

JOSÉ FRANCISCO TEIXEIRA DO AMARAL

**EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO DE RAÍZES, ABSORÇÃO, TRANSLOCAÇÃO
E UTILIZAÇÃO DE NUTRIENTES EM CULTIVARES DE CAFÉ ARÁBICA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2002

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

T

A485e
2002

Amaral, José Francisco Teixeira do, 1959-
Eficiência de produção de raízes, absorção, translo-
cação e utilização de nutrientes em cultivares de café
arábica / José Francisco Teixeira do Amaral. – Viçosa :
UFV, 2002.
97p. : il.

Orientador: Herminia Emilia Prieto Martinez
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Viçosa

1. Café - Nutrição mineral. 2. Café - Produção de raízes
3. Café - Absorção de nutrientes. 4. Café – Translocação
de nutrientes. 5. Café - Produtividade. I. Universidade
Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 633.738911

CDD 20.ed. 633.738911

JOSÉ FRANCISCO TEIXEIRA DO AMARAL

**EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO DE RAÍZES, ABSORÇÃO, TRANSLOCAÇÃO
E UTILIZAÇÃO DE NUTRIENTES EM CULTIVARES DE CAFÉ ARÁBICA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

APROVADA: 17 de outubro de 2002.

Prof. Cosme Damião Cruz
(Conselheiro)

Prof. Roberto Ferreira de Novais
(Conselheiro)

Prof. Ney Sussumu Sakiyama

Pesq. Waldênia de Melo Moura

Prof^a. Herminia Emilia Prieto Martinez
(Orientadora)

À minha esposa *Tininha*
e aos meus filhos *Carlos* e *Lucas*.

AGRADECIMENTO

A Deus, pela saúde, pela perseverança e pelo conforto espiritual.

À Universidade Federal do Espírito Santo, pela liberação para realização deste curso.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

À CAPES/PICDT, pela concessão da bolsa de estudos.

À professora e orientadora Herminia Emilia Prieto Martinez, pela objetividade na orientação dos trabalhos e pelos ensinamentos transmitidos, fundamentais para a minha formação profissional.

Aos professores conselheiros Cosme Damião Cruz, Roberto Ferreira de Novais e Everardo Chartuni Mantovani, pelos ensinamentos, pelo apoio e pelas sugestões.

Ao professor Elpídio Ignácio Fernandes Filho, pelos ensinamentos e sugestões.

Ao professor Tocio Sedyama, pela amizade, pelo incentivo e apoio sempre manifestados.

Ao professor Ney Sussumu Sakiyama, pelos ensinamentos e agradável convivência.

À pesquisadora Waldênia de Melo Moura, pelos ensinamentos e pela amizade.

Aos meus pais e irmãos, pelo apoio e estímulo recebidos.

Aos amigos Luiz Carlos Prezotti, Aymbiré Francisco Almeida da Fonseca, Maria Amélia Gava Ferrão, Romário Gava Ferrão, Marlon Dutra Degli Esposti, Fábio Pires, Sérgio Luiz Caixeta, Robson Mendes de Paulo, Tiago Pinto Trindade, Waldir Cintra de Jesus Júnior, Marihus Altoé, José Roberto Fontes, Marcelo Antonio Tomaz, André Nunes Loula Tôrres, Itamar Rosa Teixeira e Ivênio, pelas sugestões e pela agradável convivência.

Aos estudantes de Agronomia, Marcel, Bernardo, Leonardo e Mário, pelo apoio durante as avaliações experimentais.

Ao funcionário Gino, pela amizade e pelo apoio manifestado durante a instalação e condução do experimento.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

JOSÉ FRANCISCO TEIXEIRA DO AMARAL, filho de Antônio Teixeira do Amaral e Maria da Aparecida Araújo Amaral, nasceu em 28 de dezembro de 1959, em São José do Calçado, Estado do Espírito Santo.

Em dezembro de 1981 graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Alegre, ES.

De abril de 1982 a dezembro de 1983 exerceu funções de Engenheiro Agrônomo na Secretaria de Estado da Agricultura, nos municípios de Colatina e Linhares, Estado do Espírito Santo.

Em maio de 1984 foi contratado pela Universidade Federal do Espírito Santo, onde desempenha as funções de Engenheiro Agrônomo, no Centro de Ciências Agrárias, em Alegre, Estado do Espírito Santo.

Em março de 1996 iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), tendo defendido Tese em 28 de agosto de 1998.

Em outubro de 1998 iniciou o Curso de Doutorado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), tendo defendido Tese em 17 de outubro de 2002.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	6
3.1. Caracterização do experimento	6
3.2. Características avaliadas	9
3.2.1. Comprimento e matéria seca de raízes	9
3.3. Análises laboratoriais	11
3.4. Eficiência nutricional	12
3.5. Análise de variância e teste de comparação de médias	14
3.6. Análise de trilha	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1. Produtividade.....	17
4.2. Eficiência Agronômica.....	19
4.3. Eficiência de absorção, produção de raízes, translocação e utilização de nutrientes	22

	Página
4.3.1. Eficiência de utilização de nutrientes para produção de parte aérea	30
4.3.2. Eficiência de utilização de nutrientes para produção de caule, ramos, folhas e frutos	31
4.4. Alocação relativa de nutrientes no caule, ramos, folhas e frutos	38
4.5. Estudo das correlações entre eficiências nutricionais por meio da análise de trilha	44
5. RESUMO E CONCLUSÕES	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
APÊNDICE	77

RESUMO

AMARAL, José Francisco Teixeira do, D.S., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2002. **Eficiência de produção de raízes, absorção, translocação e utilização de nutrientes em cultivares de café arábica.** Orientadora: Herminia Emilia Prieto Martinez. Conselheiros: Cosme Damião Cruz, Roberto Ferreira de Novais e Everardo Chartuni Mantovani.

Foram avaliadas quatro variedades de café arábica (Acaiá IAC-474-19, Icatu Amarelo IAC-3282, Rubi MG-1192 e Catuaí Vermelho IAC-99) quanto à produtividade e eficiência nutricional. O experimento foi conduzido em Viçosa – MG, em condições de campo, no delineamento experimental em blocos completos casualizados envolvendo quatro variedades, quatro repetições e três níveis de adubação (baixo, normal e alto). As parcelas úteis constituíram-se de nove plantas com espaçamento de 2 x 1 m. Determinaram-se os teores e conteúdos de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu e Zn em raízes, caule, ramos, folhas e frutos de uma planta com trinta e um meses de idade, em cada parcela experimental. Avaliaram-se a produtividade, eficiência agrônômica, eficiência de produção de raízes, eficiência de absorção de nutrientes, eficiência de translocação de nutrientes, eficiência de utilização de nutrientes e eficiência de recuperação de macronutrientes. A variedade Icatu Amarelo IAC-3282 foi a mais produtiva no ambiente com restrição de nutrientes, enquanto as variedades Rubi MG-1192 e Catuaí Vermelho IAC-99 mostraram-se mais

produtivas em ambientes com alto suprimento de nutrientes. Por sua vez, a variedade Acaia IAC-474-19 apesar de responder positivamente à adubação, foi menos produtiva que as demais, principalmente no nível baixo de adubação. A melhor produtividade do Icatu Amarelo IAC-3282 no nível baixo de adubação pode ser devido à sua alta eficiência de utilização de P, enquanto as elevadas produtividades do Rubi MG-1192 e do Catuaí Vermelho IAC-99 no nível alto de adubação podem estar relacionadas às suas altas eficiências de utilização de nutrientes para produção de frutos. Estudaram-se, ainda, as correlações entre eficiências nutricionais por meio da análise de trilha. Encontraram-se altas correlações entre a eficiência de utilização (EU_B) e de absorção (EA_B) de boro, as quais medem relação de causa e efeito, pela elevada magnitude da estimativa de EU_B sobre EA_B .

ABSTRACT

AMARAL, José Francisco Teixeira do, D.S., Universidade Federal de Viçosa, october 2002. **Efficiency of root yield, absorption, translocation and uses of nutrients in coffea arabica cultivars.** Adviser: Herminia Emilia Prieto Martinez. Committee members: Cosme Damião Cruz, Roberto Ferreira Novais and Everardo Chartuni Mantovani.

This study was carried out under field conditions, in Viçosa - MG, Brazil, to evaluate the productivity and nutritional efficiency of four *Coffea arabica* cultivars: Acaiá IAC-474-19, Icatu Amarelo IAC-3283, Rubi MG-1192, and Catuí Vermelho IAC-99. The contents of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu and Zn were determined in the roots, stem, branches, leaves and fruits of a 31-month old coffee plant in each experimental plot. The productivity and agronomic efficiency were evaluated, as well as the efficiencies of root yield, nutrient uptake, nutrient translocation, and nutrient utilization. The Icatu Amarelo IAC-3283 cv. showed to be more productive under nutrient restriction, whereas the cultivars Rubi MG-1192 and Catuaí Vermelho IAC-99 were productive under high nutrient inputs. Although showing a positive response to fertilization, the Acaiá IAC-474-19 cv. was less productive than the other ones, mainly at low fertilization level. The better productivity of the Icatu Amarelo IAC-3283 cv. at low fertilization level might be due to its high efficiency in using P, while the high

productivities of Rubi MG-1192 and Catuaí Vermelho IAC-99 at the high level of fertilization might be related to their high efficiencies in using the nutrients for fruit production.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, sendo que o estado de Minas Gerais detém 50,35% da produção brasileira (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO CAFÉ, 2001). Atualmente, o café entrou num ciclo de preços baixos, o que deverá reduzir a renda de milhares de famílias de cafeicultores. Para amenizar esta crise, algumas medidas poderiam ser adotadas, como a redução do custo de produção, aumento da produtividade, busca de qualidade, ingresso no mercado de cafés especiais, entre outras. Neste contexto, o fornecimento adequado de nutrientes contribui, de forma significativa, para o aumento da produtividade. Nesta situação, a otimização da eficiência nutricional é fundamental para ampliar a produtividade, reduzir o custo de produção e aumentar a renda do produtor rural.

A baixa produtividade das plantas cultivadas em muitos solos do mundo deve-se, em grande parte, ao excesso ou à deficiência de elementos minerais. Sabe-se que a acidez, alcalinidade, salinidade e erosão promovem a degradação e a baixa fertilidade dos solos. Por conseguinte, a correção e a fertilização dos solos, bem como a utilização de técnicas adequadas de manejo são essenciais para alcançar boas produtividades. Entretanto, de modo geral, a eficiência de recuperação dos nutrientes aplicados como fertilizantes é baixa: cerca de 50% para N, menos de 10% para P e, aproximadamente, 40% para K (BALIGAR e FAGERIA, 1998).

Tudo isto leva à necessidade de selecionar plantas eficientes na absorção e utilização dos nutrientes aplicados ao solo. Assim, a otimização da eficiência nutricional é de grande importância dado o elevado custo dos fertilizantes, imprescindíveis para o aumento da produtividade, de modo particular em solos tropicais (FAGERIA, 1984, 1989, 1992; LOPES e GUILHERME, 1989). Na agricultura moderna, este custo contribui, em média, com 30% do custo total de produção (FAGERIA, 1998).

Entre os fatores que afetam a aquisição e a utilização de nutrientes pelas plantas destacam-se as diferenças entre as cultivares. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência no uso de nutrientes por quatro cultivares de café arábica cultivadas na região da Zona da Mata de Minas Gerais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O termo eficiência nutricional é utilizado para caracterizar plantas em sua capacidade de absorver e utilizar nutrientes. A eficiência nutricional está também relacionada à produção econômica por unidade de fertilizante aplicado (BALIGAR e FAGERIA, 1998).

Com base na capacidade dos cultivares em converter nutrientes em matéria seca, as plantas podem ser agrupadas em “eficientes” e “ineficientes” (VOSE, 1987). A eficiência nutricional em plantas pode estar relacionada à eficiência de absorção, translocação e utilização de nutrientes. A eficiência de absorção está relacionada à taxa de absorção de nutrientes por unidade de comprimento ou de massa de raiz, e pode ser avaliada em estudos de cinética de absorção de nutrientes (BALIGAR e FAGERIA, 1998).

O significado de eficiência nutricional ainda é matéria de discussão. Por essa razão, diversos equívocos podem ser cometidos em relação ao aumento de produtividade, caso não sejam bem identificados os mecanismos relacionados à aquisição e utilização de nutriente (GOURLEY et al., 1994). CLARK e DUNCAN (1991) também salientaram que há grande número de definições de eficiência nutricional, muitas vezes confusas, aliado ao fato de que não há consenso sobre quais características devem ser mais valorizadas para o estudo da eficiência nutricional.

LI et al. (1991) definiram eficiência de uso como produção de biomassa por unidade do nutriente aplicado, sendo dividida em dois componentes:

eficiência de aquisição, que corresponde ao nutriente total da planta por unidade de nutriente fornecido, e eficiência de utilização, referente à matéria seca total produzida por unidade de nutriente na planta.

A eficiência de utilização do nutriente é considerada tão importante quanto a eficiência de aquisição (SIDDIQI e GLASS, 1981). Tradicionalmente, a eficiência de utilização de nutriente tem sido definida como a razão entre a biomassa e a quantidade total de nutriente na biomassa. Esta relação tem sido variavelmente definida como quociente de utilização, coeficiente de utilização ou taxa de eficiência (STEENBJERB e JAKOBSEN, 1963; LONERAGAN e ASHER, 1967; GERLOFF, 1976; SPEAR et al., 1978). SIDDIQI e GLASS (1981) relataram que a eficiência de utilização de nutrientes poderia ser representada pela concentração do nutriente, baseando-se no pressuposto de que esta concentração deve estar acima do nível crítico para o ótimo crescimento da planta. Segundo esses autores, a eficiência de utilização de nutrientes é obtida pelo quociente entre a biomassa total da planta e a concentração do nutriente. Isto equivale à razão entre o quadrado da biomassa e o conteúdo de nutriente.

Além de classificar genótipos em eficientes e ineficientes, FAGERIA e BALIGAR (1993) os agrupam em “responsivos” e “não responsivos”, de acordo com o grau de resposta da planta ao nutriente.

Segundo MARSCHNER (1995), as diferenças genotípicas quanto à eficiência nutricional ocorrem por várias razões, as quais estão relacionadas à absorção, ao transporte e à utilização dos nutrientes pelas plantas. Essas diferenças genotípicas envolvidas na nutrição mineral de plantas, podem ser explicadas, de acordo com GERLOFF e GABELMAN (1983), por aspectos morfológicos e fisiológicos relacionados à absorção de nutrientes. Dentre os aspectos morfológicos tem-se: diâmetro e comprimento de raiz, formação de pêlos radiculares e a relação superfície de raiz/unidade de peso da parte aérea. Os aspectos fisiológicos incluem os fatores que descrevem a cinética de absorção, incluindo I_{max} (taxa máxima de influxo líquido), K_m (constante de Michaelis-Menten) e C_{min} (concentração mínima abaixo da qual não mais ocorre influxo líquido).

Na concepção de SWIADER et al. (1994), a eficiência de utilização de nutrientes é definida como a capacidade de as plantas produzirem quantidades máximas de matéria seca por unidade de nutriente aplicado.

Pouco se conhece sobre a eficiência nutricional de cafeeiros, embora muitas informações com relação à nutrição mineral sejam encontradas na literatura. Comparando algumas cultivares mais cultivadas, MATIELLO (1991) constatou que o Catuaí é menos exigente em nutrientes do que o Mundo Novo, e que esta cultivar apresenta maior exigência em Mg e Zn e menor em B do que o Catuaí. CORREA et al. (1983), também estudando as exigências nutricionais dessas duas cultivares, concluíram que o Catuaí é menos eficiente na utilização de N e de S e muito mais eficiente na utilização de Cu que o Mundo Novo. PEREIRA (1999) discriminou linhagens de cafeeiros arábicos com base na eficiência de utilização de N e K.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização do experimento

O experimento foi conduzido em Área Experimental da Agronomia, localizada no Campus Universitário, pertencente à Universidade Federal de Viçosa, sendo instalado no dia 20/10/1998.

Foram utilizadas quatro cultivares de café arábica: Acaia IAC-474-19, Icatu Amarelo IAC-3282, Rubi MG-1192 e Catuaí Vermelho IAC-99, cujas características estão resumidas no Quadro 1.

O experimento constituiu-se de três níveis de adubação e correção da acidez do solo: baixo, normal (recomendado para a cultura) e alto. O delineamento experimental empregado foi em blocos completos casualizados, e os tratamentos foram distribuídos num arranjo fatorial 4x3, sendo quatro cultivares de café e três níveis de adubação, com quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais (parcelas). Cada parcela foi constituída de 25 plantas, em espaçamento de 2 x 1 m dispostas em cinco fileiras, ocupando uma área de 50 m². Considerou-se como parcela útil as nove plantas dispostas no centro das três fileiras centrais da parcela. O experimento ocupou uma área total de 2400 m².

Quadro 1 - Principais características das cultivares de café arábica utilizadas no experimento

Cultivar	Origem	Resistência à ferrugem	Cor do fruto	Qualidade da bebida	Diâmetro da copa (m)	Altura da planta (m)
Acaiá IAC-474-19	Sumatra x Bourbon Vermelho	Suscetível	Vermelha	Ótima	1,6 a 2,0	4,1 a 4,4
Icatu Amarelo IAC-3282	{[(Bourbon Vermelho x <i>C. canephora</i>) x Mundo Novo] x Mundo Novo} x Bourbon Amarelo	Moderadamente suscetível	Amarela	Ótima	2,2 a 2,4	Ao redor de 3,0
Rubi MG-1192	Retrocruzamentos de Catuaí com Mundo Novo	Suscetível	Vermelha	Ótima	Ao redor de 1,8	Ao redor de 2,0
Catuaí Vermelho IAC-99	Caturra Amarelo x Mundo Novo	Suscetível	Vermelha	Ótima	1,7 a 2,1	2,0 a 2,4

As plantas que constituíam o nível normal receberam N, P e K com base na marcha de acúmulo, considerando-se a média de nutrientes acumulados para as cultivares Mundo Novo e Catuaí, conforme MALAVOLTA (s.d.). O Ca e Mg foram fornecidos via calcário dolomítico com base em análises de solo, considerando-se 60% de saturação em bases como ideal para o cafeeiro (GUIMARÃES et al., 1999). O enxofre foi fornecido como elemento acompanhante de fertilizantes nitrogenados e fosfatados.

A aplicação de corretivos e fertilizantes para o nível normal constou do seguinte: a) Plantio: 20 g/cova de calcário dolomítico e 48 g/cova de P_2O_5 ; b) Pós-plantio: 8 g/cova de N em três aplicações e 20 g/cova de K_2O em duas aplicações, em intervalos de 30 dias; c) Correção da acidez do solo: foi realizada anualmente mediante aplicação manual de calcário dolomítico na faixa de plantio, considerando-se uma profundidade de incorporação de 5 cm; d) Adubação de primeiro, segundo e terceiro ano: foram realizadas via fertirrigação, considerando-se uma eficiência de recuperação de 90% para o N, 80% para o K e 70% para o P. Os nutrientes N, P e K foram aplicados ao solo localizadamente pela utilização de fertirrigação por gotejamento, com o suporte do “software” SISDA_{café} (MANTOVANI e COSTA, 1998), o qual também define a lâmina a ser aplicada segundo informações meteorológicas diárias fornecidas pelo Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. O N foi fornecido pela aplicação alternada de sulfato de amônio, uréia e nitrato de amônio; o P pela aplicação de MAP (fosfato monoamônico); o K foi adicionado por meio do cloreto de potássio. Um quarto da exigência nutricional anual calculada foi aplicada no período de abril a agosto, e os $\frac{3}{4}$ restantes, de setembro a março; e) Micronutrientes: Zn, B e Cu foram supridos por meio de uma aplicação foliar anual, utilizando-se sulfato de zinco, ácido bórico e oxiclreto de cobre, na concentração de 4 g/L para o nível normal.

Nos níveis baixo e alto, as plantas receberam, respectivamente, 0,4 e 1,4 vez a recomendação feita para o nível normal.

O solo onde foi conduzido o experimento é classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (Quadro 2).

Quadro 2 - Características químicas do solo da área experimental

pH em H ₂ O	P	K	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	SB	H + Al	CTC efetiva	CTC total	V	m
	mg/dm ³			cmol _c /dm ³				cmol _c /dm ³		%		
5,6	17,6	92	8	1,94	0,72	0	2,94	2,69	2,94	5,63	52,2	0

SB = Soma de bases;

V (%) = porcentagem de saturação por bases;

m (%) = porcentagem de saturação por alumínio;

Al³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; P e K extraídos com extrator biácido (HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹);

pH em H₂O relação 1:2,5.

3.2. Características avaliadas

As avaliações experimentais foram iniciadas no mês de maio de 2001, coincidindo com a colheita dos frutos. Para avaliação da produtividade foram consideradas as nove plantas da unidade experimental, enquanto que para o estudo das eficiências nutricionais, foi utilizada uma planta em cada unidade experimental, cuja parte aérea foi fracionada em caule, ramos, folhas e frutos, sendo que as raízes foram obtidas por amostragem.

As amostras da parte aérea foram identificadas, lavadas com água deionizada, acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar, a 70 °C, até peso constante, conforme descrito por JONES JUNIOR (1991). A seguir, amostras dos materiais vegetais secos foram moídas em moinho tipo Wiley, de aço inoxidável, passadas em peneira de malha de 0,841 mm, e acondicionadas em sacos de papel, para posterior determinação dos teores e conteúdos dos elementos minerais.

3.2.1. Comprimento e matéria seca de raízes

Para estimar o comprimento e a matéria seca de raízes, foram retiradas 12 amostras de uma planta em cada parcela, obtidas a distâncias de 15, 30 e 45 cm do tronco, no sentido dos quatro pontos cardeais, a 40 cm de profundidade, utilizando-se um trado cilíndrico de 4,5 cm de diâmetro (Figura 1). As amostras obtidas foram lavadas para separar as raízes do solo, identificadas e dispostas em lâmina de vidro para processamento das imagens em um microcomputador, ligado a um *scanner* HP Scanjet 4C. As imagens obtidas (Figura 2) foram processadas pelo software *QUANTROOT* elaborado pelo Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa,

especialmente desenvolvido para determinação do comprimento de raízes. Depois de determinado o comprimento de raízes, os resultados foram extrapolados para o volume de solo ocupado pela planta ($1,25664 \text{ m}^3$), considerando-se esse volume igual ao de um cilindro com raio de 1 m e altura de 0,40 m.

Após o processamento das imagens, as amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar a $70 \text{ }^\circ\text{C}$, até peso constante, para determinação da matéria seca das raízes. Esse peso foi também extrapolado para o volume de solo ocupado pela planta. Foram, então, separadas amostras desse material para determinação dos teores e conteúdos dos nutrientes, conforme já descrito anteriormente (item 3.2.).



Figura 1. Amostragem de raízes.



Figura 2. Imagem de uma amostra de raiz a ser processada pelo “software” *QUANTROOT* para determinação da área de raízes.

3.3. Análises laboratoriais

Foram determinados os teores dos macro e dos micronutrientes Cu, Zn e B na planta toda. Para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu e Zn, o material vegetal, seco e moído, foi submetido à digestão sulfúrica (JACKSON, 1958) e à nitroperclórica (JOHNSON e ULRICH, 1959), bem como à extração com água, em banho-maria a 45 °C, durante 1 hora, para análise do nitrato.

As amostras digeridas, oriundas da digestão sulfúrica, foram utilizadas para as análises dos teores de N orgânico, enquanto que as amostras processadas pela digestão nitroperclórica foram usadas para as análises dos teores de P, K, Ca, Mg, S, Cu e Zn.

O nitrato foi determinado por colorimetria (CATALDO et al., 1975), o N orgânico pelo método colorimétrico de Nessler (JACKSON, 1958), o P pelo método da vitamina C, modificado por BRAGA e DEFELIPO (1974), o K por fotometria de chama, enquanto que o Ca, o Mg, o Cu e o Zn foram quantificados por espectrofotometria de absorção atômica (ASSOCIATION ... – AOAC, 1975), sendo que o S foi avaliado por turbidimetria do sulfato (JACKSON, 1958).

O B foi analisado após digestão das amostras por via seca (calcinação em mufla a 550 °C) e foi determinado por colorimetria pelo método da Azometrina-H (BINGHAM, 1982).

3.4. Eficiência nutricional

Os índices de eficiência nutricional foram obtidos a partir dos pesos da matéria seca e os teores de nutrientes de cada parte da planta, conforme as relações apresentadas a seguir:

a. Eficiência Nutricional

a.1. Eficiência agronômica (EA)

$$EA = \frac{(\text{Produção de café em coco})^2}{\text{Conteúdo de nutriente na planta toda}}$$
, em g²/mg e g²/μg para macro e micronutrientes, respectivamente;

a.2. Eficiência de absorção de nutrientes (EAB)

$$EAB = \frac{\text{Conteúdo de nutriente na planta toda}}{\text{Comprimento de raiz}}$$
, em mg/m e μg/m para macro e micronutrientes, respectivamente.

a.3. Eficiência de produção de raízes (EPR)

$$EPR = \frac{(\text{Matéria seca de raiz})^2}{\text{Conteúdo de nutriente na planta toda}}$$
, em g²/mg e g²/μg para macro e micronutrientes, respectivamente.

a.4. Eficiência de translocação de nutrientes (ET)

$$ET = \frac{\text{Conteúdo de nutriente na parte aérea}}{\text{Conteúdo de nutriente na planta toda}}$$
, em g/g para macro e micronutrientes.

a.5. Eficiência de utilização de nutrientes (EU)

$$EU = \frac{(\text{Matéria seca total})^2}{\text{Conteúdo de nutriente na planta toda}}$$
, em g²/mg e g²/μg para macro e micronutrientes, respectivamente.

a.5.1. Eficiência de utilização de nutrientes para produção de parte aérea (EUPA)

$$EUPA = \frac{(\text{Matéria seca da parte aérea})^2}{\text{Conteúdo de nutriente na planta toda}}$$
, em g^2/mg e $g^2/\mu g$ para macro e micronutrientes, respectivamente.

a.5.2. Eficiência de utilização de nutrientes para produção de caule (EUC)

$$EUC = \frac{(\text{Matéria seca do caule})^2}{\text{Conteúdo de nutriente na parte aérea}}$$
, em g^2/mg e $g^2/\mu g$ para macro e micronutrientes, respectivamente.

a.5.3. Eficiência de utilização de nutrientes para produção de ramos (EUR)

$$EUR = \frac{(\text{Matéria seca de ramos})^2}{\text{Conteúdo de nutriente na parte aérea}}$$
, em g^2/mg e $g^2/\mu g$ para macro e micronutrientes, respectivamente.

a.5.4. Eficiência de utilização de nutrientes para produção de folhas (EUF)

$$EUF = \frac{(\text{Matéria seca de folha})^2}{\text{Conteúdo de nutriente na parte aérea}}$$
, em g^2/mg e $g^2/\mu g$ para macro e micronutrientes, respectivamente.

a.5.5. Eficiência de utilização de nutrientes para produção de frutos (EUFR)

$$EUFR = \frac{(\text{Matéria seca de frutos})^2}{\text{Conteúdo de nutriente na parte aérea}}$$
, em g^2/mg e $g^2/\mu g$ para macro e micronutrientes, respectivamente.

b. Alocação relativa de nutrientes na parte aérea

b.1. Alocação relativa de nutrientes no caule (ANC)

$$ANC = \frac{\text{Conteúdo de nutriente no caule}}{\text{Conteúdo de nutriente na parte aérea}}$$
, em g/g para macro e micronutrientes.

b.2. Alocação relativa de nutrientes nos ramos (ANR)

$ANR = \frac{\text{Conteúdo de nutriente nos ramos}}{\text{Conteúdo de nutriente na parte aérea}}$, em g/g para macro e micronutrientes.

b.3. Alocação relativa de nutrientes nas folhas (ANF)

$ANF = \frac{\text{Conteúdo de nutriente nas folhas}}{\text{Conteúdo de nutriente na parte aérea}}$, em g/g para macro e micronutrientes.

b.4. Alocação relativa de nutrientes nos frutos (ANFR)

$ANFR = \frac{\text{Conteúdo de nutriente no fruto}}{\text{Conteúdo de nutriente na parte aérea}}$, em g/g para macro e micronutrientes.

3.5. Análise de variância e teste de comparação de médias

As análises estatísticas de produtividade e eficiência nutricional foram realizadas pelo programa GENES (CRUZ, 2001). Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias (teste de Tukey). A análise de variância seguiu o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + V_i + N_j + B/N_{jk} + VN_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

em que

Y_{ijk} = valor da característica observada na i -ésima cultivar, no j -ésimo nível de adubação e no k -ésimo bloco;

μ = média geral do ensaio;

V_i = efeito fixo qualitativo da i -ésima cultivar ($i = 1, 2, 3, 4$);

B/N_{jk} = efeito aleatório do k -ésimo bloco dentro do j -ésimo nível de adubação;

N_j = efeito fixo quantitativo do j -ésimo nível de adubação ($j = 1, 2, 3$);

VN_{ij} = efeito fixo da interação entre a i -ésima cultivar e o j -ésimo nível de adubação; e

ε_{ijk} = erro aleatório associado à observação Y_{ijk} .

O efeito de nível, apesar de ser quantitativo, não foi estudado sob teoria de regressão em razão de se dispor de apenas três níveis e haver evidência de que estes níveis apresentam diferenças, uma vez que correspondem a quantidades de nutrientes acima e abaixo do normal (recomendado para a cultura). Como o interesse era o de comparar as diferentes cultivares, realizou-se, independente dos resultados da interação cultivar x nível de adubação, a decomposição da soma de quadrados do efeito da variedade/nível e comparou-se as médias dentro de cada nível, pelo teste Tukey.

3.6. Análise de trilha

Foram feitas duas análises de trilha com a finalidade de verificar quais medidas de eficiência nutricional influenciaram mais na eficiência agronômica (EA) e na eficiência de utilização de nutrientes para produção de parte aérea (EUPA), de acordo com os diagramas causais (Figuras 3 e 4). Para tanto, utilizou-se o programa GENES (CRUZ, 2001).

