

UTILIZAÇÃO DE MUDAS DE RAÍZES MÚLTIPLAS NA IMPLANTAÇÃO DE LAVOURAS CAFEEIRAS

Alex Mendonça de Carvalho¹, Danielle Pereira Baliza², Wellington Lazaro Trevisan³,
Rubens José Guimarães⁴, André Dominghetti Ferreira⁵

(Recebido: 30 de abril de 2008; aceito: 15 de setembro de 2008)

RESUMO: Altas produções do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), necessitam de raízes abundantes, profundas, bem ramificadas e ativas fisiologicamente. Devido à complexidade do processo, esse trabalho visou a verificar a influência de raízes múltiplas no crescimento inicial de plantas de três cultivares de cafeeiro, com ou sem a utilização de cobertura morta na linha de plantio. O experimento foi instalado e conduzido na Fazenda Paineira localizada no município de Bom Jesus da Penha - MG. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial (2 x 3 x 2), com dois tipos de mudas (muda com raiz única e muda com raiz múltipla), três cultivares (Paraíso MG 419-1, Catuaí Vermelho IAC 99 e Catuaí Amarelo 2SL) e pela presença e ausência de cobertura morta na linha de plantio. Avaliou-se a altura das plantas (cm), o diâmetro da base do caule (mm) e o número de ramos plagiotrópicos. Concluiu-se que plantas oriundas de mudas com raízes únicas apresentaram-se um melhor desenvolvimento na fase de implantação da lavoura cafeeira, sendo que das cultivares utilizadas, a Catuaí Vermelho IAC 99 foi a mais sensível, apresentando reduções no crescimento em 22,7%, 35,2% e 52,7% para altura de planta, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos, respectivamente, quando se utilizou mudas de raízes múltiplas. A utilização de cobertura morta na implantação de lavouras com mudas de raízes múltiplas favoreceu o crescimento em altura em 12,6% comparado com mudas de raízes únicas, porém com menor emissão de ramos plagiotrópicos decisivos para a futura produção.

Palavras-chave: Sistema radicular, cafeeiro, *Coffea arabica*.

THE USE OF SEEDLINGS OF MULTIPLE ROOTS ON THE ESTABLISHMENT OF COFFEE PLANTATION

ABSTRACT: Higher production of coffee plants (*Coffea arabica* L.), requires abundant and deeper roots, well branched and physiologically active. However, the root grow system is a complex process, which is affected by many factors. Thus, this work aimed at to study the influence of multiple roots in the initial growth of three coffee cultivars considering the presence and absence of mulch on the planting row. The experiment was carried out at the Paineira Farm in located in the district of Bom Jesus da Penha, MG - Brazil. The experimental design was randomized in blocks with factorial scheme (2 x 3 x 2) of two types of cuttings: single and multiple rooted seedlings, three cultivars: Paraíso MG 491-1, Catuaí Vermelho IAC 99 and Catuaí Amarelo 2SL and by the presence and absence of mulch on the planting row. The parameters evaluated were the plant height (cm), the stem base diameter (mm) and number of plagiotropic branches. The results showed that plants originated from single roots presented better development in the field during the establishment of the coffee plantation. The cultivar Catuaí IAC 99 was the most sensitive, presenting reductions in the growth of the plant height, stem base diameter and the plagiotropic branches number of 22.7%, 35.2% and 52.7% respectively, when multiple rooted seedlings were considered. The use of mulch during the establishment of the coffee plantation with multiple rooted seedlings increased the growth in height of 12.6% when compared with single rooted seedlings, however with lower emission of plagiotropic branches, which are decisive for future production.

Key words: Root system, coffee plant, *Coffea arabica*.

1 INTRODUÇÃO

O estudo do sistema radicular, sob condições naturais, é muito difícil e extremamente laborioso. Por

essa razão, sabe-se pouco sobre a morfologia, a distribuição e a fisiologia desse órgão de importância vital para as plantas, ocorrendo ainda grande controvérsia quanto à estrutura, às dimensões e a

¹Mestrando em Agronomia – Departamento de Fitotecnia – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – carvalho.am@hotmail.com

²Mestranda em Agronomia – Departamento de Fitotecnia – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – danibaliza@yahoo.com.br

³Engenheiro Agrônomo M.S. – Gestão do Agronegócio – Cooperariso Ltda – Av. José Eduardo de Souza, 304 – 37960-000 – Jacuí, MG – gerencia_jac@coopariso.com.br

⁴Professor Adjunto – Departamento de Agricultura – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – rubensjg@ufla.br

⁵Doutorando em Agronomia – Departamento de Fitotecnia – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – agroadf@yahoo.com.br

atividade fisiológica do sistema radicular do cafeeiro. É fundamental o conhecimento desse sistema para a otimização de várias práticas como na adubação e na aplicação de pesticidas de solo, nos tratos culturais, na densidade de plantio, na irrigação e nos cultivos intercalares como na arborização (MORALES & BEER, 1998).

