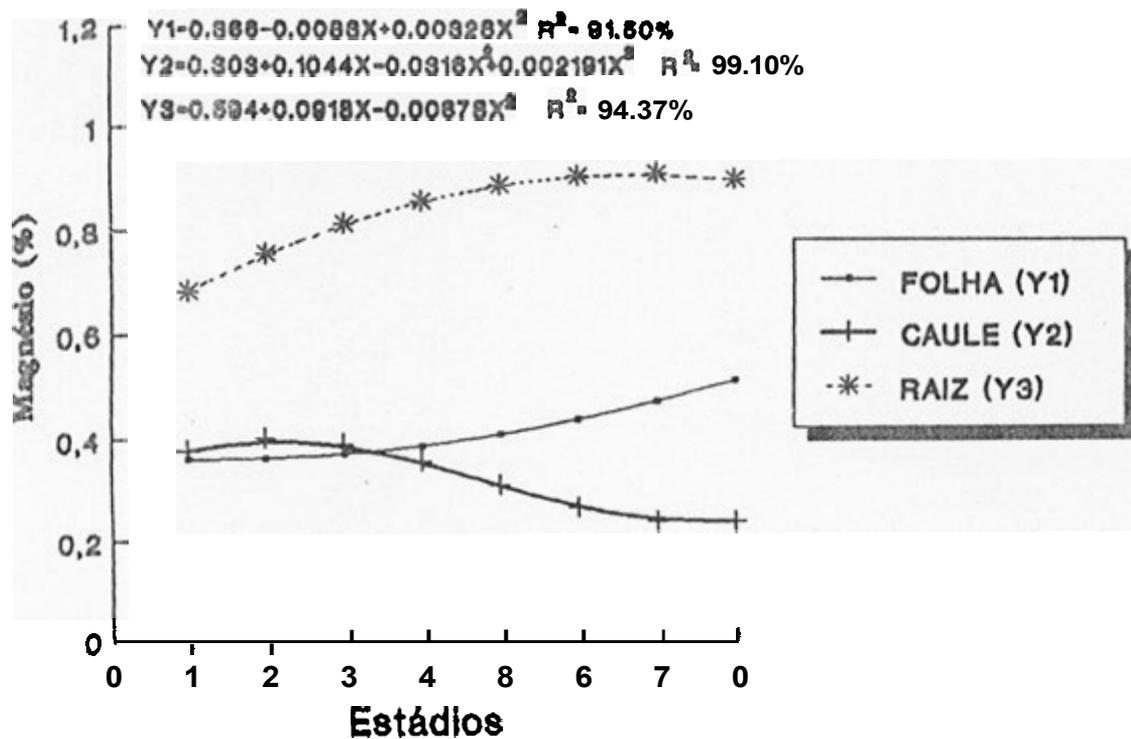


FIGURA 13. Avaliação dos teores médios de magnésio na matéria seca das plantas, nos estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993.

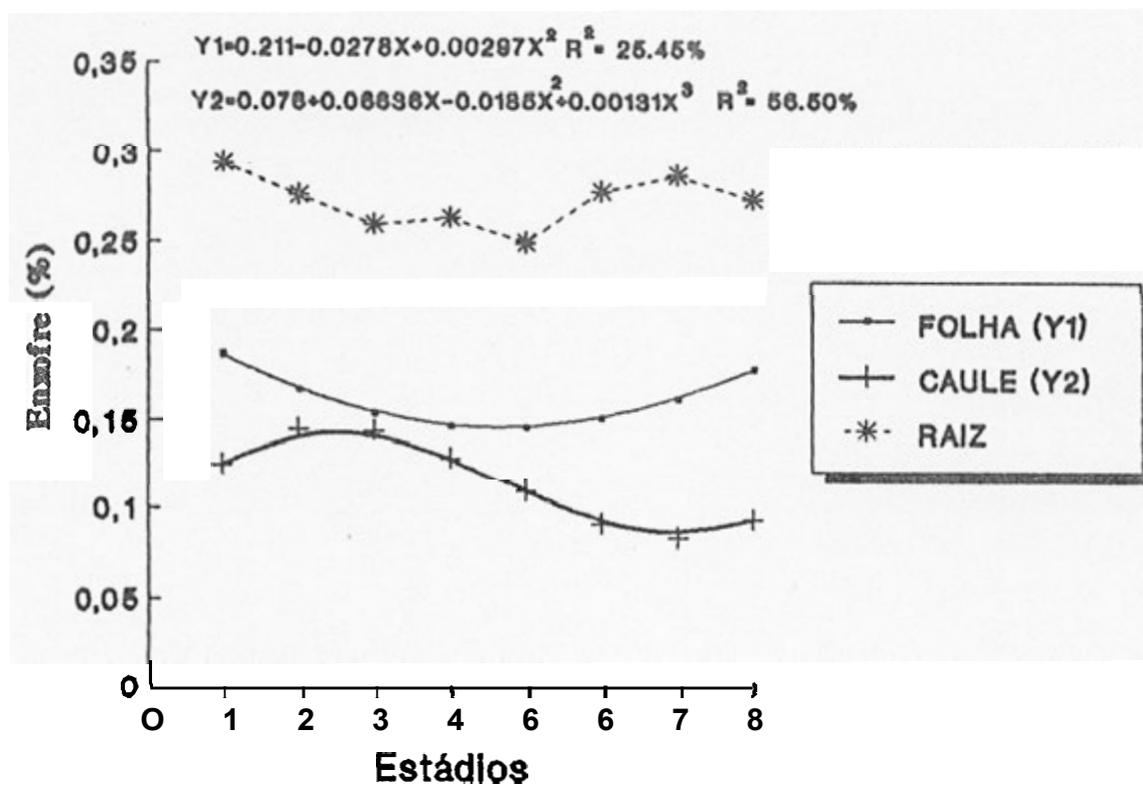


FIGURA 14. Avaliação dos teores médios de enxofre na matéria seca das plantas, nos estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993.

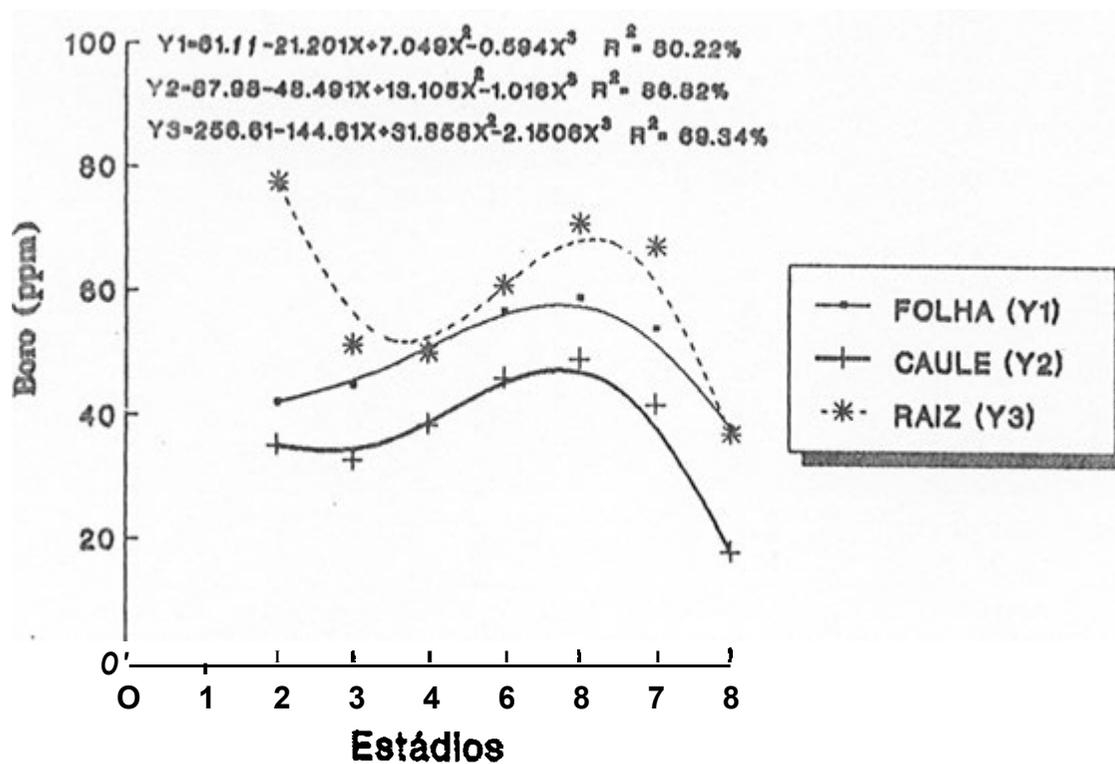


FIGURA 15. Avaliação dos teores médios de boro na matéria seca de plantas, nos estádios de desenvolvimento estudados.. ESAL, Lavras, 1993.

falta do nutriente no substrato e pelo efeito diluição a medida que a planta se desenvolvia. Ocorreu provavelmente uma lixiviação do boro (MALAVOLTA, 1986) pelas constantes regas no viveiro.