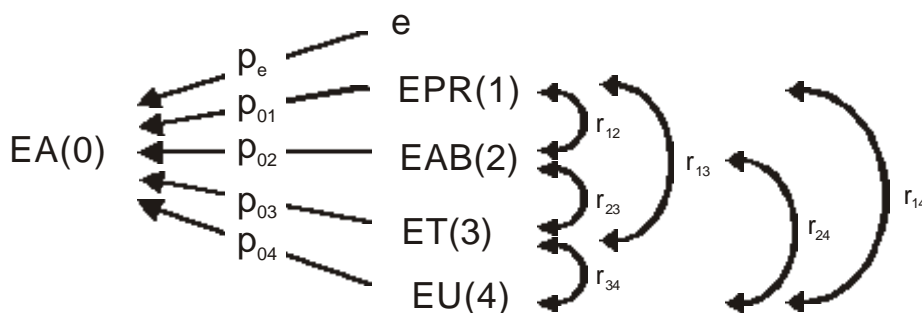


Figura 3. Diagrama de causa e efeito entre a variável básica (eficiência agronômica (EA)) e as variáveis explicativas (eficiência de produção de raízes (EPR), eficiência de absorção (EAB), eficiência de translocação (ET) e eficiência de utilização (EU)), para N, P, S, K, Ca, Mg, Cu, Zn e B; e = erro; p_e = efeito direto do erro sobre a eficiência agronômica; p_{0i} = efeito direto da i-ésima eficiência sobre a eficiência agronômica; e r_{ij} = correlação entre a i-ésima e a j-ésima eficiência.

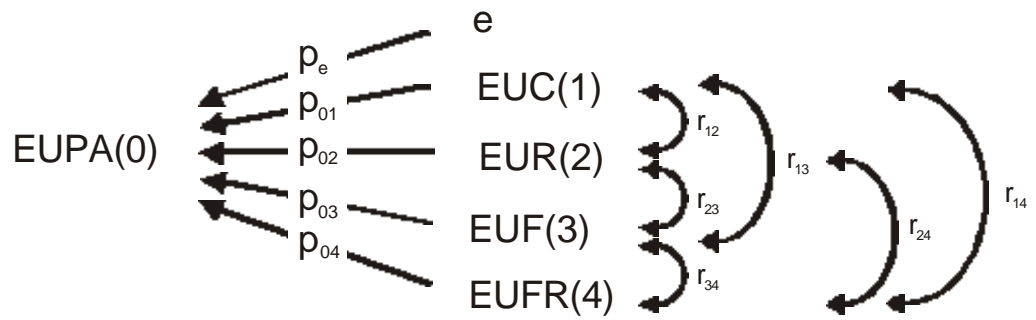


Figura 4. Diagrama de causa e efeito entre a variável básica (eficiência de utilização de nutrientes para produção de parte aérea (EUPA)) e as variáveis explicativas (eficiência de utilização de nutrientes para produção de caule (EUC), de ramos (EUR), de folhas (EUF) e de frutos (EUFR)), para N, P, S, K, Ca, Mg, Cu, Zn e B. e = erro; p_e = efeito direto do erro sobre a eficiência de utilização de nutrientes para produção de parte aérea; p_{0i} = efeito direto da i -ésima eficiência sobre a eficiência de utilização de nutrientes para produção de parte aérea; e r_{ij} = correlação entre a i -ésima e a j -ésima eficiência.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Produtividade

Analisando-se as médias de produtividade (Quadro 3), observa-se que elas alcançaram maiores valores no maior nível de adubação. As cultivares Rubi MG-1192 e Catuaí Vermelho IAC-99 apresentaram produtividades mais elevadas nos níveis de adubação normal e alto, enquanto que o Acaiá IAC-474-19 foi a cultivar que apresentou a menor produtividade nos três ambientes. A cultivar Icatu Amarelo IAC-3282 foi a mais produtiva no nível baixo de adubação, sendo que sua produtividade decresceu com o aumento das doses de nutrientes no solo. Sabe-se que a cultivar Icatu Amarelo é originada do cruzamento interespecífico entre as espécies *Coffea canephora* Pierre e *C. arabica* L. variedade Bourbon Vermelho, e que deve ter herdado algumas características de rusticidade inerentes ao cafeeiro robusta. Pode-se sugerir, que o Icatu Amarelo IAC-3282 seja uma cultivar com menor exigência nutricional, apresentando, ainda, maior eficiência de utilização de nutrientes em condições de baixo nível de adubação, em comparação com as demais cultivares.

Ensaio regional de linhagens comerciais de cultivares de café arábica instalado na mesma época, em Belizário, distrito de Muriaé-MG, evidenciou produtividades de 23,73, 23,73 e 23,47 sacas/ha de café beneficiado para as

cultivares Icatu Amarelo IAC-3282, Catuaí Vermelho IAC-99 e Rubi MG-1192 (MOURA et al., 2000). Comparando esses resultados com os obtidos neste trabalho, há uma indicação que estas três cultivares comportaram-se melhor em Viçosa, onde suas produtividades foram 23,9, 38,8 e 40,1 sacas de café beneficiado/ha, respectivamente, embora o espaçamento utilizado nos dois locais seja diferente.

Trabalho realizado pela EPAMIG/UFLA/UFV/UFU, envolvendo comparação de produtividade de dez progênies de Catuaí Vermelho e Amarelo, em oito colheitas, indicou a cultivar Catuaí Vermelho IAC-99 como a mais produtiva (28,2 sacas de café beneficiado/ha) para as Regiões do Rio Paranaíba-MG e do cerrado de Patrocínio-MG (PESQUISA, 1999). Embora neste trabalho a produtividade obtida refira-se a uma única colheita, o Catuaí Vermelho IAC-99 alcançou produtividade de 38,8 sacas de café beneficiado/ha. O Catuaí Vermelho IAC-99 vem se destacando também na Região Serrana do Estado do Espírito Santo, com produtividade de 27 sacas de café beneficiado/ha (FERRÃO, 2000).

Quadro 3 - Médias de produtividade de quatro cultivares de café arábica, com três anos de idade, submetidas a três níveis de adubação

Cultivar	Nível de adubação			Média
	Baixo	Normal	Alto	
	----- sacas de café beneficiado/ha -----			
Acaíá IAC-474-19	12,4 ^B	18,3 ^B	25,8 ^B	18,8 ^B
Icatu Amarelo IAC-3282	30,2 ^A	25,2 ^{AB}	23,9 ^B	26,5 ^A
Rubi MG-1192	20,7 ^{AB}	33,2 ^A	40,1 ^A	31,3 ^A
Catuaí Vermelho IAC-99	19,9 ^{AB}	30,1 ^A	38,8 ^A	29,6 ^A
Média	20,8 ^c	26,7 ^b	32,2 ^a	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey.

No nível mais baixo de adubação, que corresponde a uma redução de 60% no fornecimento de adubos em relação ao recomendado para a cultura (normal), as cultivares Icatu Amarelo IAC-3282 e Acaíá IAC-474-19 produziram, respectivamente, 30,2 e 12,4 sacas de café beneficiado/ha. Entretanto, no nível normal de adubação, as cultivares Rubi MG-1192 e Catuaí Vermelho IAC-99 apresentaram as melhores produções, sem diferir da cultivar Icatu Amarelo IAC-3282, porém, superiores ao Acaíá IAC-474-19. Aplicando-se 1,4 vez a dose de adubo recomendada (nível alto), as cultivares Rubi MG-1192 e Catuaí

Vermelho IAC-99 destacaram-se, diferindo-se estatisticamente das cultivares Acaia IAC-474-19 e Icatu Amarelo IAC-3282. Desta forma, nota-se que as cultivares Rubi MG-1192 e Catuaí Vermelho IAC-99, além de produtivas, apresentaram boas respostas à adubação. Estas cultivares aumentaram a produção em 60% e em 51% do nível baixo para o normal, e em 21% e em 29% deste para o nível alto, respectivamente. O Acaia IAC-474-19 foi menos produtivo e alcançou incrementos na produção de 47,5% do nível baixo para o normal e de 41% deste para o nível alto. A produtividade do Icatu Amarelo IAC-3282 apresentou uma redução de 20% do nível baixo para o nível normal, sendo que deste para o nível alto praticamente não variou. Neste contexto, pode-se inferir que a cultivar Icatu Amarelo IAC-3282 destacou-se, sendo mais produtivo que os demais, quando submetido a baixos níveis de adubação. As cultivares Rubi MG-1192 e Catuaí Vermelho IAC-99 foram as mais produtivas nos níveis normal e alto de adubação e responderam ao incremento de adubação, enquanto que a cultivar Acaia IAC-474-19 embora responda bem à adubação apresentou menores produções quando comparadas com as demais cultivares.

4.2. Eficiência agrônômica

É um índice que relaciona produção de frutos em coco por unidade de nutriente na planta. De modo geral, observa-se que a eficiência agrônômica acompanhou a produtividade, ou seja, cultivares mais produtivas apresentaram também maiores produções de frutos por unidade de nutriente na matéria seca total. Embora a cultivar Icatu Amarelo IAC-3282 tenha se destacado em termos de produtividade, quando cultivada com baixos níveis de adubos, e a Acaia IAC-474-19 tenha apresentado o pior desempenho nessas condições, a eficiência agrônômica não evidenciou diferença significativa entre essas cultivares (Quadro 4). Observa-se, entretanto, tendência para maior eficiência agrônômica para todos os nutrientes para a cultivar Icatu Amarelo IAC-3282 e menor eficiência para a cultivar Acaia IAC-474-19 no menor nível de adubação. Entretanto, em virtude dos elevados coeficientes de variação apresentados para essa variável, as diferenças entre médias não foram significativas. Como se trata da primeira colheita, há uma variação na produção das diferentes

cultivares, necessitando-se portanto, continuidade na avaliação desta característica por um período de pelo menos quatro colheitas, para confirmar os resultados obtidos.

Quando cultivadas no nível normal de fertilização, as cultivares não apresentaram diferença na capacidade de produzir frutos por unidade de nutriente acumulado. Nessa condição, a cultivar Rubi MG-1192 apresentou maior produção de frutos por unidade de P e B na planta, enquanto que a Acaiá IAC-474-19 apresentou menor produção de frutos por unidade desses nutrientes (Quadro 4).

Quando submetidas ao nível alto de fertilizantes, destacaram-se as cultivares Catuaí Vermelho IAC-99 e Rubi MG-1192, com maior eficiência agrônômica (Quadro 4). O Catuaí Vermelho IAC-99 apresentou maior produção de frutos que as demais cultivares por unidade de N, P, S, K, Ca, Mg, Zn e B acumulados na planta. Nessa condição, as cultivares Icatu Amarelo IAC-3282 e Acaiá IAC-474-19 apresentaram menores produções de frutos por unidade de P, S, Ca, Mg, Zn e B na planta, justificando assim as diferenças observadas nas produtividades.

Essas diferenças entre as cultivares não foram devidas a diferenças na capacidade de absorção de nutrientes. Não houve diferença significativa entre cultivares na eficiência de absorção, ou seja, no conteúdo de nutriente na planta por comprimento de raiz, para todos os nutrientes em estudo em todos os níveis (Quadro 5). Essas diferenças tampouco se deveram a um maior sistema radicular, que exploraria maior volume de solo (Quadro 6). Ademais, maior produção de matéria seca de raiz não reflete, necessariamente, maior absorção de nutrientes. Observa-se que em ambiente com restrição nutricional, a cultivar Acaiá IAC-474-19 (menor eficiência agrônômica) apresentou a maior eficiência de produção de raízes, enquanto que a Rubi MG-1192 (eficiência agrônômica intermediária nessa condição) apresentou a menor eficiência de produção de raízes (Quadro 6).

De acordo com MARSCHNER (1991), plantas adaptadas aos solos de baixa fertilidade apresentam, em geral, altas concentrações de P e de outros nutrientes na parte aérea, como estratégia para evitar o estresse nutricional. Todavia, essas plantas não se caracterizam por uma alta eficiência de

absorção, sendo os elevados teores de nutrientes na biomassa função de suas lentas taxas de crescimento, mesmo sob condições de melhor suprimento.

As diferenças na eficiência agronômica apresentadas pelas cultivares em estudo deveram-se a diferenças em suas eficiências de translocação de nutrientes das raízes para a parte aérea, e em suas eficiências de utilização de nutrientes (Quadros 7 e 8, respectivamente).

Na condição de menor disponibilidade de nutrientes, a cultivar mais produtiva, Icatu Amarelo IAC-3282, apresentou tendência de superioridade quanto a eficiência de utilização de P em relação às demais cultivares (Quadro 8), enquanto que a menos produtiva, Acaiá IAC-474-19, apresentou eficiência de translocação de N, Cu e Zn inferior às demais (Quadro 7). Nessa mesma condição, a cultivar Rubi MG-1192 apresentou eficiência de translocação de N, Cu e Zn e eficiência de utilização de Zn superiores (Quadros 7 e 8, respectivamente), porém seu desempenho quanto à eficiência agronômica foi intermediário, provavelmente devido à baixa eficiência de produção de raízes apresentada no nível baixo de fertilização (Quadro 6). A cultivar Catuaí Vermelho IAC-99, também com eficiência agronômica intermediária, apresentou baixa eficiência de utilização de P, K e Zn em condição de restrição nutricional (Quadro 8).

Com as doses estabelecidas para o nível normal, a eficiência agronômica quanto ao P e B (Quadro 4) justifica a maior produtividade da cultivar Rubi MG-1192, bem como a menor produtividade da cultivar Acaiá IAC-474-19, muito embora não se tenham encontrado diferenças significativas entre as cultivares com relação à aquisição (eficiência de absorção e de produção de raízes), à translocação ou à utilização de nutrientes que justifiquem esse comportamento (Quadros 5, 6, 7 e 8, respectivamente).

Na condição de maiores doses de fertilizantes, a eficiência de utilização de P, K, Mg e B respondeu pelo melhor desempenho da cultivar Rubi MG-1192 quanto à produtividade, enquanto que a eficiência de utilização de P, Mg e Zn justificou a boa produtividade do Catuaí Vermelho IAC-99. Nesta mesma condição, a baixa eficiência de utilização de P, K, Mg, Zn e B explica a menor eficiência agronômica e reduzida produtividade da cultivar Icatu Amarelo IAC-3282 (Quadro 8).

4.3. Eficiência de absorção, produção de raízes, translocação e utilização de nutrientes

Maior ou menor produção de frutos por unidade de nutrientes na planta pode ser explicada por diferenças na eficiência de aquisição, de translocação e, ou, de utilização dos nutrientes. A aquisição de nutrientes depende da eficiência dos mecanismos de absorção e do volume de solo explorado pelas raízes, e pode ser avaliada pelas eficiências de absorção e de produção de raízes. Por sua vez, a eficiência de utilização de nutrientes depende do seu transporte para a parte aérea e de sua exigência metabólica.

Cultivares mais eficientes na aquisição de nutrientes com baixos teores no solo, são geralmente considerados melhor adaptados a tais condições. As variações na aquisição de nutrientes do solo podem ser atribuídas a fatores relacionados à função e estrutura do sistema radicular, incluindo características morfológicas, bem como mecanismos bioquímicos responsáveis pela transferência de íons nas membranas das células das raízes (AHMAD et al., 2001). Todavia, verifica-se que a absorção de nutrientes por unidade de comprimento de raízes não diferiu entre as cultivares nos diversos níveis de adubação (Quadro 5). Todas as cultivares comportaram-se semelhantemente, em todos os níveis de adubação, para todos os nutrientes, não havendo diferenças significativas entre as médias dos tratamentos.

A eficiência de produção de raízes foi diferenciada entre as cultivares quando houve restrição na quantidade de adubos fornecidos (nível baixo), não havendo diferenças entre elas quando se empregou dose normal e alta de fertilizantes. Quando se utilizou 0,4 vez a dose estabelecida para o nível normal, a cultivar Acaíá IAC-474-19 apresentou maior produção de raízes por unidade de N, P, K, Ca, Mg e S absorvidos, enquanto que a cultivar Rubi MG-1192 exibiu menor eficiência de produção de raízes quanto a esses nutrientes, ficando o Icatu Amarelo IAC-3282 e o Catuaí Vermelho IAC-99 em posições intermediárias, sem diferir estatisticamente das demais cultivares (Quadro 6).

A produção de matéria seca de raízes em genótipos de arroz elevou-se com o aumento da disponibilidade de P, embora o comprimento do sistema radicular não tenha sido alterado (FAGERIA et al., 1988), dificultando a discriminação de genótipos quanto à produção de matéria seca de raízes quando se utiliza dose elevada de nutrientes. O comprimento do sistema

radicular do milho também não foi afetado pelo suprimento de P, ocorrendo, contudo, redução na área superficial e aumento no diâmetro das raízes (SCHENK e BARBER, 1979). Não obstante, FURLANI et al. (1983), estudando eficiência de absorção e de utilização de P em arroz, verificaram reduções no comprimento radicular e aumento no número de raízes principais e secundárias. Redução no comprimento radicular e na densidade de pêlos radiculares, com conseqüente redução na área superficial de raízes, devido ao suprimento de P, também foi notado por FÖHSE e JUNGK (1983). Neste aspecto, observa-se que a produção de matéria seca é importante na absorção de P quando associada à grande área superficial de raízes, uma vez que este nutriente é adsorvido com maior energia pelo solo, com redução de sua disponibilidade para as plantas (NOVAIS e SMYTH, 1999).

O movimento de nutrientes dentro de plantas cultivadas em condições de deficiência nutricional pode ser diferente do observado em plantas sob condições ideais de crescimento. Embora a cultivar Acaiá IAC-474-19 tenha se destacado quanto à eficiência de produção de raízes em baixas doses de adubação, ela apresentou eficiência de translocação inferior para N, Cu e Zn, o que, poderia justificar sua menor produção nessas condições. A cultivar Rubi MG-1192 apresentou eficiência de translocação superior à Acaiá IAC-474-19 para N, Cu e Zn (Quadro 7), embora a eficiência de produção de raízes dessa cultivar tenha sido significativamente menor.

Quanto à eficiência de utilização de nutrientes, isto é, a produção de matéria seca total (parte aérea + raiz) por unidade de nutriente absorvido, quando se empregaram as doses normais de adubos, as cultivares apresentaram comportamentos semelhantes. No menor nível de adubação, a cultivar Icatu Amarelo IAC-3282 apresentou maior eficiência de utilização de P, o que poderia justificar sua maior produtividade nessa condição. Com o uso de 1,4 vez a necessidade normal de adubação verificou-se baixa eficiência na utilização de P, K, Mg, Zn e B para a cultivar Icatu Amarelo IAC-3282, o que justificaria sua menor produtividade nessas condições experimentais (Quadro 8).

Tal fato pode ser interpretado como uma relação diferencial das taxas de absorção desses nutrientes e produção de matéria seca, com o aumento nos níveis de adubação. Desta forma, a produção de matéria seca total do Icatu Amarelo IAC-3282 não deve ter aumentado de forma expressiva,

proporcionalmente ao aumento da absorção de P, K, Mg, Zn e B, diminuindo a eficiência de utilização desses nutrientes, no nível alto de adubação.

De acordo com BRIDGHAM et al. (1995) e SILVA et al. (1996), a eficiência de utilização diminui com o aumento da disponibilidade do nutriente no substrato, uma vez que, nesta condição, a produção de biomassa pelas plantas não sofre incremento na mesma proporção que a absorção e acúmulo do nutriente nos tecidos, havendo, nesse caso, um declínio na utilização interna do nutriente para a produção de biomassa (SIDDIQI e GLASS, 1981).

Quadro 4 - Médias de eficiência agrônômica¹ de quatro cultivares de café arábica, cultivadas em três níveis de adubação

Nutriente	Cultivar	Nível de Adubação			Média	CV (%)
		Baixo	Normal	Alto		
N	Acaiaí IAC-474-19	16,4937 ^A	10,5655 ^A	18,5701 ^{AB}	15,2098 ^A	50,66
	Icatu Amarelo IAC-3282	30,3383 ^A	23,5575 ^A	15,0032 ^B	22,9664 ^A	
	Rubi MG-1192	23,9980 ^A	28,4821 ^A	32,2293 ^{AB}	28,2365 ^A	
	Catuaí vermelho IAC-99	19,7815 ^A	23,4520 ^A	37,9590 ^A	27,0642 ^A	
	Média	22,6529 ^a	21,5143 ^a	25,9404 ^a		
P	Acaiaí IAC-474-19	186,4512 ^A	171,8045 ^B	316,5243 ^B	224,9267 ^A	45,58
	Icatu Amarelo IAC-3282	413,1123 ^A	394,8390 ^{AB}	281,1461 ^B	363,0324 ^A	
	Rubi MG-1192	253,6218 ^A	467,0393 ^A	624,8550 ^A	448,5054 ^A	
	Catuaí vermelho IAC-99	231,4643 ^A	390,0930 ^{AB}	690,8412 ^A	437,4662 ^A	
	Média	271,1624 ^b	355,9439 ^{ab}	478,3416 ^a		
S	Acaiaí IAC-474-19	190,6531 ^A	145,0666 ^A	233,5871 ^B	189,7689 ^A	47,11
	Icatu Amarelo IAC-3282	361,6604 ^A	307,4117 ^A	186,4362 ^B	285,1695 ^A	
	Rubi MG-1192	245,3456 ^A	360,2662 ^A	407,0752 ^{AB}	337,5624 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	230,7426 ^A	305,6550 ^A	499,2679 ^A	345,2219 ^A	
	Média	257,1004 ^a	279,5999 ^a	331,5916 ^a		
K	Acaiaí IAC-474-19	37,2661 ^A	25,8429 ^A	43,3242 ^{AB}	35,4778 ^A	52,20
	Icatu Amarelo IAC-3282	68,6015 ^A	54,5575 ^A	34,2199 ^B	52,4596 ^A	
	Rubi MG-1192	56,9780 ^A	71,5877 ^A	79,1401 ^{AB}	69,2353 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	42,6781 ^A	55,1755 ^A	85,6807 ^A	61,1781 ^A	
	Média	51,3809 ^a	51,7909 ^a	60,5912 ^a		
Ca	Acaiaí IAC-474-19	40,1963 ^A	30,5312 ^A	65,8208 ^{BC}	45,5161 ^A	43,79
	Icatu Amarelo IAC-3282	74,8954 ^A	67,5829 ^A	55,1833 ^C	65,8872 ^A	
	Rubi MG-1192	44,2335 ^A	83,8254 ^A	107,1284 ^{AB}	78,3958 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	49,2905 ^A	61,1739 ^A	134,2349 ^A	81,5665 ^A	
	Média	52,1539 ^b	60,7784 ^b	90,5919 ^a		
Mg	Acaiaí IAC-474-19	109,8993 ^A	80,3568 ^A	148,3889 ^{BC}	112,8817 ^A	47,09
	Icatu Amarelo IAC-3282	193,4328 ^A	175,9137 ^A	123,6037 ^C	164,3167 ^A	
	Rubi MG-1192	139,7491 ^A	210,5937 ^A	270,3571 ^{AB}	206,9000 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	132,0120 ^A	166,6591 ^A	324,7527 ^A	207,8079 ^A	
	Média	143,7733 ^b	158,3808 ^{ab}	216,7756 ^a		
Cu	Acaiaí IAC-474-19	11,1863 ^A	11,9594 ^A	14,8733 ^A	12,6730 ^B	51,13
	Icatu Amarelo IAC-3282	21,4226 ^A	23,6099 ^A	12,7911 ^A	19,2745 ^{AB}	
	Rubi MG-1192	15,2678 ^A	26,1505 ^A	27,7849 ^A	23,0678 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	14,8212 ^A	22,1819 ^A	29,2588 ^A	22,0873 ^{AB}	
	Média	15,6745 ^a	20,9754 ^a	21,1770 ^a		
Zn	Acaiaí IAC-474-19	14,2391 ^A	10,6114 ^A	21,1648 ^B	15,3384 ^A	55,93
	Icatu Amarelo IAC-3282	23,6218 ^A	26,2641 ^A	13,8045 ^B	21,2302 ^A	
	Rubi MG-1192	26,3353 ^A	28,0798 ^A	33,7213 ^{AB}	29,3788 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	14,1823 ^A	22,0660 ^A	46,6490 ^A	27,6324 ^A	
	Média	19,5946 ^a	21,7553 ^a	28,8349 ^a		
B	Acaiaí IAC-474-19	8,2155 ^A	9,8877 ^B	15,1728 ^B	11,0920 ^A	47,19
	Icatu Amarelo IAC-3282	17,6036 ^A	24,0636 ^{AB}	14,7617 ^B	18,8097 ^A	
	Rubi MG-1192	10,0799 ^A	25,0208 ^A	32,3896 ^A	22,4968 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	11,4494 ^A	19,6360 ^{AB}	33,8065 ^A	21,6306 ^A	
	Média	11,8371 ^b	19,6521 ^a	24,0327 ^a		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey.

1/ $EA = \frac{(\text{Produção de café em coco})^2}{\text{Conteúdo de nutriente na planta}}$, em g²/mg e g²/μg para macro e micronutrientes, respectivamente.

Quadro 5 - Médias de eficiência de absorção de nutrientes² de quatro cultivares de café arábica, cultivadas em três níveis de adubação

Nutriente	Cultivar	Nível de Adubação			Média	CV (%)
		Baixo	Normal	Alto		
N	Acaiá IAC-474-19	0,0124 ^A	0,0142 ^A	0,0118 ^A	0,0185 ^A	40,77
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,0077 ^A	0,0150 ^A	0,0087 ^A	0,0105 ^A	
	Rubi MG-1192	0,0105 ^A	0,0202 ^A	0,0107 ^A	0,0138 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,0140 ^A	0,0098 ^A	0,0143 ^A	0,0127 ^A	
	Média	0,0112 ^a	0,0148 ^a	0,0114 ^a		
P	Acaiá IAC-474-19	0,0010 ^A	0,0008 ^A	0,0006 ^A	0,0008 ^A	45,45
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,0005 ^A	0,0008 ^A	0,0004 ^A	0,0006 ^A	
	Rubi MG-1192	0,0009 ^A	0,0012 ^A	0,0005 ^A	0,0009 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,0012 ^A	0,0005 ^A	0,0008 ^A	0,0008 ^A	
	Média	0,0009 ^a	0,0008 ^a	0,0006 ^a		
S	Acaiá IAC-474-19	0,0010 ^A	0,0010 ^A	0,0009 ^A	0,0010 ^A	40,47
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,0006 ^A	0,0011 ^A	0,0006 ^A	0,0008 ^A	
	Rubi MG-1192	0,0009 ^A	0,0015 ^A	0,0008 ^A	0,0011 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,0012 ^A	0,0007 ^A	0,0010 ^A	0,0010 ^A	
	Média	0,0009 ^a	0,0011 ^a	0,0008 ^a		
K	Acaiá IAC-474-19	0,0054 ^A	0,0055 ^A	0,0049 ^A	0,0053 ^A	43,54
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,0034 ^A	0,0064 ^A	0,0037 ^A	0,0045 ^A	
	Rubi MG-1192	0,0049 ^A	0,0079 ^A	0,0043 ^A	0,0057 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,0065 ^A	0,0041 ^A	0,0064 ^A	0,0057 ^A	
	Média	0,0051 ^a	0,0060 ^a	0,0048 ^a		
Ca	Acaiá IAC-474-19	0,0051 ^A	0,0048 ^A	0,0036 ^A	0,0045 ^A	44,21
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,0032 ^A	0,0052 ^A	0,0023 ^A	0,0036 ^A	
	Rubi MG-1192	0,0048 ^A	0,0067 ^A	0,0033 ^A	0,0049 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,0057 ^A	0,0037 ^A	0,0041 ^A	0,0045 ^A	
	Média	0,0047 ^a	0,0051 ^a	0,0033 ^a		
Mg	Acaiá IAC-474-19	0,0018 ^A	0,0019 ^A	0,0015 ^A	0,0017 ^A	41,29
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,0012 ^A	0,0020 ^A	0,0010 ^A	0,0014 ^A	
	Rubi MG-1192	0,0016 ^A	0,0027 ^A	0,0012 ^A	0,0018 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,0021 ^A	0,0014 ^A	0,0017 ^A	0,0017 ^A	
	Média	0,0017 ^a	0,0020 ^a	0,0013 ^a		
Cu	Acaiá IAC-474-19	0,0190 ^A	0,0140 ^A	0,0140 ^A	0,0157 ^A	40,89
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,0115 ^A	0,0151 ^A	0,0101 ^A	0,0123 ^A	
	Rubi MG-1192	0,0152 ^A	0,0220 ^A	0,0123 ^A	0,0165 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,0186 ^A	0,0106 ^A	0,0183 ^A	0,0158 ^A	
	Média	0,0161 ^a	0,0154 ^a	0,0137 ^a		
Zn	Acaiá IAC-474-19	0,0167 ^A	0,0136 ^A	0,0104 ^A	0,0136 ^A	47,53
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,0097 ^A	0,0143 ^A	0,0099 ^A	0,0113 ^A	
	Rubi MG-1192	0,0094 ^A	0,0210 ^A	0,0101 ^A	0,0135 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,0195 ^A	0,0105 ^A	0,0120 ^A	0,0140 ^A	
	Média	0,0138 ^a	0,0148 ^a	0,0106 ^a		
B	Acaiá IAC-474-19	0,0244 ^A	0,0161 ^A	0,0143 ^A	0,0183 ^A	39,92
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,0135 ^A	0,0148 ^A	0,0094 ^A	0,0126 ^A	
	Rubi MG-1192	0,0210 ^A	0,0226 ^A	0,0108 ^A	0,0181 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,0239 ^A	0,0117 ^A	0,0168 ^A	0,0175 ^A	
	Média	0,0207 ^a	0,0163 ^a	0,0128 ^a		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey.

^{2/} $EAB = \frac{\text{Conteúdo de nutriente na planta}}{\text{Comprimento de raiz}}$, em g/m e mg/m para macro e micronutrientes, respectivamente.