O crescimento do sistema radicular é um processo complexo, que depende do material genético, da idade da planta, de carga de frutos, da disponibilidade de carboidratos, de densidade de plantio, do clima, do ataque de pragas e doenças, do uso de podas, dos métodos de cultivo e do ambiente químico e físico do solo (RENA & DAMATTA, 2002).

A resistência mecânica do solo é um desses fatores que pode afetar, severamente, a expansão do sistema radicular. Em trabalho realizado por Nutman (1933) em um solo muito argiloso, com perfil muito duro e compacto, o autor concluiu que, provavelmente, devido à dureza do solo, as raízes suportes das alimentadoras eram curtas, freqüentemente ramificadas e muito numerosas, enquanto as raízes alimentadoras eram bastante ramificadas e muito densamente formadas sobre as raízes-suportes, ou seja, muito próximas umas das outras. Devido à elevada resistência mecânica, pode-se pensar que essa reação morfofisiológica seja consequência da grande produção de etileno pelo sistema radicular (RENA & DAMATTA, 2002; RENA & GUIMARÃES, 2000).

Matiello et al. (2005) descrevem como desvantagens do uso do transplantio na produção de mudas de cafeeiros a possibilidade de se provocar o “pião-torto”, a bifurcação (referindo-se a raízes múltiplas) e sistemas radiculares deficientes, o que provoca mau desenvolvimento e mesmo morte de plantas no campo. Assim, espera-se que uma muda ideal para o plantio de cafeeiro tenha apenas uma raiz pivotante (raiz única), sendo que o aparecimento de raízes múltiplas (duas, três ou mais raízes pivotantes) pode se dar por repicagem do germinador para o saquinho ou tubete, intoxicação pelo uso de fungicidas ou mesmo herbicidas, entre outras causas.

Além disso, impedimentos no solo de natureza química (baixa fertilidade, acidez elevada e alumínio tóxico) servem como barreiras ao desenvolvimento do sistema radicular do cafeeiro. Pavan & Bingham

(1982), estudando o efeito do alumínio no crescimento das raízes do cafeeiro, conduziram um experimento em solução nutritiva usando plantas de Catuaí Vermelho no estádio de “orelha-de-onça”. Relacionaram-se os sintomas de toxidez com a atividade do Al^{3+} na solução nutritiva, sendo os sintomas cada vez mais severos, na medida em que se aumentava a atividade do Al^{3+} . Sob condições mais elevadas de toxidez, a primeira raiz lateral formou-se 2 cm acima da região apical da raiz primária, enquanto na testemunha a raiz se formou a 10 cm do ápice. O crescimento do ápice radicular foi inibido e as raízes laterais aumentaram o diâmetro e decresceram em número e comprimento. Em geral, todas as raízes das plantas afetadas mudaram da cor branca para castanho-claro, particularmente nas regiões apicais, e as plantas se apresentavam pouco desenvolvidas.

Há também indicações de que doses elevadas de cobre no substrato inibem o desenvolvimento radicular de mudas de cafeeiro, quando quantidades excessivas de fungicidas cúpricos são empregadas para o controle de doenças (IBC/GERCA, 1981). No entanto, Aduayi (1971), trabalhando em solução nutritiva, e Granados & Bornemisza (1991), em solo, não encontraram qualquer efeito depressivo do cobre sobre as raízes de mudas, mesmo quando utilizaram altas concentrações como 750 ppm e 200 ppm, respectivamente.

Cassidy & Kumar (1984), com o objetivo de estudar a influência mútua dos sistemas radiculares adjacentes, analisaram o efeito da densidade de plantio ao variar o espaçamento do cafeeiro de 2,74 por 0,6 a 2,4m, ou seja, haveria uma variação de população de 1515 a 6061 planta/ha, bem como a influência da cobertura morta e do sombreamento de *Grevillea* na estrutura e na distribuição do sistema radicular. Os autores concluíram que a estrutura das raízes foi modificada segundo as diferentes densidades de plantio; o comprimento das raízes laterais foi reduzido nas altas densidades de plantio e as raízes axiais foram também mais numerosas e em maior profundidade com o aumento da densidade de plantio. Observaram também que a cobertura morta estimulou o desenvolvimento de raízes nos primeiros 25 cm do solo e que os sistemas radiculares dos cafeeiros que cresciam à sombra não foram tão diferentes daqueles cultivados a pleno sol na presença de cobertura morta.

