

PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) POR MINIESTACAS

Tiago Teruel Rezende¹, Samuel Pereira de Carvalho², Júlio Sílvio de Sousa Bueno Filho³,
Cássio Pereira Honda Filho⁴, Luana de Cássia Simões⁵, Ricardo Nascimento Lutfala Paulino⁶,
Leonardo Luiz Oliveira⁷, Thales Lenzi Costa Nascimento⁸

(Recebido: 03 de junho de 2016; aceito: 01 de agosto de 2016)

RESUMO: A introdução de métodos que permitem a clonagem do cafeeiro pode ser útil em programas de melhoramento genético e até mesmo para a produção comercial de mudas. Entre os métodos de propagação vegetativa, a estaquia tem possibilitado melhores resultados, no entanto, um dos entraves para a produção em escala comercial é a quantidade reduzida de ramos ortotrópicos produzidos pela planta matriz. Uma alternativa seria a utilização de miniestaquia, a qual é amplamente usada na produção de mudas de eucalipto. Objetivou-se com este trabalho estudar o emprego da técnica de miniestaquia na formação de mudas clonais de *Coffea arabica* em diferentes volumes de tubetes. Foram avaliados cinco tipos de miniestacas oriundas de diferentes porções do ramo ortotrópico (apical, semiapical, intermediária, semibasal e basal) e dois volumes de tubete (50 e 120 cm³). O experimento foi implantado em um delineamento inteiramente casualizado disposto em um esquema fatorial 5 x 2, com quatro repetições. Foram observadas diferenças apenas entre os tipos de miniestacas oriundas das diferentes porções dos ramos ortotrópicos. As miniestacas das porções semiapical, intermediárias e semibasal dos ramos ortotrópicos promovem melhor crescimento das mudas clonais de cafeeiros, independentemente do volume do tubete utilizado.

Termos para indexação: Clonagem, enraizamento, melhoramento de plantas.

VEGETATIVE PROPAGATION OF COFFEE BY MINI-CUTTING

ABSTRACT: The introduction of methods that allow the cloning of coffee plants can be useful in breeding programs and for the commercial production of seedlings. Among the methods for vegetative propagation, cutting has allowed the cloning of coffee plants. However, one of the obstacles for commercial production is the reduced amount of orthotropic branches produced by the matrix plant. An alternative would be the use of mini-cutting, widely used in the production of eucalyptus seedlings. With this work, we aimed at studying the employment of the mini-cutting technique for the formation of clonal seedlings of *Coffea arabica* in tubes of different volumes. We evaluated five types of mini-cuttings performed on different portions of the orthotropic branch (apical, semi-apical, intermediate, semi-basal and basal) and two volumes of tubes (50 and 120 cm³). The experiment was comprised of 10 treatments in a 5x2 factorial scheme, in a completely randomized design, with four replicates. We verified differences only between the types of mini-cuttings. The mini-cuttings performed on the semi-apical, intermediate and semi-basal portions of the orthotropic branches provided better growth for the clonal seedlings, regardless of the volume of the tube used.

Index terms: Cloning, rooting, plant breeding.

1 INTRODUÇÃO

A produção de mudas sadias e vigorosas é o primeiro passo para a formação de uma lavoura cafeeira produtiva. Em *Coffea arabica* L., por se tratar de planta autógama, a formação de novas lavouras depende basicamente de mudas oriundas de sementes, pois a variabilidade entre os descendentes em gerações avançadas é pequena, e também devido à baixa viabilidade do uso de multiplicação vegetativa sem tratamentos adequados (BERGO; MENDES, 2000). No entanto, com a possibilidade de aproveitamento de possível vigor híbrido para a produtividade nessa espécie observa-se aumento no interesse pela

propagação vegetativa de híbridos F₁, em escala comercial.

Sabe-se que híbridos podem ser mais produtivos que os pais quando estes se complementam bem genotipicamente (BUENO; MENDES; CARVALHO, 2006). Pode-se ainda introduzir, nesses híbridos, caracteres de interesse, como resistências a doenças e pragas, porte baixo ou uniformidade de maturação dos frutos (JESUS et al., 2010), em condição heterozigótica e garantir, por meio de clonagem, que os respectivos fenótipos se expressem nos descendentes. Assim, a clonagem de híbridos F₁ de *C. arabica*, via enraizamento de segmentos nodais, pode representar uma revolução no cultivo

¹Universidade José do Rosário Vellano / UNIFENAS - Faculdade de Agronomia - Cx P. 23 - 37130-000 - Alfenas - MG
tiago_rezende@unifenas.br

^{2,4,5,6,7,8} Universidade Federal de Lavras / UFLA - Departamento de Agricultura / DAG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG
samuelpc@dag.ufla.br, luana.simoes.17@gmail.com, ricardo.lutfalap@gmail.com, leonardooliveira04@outlook.com.
br,thaleslenzi@gmail.com, cassiop.honda@hotmail.com

³Universidade Federal de Lavras / UFLA - Departamento de Ciências Exatas / DEX - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG
julibuenof@gmail.com

do cafeeiro nos próximos anos. Contudo, algumas particularidades da técnica de enraizamento ainda não foram estudadas, principalmente, quando relacionadas à otimização do processo para a produção em escala comercial.