Na raiz, os teores de cobre (Figura 16) seguiram uma tendência quadrática crescente.

No caule e folhas, os teores de cobre tiveram tendência sigmóide com seus menores valores entre o 29 e 39 estádios e os maiores, próximo ao 79 estádio, caindo daí para o 89.

Nas folhas, os teores de cobre não chegaram a atingir os níveis de deficiência ou toxidez mencionados por Gallo & Hiroce (1971) citados por MALAVOLTA (1986), ANDRADE et alii (1974) e Andrade (1973) citado por MALAVOLTA (1986), porém, em um viveiro comercial, com o uso de fungicidas cúpricos via foliar, as tendências dos teores certamente serão diferentes.

Na raiz, os teores de ferro (Figura 17) seguiram uma tendência sigmóide com seus valores menores entre o 29 e 39 estádios e os maiores próximos ao 89.

No caule e folhas os teores de ferro seguiram uma tendência quadrática com seus valores mínimos no 89 estádio, nas as variações nos vários estádios de desenvolvimento, foram muito pequenas.

Os teores de Mn (Figura 18) na raiz não se ajustaram a equações de regressão até o 39 grau, apresentando porém, variações pequenas durante os estádios de desenvolvimento estudados.

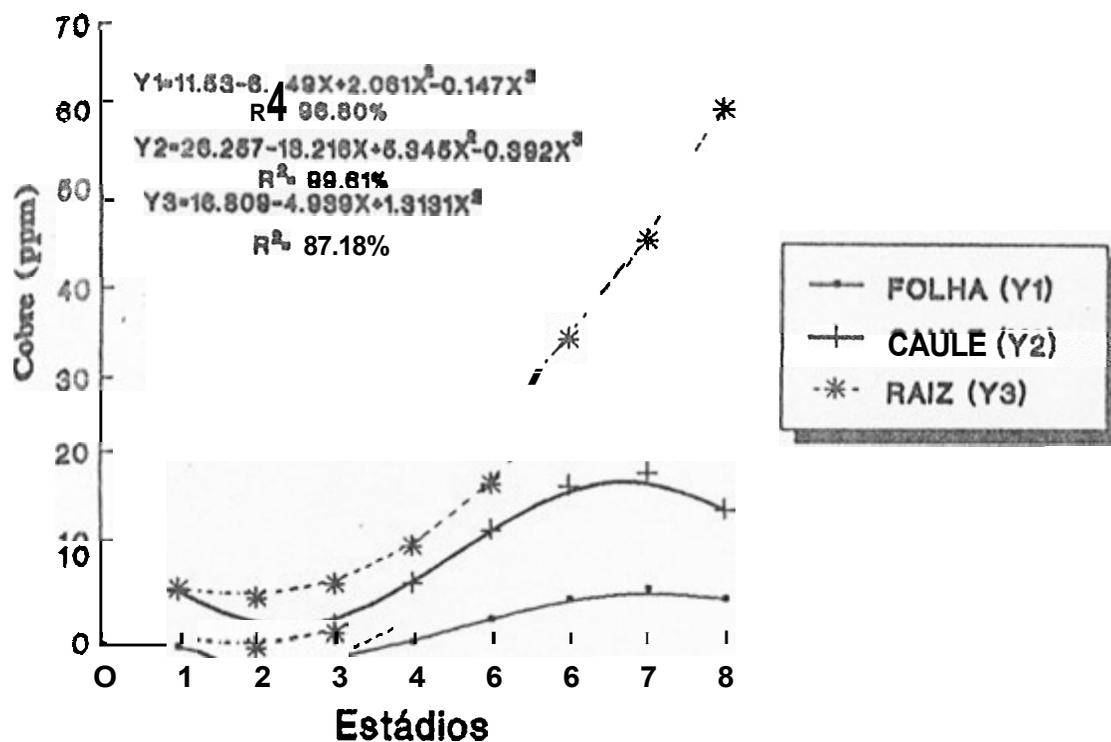


FIGURA 16. Avaliação dos teores médios de cobre na matéria seca das plantas, nos estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993.

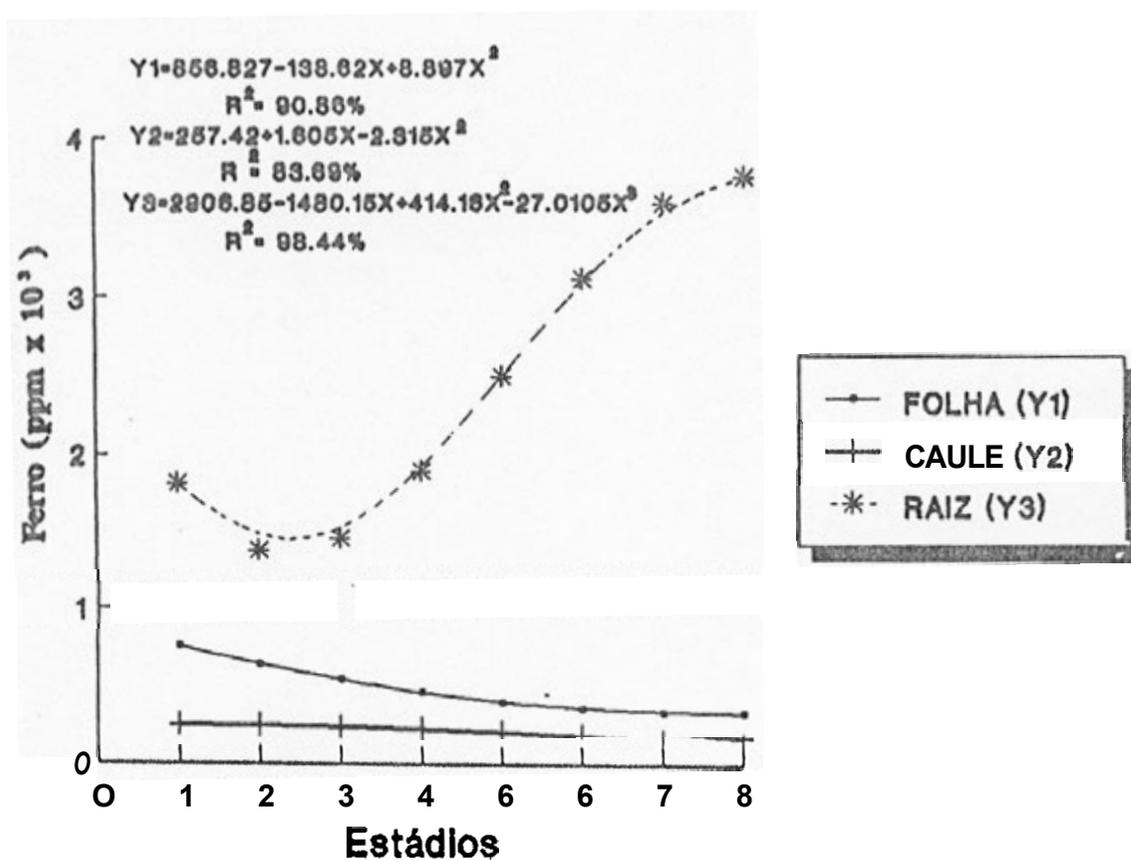
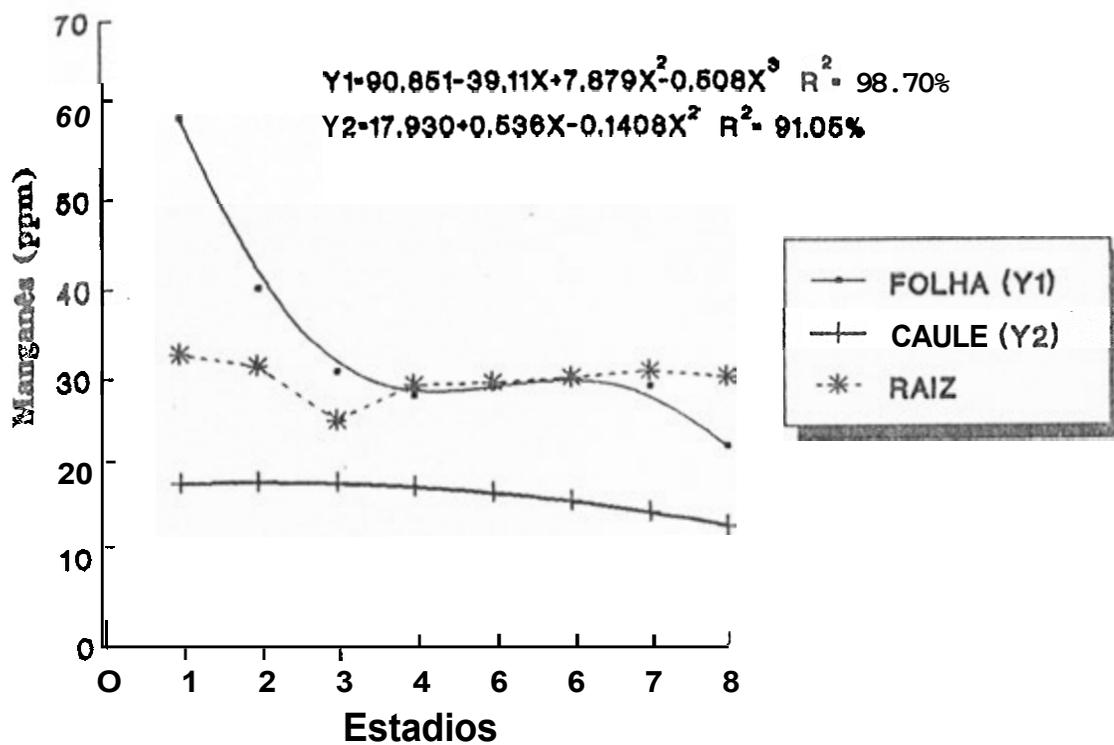