As técnicas de produção de mudas e transplantios também exercem profundas modificações na estrutura e na arquitetura do sistema radicular do cafeeiro (FOURNIER, 1988; HAARER, 1962). O principal elemento de modificação é a eliminação de parte da raiz principal da muda formada a partir de semente (raiz seminal), em sacolinhas, durante o plantio no campo, induzindo o desenvolvimento de uma pivotante ramificada com um número maior de raízes secundárias axiais (RENA & DAMATTA, 2002; RENA & GUIMARÃES, 2000).

Borduchi Filho & Pedroso (1979), utilizando plantas de *C. arabica* (Mundo Novo LCP-379-19) com poda de raiz por ocasião da repicagem no viveiro, concluíram que à medida que se aumentou a altura de poda de raiz partindo de sua gema apical houve uma diminuição da porcentagem de raízes normais e aumento da porcentagem de raízes bifurcadas.

O objetivo do presente trabalho foi verificar a influência de raízes múltiplas no crescimento inicial de plantas de três cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.), com ou sem utilização de cobertura morta na linha de plantio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi instalado e conduzido na Fazenda Paineira, localizada no município de Bom Jesus da Penha – MG. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial (2 x 3 x 2), sendo o primeiro fator constituído de dois tipos de mudas (mudas com raiz única e mudas com raízes múltiplas), o segundo de três cultivares (Paraíso MG 419-1, Catuaí Vermelho IAC 99 e Catuaí Amarelo 2SL) e o terceiro caracterizado pela presença e ausência de cobertura morta na linha de plantio, em quatro repetições, perfazendo 48 parcelas. As parcelas constaram de 10 mudas, sendo as 8 centrais consideradas úteis.

Utilizou-se o semeio indireto pela obtenção de sementes pré-germinadas em germinador de areia, que antes da protrusão da radícula eram transplantadas. Por ocasião do plantio em campo identificou-se mudas de raízes únicas e de raízes múltiplas para instalação do experimento, descobrindo-se parcialmente o sistema radicular.

As mudas foram plantadas em um Latossolo Vermelho de relevo ondulado com pH em água =

6,0; CTC a pH 7 = 8,5; P (mg/dm³) = 3,2; K (mg/dm³) = 155 e V = 54%). As correções e fertilizações foram realizadas seguindo as recomendações de Guimarães et al. (1999). As mudas foram plantadas no espaçamento de 3,4 por 0,75 m, ocupando uma área total de 3.000 metros quadrados. Os tratamentos culturais foram realizados seguindo as recomendações de Mendes & Guimarães (1998). O transplante das mudas foi realizado em 19 de janeiro de 2007 e o experimento foi conduzido durante 6 meses, sendo que as avaliações foram realizadas em 17 de julho de 2007.

Foram avaliadas altura das plantas (cm), diâmetro da base do caule (mm) e número de ramos plagiotrópicos, para com isso se quantificar o prejuízo no desenvolvimento das plantas em campo como relatado por Matiello et al. (2005). As análises de variância foram realizadas à significância de 5% de probabilidade pelo teste F, utilizando-se o programa computacional 'SISVAR', desenvolvido por Ferreira (2000). Quando diferenças significativas foram detectadas, os fatores qualitativos foram agrupados pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância foi observado que para as três características avaliadas não houve diferença significativa para a interação tripla entre cultivar x cobertura x tipos de mudas indicando não haver dependência entre esses três fatores (Tabela 1). Também não houve efeito significativo para interação cultivar x cobertura nas três características avaliadas, indicando também não haver dependência entre estes fatores na expressão dessas características. Entretanto, as três apresentaram efeito significativo para interação cultivar x tipos de raízes das mudas, indicando que esses fatores não agiram isoladamente sobre elas. Para altura de planta, além da interação acima citada, observou-se um efeito significativo para a interação cobertura x tipos de raízes das mudas.