Um dos entraves para a produção em escala comercial de mudas clonais, por enraizamento de segmentos nodais, é a baixa quantidade de ramos ortotrópicos produzidos pela planta matriz, pois a produção de ramos ortotrópicos é variável entre plantas de cafeeiros. Bueno et al. (2015) observaram em clones de *C. arabica* produção de ramos ortotrópicos muito variável, sendo que alguns clones produziram quatro ramos, enquanto outros produziram até 24 ramos ortotrópicos aos seis meses, após poda de esqueletamento. Já o número de segmentos nodais em cada ramo ortotrópico não apresentou variação, ou seja, em média cada ramo produziu de quatro a cinco segmentos nodais. Devido ao baixo rendimento na produção de brotos, a produção de mudas clonais em escala comercial requer uma ampla área de cultivo de plantas matrizes para a produção de segmentos nodais, o que interfere diretamente no custo do processo.

Em outras espécies em que a técnica de clonagem se tornou importante, tal como na clonagem de espécies e híbridos de *Eucalyptus* spp., o aprimoramento no enraizamento de segmentos nodais tem sido conseguido, especialmente, com o desenvolvimento das técnicas da microestaquia e miniestaquia (DUTRA; WENDLING; BRONDANI, 2009; GOULART; XAVIER; CARDOSO, 2008; GOULART; XAVIER; DIAS, 2011; XAVIER; SILVA; LUIZ, 2010), que possibilitaram consideráveis ganhos decorrentes, principalmente, do aumento dos índices de enraizamento e da redução do tempo para a formação da muda.

Tanto a miniestaquia quanto a microestaquia têm proporcionado consideráveis ganhos em produtividade, uniformidade e aumento no porcentual de enraizamento das estacas. Em alguns clones de eucalipto, os ganhos com a utilização da miniestaquia podem chegar até a 40% em relação à estaquia convencional (ALFENAS et al., 2009). Além do mais, a miniestaquia tem possibilitado a substituição dos jardins clonais de campo para viveiros, diminuindo assim, o envolvimento de mão de obra (DUTRA; WENDLING; BRONDANI, 2009); redução em investimentos em casa de vegetação, em razão da maior rapidez de enraizamento; eliminação do jardim clonal de campo, disponibilizando a área para plantios

comerciais (XAVIER; SILVA; LUIZ, 2010); controle mais efetivo de pragas, doenças e melhor sobrevivência e desenvolvimento inicial dos clones no campo (ALFENAS et al., 2009).

A técnica da miniestaquia é uma variação da estaquia convencional, constituindo-se na utilização de brotações de plantas propagadas pelo método de estaquia convencional ou mudas produzidas por sementes, como fontes de propágulos vegetativos. Assim, a parte basal da brotação da muda, obtida por um desses métodos, constitui-se em uma minicepa, que fornecerá as brotações (miniastacas) para formação de novas mudas (ALFENAS et al., 2009).

Sabe-se que a composição química do tecido varia ao longo do ramo, ocasionando diferenças de enraizamento em segmentos oriundos de distintas partes. Assim, o tipo de estaca torna-se importante e tem sido avaliado em várias pesquisas. De modo geral, o tipo de estaca adequado para o enraizamento depende de cada espécie, de cada cultivar e na mesma planta há ainda uma variação ao longo dos ramos, que tendem a diferir quanto ao enraizamento devido à composição química do tecido, que modifica ao longo dos ramos (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL, 2005).

Tofanelli et al. (2002), estudando o enraizamento de segmentos de ameixeira (*Prunus salicina* Lindl.), utilizaram segmentos lenhosos e semilenhosos, concluindo que os segmentos semilenhosos proporcionaram os melhores resultados durante todo o processo de enraizamento. Também Oliveira, Nienow e Calvete (2005), trabalhando com *Prunuspersica* (L.) Stokes, observaram que o sistema radicular formado em segmentos semilenhosos superou o sistema formado em segmentos lenhosos.