Quadro 6 - Médias de eficiência de produção de raízes³ de quatro cultivares de café arábica, cultivadas em três níveis de adubação

Nutriente	Cultivar	Nível de Adubação			Média	CV (%)
		Baixo	Normal	Alto		
N	Acaiaí IAC-474-19	5,5689 ^A	1,9692 ^A	1,4953 ^A	3,0111 ^A	104,32
	Icatu Amarelo IAC-3282	2,9247 ^{AB}	2,3823 ^A	1,4708 ^A	2,2593 ^A	
	Rubi MG-1192	1,0344 ^B	3,7423 ^A	1,1696 ^A	1,9821 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	1,7670 ^{AB}	2,3932 ^A	1,3527 ^A	1,8376 ^A	
	Média	2,8237 ^a	2,6218 ^a	1,3721 ^a		
P	Acaiaí IAC-474-19	66,5351 ^A	33,7221 ^A	25,3579 ^A	41,8717 ^A	90,34
	Icatu Amarelo IAC-3282	39,0095 ^{AB}	40,7412 ^A	27,5845 ^A	35,7784 ^A	
	Rubi MG-1192	11,5718 ^B	61,6622 ^A	23,4168 ^A	32,2170 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	19,8130 ^{AB}	39,7501 ^A	24,6135 ^A	28,0589 ^A	
	Média	34,2324 ^a	43,9689 ^a	25,2432 ^a		
S	Acaiaí IAC-474-19	59,7943 ^A	25,9727 ^A	17,9812 ^A	34,5827 ^A	90,70
	Icatu Amarelo IAC-3282	34,8202 ^{AB}	30,9986 ^A	19,2692 ^A	28,3627 ^A	
	Rubi MG-1192	11,5429 ^B	47,2775 ^A	14,3471 ^A	24,3892 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	20,3117 ^{AB}	30,4323 ^A	17,9186 ^A	22,8875 ^A	
	Média	31,6173 ^a	33,6703 ^a	17,3790 ^a		
K	Acaiaí IAC-474-19	14,2950 ^A	4,9884 ^A	3,6523 ^A	7,6452 ^A	115,31
	Icatu Amarelo IAC-3282	6,6394 ^{AB}	5,5194 ^A	3,4485 ^A	5,2024 ^A	
	Rubi MG-1192	2,2802 ^B	9,4000 ^A	2,8707 ^A	4,8503 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	3,8270 ^{AB}	5,7304 ^A	3,0840 ^A	4,2138 ^A	
	Média	6,7604 ^a	6,4096 ^a	3,2639 ^a		
Ca	Acaiaí IAC-474-19	14,5743 ^A	6,3488 ^A	5,2377 ^A	8,7203 ^A	102,53
	Icatu Amarelo IAC-3282	7,1265 ^{AB}	6,8595 ^A	5,4009 ^A	6,4623 ^A	
	Rubi MG-1192	2,1988 ^B	11,5647 ^A	3,9906 ^A	5,9180 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	4,4245 ^{AB}	6,1846 ^A	4,7883 ^A	5,1325 ^A	
	Média	7,0810 ^a	7,7394 ^a	4,8544 ^a		
Mg	Acaiaí IAC-474-19	33,8401 ^A	14,6579 ^A	11,3493 ^A	19,9491 ^A	90,96
	Icatu Amarelo IAC-3282	17,5963 ^{AB}	16,9362 ^A	11,6194 ^A	15,3840 ^A	
	Rubi MG-1192	6,3502 ^B	26,5939 ^A	10,0347 ^A	14,3263 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	11,7024 ^{AB}	16,2679 ^A	11,7480 ^A	13,2394 ^A	
	Média	17,3723 ^a	18,6140 ^a	11,1878 ^a		
Cu	Acaiaí IAC-474-19	2,8441 ^A	2,0351 ^A	1,1537 ^A	2,0110 ^A	69,82
	Icatu Amarelo IAC-3282	1,9707 ^A	2,2686 ^A	1,2628 ^A	1,8340 ^A	
	Rubi MG-1192	0,7502 ^A	3,2679 ^A	0,9950 ^A	1,6710 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	1,2758 ^A	2,1639 ^A	1,0337 ^A	1,4911 ^A	
	Média	1,7102 ^a	2,4339 ^a	1,1113 ^a		
Zn	Acaiaí IAC-474-19	3,1705 ^A	1,8850 ^A	1,4809 ^A	2,1788 ^A	63,35
	Icatu Amarelo IAC-3282	2,3836 ^A	2,3675 ^A	1,4703 ^A	2,0738 ^A	
	Rubi MG-1192	1,1397 ^A	3,4170 ^A	1,1478 ^A	1,9015 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	1,1386 ^A	2,1275 ^A	1,5351 ^A	1,6004 ^A	
	Média	1,9581 ^a	2,4492 ^a	1,4085 ^a		
B	Acaiaí IAC-474-19	2,6484 ^A	1,8678 ^A	1,2985 ^A	1,9382 ^A	75,39
	Icatu Amarelo IAC-3282	1,6891 ^A	2,3218 ^A	1,3054 ^A	1,7721 ^A	
	Rubi MG-1192	0,4914 ^A	3,3068 ^A	1,1985 ^A	1,6656 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,9925 ^A	1,9445 ^A	1,2679 ^A	1,4016 ^A	
	Média	1,4554 ^a	2,3602 ^a	1,2676 ^a		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey.

$$3/ \text{EPR} = \frac{(\text{Matéria seca de raiz})^2}{\text{Conteúdo de nutriente na planta}}, \text{ em } g^2/mg \text{ e } g^2/\mu g \text{ para macro e}$$

micronutrientes, respectivamente.

Quadro 7 - Médias de eficiência de translocação de nutrientes⁴ de quatro cultivares de café arábica, cultivadas em três níveis de adubação

Nutriente	Cultivar	Nível de Adubação			Média	CV (%)
		Baixo	Normal	Alto		
N	Acaiaí IAC-474-19	0,8010 ^B	0,8678 ^A	0,8835 ^A	0,8508 ^A	5,59
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,8435 ^{AB}	0,8728 ^A	0,8683 ^A	0,8615 ^A	
	Rubi MG-1192	0,8945 ^A	0,8563 ^A	0,9123 ^A	0,8877 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,8720 ^{AB}	0,8600 ^A	0,9050 ^A	0,8790 ^A	
	Média	0,8528 ^a	0,8642 ^a	0,8923 ^a		
P	Acaiaí IAC-474-19	0,8508 ^A	0,8728 ^A	0,8995 ^A	0,8743 ^A	5,30
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,8808 ^A	0,8833 ^A	0,8803 ^A	0,8814 ^A	
	Rubi MG-1192	0,9295 ^A	0,8473 ^A	0,9080 ^A	0,8949 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,8983 ^A	0,8845 ^A	0,9113 ^A	0,8980 ^A	
	Média	0,8898 ^a	0,8719 ^a	0,8998 ^a		
S	Acaiaí IAC-474-19	0,7120 ^A	0,7770 ^A	0,8140 ^A	0,7677 ^A	9,99
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,7615 ^A	0,8158 ^A	0,7898 ^A	0,7890 ^A	
	Rubi MG-1192	0,8528 ^A	0,7723 ^A	0,8805 ^A	0,8352 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,8133 ^A	0,7813 ^A	0,8630 ^A	0,8192 ^A	
	Média	0,7849 ^a	0,7866 ^a	0,8368 ^a		
K	Acaiaí IAC-474-19	0,9095 ^A	0,9115 ^A	0,9385 ^A	0,9198 ^A	3,33
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,9110 ^A	0,9328 ^A	0,9265 ^A	0,9234 ^A	
	Rubi MG-1192	0,9560 ^A	0,9098 ^A	0,9590 ^A	0,9416 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,9300 ^A	0,9303 ^A	0,9598 ^A	0,9400 ^A	
	Média	0,9266 ^a	0,9211 ^a	0,9459 ^a		
Ca	Acaiaí IAC-474-19	0,8868 ^A	0,9175 ^A	0,9333 ^A	0,9125 ^A	3,89
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,9178 ^A	0,9243 ^A	0,9073 ^A	0,9164 ^A	
	Rubi MG-1192	0,9485 ^A	0,8928 ^A	0,9563 ^A	0,9325 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,9235 ^A	0,9208 ^A	0,9320 ^A	0,9254 ^A	
	Média	0,9191 ^a	0,9138 ^a	0,9322 ^a		
Mg	Acaiaí IAC-474-19	0,7603 ^A	0,8050 ^A	0,8468 ^A	0,8040 ^A	9,53
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,7843 ^A	0,8295 ^A	0,7970 ^A	0,8036 ^A	
	Rubi MG-1192	0,8718 ^A	0,7610 ^A	0,8715 ^A	0,8348 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,8200 ^A	0,8213 ^A	0,8388 ^A	0,8267 ^A	
	Média	0,8091 ^a	0,8042 ^a	0,8385 ^a		
Cu	Acaiaí IAC-474-19	0,6455 ^B	0,6893 ^A	0,7423 ^A	0,6923 ^A	13,48
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,7003 ^{AB}	0,7040 ^A	0,7363 ^A	0,7135 ^A	
	Rubi MG-1192	0,8355 ^A	0,6848 ^A	0,8038 ^A	0,7747 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,7510 ^{AB}	0,7048 ^A	0,8130 ^A	0,7563 ^A	
	Média	0,7331 ^a	0,6957 ^a	0,7738 ^a		
Zn	Acaiaí IAC-474-19	0,3718 ^B	0,5338 ^A	0,5735 ^A	0,4930 ^A	27,76
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,4038 ^{AB}	0,5438 ^A	0,5103 ^A	0,4859 ^A	
	Rubi MG-1192	0,6243 ^A	0,4873 ^A	0,5550 ^A	0,5555 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,4373 ^{AB}	0,4600 ^A	0,6368 ^A	0,5113 ^A	
	Média	0,4593 ^b	0,5062 ^{ab}	0,5689 ^a		
B	Acaiaí IAC-474-19	0,7363 ^A	0,6450 ^A	0,7783 ^A	0,7198 ^A	14,20
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,7683 ^A	0,6923 ^A	0,7263 ^A	0,7289 ^A	
	Rubi MG-1192	0,8623 ^A	0,6835 ^A	0,8078 ^A	0,7845 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,8213 ^A	0,6845 ^A	0,7430 ^A	0,7496 ^A	
	Média	0,7970 ^a	0,6763 ^b	0,7638 ^a		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey.

^{4/} $ET = \frac{\text{Conteúdo de nutriente na parte aérea}}{\text{Conteúdo de nutriente na planta}}$, em g/g para macro e micronutrientes.

Quadro 8 - Médias de eficiência de utilização de nutrientes⁵ de quatro cultivares de café arábica, cultivadas em três níveis de adubação

Nutriente	Cultivar	Nível de Adubação			Média	CV (%)
		Baixo	Normal	Alto		
N	Acaia IAC-474-19	153,3725 ^A	154,3725 ^A	140,6225 ^A	149,4558 ^A	20,60
	Icatu Amarelo IAC-3282	154,9775 ^A	153,0300 ^A	94,8950 ^A	134,3008 ^A	
	Rubi MG-1192	152,2475 ^A	169,3875 ^A	145,1475 ^A	155,5942 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	105,5400 ^A	145,3850 ^A	137,8850 ^A	129,6033 ^A	
	Média	141,5344 ^a	155,5438 ^a	129,6375 ^a		
P	Acaia IAC-474-19	1760,8375 ^{AB}	2506,9675 ^A	2435,2425 ^{AB}	2234,3492 ^A	18,95
	Icatu Amarelo IAC-3282	2082,8200 ^A	2584,2850 ^A	1781,4075 ^B	2149,5042 ^A	
	Rubi MG-1192	1667,2650 ^{AB}	2791,4625 ^A	2819,8975 ^A	2426,2083 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	1229,0825 ^B	2399,6900 ^A	2523,6225 ^A	2050,7983 ^A	
	Média	1685,0013 ^b	2570,6013 ^a	2390,0425 ^a		
S	Acaia IAC-474-19	1757,7525 ^A	2081,4425 ^A	1795,8575 ^A	1878,3508 ^A	21,88
	Icatu Amarelo IAC-3282	1847,5400 ^A	1995,4100 ^A	1224,9900 ^A	1689,3133 ^A	
	Rubi MG-1192	1709,9925 ^A	2172,6875 ^A	1839,6175 ^A	1907,4325 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	1226,2825 ^A	1877,5350 ^A	1812,5900 ^A	1638,8025 ^A	
	Média	1635,3919 ^a	2031,7688 ^a	1668,2638 ^a		
K	Acaia IAC-474-19	359,8150 ^A	391,3225 ^A	334,8025 ^{AB}	361,9800 ^A	21,17
	Icatu Amarelo IAC-3282	348,5625 ^A	356,9325 ^A	221,0475 ^B	308,8475 ^A	
	Rubi MG-1192	332,1050 ^{AB}	431,1550 ^A	358,5900 ^A	373,9500 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	227,1050 ^B	344,3400 ^A	312,2225 ^{AB}	294,5558 ^A	
	Média	316,8969 ^a	380,9375 ^a	306,6656 ^a		
Ca	Acaia IAC-474-19	375,6950 ^A	448,0650 ^A	475,6525 ^A	433,1375 ^A	19,87
	Icatu Amarelo IAC-3282	374,5550 ^A	439,2275 ^A	350,8475 ^A	388,2100 ^A	
	Rubi MG-1192	338,7775 ^A	519,2575 ^A	480,1675 ^A	446,0675 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	262,5825 ^A	376,3400 ^A	488,1750 ^A	375,6992 ^A	
	Média	337,9025 ^b	445,7225 ^a	448,7106 ^a		
Mg	Acaia IAC-474-19	996,6500 ^A	1128,8975 ^A	1112,4250 ^{AB}	1079,3242 ^A	21,40
	Icatu Amarelo IAC-3282	964,6350 ^A	1115,3350 ^A	761,2250 ^B	947,0650 ^A	
	Rubi MG-1192	955,8575 ^A	1257,7400 ^A	1215,4975 ^A	1143,0317 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	702,2925 ^A	1013,4225 ^A	1171,0250 ^A	962,2467 ^A	
	Média	904,8588 ^a	1128,8488 ^a	1065,0431 ^a		
Cu	Acaia IAC-474-19	100,9900 ^A	159,3900 ^A	117,2750 ^A	125,8850 ^A	25,58
	Icatu Amarelo IAC-3282	108,6275 ^A	149,8700 ^A	80,7825 ^A	113,0933 ^A	
	Rubi MG-1192	107,6075 ^A	156,9500 ^A	126,5600 ^A	130,3725 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	79,1750 ^A	135,3975 ^A	106,2275 ^A	106,9333 ^A	
	Média	99,1000 ^b	150,4019 ^a	107,7113 ^b		
Zn	Acaia IAC-474-19	116,8950 ^{AB}	163,6875 ^A	159,9000 ^{AB}	146,8275 ^A	28,20
	Icatu Amarelo IAC-3282	125,1950 ^{AB}	162,2950 ^A	92,0975 ^B	126,5292 ^A	
	Rubi MG-1192	169,9925 ^A	174,8575 ^A	157,5100 ^{AB}	167,4533 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	78,1425 ^B	132,7675 ^A	165,7325 ^A	125,5475 ^A	
	Média	122,5563 ^a	158,4019 ^a	143,8100 ^a		
B	Acaia IAC-474-19	77,9450 ^A	135,0450 ^A	117,6600 ^{AB}	110,2167 ^A	22,04
	Icatu Amarelo IAC-3282	88,9500 ^A	153,0675 ^A	87,5400 ^B	109,8525 ^A	
	Rubi MG-1192	77,7600 ^A	151,7100 ^A	145,9875 ^A	125,1525 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	61,3775 ^A	118,9075 ^A	124,0525 ^{AB}	101,4458 ^A	
	Média	76,5081 ^c	139,6825 ^a	118,8100 ^b		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey.

^{5/}
$$EU = \frac{(\text{Matéria seca total})^2}{\text{Conteúdo de nutriente na planta}}$$
, em g²/mg e g²/μg para macro e micronutrientes, respectivamente.

4.3.1. Eficiência de utilização de nutrientes para produção de parte aérea

As médias de eficiência de utilização de nutrientes para produção de parte aérea evidenciaram diferenças no nível baixo de adubação para N, K e Zn, no nível normal para Ca e no nível alto para N, P, K, Ca, Mg e B (Quadro 9). Nos três níveis de adubação, o Rubi MG-1192 apresentou maior eficiência de utilização de nutrientes para produção de parte aérea. O Catuaí Vermelho IAC-99 apresentou a menor eficiência de utilização de nutrientes nos níveis baixo e normal, aumentando sua eficiência no nível mais alto de adubação. O Acaiá IAC-474-19 e o Icatu Amarelo IAC-3282 apresentaram eficiência intermediária de utilização de nutrientes para produção de parte aérea nos níveis de adubação baixo e normal. No nível alto, o Acaiá IAC-474-19 foi medianamente eficiente, enquanto que o Icatu Amarelo IAC-3282 teve sua eficiência reduzida, sendo o menos eficiente.

Nota-se, pelos resultados apresentados (Quadros 8 e 9), tendência de similaridade entre as cultivares quanto a eficiência de utilização de nutrientes e a eficiência de utilização de nutrientes para produção de parte aérea, no nível alto de adubação, podendo-se inferir que a produção de matéria seca de raiz, neste nível de adubação não alterou o desempenho dos cultivares. Isto evidencia similaridade na eficiência de produção de raízes no nível alto de adubação (Quadro 6).

A maior eficiência de utilização de nutrientes para produção de parte aérea do Rubi MG-1192, no nível baixo de adubação (Quadro 9), pode ser atribuída à sua maior eficiência de utilização de nutrientes para produção de folhas (Quadro 10), enquanto que nos níveis normal e alto essa superioridade pode estar associada à sua maior eficiência de utilização de nutrientes para produção de frutos (Quadro 11).

4.3.2. Eficiência de utilização de nutrientes para produção de caule, ramos, folhas e frutos

O Acaiá IAC-474-19 apresentou maior eficiência de utilização de nutrientes para produção de caule para todos os nutrientes nos três níveis de adubação. Não obstante, o Icatu Amarelo IAC-3282, que foi a mais produtiva no nível baixo de adubação, apresentou a segunda maior eficiência de utilização de nutrientes para produção de caule em todos os níveis, exceto para P no nível alto (Quadro 12). Ao contrário, cultivares de porte baixo como Rubi MG-1192 e Catuaí Vermelho IAC-99 apresentaram menor eficiência de utilização de nutrientes para produção de caule (Quadro 12) e, no entanto, foram mais produtivas, principalmente nos níveis normal e alto de adubação, sugerindo que cultivares que alocam menores quantidades de nutrientes no caule investem mais fotoassimilados no crescimento e desenvolvimento de outros órgãos, tais como folhas, órgãos perceptivos do fotoperíodo, e de importância na produção de compostos orgânicos necessários aos processos de florescimento e frutificação.

A eficiência de utilização de nutrientes para produção de ramos (Quadro 13) evidenciou diferenças entre cultivares somente para o N, S e Zn no nível baixo de adubação, com destaque para o Icatu Amarelo IAC-3282, que apresentou maior eficiência. O Catuaí Vermelho IAC-99 foi o menos eficiente, enquanto que as demais cultivares se posicionaram intermediariamente quanto a esses nutrientes.

Poder-se-ia inferir que a maior ou menor produção de matéria seca de ramos fosse acompanhada, respectivamente, de maior ou menor produção de matéria seca de folhas. Para o Catuaí Vermelho IAC-99 isto se verificou, visto que apresentou menor eficiência de utilização de nutrientes para produção de ramos e de folhas, no menor nível de adubação. No entanto, isto não se aplica às demais cultivares, principalmente para o Icatu Amarelo IAC-3282, mais eficiente na utilização de nutrientes para produção de ramos e também a mais produtiva no nível baixo de adubação, apresentando, no entanto, eficiência de utilização de nutrientes intermediária para produção de folhas (Quadros 13 e 10, respectivamente).

Neste aspecto, é prudente questionar se deve ou não atrelar a eficiência de utilização de nutrientes para produção de folhas à produtividade.

Torna-se relevante ressaltar que diferenças genotípicas na eficiência nutricional estão relacionadas à demanda de nutrientes a nível celular, compartimentalização, utilização na parte aérea (retranslocação), transporte a curta e a longa distâncias, afinidade do sistema de absorção (k_m), concentração mínima (C_{min}), modificações na rizosfera, entre outros (MARSCHNER, 1995).

A eficiência de utilização de nutrientes para produção de frutos (Quadro 11) reflete a produção de frutos por unidade de nutriente na parte aérea das plantas. Diferença entre cultivares foi observada somente nos níveis de adubação normal e alto, seguindo-se o mesmo padrão de comportamento para todos os nutrientes. Observa-se tendência de superioridade do Rubi MG-1192 e do Catuaí Vermelho IAC-99, principalmente no mais alto nível de adubação. Esta melhor utilização de nutrientes para produção de frutos pode explicar o bom desempenho destas cultivares quanto à produtividade nestes dois níveis de adubação.

Quadro 9 - Médias de eficiência de utilização de nutrientes para produção de parte aérea⁶ de quatro cultivares de café arábica, cultivadas em três níveis de adubação

Nutriente	Cultivar	Nível de Adubação			Média	CV (%)
		Baixo	Normal	Alto		
N	Acaia IAC-474-19	106,7675 ^{AB}	123,5850 ^A	114,8100 ^{AB}	115,054 ^A	23,11
	Icatu Amarelo IAC-3282	115,6675 ^{AB}	119,1325 ^A	73,0200 ^B	102,606 ^A	
	Rubi MG-1192	128,9525 ^A	125,6075 ^A	121,8625 ^A	125,474 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	80,6750 ^B	111,5925 ^A	113,0700 ^{AB}	101,779 ^A	
	Média	108,0156 ^a	119,9794 ^a	105,6906 ^a		
P	Acaia IAC-474-19	1215,6675 ^A	1996,2825 ^A	1992,0525 ^{AB}	1734,667 ^A	24,59
	Icatu Amarelo IAC-3282	1556,3125 ^A	2008,5075 ^A	1370,9400 ^B	1645,253 ^A	
	Rubi MG-1192	1409,7175 ^A	2071,9925 ^A	2360,2425 ^A	1947,317 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	944,3975 ^A	1841,9250 ^A	2070,7825 ^{AB}	1619,035 ^A	
	Média	1281,5238 ^b	1979,6769 ^a	1948,5044 ^a		
S	Acaia IAC-474-19	1238,8625 ^A	1669,4775 ^A	1474,9325 ^A	1461,090 ^A	25,93
	Icatu Amarelo IAC-3282	1379,2000 ^A	1554,0175 ^A	940,6500 ^A	1291,289 ^A	
	Rubi MG-1192	1449,8275 ^A	1617,1575 ^A	1549,6925 ^A	1538,892 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	938,7275 ^A	1444,3075 ^A	1485,0725 ^A	1289,369 ^A	
	Média	1251,6544 ^a	1571,2400 ^a	1362,5869 ^a		
K	Acaia IAC-474-19	245,6850 ^{AB}	313,4850 ^A	272,5125 ^A	277,227 ^A	22,46
	Icatu Amarelo IAC-3282	259,7875 ^{AB}	278,0875 ^A	169,9425 ^B	235,939 ^A	
	Rubi MG-1192	280,9625 ^A	320,6800 ^A	301,2625 ^A	300,968 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	173,4225 ^B	263,8700 ^A	255,8500 ^{AB}	231,047 ^A	
	Média	239,9644 ^a	294,0306 ^a	249,8919 ^a		
Ca	Acaia IAC-474-19	258,0250 ^A	354,6525 ^{AB}	387,2500 ^{AB}	333,309 ^A	23,08
	Icatu Amarelo IAC-3282	279,2075 ^A	341,8000 ^{AB}	270,1875 ^B	297,065 ^A	
	Rubi MG-1192	288,3725 ^A	385,1200 ^A	401,9800 ^A	358,490 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	200,4825 ^A	289,1050 ^B	400,4100 ^A	296,665 ^A	
	Média	256,5219 ^b	342,6694 ^a	364,9569 ^a		
Mg	Acaia IAC-474-19	702,9500 ^A	901,6225 ^A	912,2950 ^{AB}	838,955 ^A	25,03
	Icatu Amarelo IAC-3282	723,6050 ^A	871,3600 ^A	586,8675 ^B	727,277 ^A	
	Rubi MG-1192	811,4675 ^A	939,0650 ^A	1018,0475 ^A	922,860 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	536,9850 ^A	780,8825 ^A	958,2975 ^A	758,721 ^A	
	Média	693,7519 ^a	873,2325 ^a	868,8769 ^a		
Cu	Acaia IAC-474-19	73,4125 ^A	127,4150 ^A	96,4450 ^A	99,090 ^A	29,99
	Icatu Amarelo IAC-3282	81,5450 ^A	117,1550 ^A	62,0750 ^A	86,925 ^A	
	Rubi MG-1192	90,9850 ^A	117,7250 ^A	106,5200 ^A	105,076 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	60,8700 ^A	104,3575 ^A	87,1700 ^A	84,132 ^A	
	Média	76,7031 ^b	116,6631 ^a	88,0525 ^b		
Zn	Acaia IAC-474-19	85,6200 ^{AB}	132,5750 ^A	132,3475 ^A	116,847 ^A	35,02
	Icatu Amarelo IAC-3282	93,3125 ^{AB}	127,4450 ^A	70,6050 ^A	97,120 ^A	
	Rubi MG-1192	144,1325 ^A	132,8650 ^A	133,5300 ^A	136,842 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	60,9700 ^B	102,4500 ^A	136,8175 ^A	100,079 ^A	
	Média	96,0088 ^a	123,8338 ^a	118,3250 ^a		
B	Acaia IAC-474-19	54,9075 ^A	107,1675 ^A	95,6350 ^{AB}	85,903 ^A	26,83
	Icatu Amarelo IAC-3282	66,3300 ^A	119,6175 ^A	67,7150 ^B	84,554 ^A	
	Rubi MG-1192	66,3425 ^A	112,7525 ^A	122,3700 ^A	100,488 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	47,1650 ^A	91,4900 ^A	101,2775 ^{AB}	79,977 ^A	
	Média	58,6863 ^b	107,7569 ^a	96,7494 ^a		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey.

6/
$$EUPA = \frac{(\text{Matéria seca da parte aérea})^2}{\text{Conteúdo de nutriente na planta}}$$
, em g²/mg e g²/μg para macro e micronutrientes, respectivamente.

Quadro 10 - Médias de eficiência de utilização de nutrientes para produção de folhas⁷ de quatro cultivares de café arábica, cultivadas em três níveis de adubação

Nutriente	Cultivar	Nível de Adubação			Média	CV (%)
		Baixo	Normal	Alto		
N	Acaia IAC-474-19	6,7494 ^{AB}	15,4400 ^A	11,6500 ^A	11,8275 ^A	44,08
	Icatu Amarelo IAC-3282	6,8300 ^{AB}	9,8525 ^A	8,0650 ^A	8,2492 ^A	
	Rubi MG-1192	14,0575 ^A	12,3625 ^A	9,2550 ^A	11,8917 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	4,5075 ^B	10,8575 ^A	6,4500 ^A	7,2717 ^A	
	Média	8,4469 ^a	12,1281 ^a	8,8550 ^a		
P	Acaia IAC-474-19	90,0525 ^A	248,9675 ^A	200,6675 ^A	179,8958 ^A	42,50
	Icatu Amarelo IAC-3282	87,2050 ^A	164,3150 ^A	150,8925 ^A	134,1375 ^A	
	Rubi MG-1192	145,9275 ^A	206,6800 ^A	182,1300 ^A	178,2458 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	53,6325 ^A	169,7875 ^A	116,6000 ^A	113,3400 ^A	
	Média	94,2044 ^b	197,4375 ^a	162,5725 ^a		
S	Acaia IAC-474-19	110,7500 ^A	231,3800 ^A	162,7150 ^A	168,2817 ^A	45,24
	Icatu Amarelo IAC-3282	89,9525 ^A	137,4875 ^A	117,0075 ^A	114,8158 ^{AB}	
	Rubi MG-1192	161,6350 ^A	177,4250 ^A	121,8475 ^A	153,6358 ^{AB}	
	Catuai Vermelho IAC-99	57,1425 ^A	152,3900 ^A	89,5300 ^A	99,6875 ^B	
	Média	104,8700 ^b	174,6706 ^a	122,775 ^b		
K	Acaia IAC-474-19	17,1425 ^{AB}	37,8075 ^A	26,9100 ^A	27,2867 ^A	48,37
	Icatu Amarelo IAC-3282	14,0825 ^{AB}	21,5475 ^A	17,7750 ^A	17,8017 ^A	
	Rubi MG-1192	29,3425 ^A	30,1100 ^A	22,1425 ^A	27,1983 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	9,1100 ^B	23,7875 ^A	13,7500 ^A	15,5492 ^A	
	Média	17,4194 ^a	28,3131 ^a	20,1444 ^a		
Ca	Acaia IAC-474-19	18,3025 ^A	42,2975 ^A	35,8425 ^A	32,1475 ^A	40,82
	Icatu Amarelo IAC-3282	14,7900 ^A	26,6525 ^A	28,8250 ^A	23,4225 ^A	
	Rubi MG-1192	28,4375 ^A	37,6650 ^A	29,1825 ^A	31,7617 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	10,4075 ^A	25,6675 ^A	22,0225 ^A	19,3658 ^A	
	Média	17,9844 ^b	33,0706 ^a	28,9681 ^a		
Mg	Acaia IAC-474-19	57,7675 ^{AB}	119,8150 ^A	94,2700 ^A	90,6175 ^A	39,68
	Icatu Amarelo IAC-3282	44,7950 ^{AB}	74,8350 ^A	71,3800 ^A	63,6700 ^A	
	Rubi MG-1192	88,6775 ^A	103,0075 ^A	82,5650 ^A	91,4167 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	31,4575 ^B	77,3550 ^A	59,1100 ^A	55,9742 ^A	
	Média	55,6744 ^b	93,7531 ^a	76,8313 ^{ab}		
Cu	Acaia IAC-474-19	7,1350 ^A	19,4475 ^A	11,7700 ^A	12,7842 ^A	44,05
	Icatu Amarelo IAC-3282	5,7000 ^A	12,1300 ^A	8,3125 ^A	8,7142 ^A	
	Rubi MG-1192	10,3650 ^A	14,3975 ^A	9,1975 ^A	11,3200 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	4,1325 ^A	12,4475 ^A	5,7725 ^A	7,4508 ^A	
	Média	6,8331 ^b	14,6056 ^a	8,7631 ^b		
Zn	Acaia IAC-474-19	14,3975 ^{AB}	26,4125 ^A	20,5625 ^A	20,4575 ^A	45,34
	Icatu Amarelo IAC-3282	11,4600 ^{AB}	16,4075 ^A	14,5025 ^A	14,1233 ^A	
	Rubi MG-1192	22,1625 ^A	23,4050 ^A	16,3275 ^A	20,6317 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	7,2700 ^B	19,3275 ^A	12,1650 ^A	12,9208 ^A	
	Média	13,8225 ^a	21,3881 ^a	15,8894 ^a		
B	Acaia IAC-474-19	4,8075 ^A	18,5550 ^A	11,3175 ^A	11,5600 ^A	47,27
	Icatu Amarelo IAC-3282	4,1800 ^A	12,3800 ^{AB}	8,5650 ^A	8,3750 ^A	
	Rubi MG-1192	7,1475 ^A	14,0775 ^{AB}	10,4150 ^A	10,5467 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	2,8825 ^A	10,9975 ^B	6,8675 ^A	6,9158 ^A	
	Média	4,7544 ^c	14,0025 ^a	9,2913 ^b		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey.

^{7/} $EUF = \frac{(\text{Matéria seca de folha})^2}{\text{Conteúdo de nutriente na parte aérea}}$, em g²/mg e g²/μg para macro e micronutrientes, respectivamente.