Analisando-se os dados da Tabela 2 notou-se que apenas para a cultivar Catuaí houve diferença em altura, sendo que plantas oriundas de mudas com raízes únicas se mostraram superiores às de raízes múltiplas em 22,7%. Entre as mudas de raízes múltiplas, as da cultivar Catuaí foram superiores em 9,6% em relação às da cultivar Paraíso e 18,5%

Tabela 1 – Resumo da análise de variância, média e coeficiente de variação referente à altura de planta, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Altura das plantas (cm)	Diâmetro do caule (mm)	Nº de plagiotrópico
Cultivar (Cult.)	2	63,78*	0,041	3,13
Cobertura (Cob.)	1	2,16	0,086*	0,52
Tipos de raiz (T)	1	112,03*	0,186*	46,04*
Cult. * Cob.	2	4,95	0,001	0,19
Cult. * T	2	96,51*	0,179*	22,63*
Cob. * T	1	27,11*	0,012	5,33*
Cult. * Cob. * T	2	1,85	0,002	0,59
Repetição	3	24,41	0,008	11,72
Erro	33	207,68	0,006	1,27
Média		34,33	0,89	6,84
CV%		7,31	8,64	

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2 – Valores de altura de plantas provenientes de mudas de diferentes cultivares e com sistema radicular distinto.

Tipo de raiz	Altura de plantas (cm)		
	Catuaí	Catuaí	Paraíso
Múltipla	29,5 Bc	36,2 Aa	32,7 Ab
Única	38,2 Aa	36,9 Aa	32,5 Ab

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e mesma letra minúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

superior às da cultivar Catuaí, sendo que as mudas dessa última apresentaram também menor altura que as da cultivar Paraíso. Entre as mudas de raízes únicas, nota-se que as mudas das cultivares Catuaí e Catuaí foram superiores à Paraíso em pelo menos 14,9%.

Esses resultados evidenciam que a diversidade do material genético influenciou o desempenho da planta em função da conformação de seu sistema radicular. Nesse caso, a cultivar Catuaí apresentou uma sensibilidade maior para seu crescimento em função da conformação de suas raízes. Ou seja, para essa cultivar as plantas oriundas de mudas com raízes únicas tiveram um maior crescimento inicial em

relação às de raízes múltiplas, sendo que para as demais cultivares não foi observado esta diferença independentemente do tipo de muda. Esse resultado é explicado por Rena & Damatta (2002), que afirmam que o desenvolvimento radicular e conseqüentemente o desempenho da planta são influenciados pelo material genético utilizado.

Com relação ao efeito da cobertura morta sobre a altura das plantas (Tabela 3) verificou-se que plantas provenientes de mudas com raízes múltiplas foram superiores às de raízes únicas em 12,6%. Porém, independentemente do tipo de muda (com raiz múltipla ou única) a presença ou ausência de cobertura morta não produziu efeito significativo.

Tabela 3 – Valores de altura de plantas, provenientes de mudas com tipos distintos de raízes crescidas na presença e ausência de cobertura morta.

Tipo de raiz	Altura de planta (cm)	
	Com cobertura	Sem cobertura
Múltipla	36,4 Aa	35,3 Aa
Única	31,8 Ba	33,8 Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e mesma letra minúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Observa-se pelos resultados apresentados que a presença de cobertura morta aplicada na linha de plantio foi preponderante para um maior incremento em altura das plantas provenientes de mudas com raízes múltiplas, ou seja, houve um maior crescimento inicial em altura dessas plantas. Esses resultados podem ser explicados em função de um maior número de raízes secundárias formadas pelas plantas oriundas de mudas com raízes múltiplas, que no caso de ausência de possíveis estresses hídricos (presença de cobertura morta) podem ter maximizado a absorção de nutrientes. Cassidy & Kumar (1984) obtiveram resultados semelhantes em trabalho que tratava do efeito da cobertura morta no desenvolvimento de raízes de cafeeiro. Os autores concluíram que houve um maior estímulo na formação e desenvolvimento de raízes nos primeiros 25 cm do solo em cafeeiros cultivados com cobertura morta. Bull (1963) foi mais além, afirmando que o uso da cobertura morta aumenta a profundidade de penetração das raízes pivotantes e axiais.

Pela Tabela 4 pode-se observar os valores de diâmetro de caule (mm) em função de plantas de diferentes cultivares e tipos de raízes.

Nota-se que apenas nas plantas da cultivar Catuaí houve diferença significativa entre os tipos de raízes, com superioridade para as mudas de raízes únicas em 35,2% (Tabela 4). Esse resultado foi semelhante quando se trabalhou com a altura de plantas (Tabela 2).