Para *C. arabica*, alguns estudos apontaram que estacas semilenhosas localizadas na porção mediana dos ramos proporcionam melhores resultados no processo de enraizamento, o que pode estar relacionado a uma menor lignificação do tecido, em relação aos segmentos mais lenhosos localizados na porção inferior dos ramos (REZENDE et al., 2010).

Poucos estudos foram realizados visando à aplicação dessa técnica de miniestaquia para a clonagem de *C. arabica*. A maioria desses estudos envolve apenas estacas de ramos ortotrópicos coletados em plantas matrizes adultas (BALIZA et al., 2010; JESUS et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2010; REZENDE et al., 2010).

Diante disso, objetivou-se com este trabalho estudar o emprego da técnica de miniestaqueia na formação de mudas clonais de *C. arabica* em diferentes volumes de tubetes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As informações que serviram de base para este estudo são provenientes de um experimento envolvendo a utilização de miniestacas oriundas de diferentes posições no ramo ortotrópico de mudas de cafeeiros e de dois volumes de tubetes utilizados na produção de mudas clonais. O experimento foi conduzido no período de julho a outubro de 2013 em Lavras – MG, que está situada a 913,9 m de altitude e com coordenadas geográficas 21° 14' de latitude sul e 45° 00' de longitude oeste de Greenwich.

Para a obtenção das miniestacas em diferentes posições no ramo ortotrópico foram selecionadas mudas obtidas por sementes da cultivar Acaiá Cerrado MG 1474 com 18 meses de idade. As mudas selecionadas tinham cinco segmentos nodais (miniestacas) e cinco pares de folhas completamente expandidas no ramo ortotrópico (haste principal). Os ramos ortotrópicos foram cortados na base das mudas e levados para a casa de vegetação, onde foram preparados para a obtenção das miniestacas. As miniestacas foram obtidas dos ramos ortotrópicos da mesma forma que são obtidas as estacas oriundas de ramos ortotrópicos de plantas adultas, conforme metodologia proposta por Jesus et al. (2010). As miniestacas foram obtidas de forma a terem um par de folhas cortadas à metade de sua área. Posteriormente, as miniestacas foram mergulhadas em solução de hipoclorito de sódio a 0,05% por dez minutos e lavadas em água para retirar o excesso da solução. As bases das miniestacas foram imersas em talco contendo o ácido indolilbutírico (IBA) na concentração de 4.000 mg kg⁻¹ e, posteriormente, foram acondicionadas em recipientes de propagação do tipo tubete com diferentes volumes (50 ou 120 cm³) contendo substrato de areia lavada e vermiculita na proporção de 1:1 com adubo de liberação controlada Osmocote Plus® com as seguintes concentrações de minerais: 15% de N; 9% K₂O; 12% de P₂O₅; 0,06% Mg; 2,3% S; 0,05% Cu; 0,45% Fe; 0,06% Mn e 0,02% Mo, na concentração de 12,5 g L⁻¹. O experimento foi implantado em um delineamento inteiramente casualizado disposto em um esquema fatorial 5 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos das combinações de cinco tipos de miniestacas oriundas de diferentes posições do ramo

ortotrópico (apical, semiapical, intermediária, semibasal e basal), conforme esquematizado na Figura 1, e dois volumes de tubete (50 e 120 cm³). Cada parcela foi constituída por seis miniestacas. Foi fornecida uma solução de sacarose (5 g L⁻¹) via foliar, a cada 21 dias, a partir do início do experimento.