Quadro 11 - Médias de eficiência de utilização de nutrientes para produção de frutos⁸ de quatro cultivares de café arábica, cultivadas em três níveis de adubação

Nutriente	Cultivar	Nível de Adubação			Média	CV (%)
		Baixo	Normal	Alto		
N	Acaia IAC-474-19	13,7325 ^A	7,9625 ^B	13,2375 ^{BC}	11,6442 ^A	47,34
	Icatu Amarelo IAC-3282	20,2275 ^A	18,0875 ^{AB}	10,5000 ^C	16,2717 ^A	
	Rubi MG-1192	13,5975 ^A	22,7400 ^A	25,2250 ^{AB}	20,5208 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	19,3850 ^A	18,2400 ^{AB}	27,8750 ^A	21,8333 ^A	
	Média	16,7356 ^a	16,7575 ^a	19,2094 ^a		
P	Acaia IAC-474-19	148,8525 ^A	128,4225 ^B	221,1725 ^B	166,1492 ^A	44,63
	Icatu Amarelo IAC-3282	260,6900 ^A	300,2475 ^{AB}	193,3450 ^B	251,4275 ^A	
	Rubi MG-1192	148,1950 ^A	375,0075 ^A	491,0450 ^A	338,0825 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	215,1100 ^A	296,2875 ^{AB}	505,2450 ^A	338,8808 ^A	
	Média	193,2119 ^b	274,9913 ^{ab}	352,7019 ^a		
S	Acaia IAC-474-19	179,6275 ^A	117,6600 ^B	181,9925 ^B	159,7600 ^A	46,84
	Icatu Amarelo IAC-3282	269,3800 ^A	252,6525 ^{AB}	144,4250 ^B	222,1525 ^A	
	Rubi MG-1192	169,1250 ^A	318,1300 ^A	330,4000 ^{AB}	272,5517 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	239,0650 ^A	256,6325 ^{AB}	385,4775 ^A	293,7250 ^A	
	Média	214,2994 ^a	236,2688 ^a	260,5738 ^a		
K	Acaia IAC-474-19	27,5150 ^A	18,5875 ^B	28,6950 ^B	24,9325 ^A	45,08
	Icatu Amarelo IAC-3282	42,0450 ^A	39,5650 ^{AB}	22,5750 ^B	34,7283 ^A	
	Rubi MG-1192	27,2800 ^A	53,5725 ^A	58,7100 ^A	46,5208 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	38,5625 ^A	39,8100 ^{AB}	59,4275 ^A	45,9333 ^A	
	Média	33,8506 ^a	37,8838 ^a	42,3519 ^a		
Ca	Acaia IAC-474-19	30,2625 ^A	22,2750 ^B	44,6075 ^{BC}	32,3817 ^A	46,38
	Icatu Amarelo IAC-3282	45,2050 ^A	49,0750 ^{AB}	36,8925 ^C	43,7242 ^A	
	Rubi MG-1192	32,1375 ^A	64,3325 ^A	79,5975 ^{AB}	58,6892 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	45,5675 ^A	44,9725 ^{AB}	95,5175 ^A	62,0192 ^A	
	Média	38,2931 ^b	45,1638 ^b	64,1538 ^a		
Mg	Acaia IAC-474-19	96,5525 ^A	64,2225 ^B	111,4275 ^{BC}	90,7342 ^A	47,65
	Icatu Amarelo IAC-3282	138,4350 ^A	140,4800 ^{AB}	92,3000 ^C	123,7383 ^A	
	Rubi MG-1192	92,1275 ^A	184,5675 ^A	221,5200 ^{AB}	166,0717 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	140,6825 ^A	133,2725 ^{AB}	259,0475 ^A	177,6675 ^A	
	Média	116,9494 ^a	130,6356 ^a	171,0738 ^a		
Cu	Acaia IAC-474-19	11,5825 ^A	10,7650 ^A	13,0075 ^{AB}	11,7850 ^A	48,48
	Icatu Amarelo IAC-3282	17,3375 ^A	21,5800 ^A	10,3475 ^B	16,4217 ^A	
	Rubi MG-1192	11,1600 ^A	25,1275 ^A	24,8700 ^A	20,3858 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	16,5100 ^A	20,3025 ^A	24,4375 ^{AB}	20,4167 ^A	
	Média	14,1475 ^a	19,4438 ^a	18,1656 ^a		
Zn	Acaia IAC-474-19	23,3650 ^A	13,0275 ^B	22,7325 ^{AB}	19,7083 ^A	52,53
	Icatu Amarelo IAC-3282	34,4200 ^A	31,9825 ^{AB}	17,3300 ^B	27,9108 ^A	
	Rubi MG-1192	23,3475 ^A	43,9500 ^A	44,1500 ^{AB}	37,1492 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	29,7225 ^A	32,0575 ^{AB}	49,6375 ^A	37,1392 ^A	
	Média	27,7138 ^a	30,2544 ^a	33,4625 ^a		
B	Acaia IAC-474-19	7,9550 ^A	9,3800 ^B	12,4200 ^B	9,9183 ^A	46,18
	Icatu Amarelo IAC-3282	12,8625 ^A	24,1350 ^A	12,1650 ^B	16,3875 ^A	
	Rubi MG-1192	7,9800 ^A	25,1700 ^A	28,8850 ^A	20,6783 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	11,8175 ^A	18,5850 ^{AB}	31,6100 ^A	20,6708 ^A	
	Média	10,1538 ^b	19,3175 ^a	21,2700 ^a		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey.

$$8/ \text{EUFR} = \frac{(\text{Matéria seca de frutos})^2}{\text{Conteúdo de nutriente na parte aérea}}, \text{ em } \text{g}^2/\text{mg} \text{ e } \text{g}^2/\mu\text{g} \text{ para macro e}$$

micronutrientes, respectivamente.

Quadro 12 - Médias de eficiência de utilização de nutrientes para produção de caule⁹ de quatro cultivares de café arábica, cultivadas em três níveis de adubação

Nutriente	Cultivar	Nível de Adubação			Média	CV (%)
		Baixo	Normal	Alto		
N	Acaia IAC-474-19	8,2345 ^A	6,6374 ^A	4,4864 ^A	6,4528 ^A	40,98
	Icatu Amarelo IAC-3282	3,7106 ^B	2,9328 ^B	1,7717 ^B	2,8050 ^A	
	Rubi MG-1192	4,0075 ^B	1,9200 ^B	1,8417 ^B	2,5897 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	1,5208 ^C	1,7466 ^B	1,4154 ^B	1,5609 ^A	
	Média	4,3683 ^a	3,3092 ^b	2,3788 ^b		
P	Acaia IAC-474-19	89,2536 ^A	106,8781 ^A	76,5792 ^A	90,9036 ^A	38,22
	Icatu Amarelo IAC-3282	47,5190 ^B	48,9235 ^B	32,9632 ^C	43,1352 ^A	
	Rubi MG-1192	41,4689 ^C	32,0786 ^C	36,0371 ^B	36,5282 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	16,3877 ^D	27,8757 ^D	25,6289 ^D	23,2974 ^A	
	Média	48,6573 ^a	53,9389 ^a	42,8021 ^a		
S	Acaia IAC-474-19	109,3930 ^A	99,3523 ^A	62,3598 ^A	90,3684 ^A	43,03
	Icatu Amarelo IAC-3282	49,0368 ^B	40,9104 ^B	25,2228 ^B	38,3900 ^A	
	Rubi MG-1192	45,3472 ^C	27,4413 ^C	24,3533 ^B	32,3806 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	18,6001 ^D	24,5467 ^D	19,5614 ^C	20,9027 ^A	
	Média	55,5943 ^a	48,0627 ^a	32,8743 ^b		
K	Acaia IAC-474-19	16,8575 ^A	16,2754 ^A	10,0726 ^A	14,4018 ^A	47,89
	Icatu Amarelo IAC-3282	7,6674 ^B	6,4021 ^B	3,8774 ^B	5,9823 ^A	
	Rubi MG-1192	8,3015 ^B	4,6594 ^C	4,3670 ^B	5,7760 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	3,0178 ^C	3,8266 ^C	3,0158 ^B	3,2867 ^A	
	Média	8,9610 ^a	7,7909 ^{ab}	5,3332 ^b		
Ca	Acaia IAC-474-19	18,0379 ^A	18,0643 ^A	14,2529 ^A	16,7850 ^A	33,34
	Icatu Amarelo IAC-3282	8,1056 ^B	7,9441 ^B	6,2656 ^B	7,4384 ^A	
	Rubi MG-1192	7,7137 ^B	5,7799 ^C	5,8702 ^B	6,4546 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	3,5374 ^C	4,2241 ^C	4,8539 ^B	4,2051 ^A	
	Média	9,3486 ^a	9,0031 ^a	7,8106 ^a		
Mg	Acaia IAC-474-19	56,8062 ^A	51,5025 ^A	37,0891 ^A	48,4659 ^A	34,82
	Icatu Amarelo IAC-3282	24,7607 ^B	22,4005 ^B	15,5802 ^B	20,9138 ^A	
	Rubi MG-1192	24,9659 ^B	15,9332 ^C	16,3265 ^B	19,0752 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	10,9470 ^C	12,4562 ^D	13,1347 ^C	12,1793 ^A	
	Média	29,3699 ^a	25,5731 ^{ab}	20,5326 ^b		
Cu	Acaia IAC-474-19	7,0183 ^A	8,3318 ^A	4,4655 ^A	6,6052 ^A	36,82
	Icatu Amarelo IAC-3282	3,1455 ^B	3,5615 ^B	1,7883 ^B	2,8318 ^A	
	Rubi MG-1192	2,8907 ^{BC}	2,2176 ^B	1,8230 ^B	2,3105 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	1,2875 ^C	1,9960 ^B	1,2380 ^B	1,5072 ^A	
	Média	3,5855 ^a	4,0267 ^a	2,3287 ^b		
Zn	Acaia IAC-474-19	14,0611 ^A	11,3487 ^A	7,9188 ^A	11,1096 ^A	42,10
	Icatu Amarelo IAC-3282	6,2716 ^B	4,9596 ^B	3,0698 ^B	4,7670 ^A	
	Rubi MG-1192	6,4053 ^B	3,6656 ^{BC}	3,2574 ^B	4,4428 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	2,3801 ^C	3,1066 ^C	2,5399 ^B	2,6755 ^A	
	Média	7,2795 ^a	5,7701 ^{ab}	4,1965 ^b		
B	Acaia IAC-474-19	4,8091 ^A	8,1057 ^A	4,2538 ^A	5,7229 ^A	48,38
	Icatu Amarelo IAC-3282	2,3064 ^B	3,7094 ^B	1,9503 ^B	2,6554 ^A	
	Rubi MG-1192	1,9432 ^B	2,1668 ^{BC}	2,1194 ^B	2,0765 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,9199 ^B	1,7646 ^C	1,5837 ^B	1,4228 ^A	
	Média	2,4947 ^b	3,9366 ^a	2,4768 ^b		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey.

$$^9/ \text{EUC} = \frac{(\text{Matéria seca do caule})^2}{\text{Conteúdo de nutriente na parte aérea}}, \text{ em } g^2/mg \text{ e } g^2/\mu g \text{ para macro e}$$

micronutrientes, respectivamente.

Quadro 13 - Médias de eficiência de utilização de nutrientes para produção de ramos¹⁰ de quatro cultivares de café arábica, cultivadas em três níveis de adubação

Nutriente	Cultivar	Nível de Adubação			Média	CV (%)
		Baixo	Normal	Alto		
N	Acaia IAC-474-19	4,9600 ^{AB}	7,1425 ^A	6,7525 ^A	6,2850 ^A	35,94
	Icatu Amarelo IAC-3282	7,9175 ^A	7,3675 ^A	3,7650 ^A	6,3500 ^A	
	Rubi MG-1192	7,7600 ^{AB}	6,4075 ^A	4,8150 ^A	6,3275 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	4,1000 ^B	6,8525 ^A	5,4500 ^A	5,4675 ^A	
	Média	6,1844 ^a	6,9425 ^a	5,1956 ^a		
P	Acaia IAC-474-19	53,6225 ^A	114,9200 ^A	116,0900 ^A	94,8775 ^A	38,51
	Icatu Amarelo IAC-3282	101,5375 ^A	123,0125 ^A	70,1550 ^A	98,2350 ^A	
	Rubi MG-1192	80,3025 ^A	107,7750 ^A	93,6175 ^A	93,8983 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	46,1250 ^A	111,3725 ^A	103,0800 ^A	86,8592 ^A	
	Média	70,3969 ^a	114,2700 ^a	95,7356 ^a		
S	Acaia IAC-474-19	65,9750 ^{AB}	106,7225 ^A	94,2350 ^A	88,9775 ^A	35,98
	Icatu Amarelo IAC-3282	104,5900 ^A	102,9075 ^A	53,7825 ^A	87,0933 ^A	
	Rubi MG-1192	88,9125 ^{AB}	91,5050 ^A	64,0475 ^A	81,4883 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	50,9250 ^B	96,8275 ^A	74,5375 ^A	74,0967 ^A	
	Média	77,6006 ^a	99,4906 ^a	71,6506 ^a		
K	Acaia IAC-474-19	10,1925 ^A	17,4100 ^A	15,4600 ^A	14,3542 ^A	39,37
	Icatu Amarelo IAC-3282	16,4950 ^A	16,0850 ^A	8,2400 ^A	13,6067 ^A	
	Rubi MG-1192	16,0700 ^A	15,6600 ^A	11,4300 ^A	14,3867 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	8,1950 ^A	15,0075 ^A	11,9525 ^A	11,7183 ^A	
	Média	12,7381 ^a	16,0406 ^a	11,7706 ^a		
Ca	Acaia IAC-474-19	10,8475 ^A	19,4950 ^A	21,0050 ^A	17,1158 ^A	37,60
	Icatu Amarelo IAC-3282	17,4950 ^A	19,9600 ^A	13,4500 ^A	16,9683 ^A	
	Rubi MG-1192	15,6300 ^A	19,2675 ^A	15,3450 ^A	16,7475 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	9,5550 ^A	16,7275 ^A	19,1550 ^A	15,1458 ^A	
	Média	13,3819 ^a	18,8625 ^a	17,2388 ^a		
Mg	Acaia IAC-474-19	34,0525 ^A	55,6325 ^A	55,0625 ^A	48,2492 ^A	33,59
	Icatu Amarelo IAC-3282	52,8825 ^A	56,2175 ^A	33,4225 ^A	47,5075 ^A	
	Rubi MG-1192	49,1550 ^A	53,1750 ^A	42,4500 ^A	48,2600 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	29,5800 ^A	49,7325 ^A	48,3300 ^A	42,5475 ^A	
	Média	41,4175 ^a	53,6894 ^a	44,8163 ^a		
Cu	Acaia IAC-474-19	4,2250 ^A	9,0450 ^A	6,7900 ^A	6,6867 ^A	33,33
	Icatu Amarelo IAC-3282	6,6950 ^A	8,9525 ^A	3,8350 ^A	6,4942 ^A	
	Rubi MG-1192	5,6625 ^A	7,4075 ^A	4,7475 ^A	5,9392 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	3,5675 ^A	7,7575 ^A	4,4775 ^A	5,2675 ^A	
	Média	5,0375 ^b	8,2906 ^a	4,9625 ^b		
Zn	Acaia IAC-474-19	8,4650 ^{AB}	12,1550 ^A	11,9425 ^A	10,8542 ^A	34,02
	Icatu Amarelo IAC-3282	13,4250 ^A	12,4125 ^A	6,6200 ^A	10,8192 ^A	
	Rubi MG-1192	12,4800 ^A	12,4975 ^A	8,5500 ^A	11,1758 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	6,3800 ^B	12,0650 ^A	8,4975 ^A	8,9808 ^A	
	Média	10,1875 ^a	12,2825 ^a	8,9025 ^a		
B	Acaia IAC-474-19	2,8875 ^A	8,6400 ^A	6,4925 ^A	6,0067 ^A	37,14
	Icatu Amarelo IAC-3282	5,0800 ^A	9,3275 ^A	4,1275 ^A	6,1783 ^A	
	Rubi MG-1192	3,9475 ^A	7,0750 ^A	5,5250 ^A	5,5158 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	2,5150 ^A	7,1350 ^A	6,0150 ^A	5,2217 ^A	
	Média	3,6075 ^c	8,0444 ^a	5,5400 ^b		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey.

$$^{10/} \text{EUR} = \frac{(\text{Matéria seca de ramos})^2}{\text{Conteúdo de nutriente na parte aérea}}, \text{ em g}^2/\text{mg e g}^2/\mu\text{g para macro e}$$

micronutrientes, respectivamente.

4.4. Alocação relativa de nutrientes no caule, ramos, folhas e frutos

Não houve diferenças entre as cultivares na alocação relativa de nutrientes no caule (Quadro 14). A alocação de N, P, K e Mg no caule foi maior no nível baixo de adubação em comparação aos demais níveis.

Diferença entre cultivares na alocação relativa de nutrientes em ramos só se verificou no nível baixo de fertilização para P e Ca e no nível normal para N (Quadro 15). A cultivar Rubi MG-1192 alocou mais P nos ramos e foi intermediário na alocação de Ca neste órgão, sendo que o inverso ocorreu para a cultivar Catuaí Vermelho IAC-99, a qual alocou mais Ca e teve alocação intermediária de P nos ramos. As cultivares Acaiá IAC-474-19 e Icatu Amarelo IAC-3282 alocaram menos P nos ramos. No nível normal, a cultivar Catuaí Vermelho IAC-99 alocou maior quantidade de N nos ramos, enquanto que a menor alocação desse elemento nos ramos ocorreu para as cultivares Acaiá IAC-474-19 e Rubi MG-1192.

A alocação relativa de nutrientes em folhas (Quadro 16) expressa a razão entre o conteúdo de nutrientes nas folhas e o conteúdo de nutrientes na parte aérea. No menor nível de fertilização o Rubi MG-1192 apresentou maior alocação de nutrientes em folhas, enquanto que o Acaiá IAC-474-19 manteve-se numa posição intermediária. Icatu Amarelo IAC-3282 e Catuaí Vermelho IAC-99 exibiram menor alocação de nutrientes neste órgão. No nível normal de adubação, as quatro cultivares exibiram o mesmo comportamento, não havendo diferenças entre elas quanto à alocação de nutrientes nas folhas. No nível mais alto de adubação, verificou-se diferença entre as cultivares na alocação de K e Mg nas folhas, mantendo-se o mesmo padrão de comportamento verificado no menor nível.

As cultivares não exibiram diferenças quanto à alocação relativa de nutrientes nos frutos (Quadro 17).

O caule apresentou menor conteúdo de todos os nutrientes, em relação aos demais órgãos da parte aérea. Os frutos acumularam maior quantidade de P, S, K e Cu, enquanto as folhas detiveram maior conteúdo de N, Ca, Mg e B. Por sua vez, o maior conteúdo de Zn verificou-se nos ramos (Quadros 14 a 17).

A cultivar Rubi MG-1192 alocou mais N, S, K, Ca, Mg e Cu nas folhas e apresenta tendência em alocar menor quantidade de nutrientes em frutos quando cultivada com baixo nível de adubação (Quadros 16 e 17, respectivamente), o que resultaria em alta eficiência agrônômica para essa cultivar em tais condições. Nesse caso, a eficiência de produção de raízes parece ser o fator limitante da eficiência agrônômica (Quadro 6).

Considerando a média de alocação relativa de nutrientes nos frutos, para as quatro cultivares, no nível normal de adubação (Quadro 17), verificou-se que os mesmos possuem 38,1% do N, 46,34% do P, 40,19% do S, 42,68% do K, 13,19% do Ca, 25,04% do Mg, 40,63% do Cu, 19,49% do Zn e 17,73% do B. Em cafeeiro da cultivar Catuaí com quatro anos de idade, a alocação de macro e micronutrientes nos frutos, em relação à parte aérea, foi a seguinte: 27% do N, 27% do P, 23% do S, 35% do K, 12% do Ca, 15% do Mg, 37% do Cu, 18% do Zn e 24% do B (MALAVOLTA, 1986). MALAVOLTA (1993) determinou a seguinte alocação percentual de nutrientes nos frutos para a cultivar Catuaí com 6,5 anos de idade: 25% do N, 32% do P, 25% do S, 39% do K, menos de 10% do Ca, 14% do Mg, menos de 10% do Cu, menos de 10% do Zn e 21% do B. Depreende-se, pelos valores apresentados, que a exportação de nutrientes pelo cafeeiro é considerável, ou seja, grande parte dos elementos contidos nos frutos deixa a propriedade. A exportação pode ser maior quando a palha, rica em nutrientes, não é devolvida ao cafezal. Além dos benefícios proporcionados por ser fonte de matéria orgânica, ela contém quantidades significativas de nutrientes, principalmente de K.

CORREA et al. (1986) observaram que a maior demanda de nutrientes por cafeeiro Catuaí, em anos de alta produtividade, ocorre em função da frutificação, enquanto nos anos de baixa produtividade a demanda é maior pela parte vegetativa.

Quadro 14 - Médias de alocação relativa de nutrientes no caule¹¹ de quatro cultivares de café arábica, cultivadas em três níveis de adubação

Nutriente	Cultivar	Nível de Adubação			Média	CV (%)
		Baixo	Normal	Alto		
N	Acaiaí IAC-474-19	0,0973 ^A	0,0810 ^A	0,0680 ^A	0,0821 ^A	11,14
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,0618 ^A	0,0530 ^A	0,0503 ^A	0,0550 ^A	
	Rubi MG-1192	0,0643 ^A	0,0400 ^A	0,0423 ^A	0,0488 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	0,0480 ^A	0,0445 ^A	0,0373 ^A	0,0433 ^A	
	Média	0,0678 ^a	0,0546 ^b	0,0494 ^c		
P	Acaiaí IAC-474-19	0,1313 ^A	0,0960 ^A	0,0785 ^A	0,1019 ^A	25,42
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,0595 ^A	0,0518 ^A	0,0600 ^A	0,0571 ^A	
	Rubi MG-1192	0,0855 ^A	0,0440 ^A	0,0565 ^A	0,0620 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	0,0588 ^A	0,0520 ^A	0,0438 ^A	0,0515 ^A	
	Média	0,0838 ^a	0,0609 ^b	0,0597 ^c		
S	Acaiaí IAC-474-19	0,0703 ^A	0,0708 ^A	0,0528 ^A	0,0646 ^A	16,50
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,0425 ^A	0,0455 ^A	0,0403 ^A	0,0428 ^A	
	Rubi MG-1192	0,0435 ^A	0,0355 ^A	0,0340 ^A	0,0377 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	0,0363 ^A	0,0380 ^A	0,0325 ^A	0,0356 ^A	
	Média	0,0481 ^a	0,0474 ^a	0,0399 ^a		
K	Acaiaí IAC-474-19	0,0905 ^A	0,0703 ^A	0,0550 ^A	0,0719 ^A	18,88
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,0570 ^A	0,0453 ^A	0,0420 ^A	0,0481 ^A	
	Rubi MG-1192	0,0530 ^A	0,0280 ^A	0,0318 ^A	0,0376 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	0,0380 ^A	0,0340 ^A	0,0288 ^A	0,0336 ^A	
	Média	0,0596 ^a	0,0444 ^b	0,0394 ^b		
Ca	Acaiaí IAC-474-19	0,1515 ^A	0,1340 ^A	0,1408 ^A	0,1421 ^A	17,50
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,0888 ^A	0,0780 ^A	0,1040 ^A	0,0903 ^A	
	Rubi MG-1192	0,0760 ^A	0,0728 ^A	0,0715 ^A	0,0734 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	0,0668 ^A	0,0650 ^A	0,0550 ^A	0,0623 ^A	
	Média	0,0958 ^a	0,0874 ^a	0,0928 ^a		
Mg	Acaiaí IAC-474-19	0,0938 ^A	0,0808 ^A	0,0690 ^A	0,0812 ^A	15,01
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,0578 ^A	0,0578 ^A	0,0530 ^A	0,0562 ^A	
	Rubi MG-1192	0,0570 ^A	0,0405 ^A	0,0460 ^A	0,0478 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	0,0468 ^A	0,0418 ^A	0,0440 ^A	0,0442 ^A	
	Média	0,0638 ^a	0,0552 ^b	0,0530 ^b		
Cu	Acaiaí IAC-474-19	0,1470 ^A	0,1498 ^A	0,1088 ^A	0,1352 ^A	16,49
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,0833 ^A	0,1005 ^A	0,0853 ^A	0,0897 ^A	
	Rubi MG-1192	0,0975 ^A	0,0795 ^A	0,0918 ^A	0,0896 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	0,0803 ^A	0,0875 ^A	0,0688 ^A	0,0788 ^A	
	Média	0,1020 ^a	0,1043 ^a	0,0886 ^a		
Zn	Acaiaí IAC-474-19	0,0723 ^A	0,0735 ^A	0,0718 ^A	0,0725 ^A	18,48
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,0525 ^A	0,0508 ^A	0,0545 ^A	0,0526 ^A	
	Rubi MG-1192	0,0543 ^A	0,0470 ^A	0,0583 ^A	0,0532 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	0,0408 ^A	0,0590 ^A	0,0498 ^A	0,0498 ^A	
	Média	0,0549 ^a	0,0576 ^a	0,0586 ^a		
B	Acaiaí IAC-474-19	0,0315 ^A	0,0358 ^A	0,0285 ^A	0,0319 ^A	57,23
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,0300 ^A	0,0180 ^A	0,0208 ^A	0,0229 ^A	
	Rubi MG-1192	0,0218 ^A	0,0145 ^A	0,0085 ^A	0,0149 ^A	
	Catuai Vermelho IAC-99	0,0233 ^A	0,0125 ^A	0,0070 ^A	0,0143 ^A	
	Média	0,0266 ^a	0,0202 ^a	0,0162 ^a		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey.

11/ $ANC = \frac{\text{Conteúdo de nutriente no caule}}{\text{Conteúdo de nutriente na parte aérea}}$, em g/g para macro e micronutrientes.

Quadro 15 - Médias de alocação relativa de nutrientes em ramos¹² de quatro cultivares de café arábica, cultivadas em três níveis de adubação

Nutriente	Cultivar	Nível de Adubação			Média	CV (%)
		Baixo	Normal	Alto		
N	Acaia IAC-474-19	0,1350 ^A	0,1450 ^B	0,1400 ^A	0,1400 ^A	15,50
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,1500 ^A	0,1525 ^{AB}	0,1375 ^A	0,1467 ^A	
	Rubi MG-1192	0,1575 ^A	0,1400 ^B	0,1375 ^A	0,1450 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,1600 ^A	0,1850 ^A	0,1475 ^A	0,1642 ^A	
	Média	0,1506 ^a	0,1556 ^a	0,1406 ^a		
P	Acaia IAC-474-19	0,1375 ^B	0,1575 ^A	0,1400 ^A	0,1450 ^A	24,26
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,1300 ^B	0,1300 ^A	0,1250 ^A	0,1283 ^A	
	Rubi MG-1192	0,2025 ^A	0,1375 ^A	0,1175 ^A	0,1525 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,1525 ^{AB}	0,1625 ^A	0,1050 ^A	0,1400 ^A	
	Média	0,1556 ^a	0,1469 ^a	0,1219 ^a		
S	Acaia IAC-474-19	0,1650 ^A	0,1975 ^A	0,1850 ^A	0,1825 ^A	12,80
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,1825 ^A	0,1975 ^A	0,1800 ^A	0,1867 ^A	
	Rubi MG-1192	0,1825 ^A	0,1750 ^A	0,1600 ^A	0,1725 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,1825 ^A	0,2150 ^A	0,1650 ^A	0,1875 ^A	
	Média	0,1781 ^a	0,1963 ^a	0,1725 ^a		
K	Acaia IAC-474-19	0,1500 ^A	0,1750 ^A	0,1550 ^A	0,1600 ^A	18,70
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,1750 ^A	0,1800 ^A	0,1450 ^A	0,1667 ^A	
	Rubi MG-1192	0,1725 ^A	0,1400 ^A	0,1175 ^A	0,1433 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,1700 ^A	0,1900 ^A	0,1350 ^A	0,1650 ^A	
	Média	0,1669 ^a	0,1713 ^a	0,1381 ^b		
Ca	Acaia IAC-474-19	0,2250 ^B	0,2350 ^A	0,2300 ^A	0,2300 ^A	13,83
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,2575 ^{AB}	0,2375 ^A	0,2050 ^A	0,2333 ^A	
	Rubi MG-1192	0,2475 ^{AB}	0,2225 ^A	0,2200 ^A	0,2300 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,2900 ^A	0,2625 ^A	0,2450 ^A	0,2658 ^A	
	Média	0,2550 ^a	0,2394 ^a	0,2250 ^a		
Mg	Acaia IAC-474-19	0,1450 ^A	0,1625 ^A	0,1750 ^A	0,1608 ^A	15,07
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,1600 ^A	0,1625 ^A	0,1700 ^A	0,1642 ^A	
	Rubi MG-1192	0,1675 ^A	0,1600 ^A	0,1925 ^A	0,1733 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,1725 ^A	0,1900 ^A	0,1925 ^A	0,1850 ^A	
	Média	0,1613 ^a	0,1688 ^a	0,1825 ^a		
Cu	Acaia IAC-474-19	0,2725 ^A	0,3775 ^A	0,3750 ^A	0,3417 ^A	17,57
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,2500 ^A	0,3050 ^A	0,3325 ^A	0,2958 ^A	
	Rubi MG-1192	0,3100 ^A	0,3400 ^A	0,3425 ^A	0,3308 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,3250 ^A	0,3675 ^A	0,3450 ^A	0,3458 ^A	
	Média	0,2894 ^b	0,3475 ^a	0,3488 ^a		
Zn	Acaia IAC-474-19	0,4350 ^A	0,5300 ^A	0,5875 ^A	0,5175 ^A	12,57
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,4275 ^A	0,4875 ^A	0,5725 ^A	0,4958 ^A	
	Rubi MG-1192	0,4900 ^A	0,5325 ^A	0,5775 ^A	0,5333 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,4500 ^A	0,5225 ^A	0,5600 ^A	0,5108 ^A	
	Média	0,4506 ^c	0,5181 ^b	0,5744 ^a		
B	Acaia IAC-474-19	0,0925 ^A	0,1775 ^A	0,1725 ^A	0,1475 ^A	35,92
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,1150 ^A	0,1675 ^A	0,1550 ^A	0,1458 ^A	
	Rubi MG-1192	0,0975 ^A	0,1275 ^A	0,1375 ^A	0,1208 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,1050 ^A	0,1400 ^A	0,1275 ^A	0,1242 ^A	
	Média	0,1025 ^b	0,1531 ^a	0,1481 ^a		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey.