FIGURA 17. Avaliação dos teores médios de ferro na matéria seca das plantas, nos estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993.



IGURA 18. Avaliação dos teores médios de manganês na matéria seca das plantas, nos estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993.

No caule, os teores de Mn tiveram uma tendência quadrática decrescente do 1º ao 8º estágio, porém com diferenças muito pequenas entre os estádios de desenvolvimento.

Nas folhas, os teores de manganês tiveram uma tendência sigmóide com seus valores máximos no 1º estágio, estabilizando-se entre o 4º e o 6º e seus valores mínimos ocorrendo no 8º.

Os teores de Zn (Figura 19) no caule tiveram uma tendência quadrática com seus valores máximos entre o 3º e 5º estádios decrescendo depois até o 8º.

Nas folhas os teores de zinco tiveram tendência sigmóide com seus valores mínimos entre o 2º e 3º estádios e máximos entre o 6º e 8º.

Nas raízes, os teores de zinco seguiram uma tendência sigmóide, com valores próximos aos das folhas e caules até o 3º estágio, distanciando-se em seguida para alcançar seus valores máximos no 8º. Explica-se o menor transporte do Zn das raízes para a parte aérea pela inibição não competitiva em relação ao fósforo, que teve aumentos de seus teores na planta exatamente a partir do 3º estágio (Figura 10).

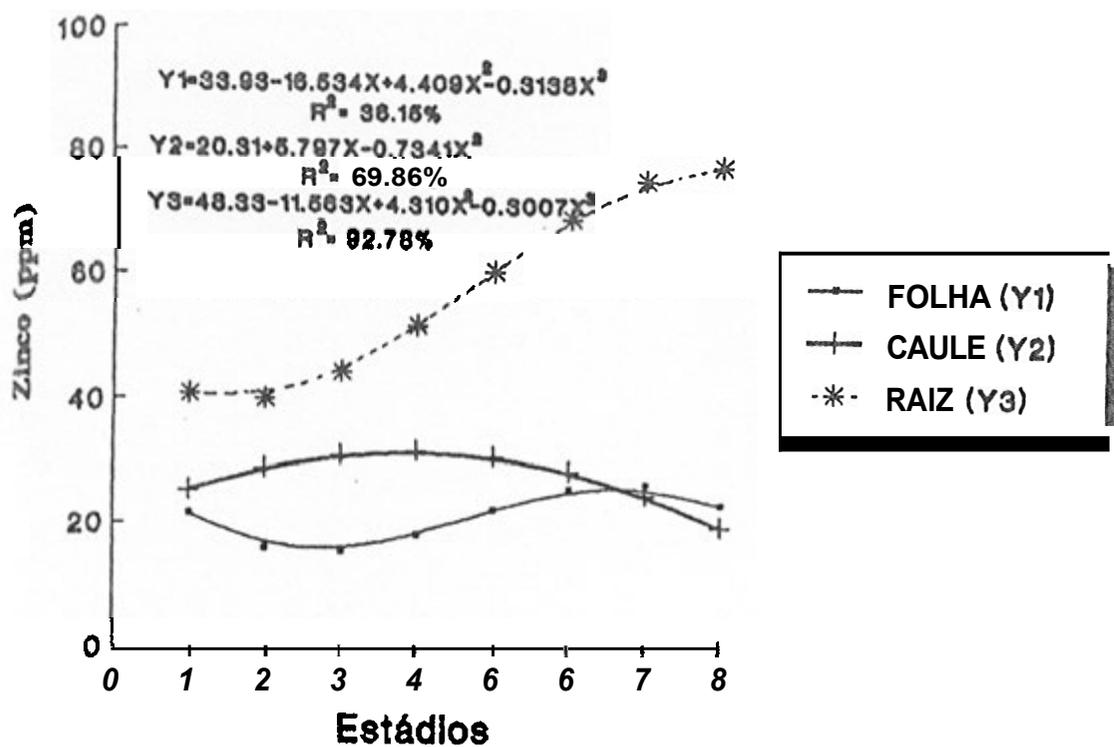


FIGURA 19. Avaliação dos teores médios de zinco na matéria seca das plantas, nos estádios de desenvolvimento estudados. ESAL, Lavras, 1993.

5. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o experimento, pode-se concluir que:

- Quanto a análise quantitativa do crescimento, tanto a taxa assimilatória líquida (**TAL**), quanto a razão da área foliar (**RAF**) mostraram menores perdas de assimilados ocorridos pela respiração, a partir do 5º estágio de desenvolvimento, quando as plantas tinham 5 pares de folhas verdadeiras, iniciando a emissão do 6º.

- Quanto a quantificação de nutrientes, houve diferenças nos diversos estádios para N, P, K, B, Cu, Fe, Mn e Zn ressaltando-se uma queda acentuada nos teores de N e K após o 3º estágio de desenvolvimento, quando as plantas tinham 3 pares de folhas verdadeiras, iniciando a emissão do 4º.

6. RESUMO

Com o objetivo de analisar a quantificação de macro e micronutrientes na matéria seca de mudas de cafeeiro durante seus estádios de desenvolvimento, a partir do substrato padrão e analisar quantitativamente o crescimento das plantas, durante sua permanência no viveiro, realizou-se o presente trabalho no viveiro de mudas de cafeeiro da Escola Superior de Agricultura de Lavras-ESAL, no período de 12/08/1992 a 17/05/1993. Usou-se o delineamento de blocos casualizados com 4 repetições e 8 tratamentos que corresponderam a 8 estádios de desenvolvimento das mudas, ou seja, no 1º estádio as mudas apresentavam apenas um par de folhas verdadeiras, iniciando a emissão do 2º e assim sucessivamente até o 8º estádio. A medida que as mudas atingiam cada estádio, colhiam-se as parcelas correspondentes para avaliação de altura das plantas, diâmetros (na altura do colo e imediatamente acima da folha cotiledonar) e área foliar. Em seguida as mudas eram preparadas para determinação do peso seco

de raízes, caules e folhas e análise de macro e micronutrientes na matéria seca de cada parte da planta. De posse dos dados citados anteriormente calculou-se a taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL) e razão de área foliar (RAF).