Entre as mudas de raízes múltiplas as da cultivar Catuaí foram superiores em 9,47% em relação às da cultivar Paraíso e 28,4% superior as mudas da cultivar Catuaí, sendo que essas últimas também apresentaram menor altura que as da cultivar Paraíso. Entre as mudas de raízes únicas, as plantas da cultivar Catuaí se destacaram sobre as demais,

com superioridade de 9,5% e 18,1% em relação às das cultivares Catuaí e Paraíso, respectivamente.

Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por altura de planta, em que a cultivar Catuaí se mostrou mais sensível no desempenho em seu crescimento em função do sistema radicular. Evidencia-se mais uma vez que a diversidade do material genético influenciou no comportamento das plantas em função da conformação de suas raízes, sendo que nesse caso afetou o diâmetro de caule das plantas. Esse resultado é explicado por Rena & DaMatta (2002), que afirmam que o desenvolvimento radicular e, por consequência, o desempenho da planta são influenciados pelo material genético utilizado.

Pela Tabela 5 pode-se observar os valores do número de ramos plagiotrópicos em função de plantas de diferentes cultivares e tipos de mudas.

Observa-se que apenas nas plantas da cultivar Catuaí houve diferença significativa entre os tipos de mudas, com superioridade para aquelas de raízes únicas em 52,7% (Tabela 5). Esse resultado foi semelhante quando se trabalhou com a altura de plantas e diâmetro de caule (Tabela 2 e 4).

Entre as mudas de raízes múltiplas as das cultivares Catuaí e Paraíso se destacaram sobre a cultivar Catuaí em uma taxa de superioridade de pelo menos 39,4%. Entretanto, para mudas de raízes únicas, as da cultivar Catuaí superaram as demais cultivares em 25,3% para essa característica.

As explicações para esses resultados podem advir dos diferentes materiais genéticos empregados. Resultado semelhante foi obtido por Inforzato & Reis (1963), estudando o crescimento do sistema radicular dos cafeeiros Bourbon Amarelo e Mundo Novo, de seis anos de idade, espaçadas de 3,5 por 3,5m, com quatro plantas por cova implantados em um Latossolo Roxo eutrófico bem profundo e bem drenado, de

Ribeirão Preto, São Paulo. Observaram que mesmo utilizando idades e cultivares diferentes das que foram usadas neste trabalho, houve também uma tendência de diferenças entre as cultivares.

Com relação aos ramos plagiotrópicos, nota-se que o efeito da cobertura morta sobre número de ramos plagiotrópicos ocorreu tanto na presença quanto na ausência dessa, sendo que as plantas oriundas de mudas com raízes únicas foram superiores às de raízes múltiplas em 33,3% e 17,1%, respectivamente. Porém, independentemente do tipo de raiz (mudas com raízes múltiplas ou única) a presença ou ausência de cobertura morta não produziu efeito significativo (Tabela 6).

Os resultados obtidos para número de ramos plagiotrópicos de plantas provenientes de mudas com raízes múltiplas ou únicas não tiveram efeito, independente da presença de cobertura morta (Tabela 6), resultado esse também obtido quando se avaliou a altura das plantas (Tabela 3). Porém, quando se avaliou o efeito das mudas com raízes múltiplas ou únicas quanto à altura de plantas, apenas na presença de cobertura morta, as plantas oriundas de mudas com raízes múltiplas foram superiores (Tabela 3). Quando se avaliou o número de ramos plagiotrópicos independente da presença de cobertura morta, as plantas provenientes de mudas com raízes únicas foram superiores (Tabela 6). Pelo fato de um maior

Tabela 4 – Valores de diâmetro de caule, provenientes de mudas com tipos distintos de raízes crescidas na presença e ausência de cobertura morta.

Tipo de raiz	Diâmetro (mm)		
	Catuaí	Catuaí	Paraíso
Múltipla	0,68 Bc	0,95 Aa	0,86 Ab
Única	1,05 Aa	0,95 Ab	0,86 Ac

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e mesma letra minúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 5 – Número de ramos plagiotrópicos, provenientes de mudas com tipos distintos de raízes crescidas na presença e ausência de cobertura morta.

Tipo de raiz	Número de Plagiotrópico		
	Catuaí	Catuaí	Paraíso
Múltipla	4,3 Bb	7,1 Aa	6,1 Aa
Única	9,1 Aa	7,6 Ab	6,8 Ab

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e mesma letra minúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 6 – Número de ramos plagiotrópicos, provenientes de mudas com tipos distintos de raízes crescidas na presença e ausência de cobertura morta.