12/ $ANR = \frac{\text{Conteúdo de nutriente nos ramos}}{\text{Conteúdo de nutriente na parte aérea}}$, em g/g para macro e micronutrientes.

Quadro 16 - Médias de alocação relativa de nutrientes em folhas¹³ de quatro cultivares de café arábica, cultivadas em três níveis de adubação

Nutriente	Cultivar	Nível de Adubação			Média	CV (%)
		Baixo	Normal	Alto		
N	Acaiaí IAC-474-19	0,4025 ^{AB}	0,4925 ^A	0,4375 ^A	0,4442 ^A	21,21
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,3300 ^B	0,3825 ^A	0,4100 ^A	0,3742 ^A	
	Rubi MG-1192	0,4500 ^A	0,3850 ^A	0,3225 ^A	0,3858 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,3175 ^B	0,3750 ^A	0,2925 ^A	0,3283 ^A	
	Média	0,375 ^a	0,4088 ^a	0,3656 ^a		
P	Acaiaí IAC-474-19	0,2750 ^A	0,3825 ^A	0,3350 ^A	0,3308 ^A	23,13
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,2475 ^A	0,3100 ^A	0,3375 ^A	0,2983 ^A	
	Rubi MG-1192	0,3325 ^A	0,3075 ^A	0,2675 ^A	0,3025 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,2350 ^A	0,3150 ^A	0,2250 ^A	0,2583 ^A	
	Média	0,2725 ^a	0,3288 ^a	0,2913 ^a		
S	Acaiaí IAC-474-19	0,3600 ^{AB}	0,4225 ^A	0,3975 ^A	0,3933 ^A	24,68
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,2750 ^B	0,3175 ^A	0,3675 ^A	0,3200 ^A	
	Rubi MG-1192	0,4375 ^A	0,3450 ^A	0,3450 ^A	0,3758 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,2825 ^B	0,3325 ^A	0,2650 ^A	0,2933 ^A	
	Média	0,3388 ^a	0,3544 ^a	0,3438 ^a		
K	Acaiaí IAC-474-19	0,3175 ^{AB}	0,4350 ^A	0,3950 ^A	0,3825 ^A	24,38
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,2800 ^{AB}	0,3325 ^A	0,3775 ^{AB}	0,3300 ^A	
	Rubi MG-1192	0,4075 ^A	0,3200 ^A	0,2675 ^{AB}	0,3317 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,2600 ^B	0,3425 ^A	0,2500 ^B	0,2842 ^A	
	Média	0,3163 ^a	0,3575 ^a	0,3225 ^a		
Ca	Acaiaí IAC-474-19	0,5050 ^{AB}	0,5450 ^A	0,5325 ^A	0,5275 ^A	9,91
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,4625 ^B	0,5250 ^A	0,5375 ^A	0,5083 ^A	
	Rubi MG-1192	0,5700 ^A	0,5575 ^A	0,5200 ^A	0,5492 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,4825 ^{AB}	0,5375 ^A	0,5150 ^A	0,5117 ^A	
	Média	0,5050 ^a	0,5413 ^a	0,5263 ^a		
Mg	Acaiaí IAC-474-19	0,4800 ^{AB}	0,5700 ^A	0,5275 ^A	0,5258 ^A	14,69
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,4100 ^B	0,4975 ^A	0,5175 ^{AB}	0,4750 ^A	
	Rubi MG-1192	0,5375 ^A	0,5200 ^A	0,4875 ^{AB}	0,5150 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,4250 ^{AB}	0,5150 ^A	0,3950 ^B	0,4450 ^A	
	Média	0,4631 ^a	0,5256 ^a	0,4819 ^a		
Cu	Acaiaí IAC-474-19	0,2250 ^{AB}	0,1625 ^A	0,1625 ^A	0,1833 ^A	27,75
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,1575 ^B	0,1425 ^A	0,1800 ^A	0,1600 ^A	
	Rubi MG-1192	0,2600 ^A	0,1325 ^A	0,1250 ^A	0,1725 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,1575 ^B	0,1300 ^A	0,1200 ^A	0,1358 ^A	
	Média	0,2000 ^a	0,1419 ^b	0,1469 ^b		
Zn	Acaiaí IAC-474-19	0,2425 ^A	0,2600 ^A	0,1750 ^A	0,2258 ^A	22,95
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,1750 ^A	0,2225 ^A	0,1625 ^A	0,1867 ^A	
	Rubi MG-1192	0,2275 ^A	0,2200 ^A	0,1400 ^A	0,1958 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,1700 ^A	0,2150 ^A	0,1600 ^A	0,1817 ^A	
	Média	0,2038 ^a	0,2294 ^a	0,1594 ^b		
B	Acaiaí IAC-474-19	0,6200 ^A	0,6800 ^A	0,6400 ^A	0,6467 ^A	15,59
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,5525 ^A	0,6225 ^A	0,6875 ^A	0,6208 ^A	
	Rubi MG-1192	0,6425 ^A	0,6500 ^A	0,6750 ^A	0,6558 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,5250 ^A	0,6450 ^A	0,5726 ^A	0,5808 ^A	
	Média	0,5850 ^a	0,6494 ^a	0,6438 ^a		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey.

$$^{13}/ ANF = \frac{\text{Conteúdo de nutriente nas folhas}}{\text{Conteúdo de nutriente na parte aérea}}, \text{ em g/g para macro e micronutrientes.}$$

Quadro 17 - Médias de alocação relativa de nutrientes em frutos¹⁴ de quatro cultivares de café arábica, cultivadas em três níveis de adubação

Nutriente	Cultivar	Nível de Adubação			Média	CV (%)
		Baixo	Normal	Alto		
N	Acaiaí IAC-474-19	0,3652 ^A	0,2815 ^A	0,3545 ^A	0,3337 ^A	44,68
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,4582 ^A	0,4120 ^A	0,4022 ^A	0,4241 ^A	
	Rubi MG-1192	0,3282 ^A	0,4350 ^A	0,4977 ^A	0,4204 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,4745 ^A	0,3955 ^A	0,5227 ^A	0,4642 ^A	
	Média	0,4066 ^a	0,3810 ^a	0,4444 ^a		
P	Acaiaí IAC-474-19	0,4562 ^A	0,3640 ^A	0,4465 ^A	0,4223 ^A	46,29
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,5630 ^A	0,5082 ^A	0,4775 ^A	0,5163 ^A	
	Rubi MG-1192	0,3795 ^A	0,5110 ^A	0,5585 ^A	0,4830 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,5537 ^A	0,4705 ^A	0,6262 ^A	0,5502 ^A	
	Média	0,4881 ^a	0,4634 ^a	0,5271 ^a		
S	Acaiaí IAC-474-19	0,4047 ^A	0,3092 ^A	0,3647 ^A	0,3596 ^A	42,58
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,5000 ^A	0,4395 ^A	0,4122 ^A	0,4505 ^A	
	Rubi MG-1192	0,3365 ^A	0,4445 ^A	0,4610 ^A	0,4140 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,4987 ^A	0,4145 ^A	0,5375 ^A	0,4836 ^A	
	Média	0,4350 ^a	0,4019 ^a	0,4438 ^a		
K	Acaiaí IAC-474-19	0,4420 ^A	0,3197 ^A	0,3950 ^A	0,3856 ^A	44,77
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,4880 ^A	0,4422 ^A	0,4355 ^A	0,4552 ^A	
	Rubi MG-1192	0,3670 ^A	0,5120 ^A	0,5832 ^A	0,4874 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,5320 ^A	0,4335 ^A	0,5862 ^A	0,5172 ^A	
	Média	0,4572 ^a	0,4268 ^a	0,5000 ^a		
Ca	Acaiaí IAC-474-19	0,1185 ^A	0,0860 ^A	0,0967 ^A	0,1004 ^A	55,96
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,1912 ^A	0,1595 ^A	0,1535 ^A	0,1681 ^A	
	Rubi MG-1192	0,1065 ^A	0,1472 ^A	0,1885 ^A	0,1474 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,1607 ^A	0,1350 ^A	0,1850 ^A	0,1602 ^A	
	Média	0,1442 ^a	0,1319 ^a	0,1559 ^a		
Mg	Acaiaí IAC-474-19	0,2812 ^A	0,1867 ^A	0,2285 ^A	0,2322 ^A	44,38
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,3722 ^A	0,2822 ^A	0,2595 ^A	0,3046 ^A	
	Rubi MG-1192	0,2380 ^A	0,2795 ^A	0,2740 ^A	0,2639 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,3557 ^A	0,2532 ^A	0,3685 ^A	0,3258 ^A	
	Média	0,3118 ^a	0,2504 ^a	0,2826 ^a		
Cu	Acaiaí IAC-474-19	0,3555 ^A	0,3102 ^A	0,3537 ^A	0,3398 ^A	47,23
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,5092 ^A	0,4520 ^A	0,4022 ^A	0,4545 ^A	
	Rubi MG-1192	0,3325 ^A	0,4480 ^A	0,4407 ^A	0,4071 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,4372 ^A	0,4150 ^A	0,4662 ^A	0,4396 ^A	
	Média	0,4086 ^a	0,4063 ^a	0,4157 ^a		
Zn	Acaiaí IAC-474-19	0,2502 ^A	0,1365 ^A	0,1657 ^A	0,1842 ^A	52,08
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,3450 ^A	0,2392 ^A	0,2105 ^A	0,2649 ^A	
	Rubi MG-1192	0,2282 ^A	0,2005 ^A	0,2242 ^A	0,2177 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,3392 ^A	0,2035 ^A	0,2302 ^A	0,2577 ^A	
	Média	0,2907 ^a	0,1949 ^a	0,2076 ^a		
B	Acaiaí IAC-474-19	0,2560 ^A	0,1067 ^A	0,1590 ^A	0,1739 ^A	79,85
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,3025 ^A	0,1920 ^A	0,1367 ^A	0,2105 ^A	
	Rubi MG-1192	0,2382 ^A	0,2080 ^A	0,1790 ^A	0,2085 ^A	
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,3467 ^A	0,2025 ^A	0,8083 ^A	0,2807 ^A	
	Média	0,2859 ^a	0,1773 ^a	0,1919 ^a		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si a 10%, pelo teste de Tukey.

^{14/} ANFR = $\frac{\text{Conteúdo de nutriente no fruto}}{\text{Conteúdo de nutriente na parte aérea}}$, em g/g para macro e micronutrientes.

4.5. Estudo das correlações entre eficiências nutricionais por meio da análise de trilha

Nos diagramas causais evidenciando o inter-relacionamento das variáveis analisadas (Figuras 3 e 4), as setas unidirecionais indicam o efeito direto (coeficiente de trilha) de cada variável explicativa, enquanto as setas bidirecionais representam a interdependência de duas variáveis explicativas.

Para detalhar os efeitos das variáveis explicativas sobre a variável básica, em cada diagrama, obtiveram-se as correlações (Quadros 18 e 19) e o desdobramento das mesmas em efeitos diretos e indiretos, pela análise de trilha (Quadros 20 a 37).

Observam-se correlações positivas e significativas entre a eficiência agrônômica – EA (produção de café em coco por unidade de nutriente presente na planta) e a eficiência de utilização (EU) de P, Ca e B (Quadro 18). Verificou-se que a cultivar Icatu Amarelo IAC-3282, mais produtiva em ambiente com restrição de nutrientes, apresentou maior eficiência de utilização de P neste nível de adubação (Quadro 8). De forma análoga, no nível alto de adubação esta cultivar, juntamente com a cultivar Acaiá IAC-474-19, detiveram a menor eficiência de utilização de P. Entretanto, as cultivares Rubi MG-1192 e Catuaí Vermelho IAC-99, mais produtivas com elevadas doses de adubo, exibiram maior eficiência de utilização de P. A eficiência de utilização de Ca não diferiu entre as cultivares nos três ambientes e a de B, apenas no nível alto de adubação (Quadro 8). Neste aspecto, a eficiência de utilização de P parece interferir mais efetivamente na eficiência agrônômica do que as eficiências de utilização de Ca e de B.

A eficiência de produção de raízes – EPR correlacionou-se, significativa e negativamente, com a eficiência de translocação (ET), exceto para Zn (Quadro 18). Isto sugere que o transporte mais eficiente de nutrientes para a parte aérea limitou a expansão do sistema radicular, ou vice-versa. Outrossim, estas correlações negativas confirmaram a maior eficiência de produção de raízes do Acaiá IAC-474-19 e sua menor eficiência de translocação no menor nível de adubação (Quadros 6 e 7, respectivamente). O inverso ocorreu com o Rubi MG-1192, cuja eficiência de produção de raízes foi baixa, mas exibiu alta eficiência de translocação para N, Cu e Zn.

Dentre os caracteres mais correlacionados com a eficiência de utilização de nutrientes para produção de parte aérea (EUPA), destacaram-se as eficiências de utilização de nutrientes para produção de ramos (EUR) e de folhas (EUF), para todos os nutrientes, verificando-se altas correlações ($0,01 < p < 0,05$) positivas (Quadro 19). Desta forma, espera-se que cultivares eficientes na utilização de nutrientes para produção de folhas possam ser igualmente eficientes na utilização de nutrientes para produção de parte aérea (Quadros 10 e 9), respectivamente, pela similaridade de comportamento das cultivares no nível baixo de adubação, quanto a essas eficiências.

Com relação aos caracteres EUPA e EUR, verificou-se tendência única de comportamento das cultivares em estudo (Quadros 9 e 13). Possivelmente, esta alta correlação seja mais bem explicada por algum efeito indireto via outra característica, o que poderá ser comprovado na análise de trilha, levando a conclusões mais precisas.

Observou-se, ainda, que as eficiências de utilização de N, K, Mg, S e Zn para a produção de caule (EUC) e de frutos (EUFR) apresentaram altas correlações negativas (Quadro 19). Estas correlações explicam as maiores produtividades das cultivares Rubi MG-1192 e Catuaí Vermelho IAC-99, que apresentaram maiores produtividades por unidade desses nutrientes na parte aérea (EUFR) em detrimento à eficiência para produção de caule (EUC), mais evidente no nível alto de adubação (Quadros 11 e 12, respectivamente). Ao contrário, a cultivar menos produtiva Acaiá IAC-474-19 foi menos eficiente na utilização de N, K, Mg, S e Zn para produção de frutos e mais eficiente na utilização desses nutrientes para produção de caule.

Altas correlações foram observadas, ainda, entre EUR e EUF para todos os nutrientes (Quadro 19). Segundo RENA e MAESTRI (1986), a produção de folhas está intimamente associada ao crescimento de ramos laterais.

Quadro 18 - Correlações entre as variáveis explicativas (eficiência de produção de raízes (EPR), eficiência de absorção de nutrientes (EAB), eficiência de translocação de nutrientes (ET) e eficiência de utilização de nutrientes (EU)) da eficiência agrônômica (EA), de nove nutrientes, avaliadas em quatro cultivares de café arábica

Nutriente	Eficiências	EPR	EAB	ET	EU
N	EA	-0,16	-0,01	0,42	0,27
	EPR		-0,49	-0,91**	0,42
	EAB			0,45	-0,18
	ET				-0,19
P	EA	-0,09	-0,26	0,27	0,62
	EPR		-0,35	-0,92**	0,24
	EAB			0,36	-0,33
	ET				-0,15
K	EA	-0,17	0,02	0,49	0,26
	EPR		-0,56	-0,72*	0,44
	EAB			0,42	-0,26
	ET				-0,27
Ca	EA	-0,16	-0,07	0,33	0,57**
	EPR		-0,33	-0,87**	0,19
	EAB			0,44	-0,02
	ET				0,04
Mg	EA	-0,16	-0,10	0,30	0,51
	EPR		-0,34	-0,84**	0,20
	EAB			0,21	-0,05
	ET				0,10
S	EA	-0,12	0,01	0,50	0,30
	EPR		-0,45	-0,84**	0,36
	EAB			0,36	-0,11
	ET				-0,10
Cu	EA	0,03	-0,11	0,30	0,35
	EPR		-0,49	-0,87**	0,52
	EAB			0,35	-0,44
	ET				-0,32
Zn	EA	-0,11	-0,37	0,57*	0,55
	EPR		0,08	-0,56	0,14
	EAB			-0,30	-0,24
	ET				0,64*
B	EA	0,09	-0,34	-0,09	0,67*
	EPR		-0,51	-0,73**	0,46
	EAB			0,60*	-0,54
	ET				-0,56

*, ** - Significativo a 5 e 1%, pelo teste t.

Quadro 19 - Correlações entre as variáveis explicativas (eficiência de utilização de nutrientes para produção de caule (EUC), de ramos (EUR), de folhas (EUF) e de frutos (EUFR)) da eficiência de utilização de nutrientes para produção de parte aérea (EUPA), de nove nutrientes, avaliadas em quatro cultivares de café arábica

Nutriente	Eficiências	EUC	EUR	EUF	EUFR
N	EUPA	0,25	0,76**	0,64**	0,19
	EUC		0,25	0,38	-0,62*
	EUR			0,58*	-0,12
	EUF				-0,49
P	EUPA	0,08	0,83**	0,72**	0,65*
	EUC		0,18	0,40	-0,54
	EUR			0,70*	0,33
	EUF				0,04
K	EUPA	0,30	0,78**	0,73**	0,25
	EUC		0,30	0,44	-0,63*
	EUR			0,68*	-0,06
	EUF				-0,32
Ca	EUPA	0,08	0,78**	0,66*	0,58*
	EUC		0,12	0,35	-0,56
	EUR			0,64*	0,24
	EUF				-0,10
Mg	EUPA	0,06	0,69*	0,63*	0,48
	EUC		0,12	0,32	-0,60*
	EUR			0,60*	0,04
	EUF				-0,24
S	EUPA	0,20	0,75**	0,67*	0,27
	EUC		0,29	0,43	-0,61*
	EUR			0,63*	-0,07
	EUF				-0,42
Cu	EUPA	0,32	0,84**	0,84**	0,36
	EUC		0,41	0,52	-0,56
	EUR			0,80**	0,11
	EUF				-0,08
Zn	EUPA	0,05	0,57*	0,67*	0,28
	EUC		0,23	0,34	-0,58*
	EUR			0,62*	-0,02
	EUF				-0,30
B	EUPA	0,24	0,84**	0,77**	0,71**
	EUC		0,44	0,61*	-0,36
	EUR			0,84**	0,42
	EUF				0,19

*, ** - Significativo a 5 e 1% pelo teste t.

O estudo das correlações, apesar de fornecer informações úteis na quantificação da magnitude e direção das influências de fatores na determinação de caracteres complexos, não dá a exata importância relativa dos efeitos diretos e indiretos destes fatores. O conhecimento das correlações entre índices de eficiência nutricional é importante quando se deseja selecionar determinada eficiência nutricional, de fácil obtenção, e que apresenta alta correlação com a característica básica, previamente estabelecida. No entanto, alta correlação entre duas características pode ser resultado do efeito sobre estas, de uma terceira ou de um grupo de características. Daí a importância da análise de trilha, a qual permite um entendimento mais detalhado dessas correlações, conduzindo o pesquisador a conclusões mais precisas (CRUZ e REGAZZI, 1997).

Assim, com o intuito de melhor entender as inter-relações entre índices de eficiência nutricional, utilizou-se a análise de trilha, desdobrando as correlações estimadas em efeitos diretos e indiretos das características explicativas da variável básica (Quadros 20 a 37).

Estabeleceram-se dois diagramas causais (Figuras 3 e 4), nos quais considerou-se a eficiência agrônômica (EA) e a eficiência de utilização de nutrientes para produção de parte aérea (EUPA) como características básicas ou principais. Nesses diagramas procurou-se evidenciar o inter-relacionamento entre índices de eficiência nutricional, cuja análise de trilha facultaria perceber qual ou quais deles mais interferem na EA e na EUPA.

No primeiro diagrama (Figura 3), a variável básica eficiência agrônômica, relacionada à produção de café em coco por unidade de nutriente na planta, pode ser afetada por alguns fatores, como a produção de matéria seca de raiz, absorção, translocação e utilização de nutrientes. É de se esperar que cultivares que produzam mais matéria seca de raiz por unidade de nutriente na planta, bem como mais eficientes na absorção, translocação e utilização de determinado nutriente, alcancem maior eficiência agrônômica. Desta forma, a seleção de cultivares com maior EA poderia ser baseada na utilização de determinado índice de eficiência que compõe as variáveis explicativas da EA.

Notou-se que, para todos os nutrientes, as variáveis não explicaram totalmente a variação da variável básica (eficiência agrônômica – EA),

traduzida por valores médios de coeficiente de determinação (R^2) (Quadros 20 a 28). As altas correlações encontradas entre os dois pares de caracteres (EA_{Zn} e ET_{Zn} ; e entre EA_P e EU_P) (Quadro 18), não medem relação de causa e efeito, uma vez que os efeitos diretos de EU_P e ET_{Zn} sobre EA (Quadros 21 e 27, respectivamente), não superam o efeito residual. Assim, prever a eficiência agrônômica quanto ao P (EA_P) e ao Zn (EA_{Zn}) de determinada cultivar por meio da eficiência de utilização de P (EU_P) e de translocação de Zn (ET_{Zn}), respectivamente, não constitui um procedimento adequado. A eficiência agrônômica, neste caso, pode estar sendo mais influenciada por outros fatores que não os envolvidos na translocação e utilização de nutrientes na planta.

O inverso é observado entre a EU_B e EA_B (Quadro 28), para os quais se verifica que EU_B apresentou efeito direto sobre EA_B de 0,8471, superior ao efeito residual de 0,6386. Neste caso, cultivares eficientes na utilização de B tendem a exibir alta eficiência agrônômica, como é o caso das cultivares Rubi MG-1192 e Catuaí Vermelho IAC-99, nos níveis normal e alto de adubação (Quadros 4 e 8). Assim como para a eficiência de translocação de Zn e de utilização de P, prever a eficiência agrônômica quanto ao B pela eficiência de utilização de B não seria aconselhável, tendo em vista o modesto valor de coeficiente de determinação encontrado para estas características (Quadro 28).

De acordo com CRUZ e REGAZZI (1997), para que uma variável independente seja considerada importante sobre a variável dependente, é necessário que a magnitude do seu efeito direto seja maior do que o efeito da variável residual, além de que o coeficiente de correlação seja alto em valor absoluto.

Dentre os índices de eficiência que compõem as variáveis explicativas (Figura 3), não se detectou algum que pudesse ser indicado para prever o comportamento de determinada cultivar quanto à eficiência agrônômica.

Quadro 20 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (eficiência de produção de raízes em relação ao N (EPR_N), eficiência de absorção de N (EAB_N), eficiência de translocação de N (ET_N) e eficiência de utilização de N (EU_N)) sobre a variável principal (eficiência agrônômica de N (EA_N)), em quatro cultivares de café arábica

Variável	Efeito	Estimativa
EPR_N	Direto sobre EA_N	1,1617
	Indireto via EAB_N	0,0665
	Indireto via ET_N	-1,4125
	Indireto via EU_N	0,0212
	Total	-0,1631
EAB_N	Direto sobre EA_N	-0,1344
	Indireto via EPR_N	-0,5750
	Indireto via ET_N	0,7062
	Indireto via EU_N	-0,0090
	Total	-0,0122
ET_N	Direto sobre EA_N	1,5523
	Indireto via EPR_N	-1,0571
	Indireto via EAB_N	-0,0611
	Indireto via EU_N	-0,0096
	Total	0,4245
EU_N	Direto sobre EA_N	0,0503
	Indireto via EPR_N	0,4896
	Indireto via EAB_N	0,0241
	Indireto via ET_N	-0,2930
	Total	0,2710
R^2		0,4850
Efeito Residual		0,7176

*, ** - Significativo a 5 e 1% pelo teste t.

Quadro 21 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (eficiência de produção de raízes em relação ao P (EPR_P), eficiência de absorção de P (EAB_P), eficiência de translocação de P (ET_P) e eficiência de utilização de P (EU_P)) sobre a variável principal (eficiência agrônômica de P (EA_P)), em quatro cultivares de café arábica

Variável	Efeito	Estimativa
EPR_P	Direto sobre EA_P	0,6283
	Indireto via EAB_P	0,0806
	Indireto via ET_P	-0,9376
	Indireto via EU_P	0,1329
	Total	-0,0958
EAB_P	Direto sobre EA_P	-0,2306
	Indireto via EPR_P	-0,2197
	Indireto via ET_P	0,3686
	Indireto via EU_P	-0,1848
	Total	-0,2665
ET_P	Direto sobre EA_P	1,0184
	Indireto via EPR_P	-0,5785
	Indireto via EAB_P	-0,0834
	Indireto via EU_P	-0,0834
	Total	0,2731
EU_P	Direto sobre EA_P	0,5514
	Indireto via EPR_P	0,1515
	Indireto via EAB_P	0,0773
	Indireto via ET_P	-0,1540
	Total	0,6262*
R^2		0,62
Efeito Residual		0,6125

*, ** - Significativo a 5 e 1% pelo teste t.

Quadro 22 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (eficiência de produção de raízes em relação ao K (EPR_K), eficiência de absorção de K (EAB_K), eficiência de translocação de K (ET_K) e eficiência de utilização de K (EU_K)) sobre a variável principal (eficiência agrônômica de K (EA_K)), em quatro cultivares de café arábica

Variável	Efeito	Estimativa
EPR_K	Direto sobre EA_K	0,1166
	Indireto via EAB_K	0,0703
	Indireto via ET_K	-0,5264
	Indireto via EU_K	0,1685
	Total	-0,1710
EAB_K	Direto sobre EA_K	-0,1263
	Indireto via EPR_K	-0,0649
	Indireto via ET_K	0,3121
	Indireto via EU_K	-0,0975
	Total	0,0234
ET_K	Direto sobre EA_K	0,7345
	Indireto via EPR_K	-0,0836
	Indireto via EAB_K	-0,0536
	Indireto via EU_K	-0,1032
	Total	0,4941
EU_K	Direto sobre EA_K	0,3788
	Indireto via EPR_K	0,0519
	Indireto via EAB_K	0,0325
	Indireto via ET_K	-0,2001
	Total	0,2631
R^2		0,44
Efeito Residual		0,7485

*, ** - Significativo a 5 e 1% pelo teste t.

Quadro 23 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (eficiência de produção de raízes em relação ao Ca (EPR_{Ca}), eficiência de absorção de Ca (EAB_{Ca}), eficiência de translocação de Ca (ET_{Ca}) e eficiência de utilização de Ca (EU_{Ca})) sobre a variável principal (eficiência agrônômica de Ca (EA_{Ca})), em quatro cultivares de café arábica

Variável	Efeito	Estimativa
EPR_{Ca}	Direto sobre EA_{Ca}	0,0150
	Indireto via EAB_{Ca}	0,0803
	Indireto via ET_{Ca}	-0,3725
	Indireto via EU_{Ca}	0,1076
	Total	-0,1696
EAB_{Ca}	Direto sobre EA_{Ca}	-0,2460
	Indireto via EPR_{Ca}	-0,0049
	Indireto via ET_{Ca}	0,1890
	Indireto via EU_{Ca}	-0,0119
	Total	-0,0738
ET_{Ca}	Direto sobre EA_{Ca}	0,4290
	Indireto via EPR_{Ca}	-0,0130
	Indireto via EAB_{Ca}	-0,1083
	Indireto via EU_{Ca}	0,0251
	Total	0,3328
EU_{Ca}	Direto sobre EA_{Ca}	0,5506
	Indireto via EPR_{Ca}	0,0029
	Indireto via EAB_{Ca}	0,0053
	Indireto via ET_{Ca}	0,0195
	Total	0,5783*
R^2		0,47
Efeito Residual		0,7232

*, ** - Significativo a 5 e 1% pelo teste t.

Quadro 24 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (eficiência de produção de raízes em relação ao Mg (EPR_{Mg}), eficiência de absorção de Mg (EAB_{Mg}), eficiência de translocação de Mg (ET_{Mg}) e eficiência de utilização de Mg (EU_{Mg})) sobre a variável principal (eficiência agrônômica de Mg (EA_{Mg})), em quatro cultivares de café arábica

Variável	Efeito	Estimativa
EPR_{Mg}	Direto sobre EA_{Mg}	-0,3538
	Indireto via EAB_{Mg}	0,0695
	Indireto via ET_{Mg}	0,0020
	Indireto via EU_{Mg}	0,1158
	Total	-0,1665
EAB_{Mg}	Direto sobre EA_{Mg}	-0,2011
	Indireto via EPR_{Mg}	0,1223
	Indireto via ET_{Mg}	-0,0005
	Indireto via EU_{Mg}	-0,0288
	Total	-0,1081
ET_{Mg}	Direto sobre EA_{Mg}	-0,0024
	Indireto via EPR_{Mg}	0,2964
	Indireto via EAB_{Mg}	-0,0427
	Indireto via EU_{Mg}	0,0581
	Total	0,3094
EU_{Mg}	Direto sobre EA_{Mg}	0,5771
	Indireto via EPR_{Mg}	-0,0710
	Indireto via EAB_{Mg}	0,0100
	Indireto via ET_{Mg}	-0,0002
	Total	0,5159
R^2		0,37
Efeito Residual		0,7888

*, ** - Significativo a 5 e 1% pelo teste t.

Quadro 25 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (eficiência de produção de raízes em relação ao S (EPR_S), eficiência de absorção de S (EAB_S), eficiência de translocação de S (ET_S) e eficiência de utilização de S (EU_S)) sobre a variável principal (eficiência agrônômica de S (EA_S)), em quatro cultivares de café arábica

Variável	Efeito	Estimativa
EPR _S	Direto sobre EA _S	0,9422
	Indireto via EAB _S	0,0120
	Indireto via ET _S	-1,1101
	Indireto via EU _S	0,0341
	Total	-0,1218
EAB _S	Direto sobre EA _S	-0,0264
	Indireto via EPR _S	-0,4293
	Indireto via ET _S	0,4807
	Indireto via EU _S	-0,0103
	Total	0,0147
ET _S	Direto sobre EA _S	1,3152
	Indireto via EPR _S	-0,7952
	Indireto via EAB _S	-0,0096
	Indireto via EU _S	-0,0092
	Total	0,5012
EU _S	Direto sobre EA _S	0,0942
	Indireto via EPR _S	0,3413
	Indireto via EAB _S	0,0029
	Indireto via ET _S	-0,1295
	Total	0,3089
R ²		0,57
Efeito Residual		0,6534

*, ** - Significativo a 5 e 1% pelo teste t.