Nas condições em que foi realizado o experimento pode-se concluir que:

- Quanto a análise quantitativa do crescimento, tanto a taxa assimilatória líquida (TAL) quanto a razão de área foliar (RAF), mostraram menores perdas de assimilados, ocorridas pela respiração, a partir do 5º estágio de desenvolvimento, quando as plantas tinham 5 pares de folhas verdadeiras iniciando a emissão do 6º;

- quanto a quantificação de nutrientes, houve diferenças nos diversos estádios para N, P, K, B, Cu, Fe, Mn e Zn, ressaltando-se uma queda acentuada nos teores de N e X após o 3º estágio de desenvolvimento, quando as plantas tinham 3 pares de folhas verdadeiras, iniciando a emissão do 4º.

I. SUMMARY

With the objective of assessing the quantification of both macro and micronutrients in the dry matter of coffee tree cuttings during their developmental stages, from the standard substratum and quantitatively as certaining the growth of plants, over their stay in the nursery, the current work was undertaken in the coffee cutting nursery at the Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, in the period of August 12, 1992 to May 17, 1993. The design used was randomized blocks with four replications and 8 treatments which corresponded to eight developmental stages of the cuttings, viz, in the first stage, the cuttings displayed only one pair of true, leaves, beginning the sprout of the second and so on, up to the eighth stage. As the cuttings reached each stage, the corresponding plots were harvested for evaluation of the height of the plants, diameter (at the height of the colon and just above the cotyledonar leaf) and leaf area. Then, the cuttings were prepared for assessment of

the dry weight of roots, stems and leaves and macro and **micronutrient** analysis in the dry matter **of** each part **of** the plant. In possession **of** the data reported above, relative growth rate (RGR), net assimilatory rate (NAR) and leaf area ratio (LAR) were established.

Under the conditions the experiment was carried out, it may be concluded that:

- As regards the quantitative analysis of growth, both net assimilatory rate (NAR) and leaf area ratio (LAR) showed lowest **losses** of assimilates occurred through respiration from the fifth developmental stage, when the plants had five pairs **of** true leaves, starting the sprout of the sixth one.

As to the quantification of nutrients, there were differences in the on the several stages for, N, **P, K, B,** Cu, Fe, Mn and Zn, stressing a marked fall in the contents of N and **K** after the third developmental stage, when the plants bore three pairs of true leaves, giving rise to the fourth.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRAHÃO, E.J. Efeitos de doses de boro, em mudas de diferentes progênies de dois cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Lavras, ESAL, 1991. 90p. (Tese MS).
2. AGUAS, L.H.R. Efeito **de** fontes e doses de cálcio e enxofre no desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Lavras, ESAL, 1989. 101p. (Tese MS).
3. ALMEIDA, S.R.; MATIELLO, J.B. & GARCIA, A.W.R. Estudo sobre calagem no substrato para formação de mudas de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 6, Ribeirão Preto, 1978. Resumos... Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1978. p.103-9.

4. ANDRADE, I.P.; GONÇALVES, J.C.; MATIELLO, J.B.; PAULINI, A.E.
L HASHIZUME, H. Ocorrência de deficiência de cobre em cafezais, no Espírito Santo, Bahia, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Ceará e Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2, Poços de Caldas, 1974. Resumos... Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1974. p.266-7.
5. BAHIA, V.G. Gênese e classificação de um solo do município de Lavras - MG. Piracicaba, ESALQ, 1975. 66p. (Tese de Doutorado).
6. BARROS, I. de; ABRAHÃO, E.J. L PASQUAL, M. Marcha de absorção de cafeeiros cultivar Catuaí LCH-2077-2-5-44 no estágio de viveiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 16, Espírito Santo do Pinhal, 1990. Trabalhos apresentados... Espírito Santo do Pinhal, IBC, 1990. p.1.
7. BARROS, R.S.; MAESTRI, M.; VIEIRA, M. & BRAGA FILHO, L. J. Determinação da área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. Bourbon Amarelo). Revista Ceres, Viçosa, 20(107): 44-52, jan. 1973.

8. BRAGANÇA, S.M. & CARVALHO, M.M. de. Efeito de fontes e doses de fósforo no desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). *Ciência e Prática*, Lavras, 8(2):173-911, jun./dez. 1984.
9. BRILHO, C.C.; FIGUEIREDO, J.I. de & TOLEDO, S.V. de. Adubação orgânica e química de mudas em viveiro. In: INSTITUTO AGRONOMICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Experimentação cafeeira 1929 a 1963*. Campinas, Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, 1967. p.251-60.
10. CAIXETA, J.V.M.; SOUZA, S.P. de & GONTIJO, V. de P.M. Efeito de substratos e adubações na formação de mudas de café; Sete Lagoas, IPEACO, 1972. 5p. (Série Pesquisa/Extensão, 18).
11. CAMARGOS, S.L. & CARVALHO, J.G. Tópicos de nutrição mineral de plantas; absorção iônica radicular. Lavras, ESAL, 1988. 37p. (Apostila).
12. CARNEIRO FILHO, F. Café - o planejamento da comercialização pelo produtor. Londrina', 1989. p.5-9.
13. CARVALHO, M.M. Formação de mudas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 4(44):14-8, ago. 1978.

14. CARVALHO, M.M. de; DUARTE, G. de S. & RAMALHO, M.A.P. Efeito da composição do substrato, no desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). I. Esterco de curral. *Ciência e Prática*, Lavras, 2(1):20-34, jan./jun. 1978a.
15. _____ *i* _____ & _____. Efeito da composição do substrato, no desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). II. Esterco de galinha. *Ciência e Prática*, Lavras, 2(2):224-38, jul./dez. 1978b.
16. CASTILLO, J.Z. Ensayo de analisis del creşcimiento en café. *Cenicafé*, Chinchiná, 12:1-16, 1961.
17. COELHO, F.S. Nitrogênio no solo e na planta. In: INSTITUTO CAMPINEIRO DE ENSINO AGRÍCOLA, Fertilidade do solo. 2.ed. Campinas, 1973. p.16-64.
18. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Café. In: _____. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 4ª aproximação. Lavras, 1989. p.12-5.

19. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS.

Sugestões de adubação para culturas perenes: Cafeeiro.

In: . Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 3ª aproximação. Belo Horizonte, 1978. p.51-2.

20. EZEQUIEL, A.C. Efeitos da adição de boro e zinco a substratos,

no desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Lavras, ESAL, 1980. 72p. (Tese MS).

21. FRANCO, C.M. Translocação lateral do N, P e K no cafeeiro.

In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, Poços de Caldas, 1983. Anais.. . Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1983. p.1-2.

22. GODOY, O.P. & GODOY JR., C. Influência da adubação no desenvolvimento de mudas de café.

Revista de Agricultura, Piracicaba, 40(3):125-9, set. 1965.

23. GODOY JR., C.: GODOY, O.P. & GRAMER, M. A calagem no desenvolvimento de mudas de café.

Revista de Agricultura, Piracicaba, 39(4):169-74, dez. 1964.

24. GOMIDE, M. B. ; LEMOS, O. V. ; TOURINO, D. ; CARVALHO, M.M. de; CARVALHO, J.G. de L DUARTE, G. de S. Comparação entre métodos de determinação de área foliar em cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. *Ciência e Prática*, Lavras, 1(2):118-23, jul./dez. 1977.
25. GONÇALVES, J.C. L TOMAZIELLO, R.A. Produção de mudas de café. Campinas, CATI, 1970. 25p. (Boletim Técnico, 63).
26. HUERTA S., A. "Comparacion de métodos de laboratório y de campo para medir el area foliar del cafeto". *Cenicafé*, Caldas, 13(1):33-42, Ene./Mar. 1962.
21. INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFE. Formação de mudas. In: _____, Cultura de café no Brasil; Manual de recomendações. Rio de Janeiro, 1976. p.55-72.
28. LOPES, A. S. ; VALE, F. R. ; GUEDES, G. A. A. ; CARVALHO, J. G. ; SILVA, J. B. S. & FAQUIN, V. Fertilidade do solo. Lavras, COOPESAL/ESAL, s.d., V.1, 160p.
29. MACHADO, E. C. ; PEREIRA, A. R. ; FAHL, J. I. ; ARRUDA, H. V. L CIONE, J. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 17(9):1323-9, set. 1982.