Tipo de raiz	Número de Plagiotrópico	
	Com cobertura	Sem cobertura
Múltipla	5,4 Ba	6,3 Ba
Única	8,1 Aa	7,6 Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e mesma letra minúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

número de ramos plagiotrópicos ser indicativo de maiores produções, mesmo que plantas oriundas de mudas com raízes múltiplas tenham apresentado altura superior na presença de cobertura morta, espera-se maior sucesso das mudas com raízes únicas.

4 CONCLUSÕES

Plantas oriundas de mudas com raízes únicas têm melhor desenvolvimento no campo na fase de implantação da lavoura cafeeira;

Entre as cultivares utilizadas a Catuaí IAC 99 foi a mais sensível, apresentando prejuízos de crescimento quando se utilizou mudas de raízes múltiplas;

A utilização de cobertura morta na implantação de lavouras com mudas de raízes múltiplas favorece o crescimento em altura, porém com menor emissão de ramos plagiotrópicos decisivos para a futura produção.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADUAYI, E. A. The effect of copper on the growth and major nutrient contents of coffee seedlings grown in nutrient solutions. **Turrialba**, San José, v. 21, n. 1, p. 53-57, 1971.

BORDUCHI FILHO, J.; PEDROSO, P. A. C. Efeitos da intensidade de poda de raiz por ocasião da repicagem no desenvolvimento de mudas de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 7., 1979, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ: MAA/PROCAFÉ, 1979.

BULL, R. A. Studies on the effect of mulch and irrigation on root and stem development in *Coffea arabica* L. I: changes in the root system induced by mulching and irrigation. **Turrialba**, San José, v. 13, p. 96-115, 1963.

CASSIDY, D. S. M.; KUMAR, D. Root distribution of *Coffea arabica* L.: the effect of plant density, mulch, cova planting and shade in Chipinge. **Zimbabwe Journal of Agriculture Research**, v. 22, p. 119-132, 1984.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FOURNIER, A. Fundamentos ecomorfofisiológicos de importância en la nutrición mineral del café. In: CURSO REGIONAL SOBRE NUTRICIÓN MINERAL DEL CAFÉ, 1988, San José, Costa Rica. **Anais...** San José: IICA, 1988. p. 1-23.

GRANADOS, L.; BORNEMISZA, E. Effect of copper concentrations in the soil on nutrient contents in coffee cv. Catuaí Rojo seedlings in the nursery. **Agronomia Costarricense**, San José, v. 15, n. 1/2, p. 51-55, 1991.

GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ, V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C.; OLIVEIRA, J. A. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 289-302.

HAARER, A. E. **Modern coffee production**. London: Leonard Hill, 1962. 495 p.

IBC/GERCA. **Cultura do café no Brasil: manual de recomendações**. 4. ed. Rio de Janeiro, RJ, 1981. 503 p.

INFORZATO, R.; REIS, A. J. Estudo comparativo do sistema radicular dos cafeeiros Bourbon Amarelo e Mundo Novo. **Bragantia**, Campinas, v. 22, n. 59, p. 741-750, 1963.

MATIELLO, J. B.; SANTIAGO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro, RJ: MAPA/PROCAFE, 2005. 438 p.

MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J. **Plantio e formação da lavoura cafeeira**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 42 p.

MORALES, E.; BEER, J. Distribución de raíces finas de *Coffea arabica* e *Eucalyptus deglupta* em cafetales del Valle Central de Costa Rica. **Turrialba**, San José, v. 5, p. 44-48, 1998.

NUTMAN, F. J. The root system of *Coffea arabica* L. I: root systems in typical soils of British East Africa. **Empire Journal of Experimental Agriculture**, Oxford, v. 1, p. 271-284, 1933.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T. Toxicity of aluminium to coffee seedlings grown in nutrient solution. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 46, n. 5, p. 993-997, Sept./Oct. 1982.

RENA, A. B.; DAMATTA, F. M. O sistema radicular do cafeeiro: morfologia e ecofisiologia. In: ZAMBOLIM, L. **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: UFV, 2002. 568 p.

RENA, A. B.; GUIMARÃES, P. T. G. **Sistema radicular do cafeeiro**: estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam. Belo Horizonte: Epamig, 2000. 80 p. (Série documentos, 37).