Quadro 26 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (eficiência de produção de raízes em relação ao Cu (EPR_{Cu}), eficiência de absorção de Cu (EAB_{Cu}), eficiência de translocação de Cu (ET_{Cu}) e eficiência de utilização de Cu (EU_{Cu})) sobre a variável principal (eficiência agrônômica de Cu (EA_{Cu})), em quatro cultivares de café arábica

Variável	Efeito	Estimativa
EPR_{Cu}	Direto sobre EA_{Cu}	1,0803
	Indireto via EAB_{Cu}	-0,0291
	Indireto via ET_{Cu}	-1,1438
	Indireto via EU_{Cu}	0,1233
	Total	0,0307
EAB_{Cu}	Direto sobre EA_{Cu}	0,0587
	Indireto via EPR_{Cu}	-0,5353
	Indireto via ET_{Cu}	0,4619
	Indireto via EU_{Cu}	-0,1043
	Total	-0,1190
ET_{Cu}	Direto sobre EA_{Cu}	1,3071
	Indireto via EPR_{Cu}	-0,9453
	Indireto via EAB_{Cu}	0,0207
	Indireto via EU_{Cu}	-0,0765
	Total	0,3060
EU_{Cu}	Direto sobre EA_{Cu}	0,2380
	Indireto via EPR_{Cu}	0,5595
	Indireto via EAB_{Cu}	-0,0257
	Indireto via ET_{Cu}	-0,4201
	Total	0,3517
R^2		0,51
Efeito Residual		0,7000

*, ** - Significativo a 5 e 1 pelo teste t.

Quadro 27 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (eficiência de produção de raízes em relação ao Zn (EPR_{Zn}), eficiência de absorção de Zn (EAB_{Zn}), eficiência de translocação de Zn (ET_{Zn}) e eficiência de utilização de Zn (EU_{Zn})) sobre a variável principal (eficiência agrônômica de Zn (EA_{Zn})), em quatro cultivares de café arábica

Variável	Efeito	Estimativa
EPR_{Zn}	Direto sobre EA_{Zn}	0,1552
	Indireto via EAB_{Zn}	-0,0166
	Indireto via ET_{Zn}	-0,2744
	Indireto via EU_{Zn}	0,0241
	Total	-0,1117
EAB_{Zn}	Direto sobre EA_{Zn}	-0,1951
	Indireto via EPR_{Zn}	0,0132
	Indireto via ET_{Zn}	-0,1480
	Indireto via EU_{Zn}	-0,0429
	Total	-0,3728
ET_{Zn}	Direto sobre EA_{Zn}	0,4894
	Indireto via EPR_{Zn}	-0,0870
	Indireto via EAB_{Zn}	0,0590
	Indireto via EU_{Zn}	0,1121
	Total	0,5735*
EU_{Zn}	Direto sobre EA_{Zn}	0,1749
	Indireto via EPR_{Zn}	0,0214
	Indireto via EAB_{Zn}	0,0478
	Indireto via ET_{Zn}	0,3138
	Total	0,5579
R^2		0,43
Efeito Residual		0,7524

*, ** - Significativo a 5 e 1% pelo teste t.

Quadro 28 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (eficiência de produção de raízes em relação ao B (EPR_B), eficiência de absorção de B (EAB_B), eficiência de translocação de B (ET_B) e eficiência de utilização de B (EU_B)) sobre a variável principal (eficiência agrônômica de B (EA_B)), em quatro cultivares de café arábica

Variável	Efeito	Estimativa
EPR_B	Direto sobre EA_B	-0,0445
	Indireto via EAB_B	0,1048
	Indireto via ET_B	-0,3484
	Indireto via EU_B	0,3878
	Total	0,0997
EAB_B	Direto sobre EA_B	-0,2059
	Indireto via EPR_B	0,0226
	Indireto via ET_B	0,2881
	Indireto via EU_B	-0,4544
	Total	-0,3496
ET_B	Direto sobre EA_B	0,4757
	Indireto via EPR_B	0,0325
	Indireto via EAB_B	-0,1247
	Indireto via EU_B	-0,4748
	Total	-0,0913
EU_B	Direto sobre EA_B	0,8471
	Indireto via EPR_B	-0,0203
	Indireto via EAB_B	0,1104
	Indireto via ET_B	-0,2667
	Total	0,6705*
R^2		0,59
Efeito Residual		0,6386

*, ** - Significativo a 5 e 1% pelo teste t.

Baseado no segundo diagrama de causa e efeito (Figura 4), procurou-se conhecer a influência da eficiência de utilização de nutrientes para produção de caule, ramos, folhas e frutos sobre a eficiência de utilização de nutrientes para produção de parte aérea. Assim, pressupôs-se que a seleção de cultivares eficientes na utilização de nutrientes para produção de parte aérea poderia ser realizada utilizando-se determinado índice de eficiência, de mais fácil obtenção, incluído nas características explicativas no referido diagrama.

Para detalhar os efeitos das eficiências de utilização de nutrientes para produção de caule (EUC), de ramos (EUR), de folhas (EUF) e de frutos (EUFR)

sobre a eficiência de utilização de nutrientes para produção de parte aérea (EUPA), obtiveram-se os desdobramentos das correlações entre estas variáveis em efeitos diretos e indiretos, pela análise de trilha (Quadros 29 a 37). Os altos valores dos coeficientes de determinação (R^2) do modelo da análise de trilha em questão indicam que as variações da variável básica (eficiência de utilização de nutrientes para produção de parte aérea) são quase que totalmente explicadas pelo esquema causal (Figura 4).

As correlações de elevada magnitude entre o par de caracteres EUF e EUPA, respectivamente, eficiência de utilização de nutrientes para produção de folhas e eficiência de utilização de nutrientes para produção de parte aérea (Quadro 19), são devidos ao efeito direto de EUF sobre EUPA para todos os nutrientes (Quadros 29 a 37).

Contudo, altas correlações entre EUR e EUPA (Quadro 19) são atribuídas mais aos efeitos indiretos de EUF que ao efeito direto de EUR sobre EUPA, para todos os nutrientes. Neste contexto, deduz-se que a eficiência de utilização de nutrientes para produção de folhas é uma característica que melhor explica a eficiência de utilização de nutrientes para produção de parte aérea. Em decorrência disto, a seleção de cultivares eficientes na utilização de nutrientes para produção de parte aérea por meio da eficiência de utilização de nutrientes para produção de folhas pode ser um procedimento adequado. Além disto, deve-se salientar a maior facilidade de obtenção de EUF em comparação a EUPA.

Apesar da baixa correlação entre a eficiência de utilização de nutrientes para produção de caule (EUC) e de frutos (EUFR) com a eficiência de utilização de nutrientes para produção de parte aérea (EUPA) (Quadro 19), percebe-se que estas características, quando analisadas em conjunto apresentam grande influência sobre EUPA, pelos altos valores das estimativas relacionadas aos efeitos diretos (Quadros 29 a 37). Neste aspecto, é possível que a seleção de cultivares eficientes na utilização de nutrientes para produção de parte aérea possa também ser avaliada mediante uso da EUC, EUF e EUFR. A escolha do índice mais apropriado a determinada situação dependerá da finalidade do estudo e do objetivo do pesquisador.

Quadro 29 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (eficiência de utilização de N para produção de caule (EUC_N), de ramos (EUR_N), de folhas ($EUFN$) e de frutos ($EUFR_N$)) sobre a variável principal (eficiência de utilização de N para produção de parte aérea ($EUPA_N$)), em quatro cultivares de café arábica

Variável	Efeito	Estimativa
EUC_N	Direto sobre $EUPA_N$	0,4147
	Indireto via EUR_N	0,0892
	Indireto via $EUFN$	0,2624
	Indireto via $EUFR_N$	-0,5077
	Total	0,2586
EUR_N	Direto sobre $EUPA_N$	0,3161
	Indireto via EUC_N	0,1039
	Indireto via $EUFN$	0,3977
	Indireto via $EUFR_N$	-0,971
	Total	0,7606**
$EUFN$	Direto sobre $EUPA_N$	0,6856
	Indireto via EUC_N	0,1587
	Indireto via EUR_N	0,2066
	Indireto via $EUFR_N$	-0,4022
	Total	0,6487**
$EUFR_N$	Direto sobre $EUPA_N$	0,8236
	Indireto via EUC_N	-0,2556
	Indireto via EUR_N	-0,0420
	Indireto via $EUFN$	-0,3347
	Total	0,1913
R^2		0,98
Efeito Residual		0,1398

*, ** - Significativo a 5 e 1% pelo teste t.

Quadro 30 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (eficiência de utilização de P para produção de caule (EUC_P), de ramos (EUR_P), de folhas ($EUFP$) e de frutos ($EUFR_P$)) sobre a variável principal (eficiência de utilização de P para produção de parte aérea ($EUPA_P$)), em quatro cultivares de café arábica

Variável	Efeito	Estimativa
EUC_P	Direto sobre $EUPA_P$	0,2420
	Indireto via EUR_P	0,0511
	Indireto via $EUFP$	0,1625
	Indireto via $EUFR_P$	-0,3661
	Total	0,0895
EUR_P	Direto sobre $EUPA_P$	0,2807
	Indireto via EUC_P	0,0441
	Indireto via $EUFP$	0,2829
	Indireto via $EUFR_P$	0,2240
	Total	0,8317**
$EUFP$	Direto sobre $EUPA_P$	0,4048
	Indireto via EUC_P	0,0971
	Indireto via EUR_P	0,1962
	Indireto via $EUFR_P$	0,0270
	Total	0,7251**
$EUFR_P$	Direto sobre $EUPA_P$	0,6750
	Indireto via EUC_P	-0,1312
	Indireto via EUR_P	0,0931
	Indireto via $EUFP$	0,0162
	Total	0,6531**
R^2		0,99
Efeito Residual		0,1009

*, ** - Significativo a 5 e 1% pelo teste t.

Quadro 31 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (eficiência de utilização de K para produção de caule (EUC_K), de ramos (EUR_K), de folhas (EUF_K) e de frutos ($EUFR_K$)) sobre a variável principal (eficiência de utilização de K para produção de parte aérea ($EUPA_K$)), em quatro cultivares de café arábica

Variável	Efeito	Estimativa
EUC_K	Direto sobre $EUPA_K$	0,4223
	Indireto via EUR_K	0,0945
	Indireto via EUF_K	0,2498
	Indireto via $EUFR_K$	-0,4578
	Total	0,3088
EUR_K	Direto sobre $EUPA_K$	0,3175
	Indireto via EUC_K	0,1257
	Indireto via EUF_K	0,3897
	Indireto via $EUFR_K$	-0,0467
	Total	0,7862**
EUF_K	Direto sobre $EUPA_K$	0,5695
	Indireto via EUC_K	0,1852
	Indireto via EUR_K	0,2173
	Indireto via $EUFR_K$	-0,2349
	Total	0,7371**
$EUFR_K$	Direto sobre $EUPA_K$	0,7275
	Indireto via EUC_K	-0,2658
	Indireto via EUR_K	-0,0203
	Indireto via EUF_K	-0,1839
	Total	0,2575
R^2		0,99
Efeito Residual		0,1124

*, ** - Significativo a 5 e 1% pelo teste t.

Quadro 32 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (eficiência de utilização de Ca para produção de caule (EUC_{Ca}), de ramos (EUR_{Ca}), de folhas (EUF_{Ca}) e de frutos ($EUFR_{Ca}$)) sobre a variável principal (eficiência de utilização de Ca para produção de parte aérea ($EUPA_{Ca}$)), em quatro cultivares de café arábica

Variável	Efeito	Estimativa
EUC_{Ca}	Direto sobre $EUPA_{Ca}$	0,3077
	Indireto via EUR_{Ca}	0,0326
	Indireto via EUF_{Ca}	0,1623
	Indireto via $EUFR_{Ca}$	-0,4215
	Total	0,0811
EUR_{Ca}	Direto sobre $EUPA_{Ca}$	0,2696
	Indireto via EUC_{Ca}	0,0372
	Indireto via EUF_{Ca}	0,2969
	Indireto via $EUFR_{Ca}$	0,1815
	Total	0,7852**
EUF_{Ca}	Direto sobre $EUPA_{Ca}$	0,4612
	Indireto via EUC_{Ca}	0,1082
	Indireto via EUR_{Ca}	0,1736
	Indireto via $EUFR_{Ca}$	-0,0764
	Total	0,6666*
$EUFR_{Ca}$	Direto sobre $EUPA_{Ca}$	0,7448
	Indireto via EUC_{Ca}	-0,1741
	Indireto via EUR_{Ca}	0,0657
	Indireto via EUF_{Ca}	-0,0473
	Total	0,5891*
R^2		0,98
Efeito Residual		0,1301

*, ** - Significativo a 5 e 1% pelo teste t.

Quadro 33 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (eficiência de utilização de Mg para produção de caule (EUC_{Mg}), de ramos (EUR_{Mg}), de folhas (EUF_{Mg}) e de frutos ($EUFR_{Mg}$)) sobre a variável principal (eficiência de utilização de Mg para produção de parte aérea ($EUPA_{Mg}$)), em quatro cultivares de café arábica

Variável	Efeito	Estimativa
EUC_{Mg}	Direto sobre $EUPA_{Mg}$	0,3270
	Indireto via EUR_{Mg}	0,0361
	Indireto via EUF_{Mg}	0,1747
	Indireto via $EUFR_{Mg}$	-0,4716
	Total	0,0662
EUR_{Mg}	Direto sobre $EUPA_{Mg}$	0,2956
	Indireto via EUC_{Mg}	0,0399
	Indireto via EUF_{Mg}	0,3226
	Indireto via $EUFR_{Mg}$	0,0331
	Total	0,6912*
EUF_{Mg}	Direto sobre $EUPA_{Mg}$	0,5385
	Indireto via EUC_{Mg}	0,1060
	Indireto via EUR_{Mg}	0,1771
	Indireto via $EUFR_{Mg}$	-0,1888
	Total	0,6328*
$EUFR_{Mg}$	Direto sobre $EUPA_{Mg}$	0,7956
	Indireto via EUC_{Mg}	-0,1938
	Indireto via EUR_{Mg}	0,0123
	Indireto via EUF_{Mg}	-0,1278
	Total	0,4863
R^2		0,95
Efeito Residual		0,2148

*, ** - Significativo a 5 e 1% pelo teste t.

Quadro 34 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (eficiência de utilização de S para produção de caule (EUC_S), de ramos (EUR_S), de folhas (EUF_S) e de frutos (EUFR_S)) sobre a variável principal (eficiência de utilização de S para produção de parte aérea (EUPA_S)), em quatro cultivares de café arábica

Variável	Efeito	Estimativa
EUC _S	Direto sobre EUPA _S	0,2858
	Indireto via EUR _S	0,0879
	Indireto via EUF _S	0,2880
	Indireto via EUFR _S	-0,4615
	Total	0,2002
EUR _S	Direto sobre EUPA _S	0,2986
	Indireto via EUC _S	0,0841
	Indireto via EUF _S	0,4243
	Indireto via EUFR _S	-0,0537
	Total	0,7533**
EUF _S	Direto sobre EUPA _S	0,6762
	Indireto via EUC _S	0,1217
	Indireto via EUR _S	0,1874
	Indireto via EUFR _S	-0,3146
	Total	0,6707*
EUFR _S	Direto sobre EUPA _S	0,7507
	Indireto via EUC _S	-0,1757
	Indireto via EUR _S	-0,0213
	Indireto via EUF _S	-0,2833
	Total	0,2704
R ²		0,94
Efeito Residual		0,2474

*, ** - Significativo a 5 e 1% pelo teste t.

Quadro 35 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (eficiência de utilização de Cu para produção de caule (EUC_{Cu}), de ramos (EUR_{Cu}), de folhas (EUF_{Cu}) e de frutos ($EUFR_{Cu}$)) sobre a variável principal (eficiência de utilização de Cu para produção de parte aérea ($EUPA_{Cu}$)), em quatro cultivares de café arábica

Variável	Efeito	Estimativa
EUC_{Cu}	Direto sobre $EUPA_{Cu}$	0,1933
	Indireto via EUR_{Cu}	0,0887
	Indireto via EUF_{Cu}	0,3225
	Indireto via $EUFR_{Cu}$	-0,2826
	Total	0,3219
EUR_{Cu}	Direto sobre $EUPA_{Cu}$	0,2179
	Indireto via EUC_{Cu}	0,0787
	Indireto via EUF_{Cu}	0,4937
	Indireto via $EUFR_{Cu}$	0,0584
	Total	0,8487**
EUF_{Cu}	Direto sobre $EUPA_{Cu}$	0,6155
	Indireto via EUC_{Cu}	0,1013
	Indireto via EUR_{Cu}	0,1748
	Indireto via $EUFR_{Cu}$	-0,0442
	Total	0,8474**
$EUFR_{Cu}$	Direto sobre $EUPA_{Cu}$	0,5046
	Indireto via EUC_{Cu}	-0,1082
	Indireto via EUR_{Cu}	0,0252
	Indireto via EUF_{Cu}	-0,0539
	Total	0,3677
R^2		0,95
Efeito Residual		0,2134

*, ** - Significativo a 5 e 1% pelo teste t.

Quadro 36 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (eficiência de utilização de Zn para produção de caule (EUC_{Zn}), de ramos (EUR_{Zn}), de folhas (EUF_{Zn}) e de frutos ($EUFR_{Zn}$)) sobre a variável principal (eficiência de utilização de Zn para produção de parte aérea ($EUPA_{Zn}$)), em quatro cultivares de café arábica

Variável	Efeito	Estimativa
EUC_{Zn}	Direto sobre $EUPA_{Zn}$	0,1197
	Indireto via EUR_{Zn}	0,0231
	Indireto via EUF_{Zn}	0,2505
	Indireto via $EUFR_{Zn}$	-0,3336
	Total	0,0597
EUR_{Zn}	Direto sobre $EUPA_{Zn}$	0,1006
	Indireto via EUC_{Zn}	0,0275
	Indireto via EUF_{Zn}	0,4581
	Indireto via $EUFR_{Zn}$	-0,0123
	Total	0,5739*
EUF_{Zn}	Direto sobre $EUPA_{Zn}$	0,7390
	Indireto via EUC_{Zn}	0,0405
	Indireto via EUR_{Zn}	0,0623
	Indireto via $EUFR_{Zn}$	-0,1718
	Total	0,6700*
$EUFR_{Zn}$	Direto sobre $EUPA_{Zn}$	0,5759
	Indireto via EUC_{Zn}	-0,0693
	Indireto via EUR_{Zn}	-0,0021
	Indireto via EUF_{Zn}	-0,2205
	Total	0,2840
R^2		0,72
Efeito Residual		0,5255

*, ** - Significativo a 5 e 1% pelo teste t.

Quadro 37 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (eficiência de utilização de B para produção de caule (EUC_B), de ramos (EUR_B), de folhas (EUF_B) e de frutos ($EUFR_B$)) sobre a variável principal (eficiência de utilização de B para produção de parte aérea ($EUPA_B$)), em quatro cultivares de café arábica

Variável	Efeito	Estimativa
EUC_B	Direto sobre $EUPA_B$	0,1331
	Indireto via EUR_B	0,0668
	Indireto via EUF_B	0,2726
	Indireto via $EUFR_B$	-0,2274
	Total	0,2451
EUR_B	Direto sobre $EUPA_B$	0,1500
	Indireto via EUC_B	0,0592
	Indireto via EUF_B	0,3746
	Indireto via $EUFR_B$	0,2613
	Total	0,8451**
EUF_B	Direto sobre $EUPA_B$	0,4474
	Indireto via EUC_B	0,0811
	Indireto via EUR_B	0,1256
	Indireto via $EUFR_B$	0,1178
	Total	0,7719**
$EUFR_B$	Direto sobre $EUPA_B$	0,6206
	Indireto via EUC_B	-0,0487
	Indireto via EUR_B	0,0631
	Indireto via EUF_B	0,0849
	Total	0,7199**
R^2		0,95
Efeito Residual		0,2197

*, ** - Significativo a 5 e 1% pelo teste t.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Foram avaliadas quatro cultivares de café arábica (Acaiá IAC-474-19, Icatu Amarelo IAC-3282, Rubi MG-1192 e Catuai Vermelho IAC-99) quanto à produtividade de grãos e à eficiência nutricional. Para tanto, foi conduzido um experimento em condições de campo, no Campus da Universidade Federal de Viçosa, cujos tratamentos foram distribuídos em arranjo fatorial (4 x 3) x 4, constituído de quatro cultivares, três níveis de adubação (baixo, normal e alto) e quatro repetições, em delineamento experimental de blocos casualizados. As plantas que constituíram o nível normal receberam adubação baseada na marcha de acúmulo de nutrientes em café arábica. Nos níveis baixo e alto, as plantas receberam, respectivamente, 0,4 e 1,4 vez a recomendação de adubação feita para o nível normal.

Determinaram-se os teores e conteúdos de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu e Zn em raízes, caule, ramos, folhas e frutos de uma planta com trinta e um meses de idade em cada parcela experimental. Com os dados obtidos, calcularam-se a eficiência agrônômica, eficiência de produção de raízes, eficiência de absorção, de translocação e de utilização de nutrientes.

De modo geral, observou-se que a eficiência agrônômica acompanhou a produtividade, ou seja, as cultivares mais produtivas, foram também as que produziram mais frutos por unidade de nutriente na matéria seca total. Com baixas doses de fertilizantes e corretivos (nível baixo), a cultivar Icatu Amarelo

IAC-3282 tendeu a apresentar a melhor eficiência agronômica quanto a todos os nutrientes estudados, e a Acaiá IAC-474-19 tendeu a apresentar as piores.

Com doses adequadas de fertilizantes e corretivos (nível normal), as cultivares não apresentaram muitas diferenças em sua capacidade de produzir frutos por unidade de nutriente adquirido. Nessa condição, a cultivar Rubi MG-1192 apresentou maiores produções de frutos por unidade de P e de B presentes na planta, enquanto a cultivar Acaiá IAC-474-19 apresentou menor produção de frutos por unidade desses mesmos nutrientes.

Quando se empregaram doses 1,4 vez superiores às recomendadas de fertilizantes e corretivos (nível alto), destacaram-se as cultivares Catuaí Vermelho IAC-99 e Rubi MG-1192. A Catuaí Vermelho IAC-99 produziu mais frutos que as demais por unidade de N, P, S, K, Ca, Mg, Zn e B adquiridos, e a Rubi MG-1192 por unidade de P e B. Nesta condição, a Icatu Amarelo IAC-3282 produziu menos frutos que as demais por unidade de N, P, S, K, Ca, Mg, Zn e B na planta e a Acaiá IAC-474-19 por unidade de P, S, Zn e B.

No ambiente com menor disponibilidade de nutrientes, a cultivar mais produtiva, Icatu Amarelo IAC-3282, apresentou eficiência de uso de P e K superiores às demais cultivares, enquanto que a menos produtiva, Acaiá IAC-474-19, apresentou eficiência de translocação de N, P e Zn inferior às demais. Nesse mesmo ambiente a cultivar Rubi MG-1192 apresentou eficiência de transporte de N, Cu e Zn e de uso de Zn superiores, porém seu desempenho quanto à eficiência agronômica foi intermediário, provavelmente devido às baixas eficiências de produção de raízes apresentadas nessa condição. A cultivar Catuaí Vermelho IAC-99, também com eficiência agronômica intermediária, apresentou baixa eficiência de uso de P, K e Zn em ambiente com restrição nutricional.

Com dose adequada de nutrientes (nível normal), a eficiência agronômica quanto ao P e ao B justificam a maior produtividade da cultivar Rubi MG-1192, bem como a menor produtividade da cultivar Acaiá IAC-474-19.

Para as maiores doses de fertilizantes e corretivos, a cultivar Catuaí Vermelho IAC-99 mostrou maior eficiência agronômica quanto a N, P, S, K, Ca, Mg, Zn e B, sendo seguida pela cultivar Rubi MG-1192, sem diferença estatística, enquanto a cultivar Icatu Amarelo IAC-3282 apresentou eficiência agronômica inferior para P, S, Zn e B, justificando-se assim as diferenças em

produtividade observadas. Neste ambiente as eficiências de utilização de P, K, Mg e B responderam pelo melhor desempenho da cultivar Rubi MG-1192, e as de P, Mg e Zn pelo da cultivar Catuaí Vermelho IAC-99. As baixas eficiências de uso de P, K, Mg, Zn e B responderam pela baixa eficiência agrônômica e produtividade da cultivar Icatu Amarelo IAC-3282.

A eficiência de produção de café em coco por unidade de P, Ca, Mg e B acumulados na planta foram maiores no nível alto. O mesmo ocorreu com as eficiências de uso de P e de Ca, enquanto as de Cu e B apresentaram maiores valores no nível normal de adubação. A eficiência de produção de raízes tende a ser maior no nível baixo de adubação para todos os nutrientes.

Com esses resultados pode-se concluir que:

A alta produtividade do Icatu Amarelo IAC-3282 no nível baixo de adubação pode dever-se à sua alta eficiência de utilização de P e menor alocação de nutrientes em frutos;

A baixa produtividade do Acaí IAC-474-19 no nível baixo de adubação pode dever-se à sua baixa eficiência de translocação de N, P e Zn;

As elevadas produtividades do Rubi MG-1192 e do Catuaí Vermelho IAC-99 no nível alto de adubação podem estar relacionadas às suas altas eficiências de utilização de nutrientes para produção de frutos;

A seleção de cultivares eficientes na utilização de nutrientes para produção de parte aérea pode ser avaliada pela eficiência de utilização de nutrientes para produção de folhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, Z.; GILL, M.A.; QURESHI, R.H. Genotypic variations of phosphorus utilization efficiency of crops. **Journal of Plant Nutrition**, v.24, n.8, p.1149 - 1171, 2001.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO CAFÉ 2000/2001. Rio de Janeiro: Coffee Business, 2001. 161 p. ISSN 0073-988X

ARAÚJO, A.P. Eficiência vegetal de absorção e utilização de fósforo, com especial referência ao feijoeiro. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V. V.H.; SCHAEFER, C.E. (Eds.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2000. p.163 - 212.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 12. ed. Washington, D.C., 1975. 1094 p.

BAKER, D.E.; FOY, C.D. Soil chemical constraints in tailoring plants to fit problem soils: acid soils. In: WORKSHOP ON PLANT ADAPTATIONS TO MINERAL STRESS IN PROBLEM SOILS, Beltsville, 1976. **Proceedings ...** Beltsville, 22-23 nov. 1976. p.127 - 140.

BALIGAR, V.C.; FAGERIA, N.K. Plant nutrient efficiency: towards the second paradigm. In: Siqueira, J.O. et al. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p. 183 - 204.

BINGHAM, F.T. Boron. In: Page, A.L. (Ed.). **Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties**. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p. 431 - 447. (Serie Agronomy, 9).

BLAIR, G. Nutrient efficiency – what do we really mean. In: Randall, P.J.; Delhaize, E.; Richard, R.A.; Munns, R. **Genetic aspects of plant mineral nutrition**. Dordrecht, The Netherlands: Keuver Academic, 1993. p. 205 - 213.

BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de P em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, Viçosa, v.21, n.113, p.73 - 85, 1974.

BRIDGHAM, S.D.; PASTOR, J.; McCLAUGHERTY, C.A., RICHARDSON, C.J. Nutrient-use efficiency: a litterfall index, a model, and a test along a nutrient-availability gradient in North Carolina peatlands. **The American Naturalist**, Chicago, v.145, n.1, p.1-21, 1995.

CATALDO, D.A.; HAROON, M.; SCHRADER, L.E.; YOUNES, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.6, n.1, p. 71 - 80, 1975.

CLARK, R.B.; DUNCAN, R.R. Improvement of plant mineral nutrition through breeding. **Field Crops Research**, n.27, p. 219 - 240, 1991.

COCK, W.R.S. **Análise biométrica da eficiência nutricional para o fósforo em genótipos de alface adaptados a altas temperaturas**. Campos dos Goytacazes, RJ : UENF, 2000. 56p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2000.

CORREA, J.B.; GARCIA, A.W.R.; COSTA, P.C. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRA, 10, 1983, Poços de Caldas. **Anais ...** Rio de Janeiro : IBC/GERCA, 1983. p. 117 - 183.

CRUZ, C.D. **Programa Genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: UFV, 2001, 648 p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 394 p.

DECHEN, A.R.; FURLANI, A.M.C.; FURLANI, P.R. Tolerância e adaptação das plantas aos estresses nutricionais. In: Siqueira, J.O. et al. (Eds.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p. 337 - 361.

FAGERIA, N.K. **Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz**. Rio de Janeiro: Campus, EMBRAPA, 1984. 341 p.

FAGERIA, N.K. **Maximizing crop yields**. New York: Marcel Dekker, 1992. 274 p.

FAGERIA, N.K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n.1, p. 6-16, 1998.

FAGERIA, N.K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA/CNPAP, 1989. 425 p.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Screening crop genotypes for mineral stresses. In: WORKSHOP ON ADAPTATION OF PLANTS TO SOIL STRESSES, Lincoln, 1993. **Proceedings** ... Lincoln, University of Nebraska, 1993. p. 142-159.

FAGERIA, N.K.; WHIGHT, R.J.; BALIGAR, V.C. Rice cultivar evaluation for phosphorus use efficiency. **Plant and Soil**, n.111, p. 105 - 109, 1988.

FOHSE, D.; JUNGK, A. Influence of phosphate and nitrate supply on root hair formation of rape, spinach and tomato plants. **Plant and Soil**, n.74, p. 359 - 368, 1983.

FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C.; FURLANI, P.R.; AZZINI, L.E.; CAMARGO, O.B.A. Avaliação de genótipos de arroz quanto à eficiência na utilização de fósforo em solução nutritiva e em solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.7, p. 291 - 303, 1983.

GERLOFF, G.C. Plant efficiencies in the use of nitrogen, phosphorous and potassium. In: Wright, M.J. (Ed.). **Plant adaptation to mineral stress in problem soils**. Ithaca : Cornell University Press, 1976. p. 161-173.

GERLOFF, G.C.; GABELMAN, W.H. Genetic basis of inorganic plant nutrition. In: Laüchli, A.; Bielecki, R.L. (Eds.). **Inorganic plant nutrition**. Encyclopedia of Plant Physiology. Berlin, New York, Tokyo: Springer-Verlag, 1983, v.15B, p.453-486.

GOURLEY, C.J.P.; ALLAN, D.L.; RUSSELIE, M.P. Plant nutrition efficiency: a comparison of definitions and suggested improvement. **Plant and Soil**, n.158, p. 29-37, 1994.

GUIMARÃES, P.T.G.; GARCIA, A.W.R.; ALVAREZ V., V.H.; PREZOTTI, L.C.; VIANA, A.S.; MIGUEL, A.E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J.B., LOPES, A.S.; NOGUEIRA, F.D.; MONTEIRO, A.V.C. Cafeeiro. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez V., V.H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5ª Aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG. Viçosa, 1999. p. 289-302.