30. MAESTRI, M. & GOMES, F.R. Crescimento de mudas de café (*Coffea arabica* L. var. Bourbon) sob diferentes níveis de luz. Separata da Revista Ceres, Viçosa, 11(65):265-71, jul./dez. 1961.
31. MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. Fisiologia Vegetal. São Paulo, EPU/USP, 1979. V.1, p.331-50.
32. MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. p.44-79, 104-218.
33. _____. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFEIAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEEIRO, Piracicaba, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.165-274.
34. _____. Nutrição mineral e adubação do cafeeiro. São Paulo, Agronômica Ceres, 1993. p.64-126.
35. _____; HAAG, H.P.; MELO, F.A.F. de & BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo, Pioneira, 1974. p.250-51.

36. MALAVOLTA, E. ; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas. Piracicaba, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
37. OLIVEIRA, J.A. & PEREIRA, J.E. Adubação de substrato para mudas de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 11, Londrina, 1984. **Décimo...** Rio de Janeiro, IBC, s.d. p.19-25.
38. _____; SANTINATO, R.; MIGUEL, A.E. & PEREIRA, J.E. Efeitos de doses crescentes de superfosfato simples, em substrato, na formação de mudas de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 5, Guarapari, 1977. **Resumos...** Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1977. p.177-82.
39. OLIVEIRA, L.E.M. de & GOMIDE, M.B. Fisiologia Vegetal. Lavras, ESAL, 1986. 72p. (Aulas práticas - Datilografado).
40. REIS, P.R. & SOUZA, J.C. Pragas do cafeeiro. In: SIMPÓSIO . SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEIRO. Piracicaba, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.322-378.

41. RENA, A.B. & MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEEIRO. Piracicaba, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.13-85.
42. SALAZAR ARIAS, N. Respuesta de plantulas de café a la fertilización con nitrogeno, fosforo y potasio. Cenicafé, Caldas, 28(2) :61-6, Apr./Jun. 1977.
43. SANTINATO, R.; FIGUEIREDO, J.P. h BARROS, U.W. Doses crescentes de cloreto de potássio, em substrato, na formação de mudas de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 8, Campos do Jordão, 1980. Resumos.. Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1980. p.326-7.
44. SANTOS, L.P. Efeitos de doses de nitrato de potássio e esterco de curral na composição de substrato para formação de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Lavras, ESAL, 1993. 72p. (Tese MS).
45. SCARANARI, H.J. Instalação do cafezal. In: GRANER, E.A. Manual do Cafeicultor. São Paulo, Melhoramentos, 1967. Cap.5, p.107-25.
46. SILVEIRA, A.J. da h MAESTRI, M. Crescimento de mudas de café (*Coffea arabica* L. cv. "Bourbon") sob 4 níveis de luz, em Viçosa - MG. Revista Ceres, Viçosa, 20:354-69, 1973.

47. SOUZA, S.P. Cultura do café. Sete Lagoas, IPEACO, 1966. 32p. (Circular, 2).
48. TOMAZIELLO, R.A.; OLIVEIRA, E.G. & TOLEDO FILHO, J.A. Cultura do Café. Campinas, CATI, 1987. 56p. (Boletim Técnico, 193).
49. VALADARES, J.M.A.S. Microelementos. In: MONIS, A.C. Elementos de Pedologia. São Paulo, USP/Polígono, 1972. p.199-208.
50. VIANA, A.C.C. Ensaio de adubação nitrogenada-fosfatada para mudas de café. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Experimentação cafeeira 1929-1963. Campinas, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, 1967. p. 270-81.
51. VIANA, A.S.; FREIRE, D. & ANDRADE, P.C. Efeito de duas fontes de K, combinadas com sulfato de magnésio e calagem, no viveiro e formação de cafeeiros em solos LEd. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 12, Caxambú, 1985. Trabalhos apresentados... Rio de Janeiro, SEPRO/DEPET/DIPRO/IBC, s.d. p.150-3.

APÉNDICE

QUADRO 1A, Valores médios de altura, diâmetro na altura do colo, diâmetro imediatamente acima da folha cotiledonar, área foliar e peso seco das raízes, caules e folhas nos oito estádios de desenvolvimento das mudas de cafeeiro formadas a partir do substrato padrão.

Estádios	Altura (cm)	Diâmetro no colo (mm)	Diâmetro folha cotiledonar (mm)	Área foliar de 16 plantas (cm ²)	Peso seco de 16 plantas (g)*		
					Raiz	Caule	Folha
19	5,2094	2,1100	1,2375	302,0410	0,7867	0,6262	2,9935
29	6,5031	2,2425	1,6075	1045,2790	1,4437	1,0385	6,0048
30	9,1219	2,3525	1,7600	1896,3477	2,1625	1,6370	9,2587
40	14,6594	2,7100	2,0900	3602,3269	3,6835	3,2380	15,8435
50	19,1594	2,8775	2,3350	4719,9320	4,6680	5,2793	20,9245
60	25,3000	3,3675	2,8325	6888,2190	6,3295	8,4250	29,0920
70	30,6907	3,6500	3,2250	8741,5088	8,8373	12,6190	36,0032
80	36,1547	4,3450	4,0000	11278,8499	16,8155	25,0938	58,9897

* Os valores de área foliar e peso seco correspondem ao total das parcelas (16 plantas).

QUADRO 2A. Valores médios da taxa assimilatória líquida (TAL) e taxa de crescimento relativa (TCR) encontradas entre os estádios de desenvolvimento das mudas de café formado a partir do substrato padrão, por grupo de 16 plantas.

Estádios	TAL g/cm ² /dia	TCR g/g/dia
1º - 2º	33,2320	31,3154
2º - 3º	22,7540	30,6772
3º - 4º	16,7075	25,1541
4º - 5º	8,9891	14,0115
5º - 6º	11,9251	18,4883
6º - 7º	9,7491	15,0279
7º - 8º	9,6810	12,4901

* Dados originais multiplicados por 10^{-5}
 ** Dados originais multiplicados por 10^{-3} .

QUADRO 3A. Valores instantâneos da razão de área foliar (RAF)
encontrados nos oito estádios de desenvolvimento das
mudas de cafeeiro, por grupo de 16 plantas.

Estádios	RAF
1º	67,9208
2º	123,3484
3º	144,8876
4º	158,8188
5º	153,6199
6º	158,2636
7º	152,3855
8º	111,3025

QUADRO 4A. Valores médios dos teores de micronutrientes na matéria seca das raízes das mudas de cafeeiro em seus 8 estádios de desenvolvimento.

	N %	P ‰	K ‰	Ca ‰	Mg ‰	S %
1ª	2,5450	0,1548	3,0160	0,7914	0,6814	0,2934
2ª	2,7150	0,1643	2,9602	0,7650	0,7365	0,2762
3ª	2,8900	0,1742	2,7011	0,6768	0,8412	0,2595
4ª	2,8000	0,1947	2,7011	0,6395	0,8165	0,2633
5ª	2,7800	0,2170	2,2915	0,7613	0,8993	0,2497
6ª	3,0450	0,2403	1,6830	0,7469	0,9033	0,2776
7ª	3,3550	0,2597	1,3114	0,7550	0,9021	0,2868
8ª	2,8950	0,2732	1,0600	0,7536	0,8950	0,2735

QUADRO 5A. Valores médios dos teores de macronutrientes na matéria seca do caule das mudas de cafeeiro em seus 8 estádios de desenvolvimento.

	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %
1º	2,1700	0,1344	2,7926	0,6299	0,3823	0,1135
2º	2,0950	0,1152	2,9155	0,6744	0,3898	0,1651
3º	2,4050	0,1456	2,5572	0,5260	0,4006	0,1570
4º	2,1250	0,2093	2,4465	0,4554	0,3570	0,1190
5º	1,9750	0,2607	2,1734	0,4365	0,3053	0,0730
6º	1,6100	0,3046	2,0218	0,4306	0,2615	0,1084
7º	2,3800	0,3135	1,7376	0,3943	0,2367	0,1083
8º	2,1650	0,2438	0,9726	0,3351	0,2357	0,0789

QUADRO 6A. Valores médios dos teores de macronutrientes na matéria seca das folhas das mudas de cafeeiro, em seus 8 estádios de desenvolvimento.