JOHNSON, C.M.; ULRICH, A. **Analytical methods for use in plants analyses**. Los Angeles: University of California, 1959, v.766, p.32-33.

JONES JUNIOR, J.B.; WOLF, B.; MILLS, H.A. **Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide**. Athens, Georgia: Micro-Macro Publishing, 1991. 213 p.

LI, B.; McKEAND, S.E.; ALLEN, H.L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Science**, v.37, n.2, p. 613 - 626, 1991.

LI, C.C. **Path analysis: a primer**. Pacific Grove, Boxwood Press, 1975. 346 p.

LONERAGAN, J.F.; ASHER, C.J. Response of plants to phosphate concentration in solution culture. II. Rate of phosphate absorption and its relation to growth. **Soil Science**, n. 103, p. 311 - 318, 1967.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. Uso eficiente de fertilizantes. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 2, 1989, Piracicaba. **Anais ...** Campinas, Fundação Cargill, 1989, p. 1 - 58.

MALAVOLTA, E. **Nutrição, adubação e calagem do cafeeiro**. São Paulo: Copas Fertilizantes, s.d. 43 p.

MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: Rena, A.B.; Malavolta, E.; Rocha, M.; Yamada, T. **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.165 - 274.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1993. 210 p.

MANTOVANI, E.C.; COSTA, L.C. **Manual do SISDA_{2.0} – Workshop Internacional sobre Manejo Integrado das Culturas e Recursos Hídricos**. Viçosa, 1998. 153 p.

MARSCHNER, H. Mechanisms of adaptation of plants to acid soils. **Plant and Soil**, The Hague, v.134, n.1, p.1 - 20, 1991.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic, 1995. 889 p.

MATIELLO, J.B. **O café, do cultivo ao consumo**. Globo, 1991. 320 p.

MOURA, W.M.; PEREIRA, A.A.; LIMA, P.C.; UTIDA, M.K.; CASTRO, N.M. Ensaio regional de linhagens comerciais de cultivares de café arábica. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000. **Anais...** EMBRAPA, 2000. p. 484.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, UFV, 1999. 399 p.

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

PESQUISA cafeeira na região do Cerrado: resgate parcial da memória dos trabalhos realizados pelo Sistema Estadual de Pesquisa - 1ª aproximação. In: SEMINÁRIO DE CAFEICULTURA NO CERRADO, 9, Viçosa, 1999. **Anais ...** Viçosa, EPAMIG/UFLA/UFV, 1999. p. 5 - 6.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: Rena, A.B.; Malavolta, E.; Rocha, M.; Yamada, T. **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.13 - 85.

SCHENK, M.K.; BARBER, S.A. Root characteristics of corn genotypes as related to P uptake. **Agronomy Journal**, n.71, p. 921 - 924, 1979.

SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v.4, n.3, p. 289 - 302, 1981.

SILVA, I.R.; FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R. et al. Eficiência nutricional para potássio em espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n.2, p.257 - 264, 1996.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Ind. J. Genet. Plant Breed.**, n.41, p. 237 - 245, 1981.

SPEAR, N.W.; ASHER, C.J.; EDWARDS, D.G. Response of cassava, sunflower, and maize to potassium concentration in solution, II. Potassium absorption and its relation to growth. **Field Crops Research**, n.1, p. 365 - 373, 1978.

STEENBJERG, F.; JAKOBSEN, S.T. Plant nutrition and yield curves. **Soil Science**, n.96, p. 69 - 90, 1963.

SWIADER, J.M.; CHYAN, Y.; FREIJI, F.G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **Journal of Plant Nutrition**, v. 17, n. 10, p. 1687 - 1699, 1994.

VOSE, P.B. Genetical aspects of mineral nutrition – progress to date. In: Gabelman, H.W.; Louhman (Eds.). **Genetic aspects of plant mineral nutrition**. Boston : Lancaster, 1987. p. 3 - 13.

APÊNDICE

Quadro 1A – Quadrados médios relativos à característica Produtividade, de Quatro Cultivares de Café Arábica, cultivadas em três níveis de adubação

FV	GL	QM
B/N	9	101,5190
N	2	516,2191 ^{0,03}
V	3	366,5823 ^{0,00}
NxV	6	151,0844 ^{0,00}
V/N1	3	213,9383 ^{0,00}
V/N2	3	167,9904 ^{0,01}
V/N3	3	286,8223 ^{0,00}
Resíduo	27	42,3915
Média		26,62
CV (%)		24,45

Quadro 2A - Quadrados médios referentes às características Eficiência Agronômica de Nitrogênio (EA_N), de Fósforo (EA_P), de Enxofre (EA_S), de Potássio (EA_K), de Cálcio (EA_{Ca}), de Magnésio (EA_{Mg}), de Cobre (EA_{Cu}), de Zinco (EA_{Zn}) e de Boro (EA_B), de quatro cultivares de café (V), cultivadas em três níveis de adubação (N)

		QUADRADOS MÉDIOS					
FV	GL	EA_N	EA_P	EA_S	EA_K	EA_{Ca}	EA_{Mg}
B/N	9	289,58	50140,97	35947,98	1561,84	1425,70	15930,96
N	2	84,52 ^{1,00}	173579,57 ^{0,07}	23355,46 ^{1,00}	433,18 ^{1,00}	6508,53 ^{0,04}	23873,78 ^{0,02}
V	3	416,32 ^{0,04}	127201,53 ^{0,01}	61519,74 ^{0,03}	2510,80 ^{0,04}	3208,04 ^{0,02}	24201,64 ^{0,27}
NxV	6	219,40 ^{0,19}	76286,57 ^{0,03}	40391,91 ^{0,07}	1180,79 ^{0,23}	2575,41 ^{0,02}	15129,62 ^{0,06}
V/N1	3	142,74 ^{0,39}	38945,81 ^{0,27}	21574,60 ^{0,34}	803,79 ^{1,00}	974,78 ^{0,36}	5024,04 ^{1,00}
V/N2	3	235,14 ^{0,19}	65237,97 ^{0,09}	34744,82 ^{0,15}	1445,75 ^{0,17}	1990,02 ^{0,10}	12253,15 ^{0,16}
V/N3	3	477,25 ^{0,03}	175590,90 ^{0,00}	85984,14 ^{0,00}	2622,85 ^{0,03}	5394,06 ^{0,00}	37183,69 ^{0,00}
Resíduo	27	140,16	28215,51	18592,82	811,98	882,94	6635,32
Média		23,36	368,48	289,43	54,58	67,84	172,97
CV (%)		50,66	45,58	47,11	52,20	43,79	47,09

79

Cont.

		QUADRADOS MÉDIOS		
FV	GL	EA_{Cu}	EA_{Zn}	EA_B
B/N	9	180,20	283,56	138,76
N	2	155,78 ^{1,00}	373,78 ^{0,31}	610,65 ^{0,04}
V	3	263,51 ^{0,06}	493,42 ^{0,05}	322,99 ^{0,01}
NxV	6	127,96 ^{0,28}	373,42 ^{0,07}	187,20 ^{0,05}
V/N1	3	83,88 ^{1,00}	159,50 ^{1,00}	66,14 ^{1,00}
V/N2	3	171,53 ^{0,21}	246,15 ^{0,25}	191,50 ^{0,07}
V/N3	3	36,08 ^{0,04}	834,61 ^{0,00}	439,75 ^{0,00}
Resíduo	27	97,16	171,24	76,29
Média		19,27	23,39	18,50
CV (%)		51,13	55,93	47,19

Quadro 3A - Quadrados médios referentes às características Eficiência de Produção de raízes em relação ao Nitrogênio (EPR_N), ao Fósforo (EPR_P), ao Enxofre (EPR_S), ao Potássio (EPR_K), ao Cálcio (EPR_{Ca}), ao Magnésio (EPR_{Mg}), ao Cobre (EPR_{Cu}), ao Zinco (EPR_{Zn}) e ao Boro (EPR_B), de quatro cultivares de café (V), cultivadas em três níveis de adubação (N)

		QUADRADOS MÉDIOS					
FV	GL	EPR _N	EPR _P	EPR _S	EPR _K	EPR _{Ca}	EPR _{Mg}
B/N	9	7,2468	1536,9413	908,1952	50,7239	63,5145	250,6793
N	2	9,8924 ^{1,00}	1403,3589 ^{1,00}	1259,5915 ^{1,00}	59,3168 ^{1,00}	36,5727 ^{1,00}	253,1642 ^{0,40}
V	3	3,2769 ^{0,30}	410,7018 ^{1,00}	327,39480 ^{0,29}	27,0600 ^{0,35}	28,5052 ^{1,00}	104,3760 ^{1,00}
NxV	6	7,5094 ^{0,27}	1290,1131 ^{0,27}	909,93400 ^{0,23}	51,8360 ^{0,29}	57,7473 ^{0,30}	290,7309 ^{0,24}
V/N1	3	15,8196 ^{0,05}	2383,6034 ^{0,08}	1779,9945 ^{0,05}	113,9480 ^{0,05}	116,0601 ^{0,07}	566,4979 ^{0,06}
V/N2	3	2,3878 ^{1,00}	595,0221 ^{1,00}	349,3765 ^{1,00}	16,2882 ^{1,00}	26,3450 ^{1,00}	116,8656 ^{1,00}
V/N3	3	0,0884 ^{1,00}	12,3024 ^{1,00}	17,8919 ^{1,00}	0,4958 ^{1,00}	1,5947 ^{1,00}	2,4743 ^{1,00}
Resíduo	27	5,6211	970,5370	624,6943	39,9000	45,2215	204,6034
Média		2,2725	34,4814	27,5555	5,4779	6,5582	15,7246
CV (%)		104,32	90,34	90,70	115,31	102,53	90,96

08

Cont.

		QUADRADOS MÉDIOS		
FV	GL	EPR _{Cu}	EPR _{Zn}	EPR _B
B/N	9	2,1964	2,9365	3,3255
N	2	7,0173 ^{1,00}	4,3370 ^{0,27}	0,6081 ^{0,24}
V	3	0,5936 ^{0,08}	0,7669 ^{1,00}	5,4613 ^{1,00}
NxV	6	2,0117 ^{0,27}	2,5835 ^{0,15}	2,3236 ^{0,24}
V/N1	3	3,2851 ^{0,11}	3,9898 ^{0,06}	3,4953 ^{0,11}
V/N2	3	1,2729 ^{1,00}	1,8200 ^{0,32}	1,7504 ^{0,37}
V/N3	3	0,0590 ^{1,00}	0,1240 ^{1,00}	0,0095 ^{1,00}
Resíduo	27	1,4961	1,5084	1,6317
Média		1,7517	1,9386	1,6943
CV (%)		69,82	63,35	75,39

Quadro 4A - Quadrados médios referentes às características Eficiência de Absorção de Nitrogênio (EAB_N), de Fósforo (EAB_P), de Enxofre (EAB_S), de Potássio (EAB_K), de Cálcio (EAB_{Ca}), de Magnésio (EAB_{Mg}), de Cobre (EAB_{Cu}), de Zinco (EAB_{Zn}) e de Boro (EAB_B), de quatro cultivares de café (V), cultivadas em três níveis de adubação (N)

		QUADRADOS MÉDIOS					
FV	GL	EAB _N	EAB _P	EAB _S	EAB _K	EAB _{Ca}	EAB _{Mg}
B/N	9	0,0000172	0,00000013	0,00000020	0,0000066	0,0000052	0,0000055
N	2	0,0000660 ^{0,19}	0,00000051 ^{0,06}	0,00000026 ^{0,31}	0,0000059 ^{1,00}	0,0000142 ^{0,12}	0,00000164 ^{1,00}
V	3	0,0000237 ^{1,00}	0,00000018 ^{0,29}	0,00000018 ^{0,34}	0,0000037 ^{1,00}	0,0000039 ^{0,39}	0,00000037 ^{0,23}
NxV	6	0,0000499 ^{0,11}	0,00000024 ^{0,15}	0,00000030 ^{0,12}	0,0000091 ^{0,16}	0,0000045 ^{0,33}	0,00000079 ^{1,00}
V/N1	3	0,0000286 ^{0,36}	0,00000030 ^{0,11}	0,00000022 ^{0,26}	0,0000066 ^{0,31}	0,0000045 ^{0,33}	0,00000051 ^{1,00}
V/N2	3	0,0000731 ^{0,05}	0,00000028 ^{0,13}	0,00000046 ^{0,05}	0,0000101 ^{0,15}	0,0000062 ^{0,20}	0,00000117 ^{1,00}
V/N3	3	0,0000218 ^{1,00}	0,00000008 ^{1,00}	0,00000011 ^{1,00}	0,0000052 ^{1,00}	0,0000023 ^{1,00}	0,00000029 ^{1,00}
Resíduo	27	0,0000288	0,00000014	0,00000592	0,0000058	0,0000042	0,00000053
Média		0,0124950	0,00082967	0,00099830	0,0053435	0,0044148	0,00172632
CV (%)		40,77	45,45	40,47	43,54	44,21	41,29

81

Cont.

		QUADRADOS MÉDIOS		
FV	GL	EAB _{Cu}	EAB _{Zn}	EAB _B
B/N	9	0,0000153	0,0000239	0,000022
N	2	0,0000248 ^{1,00}	0,0000788 ^{0,18}	0,000248 ^{0,06}
V	3	0,0000437 ^{0,34}	0,0000178 ^{1,00}	0,000088 ^{0,13}
NxV	6	0,0000715 ^{0,12}	0,0000835 ^{0,08}	0,000070 ^{0,18}
V/N1	3	0,0000480 ^{0,30}	0,0001031 ^{0,06}	0,000101 ^{0,10}
V/N2	3	0,0000915 ^{0,09}	0,0000779 ^{0,13}	0,000084 ^{0,15}
V/N3	3	0,0000472 ^{0,31}	0,0000038 ^{1,00}	0,000046 ^{0,40}
Resíduo	27	0,0000419	0,0000401	0,000051
Média		0,0151095	0,0131438	0,016658
CV (%)		40,89	47,53	39,92

Quadro 5A - Quadrados médios referentes às características Eficiência de Translocação de Nitrogênio (ET_N), de Fósforo (ET_P), de Enxofre (ET_S), de Potássio (ET_K), de Cálcio (ET_{Ca}), de Magnésio (ET_{Mg}), de Cobre (ET_{Cu}), de Zinco (ET_{Zn}) e de Boro (ET_B), de quatro cultivares de café (V), cultivadas em três níveis de adubação (N)

		QUADRADOS MÉDIOS					
FV	GL	ET _N	ET _P	ET _S	ET _K	ET _{Ca}	ET _{Mg}
B/N	9	0,002639	0,003885	0,006549	0,001377	0,001558	0,007154
N	2	0,006608 ^{0,13}	0,003178 ^{1,00}	0,013934 ^{0,17}	0,002728 ^{0,19}	0,001427 ^{1,00}	0,005515 ^{1,00}
V	3	0,003342 ^{0,26}	0,001501 ^{1,00}	0,010960 ^{0,18}	0,001500 ^{0,22}	0,000971 ^{1,00}	0,003028 ^{1,00}
NxV	6	0,002500 ^{0,41}	0,002393 ^{0,39}	0,006369 ^{1,00}	0,001007 ^{0,41}	0,002006 ^{0,19}	0,006967 ^{0,36}
V/N1	3	0,006502 ^{0,06}	0,004329 ^{0,14}	0,015021 ^{0,09}	0,001877 ^{0,14}	0,002567 ^{0,13}	0,009404 ^{0,22}
V/N2	3	0,000219 ^{1,00}	0,001192 ^{1,00}	0,001571 ^{1,00}	0,000583 ^{1,00}	0,000817 ^{1,00}	0,003723 ^{1,00}
V/N3	3	0,001621 ^{1,00}	0,000767 ^{1,00}	0,007106 ^{0,36}	0,001054 ^{0,37}	0,001600 ^{0,31}	0,003835 ^{1,00}
Resíduo	27	0,002367	0,002215	0,006433	0,000963	0,001289	0,00607
Média		0,8697	0,8871	0,8027	0,9312	0,9217	0,8172
CV (%)		5,59	5,30	9,99	3,33	3,89	9,53

82

Cont.

		QUADRADOS MÉDIOS		
FV	GL	ET _{Cu}	ET _{Zn}	ET _B
B/N	9	0,016182	0,002072	0,011528
N	2	0,024430 ^{0,27}	0,048401 ^{0,00}	0,062193 ^{0,02}
V	3	0,017219 ^{0,17}	0,011735 ^{1,00}	0,009883 ^{1,00}
NxV	6	0,007864 ^{1,00}	0,028373 ^{0,24}	0,004859 ^{1,00}
V/N1	3	0,026079 ^{0,06}	0,051260 ^{0,07}	0,012477 ^{0,36}
V/N2	3	0,000417 ^{1,00}	0,006212 ^{1,00}	0,001808 ^{1,00}
V/N3	3	0,006450 ^{1,00}	0,011008 ^{1,00}	0,005317 ^{1,00}
Resíduo	27	0,009807	0,020167	0,011226
Média		0,7341	0,5114	0,7457
CV (%)		13,48	27,76	14,20

Quadro 6A - Quadrados médios referentes às características Eficiência de Utilização de Nitrogênio (EU_N), de Fósforo (EU_P), de Enxofre (EU_S), de Potássio (EU_K), de Cálcio (EU_{Ca}), de Magnésio (EU_{Mg}), de Cobre (EU_{Cu}), de Zinco (EU_{Zn}) e de Boro (EU_B), de quatro cultivares de café (V), cultivadas em três níveis de adubação (N)

		QUADRADOS MÉDIOS					
FV	GL	EU _N	EU _P	EU _S	EU _K	EU _{Ca}	EU _{Mg}
B/N	9	1896,383844	414519,2383	309979,27	12054,64	12024,92	105210,38
N	2	2690,485365 ^{0,29}	3503925,2970 ^{0,00}	774216,19 ^{0,13}	25925,84 ^{0,17}	63766,72 ^{0,03}	213071,23 ^{0,18}
V	3	1812,470885 ^{0,12}	304940,2277 ^{0,18}	216253,71 ^{0,25}	18258,38 ^{0,02}	13940,54 ^{0,12}	106574,90 ^{0,11}
NxV	6	1540,469998 ^{0,13}	533871,7279 ^{0,02}	254082,62 ^{0,16}	8559,45 ^{0,15}	14072,77 ^{0,08}	89493,05 ^{0,13}
V/N1	3	2308,299856 ^{0,06}	496249,8344 ^{0,05}	310552,91 ^{0,13}	14851,39 ^{0,05}	11260,72 ^{0,19}	74177,05 ^{0,23}
V/N2	3	403,387175 ^{1,00}	109635,7950 ^{1,00}	63247,44 ^{1,00}	6060,35 ^{0,32}	13691,99 ^{0,12}	40158,39 ^{1,00}
V/N3	3	2181,72385 ^{0,07}	766798,0542 ^{0,01}	350618,60 ^{0,09}	14465,55 ^{0,05}	17133,37 ^{0,07}	171225,56 ^{0,02}
Resíduo	27	859,21777	176238,0009	151545,60	5028,14	6665,27	48883,08
Média		142,2385	2215,215	1778,47	334,83	410,77	1032,91
CV (%)		20,60	18,95	21,88	21,17	19,87	21,40

83

Cont.

		QUADRADOS MÉDIOS		
FV	GL	EU _{Cu}	EU _{Zn}	EU _B
B/N	9	1432,98	2909,16	1209,22
N	2	12076,06 ^{0,00}	5198,80 ^{0,22}	16576,29 ^{0,00}
V	3	1428,83 ^{0,22}	4722,13 ^{0,04}	1166,90 ^{0,14}
NxV	6	676,85 ^{1,00}	3528,36 ^{0,07}	1356,23 ^{0,06}
V/N1	3	751,63 ^{1,00}	5682,38 ^{0,02}	516,49 ^{1,00}
V/N2	3	465,43 ^{1,00}	1294,67 ^{1,00}	1035,90 ^{0,18}
V/N3	3	1565,46 ^{0,19}	4801,80 ^{0,04}	2326,98 ^{0,02}
Resíduo	27	928,31	1594,28	605,93
Média		119,07	141,58	111,66
CV (%)		25,58	28,20	22,04

Quadro 7A - Quadrados médios referentes às características Alocação Relativa de Nitrogênio em Frutos (ANFR_N), de Fósforo (ANFR_P), de Enxofre (ANFR_S), de Potássio (ANFR_K), de Cálcio (ANFR_{Ca}), de Magnésio (ANFR_{Mg}), de Cobre (ANFR_{Cu}), de Zinco (ANFR_{Zn}) e de Boro (ANFR_B), de quatro cultivares de café (V), cultivadas em três níveis de adubação (N)

		QUADRADOS MÉDIOS					
FV	GL	ANFR _N	ANFR _P	ANFR _S	ANFR _K	ANFR _{Ca}	ANFR _{Mg}
B/N	9	0,194555	0,116893	0,13266	0,209915	0,015495	0,047835
N	2	0,108306 ^{1,00}	0,046952 ^{1,00}	0,055431 ^{1,00}	0,079402 ^{1,00}	0,000633 ^{1,00}	0,019852 ^{1,00}
V	3	0,050469 ^{0,34}	0,084669 ^{0,28}	0,075739 ^{0,15}	0,074503 ^{0,27}	0,011630 ^{0,23}	0,041202 ^{0,10}
NxV	6	0,130331 ^{0,02}	0,205088 ^{0,01}	0,127112 ^{0,01}	0,178347 ^{0,01}	0,018953 ^{0,05}	0,055810 ^{0,02}
V/N1	3	0,187550 ^{0,01}	0,240456 ^{0,02}	0,194423 ^{0,00}	0,248550 ^{0,01}	0,034190 ^{0,01}	0,100950 ^{0,00}
V/N2	3	0,006675 ^{1,00}	0,022067 ^{1,00}	0,018323 ^{1,00}	0,017740 ^{1,00}	0,002790 ^{1,00}	0,008083 ^{1,00}
V/N3	3	0,116906 ^{0,06}	0,232323 ^{0,02}	0,117217 ^{0,05}	0,164906 ^{0,04}	0,012556 ^{0,20}	0,043790 ^{0,09}
Resíduo	27	0,043281	0,062981	0,040496	0,054304	0,007748	0,0183
Média		0,4656	0,5420	0,4725	0,5204	0,1572	0,3047
CV (%)		44,68	46,29	42,58	44,77	55,96	44,38

84

Cont.

		QUADRADOS MÉDIOS		
FV	GL	ANFR _{Cu}	ANFR _{Zn}	ANFR _B
B/N	9	0,102682	0,015507	0,100141
N	2	0,012977 ^{1,00}	0,031206 ^{0,18}	0,007244 ^{1,00}
V	3	0,094031 ^{0,14}	0,014447 ^{1,00}	0,014802 ^{1,00}
NxV	6	0,132666 ^{0,03}	0,032362 ^{0,11}	0,075552 ^{0,15}
V/N1	3	0,167056 ^{0,02}	0,041373 ^{0,08}	0,106425 ^{0,08}
V/N2	3	0,076890 ^{0,20}	0,006025 ^{1,00}	0,012042 ^{1,00}
V/N3	3	0,115417 ^{0,08}	0,031773 ^{0,15}	0,047440 ^{0,37}
Resíduo	27	0,04763	0,016785	0,043733
Média		0,4620	0,2487	0,2618
CV (%)		47,23	52,08	79,85

Quadro 8A - Quadrados médios referentes às características Alocação Relativa de Nitrogênio em Folhas (ANF_N), de Fósforo (ANF_P), de Enxofre (ANF_S), de Potássio (ANF_K), de Cálcio (ANF_{Ca}), de Magnésio (ANF_{Mg}), de Cobre (ANF_{Cu}), de Zinco (ANF_{Zn}) e de Boro (ANF_B), de quatro cultivares de café (V), cultivadas em três níveis de adubação (N)

		QUADRADOS MÉDIOS					
FV	GL	ANF_N	ANF_P	ANF_S	ANF_K	ANF_{Ca}	ANF_{Mg}
B/N	9	0,007449	0,006733	0,009385	0,008208	0,001983	0,007734
N	2	0,008231 ^{0,37}	0,013125 ^{0,19}	0,001019 ^{1,00}	0,007908 ^{1,00}	0,005308 ^{0,12}	0,016458 ^{0,17}
V	3	0,027263 ^{0,01}	0,010683 ^{0,10}	0,026319 ^{0,02}	0,019369 ^{0,05}	0,004172 ^{0,22}	0,016635 ^{0,03}
NxV	6	0,010009 ^{0,21}	0,007008 ^{0,22}	0,009277 ^{0,30}	0,015403 ^{0,05}	0,002864 ^{0,41}	0,007633 ^{0,22}
V/N1	3	0,015617 ^{0,09}	0,007517 ^{0,21}	0,023242 ^{0,03}	0,017075 ^{0,07}	0,008717 ^{0,03}	0,013456 ^{0,07}
V/N2	3	0,012542 ^{0,15}	0,005175 ^{0,36}	0,008756 ^{0,32}	0,011017 ^{0,19}	0,000742 ^{1,00}	0,003873 ^{1,00}
V/N3	3	0,019123 ^{0,05}	0,012008 ^{0,07}	0,012875 ^{0,17}	0,022083 ^{0,03}	0,000442 ^{1,00}	0,014573 ^{0,05}
Resíduo	27	0,006604	0,004737	0,007278	0,006556	0,002704	0,005189
Média		0,3831	0,2975	0,34562	0,3320	0,5241	0,49020
CV (%)		21,21	23,13	24,68	24,38	9,91	14,69

85

Cont.

		QUADRADOS MÉDIOS		
FV	GL	ANF_{Cu}	ANF_{Zn}	ANF_B
B/N	9	0,002521	0,001762	0,020494
N	2	0,016602 ^{0,01}	0,020069 ^{0,00}	0,020340 ^{1,00}
V	3	0,005003 ^{0,08}	0,004694 ^{0,10}	0,013535 ^{0,25}
NxV	6	0,004855 ^{0,05}	0,001613 ^{1,00}	0,005798 ^{1,00}
V/N1	3	0,010450 ^{0,00}	0,005375 ^{0,07}	0,012250 ^{0,29}
V/N2	3	0,000873 ^{1,00}	0,001706 ^{1,00}	0,002240 ^{1,00}
V/N3	3	0,003390 ^{0,19}	0,000840 ^{1,00}	0,010642 ^{0,35}
Resíduo	27	0,002044	0,002056	0,009526
Média		0,1629	0,1975	0,6260
CV (%)		27,75	22,95	15,59

Quadro 9A - Quadrados médios referentes às características Alocação Relativa de Nitrogênio em Ramos (ANR_N), de Fósforo (ANR_P), de Enxofre (ANR_S), de Potássio (ANR_K), de Cálcio (ANR_{Ca}), de Magnésio (ANR_{Mg}), de Cobre (ANR_{Cu}), de Zinco (ANR_{Zn}) e de Boro (ANR_B), de quatro cultivares de café (V), cultivadas em três níveis de adubação (N)

		QUADRADOS MÉDIOS					
FV	GL	ANR_N	ANR_P	ANR_S	ANR_K	ANR_{Ca}	ANR_{Mg}
B/N	9	0,000778	0,001678	0,001499	0,001474	0,001547	0,001022
N	2	0,000933 ^{0,34}	0,004908 ^{0,10}	0,002465 ^{0,24}	0,005181 ^{0,07}	0,003602 ^{0,15}	0,001858 ^{0,21}
V	3	0,001330 ^{0,08}	0,001235 ^{0,38}	0,000569 ^{0,38}	0,001364 ^{0,22}	0,003647 ^{0,03}	0,001406 ^{0,12}
NxV	6	0,000453 ^{1,00}	0,002425 ^{0,39}	0,000690 ^{0,30}	0,001037 ^{0,34}	0,000763 ^{1,00}	0,000264 ^{1,00}
V/N1	3	0,000506 ^{1,00}	0,004256 ^{0,02}	0,000306 ^{1,00}	0,000523 ^{1,00}	0,002917 ^{0,06}	0,000575 ^{1,00}
V/N2	3	0,001640 ^{0,04}	0,000973 ^{1,00}	0,001075 ^{0,14}	0,001892 ^{0,11}	0,001123 ^{0,39}	0,000808 ^{0,32}
V/N3	3	0,000090 ^{1,00}	0,000856 ^{1,00}	0,000567 ^{0,39}	0,001023 ^{0,33}	0,001133 ^{0,39}	0,000550 ^{1,00}
Resíduo	27	0,000533	0,001178	0,000544	0,000881	0,001100	0,000663
Média		0,1489	0,1414	0,1822	0,1587	0,2397	0,1708
CV (%)		15,50	24,26	12,80	18,70	13,83	15,07

98

Cont.

		QUADRADOS MÉDIOS		
FV	GL	ANR_{Cu}	ANR_{Zn}	ANR_B
B/N	9	0,003022	0,007745	0,003665
N	2	0,018415 ^{0,02}	0,061425 ^{0,01}	0,012452 ^{0,07}
V	3	0,006185 ^{0,16}	0,002902 ^{1,00}	0,002364 ^{0,40}
NxV	6	0,002040 ^{1,00}	0,001233 ^{1,00}	0,000883 ^{1,00}
V/N1	3	0,004706 ^{0,26}	0,003106 ^{1,00}	0,000383 ^{1,00}
V/N2	3	0,004217 ^{0,30}	0,001740 ^{1,00}	0,002173 ^{1,00}
V/N3	3	0,001342 ^{1,00}	0,000523 ^{1,00}	0,001573 ^{1,00}
Resíduo	27	0,003333	0,004181	0,002337
Média		0,3285	0,5143	0,1345
CV (%)		17,57	12,57	35,92

Quadro 10A - Quadrados médios referentes às características Alocação Relativa de Nitrogênio em Caule (ANC_N), de Fósforo (ANC_P), de Enxofre (ANC_S), de Potássio (ANC_K), de Cálcio (ANC_{Ca}), de Magnésio (ANC_{Mg}), de Cobre (ANC_{Cu}), de Zinco (ANC_{Zn}) e de Boro (ANC_B), de quatro cultivares de café (V), cultivadas em três níveis de adubação (N)

		QUADRADOS MÉDIOS					
FV	GL	ANC_N	ANC_P	ANC_S	ANC_K	ANC_{Ca}	ANC_{Mg}
B/N	9	0,000128	0,000651	0,00020	0,000067	0,000343	0,000142
N	2	0,001436 ^{0,00}	0,002934 ^{0,04}	0,000334 ^{0,24}	0,001780 ^{0,00}	0,000282 ^{1,00}	0,000522 ^{0,06}
V	3	0,003555 ^{0,00}	0,006308 ^{0,00}	0,002123 ^{0,00}	0,003553 ^{0,00}	0,014967 ^{0,00}	0,003334 ^{0,00}
NxV	6	0,000135 ^{0,01}	0,000694 ^{0,06}	0,000084 ^{0,20}	0,000179 ^{0,07}	0,000298 ^{0,36}	0,000145 ^{0,10}
V/N1	3	0,001742 ^{0,00}	0,004625 ^{0,00}	0,000915 ^{0,00}	0,001956 ^{0,00}	0,005846 ^{0,00}	0,001700 ^{0,00}
V/N2	3	0,001352 ^{0,00}	0,002246 ^{0,00}	0,001040 ^{0,00}	0,001398 ^{0,00}	0,003967 ^{0,00}	0,001406 ^{0,00}
V/N3	3	0,000731 ^{0,00}	0,000825 ^{0,06}	0,000338 ^{0,00}	0,000556 ^{0,00}	0,005750 ^{0,00}	0,000519 ^{0,00}
Resíduo	27	0,000041	0,000300	0,000056	0,000081	0,000259	0,000074
Média		5,7291	0,0681	4,5145	4,7791	0,092	5,7333
CV (%)		11,14	25,42	16,50	18,88	17,50	15,01

87

Cont.