	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %
1º	3,8950	0,1912	2,9155	1,1813	0,3745	0,1797
2º	3,6200	0,1458	2,6474	1,1120	0,3314	0,1869
3º	4,2050	0,1786	2,5461	1,0769	0,3834	0,1565
4º	3,9850	0,2545	2,6457	0,8683	0,4025	0,1293
5º	3,2850	0,2875	2,2844	1,1846	0,3927	0,1131
6º	3,1400	0,3206	2,2075	1,2166	0,4309	0,1760
7º	1,4350	0,3421	2,1201	1,3309	0,4790	0,1984
8º	1,1350	0,2912	1,2240	1,1533	0,5056	0,1522

QUADRO 7A. Valores médios dos teores de micronutrientes na matéria seca das raízes das mudas de cafeeiro em seus 8 estádios de desenvolvimento.

Estádios	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
1º	-	14,9144	1769,0991	32,7683	38,3418
2º	81,3752	11,0777	1417,4187	31,3919	47,6994
3º	44,9333	13,2256	1615,3225	25,3192	37,3748
4º	43,6673	16,3438	1785,1453	29,2397	52,1126
5º	77,4654	22,9028	2332,0550	29,4574	69,8492
6º	70,7343	36,8781	3127,6815	29,8920	72,4473
7º	56,4095	52,0857	3750,8109	30,6446	72,9781
8º	42,4956	57,0824	3654,5334	29,9457	78,2060

QUADRO 8A. Valores médios dos teores de micronutrientes na matéria seca do caule das mudas de cafeeiro, em seus 8 estádios de desenvolvimento.

Estádios	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
1º	-	13,0771	234,4892	18,6340	25,3110
2º	32,7140	7,7814	295,8928	17,9458	31,8532
3º	39,6632	9,6772	233,2055	18,1318	28,8894
4º	35,9239	13,1180	211,6500	18,2952	29,1686
5º	42,2639	20,4815	193,3573	16,6108	27,0282
6º	49,8017	24,7122	197,9037	17,0427	36,0910
7º	46,3345	26,1243	159,3443	13,9245	26,3517
8º	16,6907	22,2138	118,9562	13,4406	16,7451

QUADRO 9A. Valores médios dos teores de micronutrientes na matéria seca das folhas das mudas de cafeeiro em seus 8 estádios de desenvolvimento.

Estádios	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
1º	-	6,5385	681,4842	60,0841	18,1520
2º	42,3268	4,3770	691,4329	37,7444	22,8442
3º	46,1304	5,6451	546,3748	31,4176	14,9890
4º	45,4011	7,5805	388,1053	29,6753	16,9429
5º	64,2420	9,4337	342,6409	27,8435	13,1785
6º	57,2647	11,3513	375,8566	30,5371	34,0211
7º	52,7227	14,3928	353,2849	27,9565	27,7317
8º	39,3973	11,8401	300,0114	22,6878	21,3096

QUADRO 10A. Resumo das análises de variância relativas as características de altura das plantas, diâmetro do caule na altura do colo, diâmetro do caule imediatamente acima das folhas cotiledonares e área foliar da parcela (16 plantas), em mudas de cafeeiro formadas a partir de substrato padrão em seus 8 estádios de desenvolvimento.

Causas de variação	GL	Quadrados médios e significância			
		Altura (cm)	Diâmetro colo (mm)	Diâmetro fl. cotil. (mm)	Area foliar (cm ²)
Blocos	3	0,1327871	0,0434375*	0,0327448*	95858,5036627
Estádios	7	531,4628872**	2,4205554**	3,3802782**	60612883,1101718**
Residuo	21	0,5013009	0,0136899	0,0097043	81879,3472646
CV	-	3,8582	3,9572	4,1292	6,1642

GL = graus de liberdade.

* Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 5%.

** Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 1%.

Valores médios de 16 plantas por parcela, em 4 repetições para altura, diâmetro no colo e diâmetro acima da folha cotiledonar.

Valor total da parcela (16 plantas) em 4 repetições para área foliar.

QUADRO 11A. Regressão polinomial para os estádios de desenvolvimento das mudas de cafeeiro formada a partir do substrato padrão. Resumo das análises de variância relativas a altura (cm), diâmetros na altura do colo (mm), diâmetros imediatamente acima da folha cotiledonar (mm) e área foliar (cm²).

Causas de variação	GL	Quadrados médios e significância			
		Altura (cm)	Diâmetro colo (mm)	Diâmetro fl. cotil. (mm)	Área foliar (cm ²)
R. linear	1	3632,3805333**	15,9655011**	22,7151824**	411169563,7983899**
R. quadr.	1	70,4167246**	0,8514383**	0,7446680**	12472901,6477149**
R. cúbica	1	14,6238273**	0,0151515	0,1370464**	55,6397769
Desv. reg.	4	0,7047813	0,0279493	0,0162626	161915,1713302
Resíduo	21	0,5013009	0,0136899	0,0097043	87879,3472646

GL = graus de liberdade.

** Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 1%.

- Coeficientes de determinação para altura = regressão linear ($r^2 = 97,64\%$), regressão quadrática ($r^2 = 99,53\%$) e regressão cúbica ($r^2 = 99,92\%$).
- Coeficientes de determinação para diâmetro-colo = regressão linear ($r^2 = 94,23\%$) e regressão quadrática ($r^2 = 99,25\%$).
- Coeficientes de determinação para diâmetro na altura da folha cotiledonar = regressão linear ($r^2 = 96,00\%$), regressão quadrática ($r^2 = 99,15\%$) e regressão cúbica ($r^2 = 99,73\%$).
- Coeficiente de determinação para área foliar = regressão linear ($r^2 = 96,91\%$), regressão quadrática ($r^2 = 99,85\%$).
- Valores médios de 16 plantas por parcela, em 4 repetições para altura e diâmetros.
- Valor total da parcela (16 plantas) em 4 repetições para área foliar.

QUADRO 12A. Resumo das análises de variância relativas as características de peso seco de raízes, caules e folhas e razão de área foliar, em mudas de cafeeiro, formadas a partir de substrato padrão, em seus 8 estádios de desenvolvimento.

Causas de variação	GL	Quadrados médios e significância			
		Peso seco * raiz (g)	Peso seco - caule (g)	Peso seco - folha (g)	RAF
Blocos	3	0,8100555	0,6504527	4,5938271	86,3795129
Estádios	7	110,6277236**	275,7420178**	1389,6649939**	4023,4495495**
Residuo	21	0,6601452	0,4944486	2,2733158	40,5390894
CV	-	14,5338	9,7068	6,7348	4,758%

GL = graus de liberdade.

** Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 1%.

- Valores médios por parcela de 16 plantas para peso seco de raízes, caules e folhas em 4 repetições.

- Valores instantâneos da RAF, calculados pelos valores médios de área foliar e peso seco total da parcela (16 plantas), em 4 repetições.

QUADRO 13A. Regressão polinomial para o estádios de desenvolvimento das mudas de cafeeiro, formada a partir do substrato padrão. Resumo das análises de variância relativas ao peso seco em gramas das raízes, caules e folhas e razão de área foliar.

Causas de variação	GL	Quadrados médios e significância			
		Peso seco raiz (g)	Peso seco caule (g)	Peso seco folha (g)	RAF
R. linear	1	629,9144028**	1506,9671996**	8759,5060859**	5572,6001631**
R. quadr.	1	104,5432900**	348,1646653**	745,9159235**	21098,5967167**
R. cúbica	1	28,1602981**	54,0561002**	117,0814875**	98,0656663
Desv. reg.	4	2,9440186**	5,2515399**	26,2878652**	348,7210752**
Resíduo					40,5390894

GL = graus de liberdade.

** Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 1%.

- Valores médios por parcela de 16 plantas para o peso seco de raízes, caules e folhas em 4 repetições.
- Valores instantâneos da RAF, calculados pelos valores médios de área foliar e peso seco total da parcela (16 plantas) em 4 repetições.
- Coeficientes de determinação para peso seco das raízes = regressão linear ($r^2 = 81,34\%$), regressão quadrática ($r^2 = 94,84\%$) e regressão cúbica ($r^2 = 98,48\%$).
- Coeficientes de determinação para o peso seco do caule = regressão linear ($r^2 = 78,07\%$), regressão quadrática ($r^2 = 96,11\%$) e regressão cúbica ($r^2 = 98,91\%$).
- Coeficientes de determinação para o peso seco das folhas = regressão linear ($r^2 = 90,05\%$), regressão quadrática ($r^2 = 97,72\%$) e regressão cúbica ($r^2 = 98,92\%$).
- Coeficientes de determinação para RAF = regressão linear ($r^2 = 17,79\%$), regressão quadrática ($r^2 = 97,70\%$).

QUADRO 14A. Resumo das análises de variância relativas a análise quantitativa do crescimento da taxa assimilatória líquida (**TAL**) e taxa de crescimento relativo (TCR) e dos teores do micronutriente boro na matéria seca das raízes, caules e folhas de cafeeiro formados a partir de substrato padrão, em 7 estádios de desenvolvimento.

Causas de variação	GL	Quadrados médios e significância				
		(g/cm /dia)	TCR (g/g/dia)	Boro - raiz (ppm)	Boro - caule (ppm)	Boro - folha (ppm)
Blocos	3	10,6667137	2,4004201	270,4954734	15,1737239	63,7603767
Estádios	6	325,1112303**	253,6938138**	1126,0037322*	476,7058928**	313,0267485**
Resíduo	18	19,4042896	22,0429577	341,1066183	66,5558369	32,8556485
CV	-	27,279%	22,332%	30,997%	21,681%	11,547%

GL = graus de liberdade.

* Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 5%.

** Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 1%.

- Valores médios por parcela (16 plantas) em 4 repetições.
- Valores da TAL transformados pela multiplicação por 10^{-3} .
- Valores da TCR transformados pela multiplicação por 10^{-2} .

QUADRO 15. Regressão polinomial para o estádios de desenvolvimento das mudas de cafeeiro formadas a partir do substrato padrão. Resumo das análises de variância, relativas a análise quantitativa do crescimento através da taxa assimilatória líquida (TAL) e taxa de crescimento relativo (TCR) e dos teores do micronutriente boro na matéria seca das raízes, caules e folhas.

Causas de variação	GL	Quadrados médios e significância				
		TAL (g/cm ² /dia)	TCR (g/g/dia)	Boro - raiz (ppm)	Boro - caule (ppm)	Boro - folha (ppm)
R. linear	1	1470,1648076**	1274,1373093**	634,0220757	62,1008461	37,7684708
R. quadr.	1	409,2976162**	48,9269452	54,1214550	1529,3277651**	1163,9950753**
R. cúbica	1	22,1473932	8,1190128	3996,2009675**	891,6947601**	304,8908696**
Desv. reg.	3	16,3525216	63,6598718	690,5592984	125,7039951	123,8353585*
Resíduo	18	19,4042896	22,0429577	341,1066183	66,5558369	32,8556485

GL = graus de liberdade.

* Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 5%.

** Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 1%.

- Valores médios por parcela (16 plantas) em 4 repetições.
- Valores da TAL transformados pela multiplicação por 10^{-5} .
- Valores da TCR transformados pela multiplicação por 10^{-3} .
- Coeficientes de determinação para TAL = regressão linear ($r^2 = 75,37\%$), regressão quadrática ($r^2 = 96,35\%$).
- Coeficiente de determinação para TCR = regressão linear ($r^2 = 83,71\%$).
- Coeficiente de determinação para boro-raiz = regressão cúbica = ($r^2 = 69,34\%$).
- Coeficiente de determinação para boro-caule = regressão quadrática ($r^2 = 55,64\%$) e regressão cúbica ($r^2 = 86,82\%$).
- Coeficientes de determinação para boro-folha = regressão quadrática ($r^2 = 63,99\%$) e regressão cúbica ($r^2 = 80,22\%$).

QUADRO 16A. Resumo das análises de variância relativas aos teores de macronutrientes na matéria seca das raízes das mudas de cafeeiro, formadas a partir de substrato padrão em seus 8 estádios de desenvolvimento.

Causas de variação	GL	Quadrados médios e significância					
		N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %
Blocos	3	0,0496125	0,0006874	0,0121634	0,0130296	0,0009591	0,0002004
Estádios	7	0,2337125	0,0080371**	2,3478759**	0,0103775	0,0288898**	0,0008306
Resíduo	21	0,0960506	0,0003684	0,0383148	0,0057266	0,0031935	0,0003465
CV	-	10,768%	9,150%	8,835%	10,27998	6,773%	6,831%

GL = graus de liberdade.

** Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 1%.

Valores médios por parcela (16 plantas) em 4 repetições.

QUADRO 18A. Resumo das análises de variância relativas aos teores de macronutrientes na matéria seca do caule das mudas de cafeeiro formadas a partir do substrato padrão em seus 8 estádios de desenvolvimento.

Causas de variação	GL	Quadrados médios e significância					
		N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %
Blocos	3	0,0080458	0,0002069	0,0436999	0,0035498*	0,0013166*	0,0002750
Estádios	7	0,2485554	0,0239666**	1,6023568**	0,0545366**	0,0195885**	0,0042523**
Resíduo	21	0,1410554	0,0002625	0,0179608	0,0007980	0,0003829	0,0009299
CV		17,752%	7,505%	6,086%	5,821%	6,094%	26,423%

GL = graus de liberdade.

* Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 5%.

** Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 1%.

Valores médios por parcela de 16 plantas em 4 repetições.

QUADRO 19A. Regressão polinomial para os estádios de desenvolvimento das mudas de cafeeiro, formadas a partir do substrato padrão. Resumo das análises de variância para os teores de macronutrientes na matéria seca do caule.

Causas de variação	GL	Quadrados médios e significância					
		N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %
R. linear	1	0,0312149	0,1243666**	10,0142265**	0,3382363**	0,1216364**	0,0122812**
R. quadr.	1	0,1232292	0,0092909**	0,8083644**	0,0058169*	0,0028389*	0,0004388
R. cúbica	1	0,3143640	0,0337633**	0,0790004*	0,0000570	0,0114089**	0,0040985*
Desv. reg.	4	0,3177699	0,0000863	0,0787265**	0,0094115**	0,0003087	0,0032370*
Resíduo	21	0,1410554	0,0002625	0,0179608	0,0007980	0,0003829	0,0009299

GL = graus de liberdade.

* Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 5%.

** Efeito Significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 1%.

• Valores médios por parcela de 16 plantas em 4 repetições.

- Coeficientes de determinação para teores de fósforo = regressão linear ($r^2 = 74,13\%$), regressão quadrática ($r^2 = 79,67\%$) e regressão cúbica ($r^2 = 99,79\%$).

- Coeficiente de determinação para teores de potássio = regressão linear ($r^2 = 89,28\%$), regressão quadrática ($r^2 = 96,49\%$) e regressão cúbica ($r^2 = 97,19\%$).

- Coeficientes de determinação para teores de cálcio = regressão linear ($r^2 = 88,60\%$), regressão quadrática ($r^2 = 90,12\%$).

- Coeficientes de determinação para teores de magnésio = regressão linear ($r^2 = 88,71\%$), regressão quadrática ($r^2 = 90,78\%$) e regressão cúbica ($r^2 = 99,10\%$).

- Coeficientes de determinação para teores de enxofre = regressão linear ($r^2 = 41,26\%$) e regressão cúbica ($r^2 = 56,50\%$).

QUADRO 20A. Resumo das análise de variância relativas aos teores de micronutrientes na matéria seca das folhas das mudas de cafeeiro, formadas a partir do substrato padrão em seus 8 estádios de desenvolvimento.

Causas de variação	GL	Quadrados médios e significância					
		N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %
Blocos	3	0,0734333	0,0004213	0,0695893*	0,0262889	0,0001493	0,0034805**
Estádios	7	5,4712570**	0,0205552**	1,0708897**	0,0716204	0,0034521**	0,0130206**
Resíduos	21	0,3133285	0,0003489	0,0201611	0,0341202	0,0005663	0,0005365
CV		18,130%	7,429%	6,110%	16,376%	5,769%	14,338%

GL = graus de liberdade.

* Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 5%.

** Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 1%.

Valores médios por parcela de 16 plantas em 4 repetições.

QUADRO 21A. Regressão polinomial para estádios de desenvolvimento das mudas de cafeeiro, formadas a partir do substrato padrão. Resumo das análises de variância para os teores de macronutrientes na matéria seca das folhas.