		QUADRADOS MÉDIOS		
FV	GL	ANC_{Cu}	ANC_{Zn}	ANC_B
B/N	9	0,001033	0,000261	0,000338
N	2	0,001147 ^{0,37}	0,000054 ^{1,00}	0,000444 ^{0,31}
V	3	0,007554 ^{0,00}	0,001303 ^{0,00}	0,000819 ^{0,00}
NxV	6	0,000664 ^{0,04}	0,000140 ^{0,30}	0,000077 ^{1,00}
V/N1	3	0,003821 ^{0,00}	0,000679 ^{0,00}	0,000094 ^{1,00}
V/N2	3	0,003967 ^{0,00}	0,000546 ^{0,00}	0,000452 ^{0,04}
V/N3	3	0,001094 ^{0,01}	0,000358 ^{0,04}	0,000427 ^{0,05}
Resíduo	27	0,000263	0,000111	0,000144
Média		0,0983	0,0570	0,021
CV (%)		16,49	18,48	57,23

Quadro 11A - Quadrados médios referentes às características Eficiência de Utilização para Produção de Parte Aérea em relação ao: Nitrogênio (EUPA_N); Fósforo (EUPA_P); Enxofre (EUPA_S); Potássio (EUPA_K); Cálcio (EUPA_{Ca}); Magnésio (EUPA_{Mg}); Cobre (EUPA_{Cu}); Zinco (EUPA_{Zn}) e Boro (EUPA_B), de quatro cultivares de café (V), cultivadas em três níveis de adubação (N)

FV	GL	EUPA _N	EUPA _P	EUPA _S	EUPA _K	EUPA _{Ca}	EUPA _{Mg}
B/N	9	1575,0313	360699,9443	265403,7017	9917,0984	9399,2681	93300,8078
N	2	940,5475 ^{1,00}	2488673,7728 ^{0,01}	421272,3142 ^{0,25}	13253,1837 ^{0,31}	52470,0630 ^{0,02}	167736,0849 ^{0,22}
V	3	1524,8026 ^{0,09}	266285,3523 ^{0,15}	187947,0270 ^{0,25}	13542,5898 ^{0,01}	10886,1127 ^{0,14}	92132,1232 ^{0,10}
NxV	6	1123,0801 ^{0,15}	372521,0732 ^{0,03}	187665,3808 ^{0,23}	5471,9672 ^{0,18}	8952,3925 ^{0,17}	63762,5514 ^{0,20}
V/N1	3	1661,2953 ^{0,07}	279911,5316 ^{0,13}	204836,4467 ^{0,22}	8712,4656 ^{0,07}	6229,0277 ^{0,35}	52544,8480 ^{0,30}
V/N2	3	154,3109 ^{1,00}	38139,6072 ^{1,00}	37556,66300 ^{1,00}	3003,3445 ^{1,00}	6420,7319 ^{0,34}	18229,2518 ^{1,00}
V/N3	3	1955,3566 ^{0,05}	693276,3598 ^{0,00}	320884,6789 ^{0,08}	12770,7141 ^{0,02}	16141,1382 ^{0,05}	148883,1262 ^{0,02}
Resíduo	27	661,2876	140636,6828	130933,7597	3445,3059	5504,7401	41333,5539
Média		111,2285	1736,5683	1395,1604	261,2956	321,3827	811,9537
CV (%)		23,11	21,59	25,93	22,46	23,08	25,03

∞

Cont.

QUADRADOS MÉDIOS							
FV	GL	EUPA _{Cu}	EUPA _{Zn}	EUPA _B			
B/N	9	1329,9616	2656,5427	973,2389			
N	2	6784,4740 ^{0,03}	3473,5785 ^{0,31}	10607,7140 ^{0,00}			
V	3	1183,5286 ^{0,23}	4008,2236 ^{0,07}	945,1958 ^{0,18}			
NxV	6	637,8519 ^{1,00}	2885,2731 ^{0,12}	1004,6085 ^{0,13}			
V/N1	3	651,9090 ^{1,00}	4878,4069 ^{0,04}	352,0843 ^{1,00}			
V/N2	3	357,8676 ^{1,00}	837,7050 ^{1,00}	574,1190 ^{0,39}			
V/N3	3	1449,4559 ^{0,16}	4062,6579 ^{0,07}	2028,2094 ^{0,02}			
Resíduo	27	791,9033	1559,1421	554,2277			
Média		93,8062	112,7225	87,7308			
CV (%)		29,99	35,02	26,83			

Quadro 12A - Quadrados médios referentes às características Eficiência de Utilização para Produção de Folhas em relação ao: Nitrogênio (EUF_N); Fósforo (EUF_P); Enxofre (EUF_S); Potássio (EUF_K); Cálcio (EUF_{Ca}); Magnésio (EUF_{Mg}); Cobre (EUF_{Cu}); Zinco (EUF_{Zn}) e Boro (EUF_B), de quatro cultivares de café (V), cultivadas em três níveis de adubação (N)

		QUADRADOS MÉDIOS					
FV	GL	EUF _N	EUF _P	EUF _S	EUF _K	EUF _{Ca}	EUF _{Mg}
B/N	9	26,8821	8226,2385	5279,3915	176,5580	245,4189	1750,0433
N	2	65,1507 ^{0,14}	44124,9249 ^{0,02}	21028,9924 ^{0,05}	514,2077 ^{0,10}	973,5152 ^{0,05}	5823,8784 ^{0,08}
V	3	69,1319 ^{0,02}	13117,0747 ^{0,04}	12424,5370 ^{0,03}	456,8161 ^{0,01}	479,3004 ^{0,01}	4012,2411 ^{0,01}
NxV	6	19,9750 ^{0,40}	2157,1914 ^{1,00}	2850,6611 ^{1,00}	90,4673 ^{1,00}	76,8760 ^{1,00}	574,4185 ^{1,00}
V/N1	3	66,1533 ^{0,02}	5850,1173 ^{0,26}	7676,3809 ^{0,12}	296,5573 ^{0,07}	235,9761 ^{0,13}	2397,8736 ^{0,06}
V/N2	3	23,7552 ^{0,30}	6136,5162 ^{0,24}	6803,4011 ^{0,16}	212,8358 ^{0,15}	269,6561 ^{0,10}	1855,5449 ^{0,12}
V/N3	3	19,1735 ^{0,39}	5444,8239 ^{0,28}	3646,0772 ^{1,00}	128,3570 ^{0,35}	127,4202 ^{0,37}	907,6596 ^{0,40}
Resíduo	27	18,7042	4140,7265	3681,3432	112,8273	118,5968	895,7953
Média		9,81	151,4047	134,1052	21,9589	26,6743	75,4195
CV (%)		44,08	42,50	45,24	48,37	40,82	39,68

68

Cont.

		QUADRADOS MÉDIOS		
FV	GL	EUF _{Cu}	EUF _{Zn}	EUF _B
B/N	9	32,0388	120,8161	24,2675
N	2	262,0572 ^{0,00}	244,6584 ^{0,18}	342,1518 ^{0,00}
V	3	70,5099 ^{0,02}	200,2147 ^{0,03}	52,7676 ^{0,06}
NxV	6	13,9402 ^{1,00}	42,9541 ^{1,00}	9,4346 ^{1,00}
V/N1	3	28,1901 ^{0,25}	157,8705 ^{0,06}	12,7515 ^{1,00}
V/N2	3	45,6977 ^{0,09}	77,8199 ^{0,29}	43,1912 ^{0,10}
V/N3	3	24,5025 ^{0,31}	50,4325 ^{1,00}	15,6940 ^{1,00}
Resíduo	27	19,6714	59,6448	19,5335
Média		10,0672	17,0333	9,3493
CV (%)		44,05	45,34	47,27

Quadro 13A - Quadrados médios referentes às características Eficiência de Utilização para Produção de Caule em relação ao: Nitrogênio (EUC_N); Fósforo (EUC_P); Enxofre (EUC_S); Potássio (EUC_K); Cálcio (EUC_{Ca}); Magnésio (EUC_{Mg}); Cobre (EUC_{Cu}); Zinco (EUC_{Zn}) e Boro (EUC_B), de quatro cultivares de café (V), cultivadas em três níveis de adubação (N)

		QUADRADOS MÉDIOS					
FV	GL	EUC _N	EUC _P	EUC _S	EUC _K	EUC _{Ca}	EUC _{Mg}
B/N	9	1,2499	229,2586	227,3424	8,2307	4,6489	65,8232
N	2	15,8551 ^{0,00}	496,5580 ^{0,17}	2142,9579 ^{0,00}	54,8555 ^{0,01}	10,4183 ^{0,16}	314,4538 ^{0,03}
V	3	54,8115 ^{0,00}	10421,3570 ^{0,00}	11363,4680 ^{0,00}	282,3457 ^{0,00}	368,8110 ^{0,00}	3066,8757 ^{0,00}
NxV	6	2,7514 ^{0,23}	326,3992 ^{1,00}	484,0530 ^{0,30}	12,2326 ^{1,00}	6,4894 ^{1,00}	100,7177 ^{0,28}
V/N1	3	31,4918 ^{0,00}	3656,4756 ^{0,00}	5881,1699 ^{0,00}	133,0477 ^{0,00}	151,3210 ^{0,00}	1510,3886 ^{0,00}
V/N2	3	20,7865 ^{0,00}	5313,1667 ^{0,00}	4880,0292 ^{0,00}	132,5828 ^{0,00}	155,2725 ^{0,00}	1263,1695 ^{0,00}
V/N3	3	8,0361 ^{0,01}	2104,5131 ^{0,00}	1570,3749 ^{0,01}	41,1804 ^{0,03}	75,1962 ^{0,00}	494,7529 ^{0,00}
Resíduo	27	1,8878	343,3050	383,6062	12,4320	8,4566	76,7769
Média		3,3521	48,4661	45,5104	7,3617	8,7207	25,1585
CV (%)		40,98	38,22	43,03	47,89	33,34	34,82

06

Cont.

		QUADRADOS MÉDIOS		
FV	GL	EUC _{Cu}	EUC _{Zn}	EUC _B
B/N	9	1,0220	7,7209	1,8165
N	2	12,4198 ^{0,00}	38,0255 ^{0,03}	11,2284 ^{0,02}
V	3	61,3443 ^{0,00}	163,4098 ^{0,00}	43,4787 ^{0,00}
NxV	6	2,7882 ^{0,12}	7,5134 ^{0,29}	3,4733 ^{0,16}
V/N1	3	23,6545 ^{0,00}	95,6996 ^{0,00}	10,9014 ^{0,00}
V/N2	3	34,8619 ^{0,00}	57,7353 ^{0,00}	33,7102 ^{0,00}
V/N3	3	8,4043 ^{0,00}	25,0017 ^{0,01}	5,8137 ^{0,05}
Resíduo	27	1,4892	5,8589	2,0639
Média		3,3136	5,7487	2,9693
CV (%)		36,82	42,10	48,38

Quadro 14A - Quadrados médios referentes às características Eficiência de Utilização para Produção de Ramos em relação ao: Nitrogênio (EUR_N); Fósforo (EUR_P); Enxofre (EUR_S); Potássio (EUR_K); Cálcio (EUR_{Ca}); Magnésio (EUR_{Mg}); Cobre (EUR_{Cu}); Zinco (EUR_{Zn}) e Boro (EUR_B), de quatro cultivares de café (V), cultivadas em três níveis de adubação (N)

		QUADRADOS MÉDIOS					
FV	GL	EUR _N	EUR _P	EUR _S	EUR _K	EUR _{Ca}	EUR _{Mg}
B/N	9	9,5631	3174,5228	1810,3444	61,7730	96,4851	610,4418
N	2	12,2772 ^{0,32}	7761,1370 ^{0,14}	3439,0405 ^{0,20}	80,2012 ^{0,31}	126,7981 ^{0,31}	642,3540 ^{0,38}
V	3	2,1932 ^{1,00}	274,2913 ^{1,00}	536,0430 ^{1,00}	18,8016 ^{1,00}	9,9739 ^{1,00}	90,8597 ^{1,00}
NxV	6	9,9201 ^{0,09}	1991,4497 ^{0,20}	1554,2664 ^{0,14}	45,0331 ^{0,18}	51,7892 ^{0,27}	397,5848 ^{0,18}
V/N1	3	15,1067 ^{0,04}	2584,4846 ^{0,13}	2270,8386 ^{0,07}	69,7809 ^{0,08}	57,3865 ^{0,23}	514,2463 ^{0,12}
V/N2	3	0,6866 ^{1,00}	169,9124 ^{1,00}	179,7833 ^{1,00}	4,1191 ^{1,00}	8,4357 ^{1,00}	34,7847 ^{1,00}
V/N3	3	6,2401 ^{0,29}	1502,7936 ^{0,34}	1193,9539 ^{0,28}	34,9678 ^{0,31}	47,7300 ^{0,31}	336,9983 ^{0,27}
Resíduo	27	4,8205	1296,0341	890,2421	28,3280	38,4732	245,58216
Média		6,1075	93,4675	82,9139	13,5164	16,4943	46,6410
CV (%)		35,94	38,51	35,98	39,37	37,60	33,59

16

Cont.

		QUADRADOS MÉDIOS		
FV	GL	EUR _{Cu}	EUR _{Zn}	EUR _B
B/N	9	7,6628	32,7988	12,5605
N	2	57,7729 ^{0,01}	46,5724 ^{0,29}	79,1794 ^{0,01}
V	3	4,8737 ^{0,33}	11,9387 ^{1,00}	2,3272 ^{1,00}
NxV	6	6,1783 ^{0,21}	26,0755 ^{0,09}	6,0976 ^{0,27}
V/N1	3	7,9453 ^{0,14}	44,2680 ^{0,02}	5,3277 ^{0,33}
V/N2	3	2,7617 ^{1,00}	0,1689 ^{1,00}	5,0237 ^{0,36}
V/N3	3	6,5232 ^{0,21}	19,6529 ^{0,22}	4,1710 ^{1,00}
Resíduo	27	4,1309	12,6570	4,5314
Média		6,0968	10,4575	5,7306
CV (%)		33,33	34,02	37,14

Quadro 15A - Quadrados médios referentes às características Eficiência de Utilização para Produção de Frutos em relação ao: Nitrogênio (EUFR_N); Fósforo (EUFR_P); Enxofre (EUFR_S); Potássio (EUFR_K); Cálcio (EUFR_{Ca}); Magnésio (EUFR_{Mg}); Cobre (EUFR_{Cu}); Zinco (EUFR_{Zn}) e Boro (EUFR_B), de quatro cultivares de café (V), cultivadas em três níveis de adubação (N)

		QUADRADOS MÉDIOS					
FV	GL	EUFR _N	EUFR _P	EUFR _S	EUFR _K	EUFR _{Ca}	EUFR _{Mg}
B/N	9	103,3040	21651,3004	17908,8861	461,7787	629,7491	6572,1446
N	2	32,3509 ^{1,00}	101770,3133 ^{0,04}	8572,5446 ^{1,00}	289,3373 ^{1,00}	2870,9267 ^{0,04}	12672,0089 ^{0,20}
V	3	254,7382 ^{0,02}	81827,5057 ^{0,00}	42672,4141 ^{0,03}	1268,0097 ^{0,01}	2268,8654 ^{0,01}	19157,3478 ^{0,01}
NxV	6	124,6210 ^{0,13}	43557,5610 ^{0,02}	24320,2468 ^{0,10}	655,6499 ^{0,07}	1170,3468 ^{0,06}	10106,2928 ^{0,06}
V/N1	3	50,7719 ^{1,00}	12036,1312 ^{1,00}	9186,7660 ^{1,00}	230,2170 ^{1,00}	270,7642 ^{1,00}	2742,7350 ^{1,00}
V/N2	3	156,1453 ^{0,10}	43436,0762 ^{0,05}	28603,2125 ^{0,09}	833,3589 ^{0,05}	1208,8937 ^{0,09}	9897,6201 ^{0,10}
V/N3	3	297,0630 ^{0,01}	113470,4204 ^{0,00}	53522,9292 ^{0,01}	1515,7336 ^{0,00}	3129,9011 ^{0,00}	26729,5782 ^{0,00}
Resíduo	27	69,1707	14917,2591	12333,5148	293,9095	520,9260	4422,5568
Média		17,5675	273,6350	237,0472	38,0287	49,2035	139,5529
CV (%)		47,34	44,63	46,84	45,08	46,38	47,65

92

Cont.

		QUADRADOS MÉDIOS		
FV	GL	EUFR _{Cu}	EUFR _{Zn}	EUFR _B
B/N	9	81,4464	417,3143	151,9454
N	2	122,2111 ^{0,27}	132,7865 ^{1,00}	563,6202 ^{0,06}
V	3	201,6542 ^{0,05}	845,8066 ^{0,03}	310,0022 ^{0,00}
NxV	6	109,9748 ^{0,19}	462,9642 ^{0,13}	180,0275 ^{0,02}
V/N1	3	41,6825 ^{1,00}	115,9795 ^{1,00}	26,2201 ^{1,00}
V/N2	3	150,5689 ^{0,11}	654,0973 ^{0,07}	209,0007 ^{0,03}
V/N3	3	229,3525 ^{0,03}	1001,6583 ^{0,01}	434,8364 ^{0,00}
Resíduo	27	69,9813	256,3142	61,0297
Média		17,2522	30,4768	16,9137
CV (%)		48,48	52,53	46,18

Quadro 16A - Médias de conteúdo de nutrientes na raiz¹, de quatro cultivares de café arábica, cultivadas em três níveis de adubação

Nutriente	Cultivar	Nível de Adubação		
		Baixo	Normal	Alto
N	Acaiá IAC-474-19	4,99	4,55	4,37
	Icatu Amarelo IAC-3282	4,91	4,95	3,84
	Rubi MG-1192	3,20	7,67	4,21
	Catuaí vermelho IAC-99	3,56	5,15	4,41
P	Acaiá IAC-474-19	0,36	0,25	0,21
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,28	0,28	0,19
	Rubi MG-1192	0,20	0,39	0,24
	Catuaí vermelho IAC-99	0,19	0,26	0,24
S	Acaiá IAC-474-19	0,68	0,52	0,55
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,65	0,67	0,40
	Rubi MG-1192	0,40	0,97	0,52
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,47	0,55	0,53
K	Acaiá IAC-474-19	1,10	0,95	0,91
	Icatu Amarelo IAC-3282	1,14	1,25	0,60
	Rubi MG-1192	0,76	1,82	0,95
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,95	1,01	0,88
Ca	Acaiá IAC-474-19	1,30	1,02	0,95
	Icatu Amarelo IAC-3282	1,16	1,08	0,83
	Rubi MG-1192	0,62	1,43	0,80
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,66	0,94	0,72
Mg	Acaiá IAC-474-19	1,07	0,91	0,89
	Icatu Amarelo IAC-3282	1,03	0,94	0,74
	Rubi MG-1192	0,66	1,71	0,81
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,62	0,82	0,71
Cu	Acaiá IAC-474-19	17,45	10,69	10,80
	Icatu Amarelo IAC-3282	12,49	13,08	9,50
	Rubi MG-1192	8,40	18,58	11,48
	Catuaí Vermelho IAC-99	8,27	11,81	10,43
Zn	Acaiá IAC-474-19	23,72	19,16	15,88
	Icatu Amarelo IAC-3282	23,21	23,11	13,83
	Rubi MG-1192	15,43	38,75	12,80
	Catuaí Vermelho IAC-99	14,04	23,89	14,55
B	Acaiá IAC-474-19	15,51	9,69	11,57
	Icatu Amarelo IAC-3282	10,79	12,36	10,42
	Rubi MG-1192	6,92	21,24	10,00
	Catuaí Vermelho IAC-99	7,93	16,07	12,00

^{1/} Macronutrientes em g e micronutrientes em mg.

Quadro 17A - Médias de conteúdo de nutrientes no caule¹, de quatro cultivares de café arábica, cultivadas em três níveis de adubação

Nutriente	Cultivar	Nível de Adubação		
		Baixo	Normal	Alto
N	Acaiá IAC-474-19	1,96	2,74	1,68
	Icatu Amarelo IAC-3282	1,45	1,80	1,35
	Rubi MG-1192	1,58	1,84	2,01
	Catuaí vermelho IAC-99	0,91	1,45	1,54
P	Acaiá IAC-474-19	0,25	0,21	0,14
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,11	0,10	0,09
	Rubi MG-1192	0,20	0,12	0,14
	Catuaí vermelho IAC-99	0,10	0,11	0,10
S	Acaiá IAC-474-19	0,11	0,16	0,10
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,08	0,11	0,08
	Rubi MG-1192	0,09	0,11	0,12
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,06	0,09	0,10
K	Acaiá IAC-474-19	0,90	0,97	0,62
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,66	0,70	0,51
	Rubi MG-1192	0,63	0,52	0,63
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,36	0,51	0,56
Ca	Acaiá IAC-474-19	1,41	1,67	1,01
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,98	0,97	0,80
	Rubi MG-1192	0,94	1,08	1,06
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,54	0,89	0,72
Mg	Acaiá IAC-474-19	0,27	0,35	0,22
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,20	0,25	0,16
	Rubi MG-1192	0,22	0,22	0,25
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,12	0,19	0,20
Cu	Acaiá IAC-474-19	3,49	4,04	2,80
	Icatu Amarelo IAC-3282	2,26	2,79	2,23
	Rubi MG-1192	3,18	3,08	4,44
	Catuaí Vermelho IAC-99	1,74	2,49	3,29
Zn	Acaiá IAC-474-19	0,86	1,48	0,86
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,71	1,00	0,85
	Rubi MG-1192	0,84	1,15	1,57
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,49	1,10	1,15
B	Acaiá IAC-474-19	1,10	1,16	1,10
	Icatu Amarelo IAC-3282	1,07	0,52	0,54
	Rubi MG-1192	1,14	0,65	0,38
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,61	0,40	0,25

^{1/} Macronutrientes em g e micronutrientes em mg.

Quadro 18A - Médias de conteúdo de nutrientes nos ramos¹, de quatro cultivares de café arábica, cultivadas em três níveis de adubação

Nutriente	Cultivar	Nível de Adubação		
		Baixo	Normal	Alto
N	Acaiá IAC-474-19	2,67	4,88	4,86
	Icatu Amarelo IAC-3282	3,68	5,19	3,71
	Rubi MG-1192	3,99	6,56	6,54
	Catuai vermelho IAC-99	3,01	5,88	6,16
P	Acaiá IAC-474-19	0,26	0,33	0,28
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,24	0,26	0,18
	Rubi MG-1192	0,49	0,38	0,28
	Catuai vermelho IAC-99	0,27	0,33	0,24
S	Acaiá IAC-474-19	0,25	0,45	0,47
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,34	0,47	0,34
	Rubi MG-1192	0,40	0,57	0,58
	Catuai Vermelho IAC-99	0,27	0,49	0,51
K	Acaiá IAC-474-19	1,49	2,37	2,34
	Icatu Amarelo IAC-3282	2,03	2,73	1,80
	Rubi MG-1192	2,12	2,64	2,42
	Catuai Vermelho IAC-99	1,60	2,79	2,61
Ca	Acaiá IAC-474-19	2,08	2,90	2,51
	Icatu Amarelo IAC-3282	2,85	2,95	1,56
	Rubi MG-1192	3,11	3,48	3,27
	Catuai Vermelho IAC-99	2,32	3,47	2,94
Mg	Acaiá IAC-474-19	0,42	0,69	0,74
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,58	0,73	0,52
	Rubi MG-1192	0,67	0,87	1,03
	Catuai Vermelho IAC-99	0,45	0,85	0,90
Cu	Acaiá IAC-474-19	6,48	10,02	12,87
	Icatu Amarelo IAC-3282	6,88	8,56	8,88
	Rubi MG-1192	10,86	13,54	16,47
	Catuai Vermelho IAC-99	6,99	10,46	17,08
Zn	Acaiá IAC-474-19	5,19	10,38	11,54
	Icatu Amarelo IAC-3282	6,15	9,74	8,98
	Rubi MG-1192	8,20	12,87	15,59
	Catuai Vermelho IAC-99	5,45	9,66	14,32
B	Acaiá IAC-474-19	3,33	4,85	6,58
	Icatu Amarelo IAC-3282	4,03	4,51	3,98
	Rubi MG-1192	4,84	5,58	6,14
	Catuai Vermelho IAC-99	3,26	4,22	4,82

^{1/} Macronutrientes em g e micronutrientes em mg.

Quadro 19A - Médias de conteúdo de nutrientes nas folhas¹, de quatro cultivares de café arábica, cultivadas em três níveis de adubação

Nutriente	Cultivar	Nível de Adubação		
		Baixo	Normal	Alto
N	Acaiá IAC-474-19	8,09	16,26	15,02
	Icatu Amarelo IAC-3282	7,93	12,86	11,35
	Rubi MG-1192	11,53	17,57	15,85
	Catuaí vermelho IAC-99	5,85	12,16	12,45
P	Acaiá IAC-474-19	0,51	0,79	0,68
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,45	0,63	0,50
	Rubi MG-1192	0,81	0,84	0,66
	Catuaí vermelho IAC-99	0,38	0,64	0,53
S	Acaiá IAC-474-19	0,56	0,94	0,99
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,50	0,77	0,71
	Rubi MG-1192	0,96	1,10	1,32
	Catuaí Vermelho IAC-99	0,42	0,75	0,82
K	Acaiá IAC-474-19	3,14	5,96	5,98
	Icatu Amarelo IAC-3282	3,23	5,13	4,79
	Rubi MG-1192	5,04	6,03	5,56
	Catuaí Vermelho IAC-99	2,38	5,00	5,01
Ca	Acaiá IAC-474-19	4,68	6,58	5,78
	Icatu Amarelo IAC-3282	5,13	6,56	4,09
	Rubi MG-1192	7,23	8,71	8,01
	Catuaí Vermelho IAC-99	3,82	7,30	6,38
Mg	Acaiá IAC-474-19	1,40	2,44	2,22
	Icatu Amarelo IAC-3282	1,49	2,20	1,61
	Rubi MG-1192	2,17	2,88	2,66
	Catuaí Vermelho IAC-99	1,11	2,32	1,90
Cu	Acaiá IAC-474-19	5,35	4,32	5,55
	Icatu Amarelo IAC-3282	4,45	3,96	4,93
	Rubi MG-1192	8,89	5,23	6,14
	Catuaí Vermelho IAC-99	3,49	3,60	5,93
Zn	Acaiá IAC-474-19	2,85	5,19	3,49
	Icatu Amarelo IAC-3282	2,52	4,51	2,57
	Rubi MG-1192	3,65	5,49	3,81
	Catuaí Vermelho IAC-99	2,01	3,90	3,71
B	Acaiá IAC-474-19	21,74	20,51	23,17
	Icatu Amarelo IAC-3282	21,62	16,89	16,72
	Rubi MG-1192	32,71	27,38	28,60
	Catuaí Vermelho IAC-99	15,28	20,87	22,27

^{1/} Macronutrientes em g e micronutrientes em mg.

Quadro 20A - Médias de conteúdo de nutrientes nos frutos¹, de quatro cultivares de café arábica, cultivadas em três níveis de adubação

Nutriente	Cultivar	Nível de Adubação		
		Baixo	Normal	Alto
N	Acaia IAC-474-19	7,60	9,40	12,03
	Icatu Amarelo IAC-3282	11,42	14,00	10,25
	Rubi MG-1192	8,79	20,08	22,77
	Catuai vermelho IAC-99	8,82	13,22	21,60
P	Acaia IAC-474-19	0,87	0,74	0,90
	Icatu Amarelo IAC-3282	1,10	1,04	0,66
	Rubi MG-1192	0,96	1,42	1,34
	Catuai vermelho IAC-99	0,94	0,97	1,43
S	Acaia IAC-474-19	0,63	0,68	0,89
	Icatu Amarelo IAC-3282	0,93	1,08	0,77
	Rubi MG-1192	0,75	1,45	1,60
	Catuai Vermelho IAC-99	0,75	0,99	1,59
K	Acaia IAC-474-19	4,55	4,51	6,16
	Icatu Amarelo IAC-3282	5,90	6,93	5,15
	Rubi MG-1192	4,94	9,92	11,35
	Catuai Vermelho IAC-99	4,95	6,64	11,38
Ca	Acaia IAC-474-19	1,13	0,98	0,99
	Icatu Amarelo IAC-3282	2,15	2,01	1,09
	Rubi MG-1192	1,36	2,39	2,69
	Catuai Vermelho IAC-99	1,30	1,84	2,15
Mg	Acaia IAC-474-19	0,83	0,78	0,92
	Icatu Amarelo IAC-3282	1,41	1,24	0,74
	Rubi MG-1192	0,97	1,60	1,42
	Catuai Vermelho IAC-99	0,92	1,17	1,57
Cu	Acaia IAC-474-19	8,71	7,79	12,28
	Icatu Amarelo IAC-3282	15,88	12,81	10,45
	Rubi MG-1192	11,61	18,68	20,65
	Catuai Vermelho IAC-99	9,35	12,52	21,99
Zn	Acaia IAC-474-19	3,07	2,78	3,22
	Icatu Amarelo IAC-3282	5,06	4,73	3,22
	Rubi MG-1192	3,63	4,89	5,96
	Catuai Vermelho IAC-99	4,04	3,97	5,28
B	Acaia IAC-474-19	9,87	2,79	5,65
	Icatu Amarelo IAC-3282	13,13	5,21	3,08
	Rubi MG-1192	11,72	7,91	7,25
	Catuai Vermelho IAC-99	10,97	6,71	11,95

^{1/} Macronutrientes em g e micronutrientes em mg.