Causas de variação	GL	Quadrados médios e significância					
		N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %
R. linear	1	27,7509436**	0,1090585**	5,9844702**	0,1297093	0,0761305**	0,0002054
R. quadr.	1	7,8174844**	0,0027889**	0,6359470**	0,0210359	0,0072706**	0,0059435**
R. cúbica	1	0,0203879	0,0286021**	0,5010339**	0,0960122	0,0002330	0,0017271
Desv. reg.	4	0,6774958	0,0008592	0,0936941**	0,0636464	0,0018776*	0,0040722**
Residuo	21	0,3133285	0,0003489	0,0201611	0,0341202	0,0005663	0,0005365

GL = graus de liberdade.

* Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 5%.

** Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 1%.

- Valores médios por parcela de 16 plantas em 4 repetições.

- Coeficientes de determinação para teores de nitrogênio = regressão linear ($r^2 = 72,46\%$) e regressão quadrática ($r^2 = 92,87\%$).
- Coeficientes de determinação para teores de fósforo = regressão linear ($r^2 = 75,79\%$), regressão quadrática ($r^2 = 77,73\%$), regressão cúbica ($r^2 = 97,61\%$).
- coeficientes de determinação para teores de potássio = regressão linear ($r^2 = 79,83\%$), regressão quadrática ($r^2 = 88,32\%$) e regressão cúbica ($r^2 = 95,00\%$).
- Coeficientes de determinação para teores de magnésio = regressão linear ($r^2 = 83,53\%$) e regressão quadrática ($r^2 = 91,50\%$).
- coeficientes de determinação para teores de enxofre = regressão quadrática ($r^2 = 25,45\%$).

QUADRO 22A. Resumo das análises de variância relativas aos teores de micronutrientes na matéria seca das raízes das mudas de cafeeiro, formadas a partir do substrato padrão, em seus 8 estádios de desenvolvimento.

Causas de variação	GL	Quadrados médios e significância			
		Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
Blocos	3	178,9143833	106040,6408334	9,3151022	26,9167510
Estádios	7	1338,5299416**	3589717,7182822**	16,6218004	1028,6195586**
Residuo	21	81,9981507	174262,4926831	7,6809303	45,6422515
CV		32,267%	17,168%	9,290%	11,749%

GL = graus de liberdade.

** = Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 1%.

Valores médios por parcela de 16 plantas em 4 repetições.

QUADRO 23A. Regressão polinomial para os estádios de desenvolvimento das mudas de cafeeiro, formadas a partir do substrato padrão. Resumo das análises de variância para os teores de micronutrientes na matéria seca das raízes.

Causas de variação	GL	Quadrados médios e significância			
		Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
R. linear	1	7947,0385032**	21355759,0229309**	2,1755514	6423,1686299**
R. quadr.	1	1158,6397557**	1647615,1228455**	41,8310314 *	42,4740397
R. cúbica	1	137,0561763	1733453,1914629**	35,9109051*	214,7844613*
Desv. reg.	4	31,7437891	97799,1726840	12,6087786	129,9774448*
Resíduo	22	61,0961507	107421,0000000	1,809808	45,6422515

GL = graus de liberdade.

* Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 5%.

** Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 1%.

- Valores médios por parcela de 16 plantas em 4 repetições.

- Coeficientes de determinação para teores de cobre = regressão linear ($r^2 = 84,82\%$) e regressão quadrática ($r^2 = 97,18\%$).

- Coeficientes de determinação para teores de ferro = regressão linear ($r^2 = 84,99\%$), regressão quadrática ($r^2 = 91,54\%$) e regressão cúbica ($r^2 = 98,44\%$).

- Coeficientes de determinação para teores de manganês = regressão quadrática ($r^2 = 33,76\%$), regressão cúbica ($r^2 = 61,31\%$).

- Coeficientes de determinação para teores de zinco = regressão linear ($r^2 = 89,21\%$) e regressão cúbica ($r^2 = 92,78\%$).

QUADRO 24A. Resumo das análises de variância relativas aos teores de micronutrientes na matéria seca do caule das mudas de cafeeiro, formadas a partir do substrato padrão, em seus 8 estádios de desenvolvimento.

Causas de variação	GL	Quadrados médios e significância			
		Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
Blocos	3	3,1341158	370,2336103	0,7082617	33,6428448
Estádios	7	200,5281126**	11223,9441804**	16,1812154**	125,2637836**
Resíduo	21	1,9678005	815,2276680	1,5139737	28,5411165
CV		8,180%	13,887%	7,344%	19,301%

GL = graus de liberdade.

** = Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 1%.

Valores médios por parcela de 16 plantas em 4 repetições.

QUADRO 25A. Regressão polinomial para estádios de desenvolvimento das mudas de cafeeiro, formadas a partir do substrato padrão. Resumo das análises de variância para os teores de micronutrientes na matéria seca do caule.

Causas de variação	GL	Quadrados médios e significância			
		Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
R. linear	1	1031,4821492**	62152,2624322**	89,7964792**	110,1078865
R. quadr.	1	2,2755860	3603,0589187*	13,3296965**	362,1332901**
R. cúbica	1	364,4496157**	469,3445944	0,1930677	88,5389607
Desv. reg.	4	1,3723593	3085,7358293*	2,4873160	79,0165869
		28,5411165	28,5411165	28,5411165	28,5411165

GL = graus de liberdade.

* Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 5%.

** Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 1%.

• Valores médios por parcela de 16 plantas em 4 repetições.

• Coeficientes de determinação para teores de cobre = regressão linear ($r^2 = 73,48\%$) e regressão cúbica ($r^2 = 99,61\%$).

• Coeficientes de determinação para teores de ferro = regressão linear ($r^2 = 79,11\%$), regressão quadrática ($r^2 = 83,69\%$) e regressão cúbica ($r^2 = 84,29\%$).

• Coeficientes de determinação para teores de manganês = regressão linear ($r^2 = 79,28\%$), regressão quadrática ($r^2 = 91,05\%$).

• Coeficientes de determinação para teores de zinco = regressão quadrática ($r^2 = 53,86\%$).

QUADRO 26A. Resumo das análise de variância relativas aos teores de micronutrientes na matéria seca das folhas das mudas de cafeeiro, formadas a partir do substrato padrão, em seus 8 estádios de desenvolvimento.

Causas de variação	GL	Quadrados médios e significância			
		Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
Blocos	3	0,9236990	1610,2510466	9,4563619	18,5305377
Estádios	7	47,7018696**	90904,8754533**	532,6294430**	194,3247078**
Residuo	21	1,1066763	4523,0048688	8,1094010	21,9781319
CV		11,827%	14,623%	8,502%	22,170%

GL = graus de liberdade.

** = Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 1%.

Valores médios por parcela de 16 plantas em 4 repetições.

QUADRO 27A. Regressão polinomial para os estádios de desenvolvimento das mudas de cafeeiro, formadas a partir do substrato padrão. Resumo das análises de variância para os teores de micronutrientes na matéria seca das folhas.

Causas l.e	GL	Quadrados médios e significância			
		Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
R. linear	1	268,3421490**	575890,4080458**	2365,3084990**	237,4864626**
R. quadr.	1	3,0726365	53197,9135180**	701,4835792**	20,2594348
R. cúbica	1	51,8008765**	1860,8379895	613,2017554**	233,9685139**
Desv. reg.	4	2,6743564	15346,2421549*	12,1030668	217,1396358**
Resíduo	163	1,6315	329,00408	3,7104010	21,9781319

GL = graus de liberdade.

* Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 5%.

** Efeito significativo pelo teste de "F" ao nível de significância de 1%.

- Valores médios por parcela de 16 plantas em 4 repetições.
- Coeficientes de determinação para teores de cobre = regressão linear ($r^2 = 80,36\%$) e regressão cúbica ($r^2 = 96,80\%$).
- Coeficientes de determinação para teores de ferro = regressão linear ($r^2 = 83,18\%$) e regressão quadrática ($r^2 = 90,86\%$).
- Coeficientes de determinação para teores de manganas = regressão linear ($r^2 = 63,44\%$), regressão quadrática ($r^2 = 82,25\%$) e regressão cúbica ($r^2 = 98,70\%$).
- Coeficientes de determinação para teores de zinco = regressão linear ($r^2 = 17,46\%$) e regressão cúbica ($r^2 = 36,15\%$).