Aos 120 dias após a instalação do experimento foram avaliadas as seguintes características vegetativas: massa (g) de raízes secas (PRS); área (cm²) de raízes (ARZ); volume (cm³) de raízes (VRZ); diâmetro médio (mm) de raízes (DRZ); massa (g) do caule seco (PCS); diâmetro (mm) do broto (DIM); altura (cm) da muda (ALT); massa (g) de folhas secas (PFS); número total de folhas (NTF); proporção de mudas com dois brotos (PMB); proporção de mudas com duas folhas remanescentes (PMF) e proporção de miniestacas enraizadas (PME). Para a quantificação da massa seca de raízes, do caule (miniestacas mais brotos) e das folhas secas, os materiais foram acondicionados separadamente, em sacos de papel identificados e foram levados para estufa de circulação forçada de ar a 65°C, onde permaneceram até atingirem massa constante e posteriormente foram pesados em balança analítica modelo BG 2000 com precisão de 0,01 g. Para a mensuração dos caracteres do sistema radicular (ARZ, VRZ e DRZ) foram tomadas imagens digitais das raízes e, posteriormente, as imagens foram analisadas por meio do *software* Safira (JORGE; SILVA, 2010). O diâmetro do broto foi mensurado, com o uso de paquímetro digital 150 mm LEETOOLS-684132, logo abaixo do primeiro nó do maior broto da muda, ou seja, foi mensurado no maior broto que surgiu na miniestaca, em mudas que apresentaram dois brotos. A altura foi medida, com o uso de paquímetro digital 150 mm LEETOOLS-684132, tomando como referência a inserção do broto na miniestaca e também foi mensurada no maior broto daquelas mudas com dois brotos. Para o número total de folhas foi considerado o somatório do número de folhas novas nos brotos e do número de folhas remanescentes nas miniestacas. Para a avaliação da proporção de mudas com dois brotos, foi atribuído o valor 1, indicando a presença de dois brotos ou o valor 0 (zero) no caso das mudas não apresentarem dois brotos. Procedeu-se da mesma forma para avaliar a proporção de mudas com duas folhas remanescentes, para as mudas que tinham as duas folhas remanescentes no momento da avaliação atribuiu-se o valor 1 e, caso contrário, valor 0 (zero).

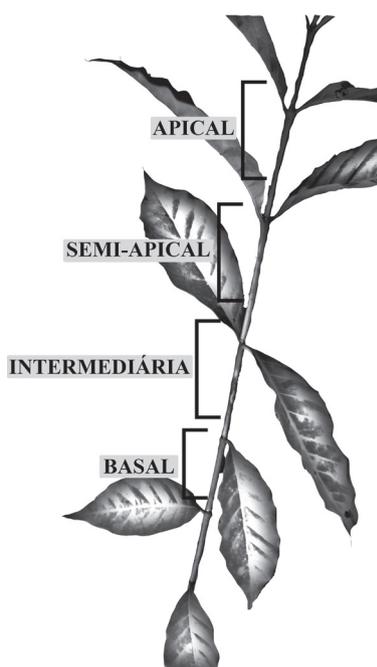


FIGURA 1 - Esquema do ramo ortotrópico coletado de mudas da cultivar Acaia Cerrado e os tipos de mini-estacas utilizadas no experimento.

No caso da proporção de miniestacas enraizadas nos tubetes onde se observou miniestacas com raízes foi atribuído valor 1 e nos quais se observou a ausência da miniestaca ou miniestacas sem raízes, foi atribuído valor 0 (zero).

Para as análises estatísticas foram ajustados modelos lineares mistos, considerando como efeitos fixos o tipo de miniestaca, tubete e as interações e como efeito aleatório foi considerada a parcela. Para os caracteres NOF, PMB, PMF e PME foram ajustados modelos lineares generalizados mistos com distribuição de Poisson e função de ligação logarítmica para o NOF e com distribuição binomial e função de ligação logística para PMB, PMF e PME. Para o ajuste dos modelos foram utilizadas as funções *lmer* e *glmer* da biblioteca *lme4* (BATES et al., 2015). Foi realizada a análise de *deviance* para testar os efeitos fixos, por meio da função *Anova()* da biblioteca *car* (FOX; WEISBERG, 2011). Para os efeitos que tiveram efeitos significativos (p -valor $< 0,05$), a comparação entre as médias dos níveis dos fatores foi feita por meio da comparação dos intervalos de confiança ao nível 95% para as médias ajustadas, por meio da função *lsmeans()* da biblioteca *lsmeans* (LENTH, 2016).

Todos os procedimentos para a realização das análises foram feitos por meio do *software* R versão 3.2.4 (R CORE TEAM, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a avaliação do efeito do tipo de miniestacas oriundas de diferentes porções do ramo ortotrópico e do efeito do tipo de tubete realizou-se análises de *deviance* conforme apresentadas nas Tabelas 1, 2 e 3.

Para os caracteres relacionados ao sistema radicular das mudas clonais obtidas por meio de enraizamento de miniestacas foi observado que o tipo de miniestacas oriundas de diferentes porções do ramo ortotrópico influenciou apenas na massa de raízes secas (MRS) (p -valor = 0,017), enquanto que o volume do tubete não apresentou influência em nenhum dos caracteres do sistema radicular e da parte aérea.

Para os caracteres relacionados à parte aérea, o tipo de miniestacas oriundas de diferentes porções do ramo ortotrópico influenciou na massa do caule seco (MCS), altura da muda (ALT), massa de folhas secas (MFS) (Tabela 2) e número total de folhas (NOF) (Tabela 3). Nos caracteres diâmetro do broto (DIM), proporção de mudas com duas folhas remanescentes (PMF), proporção de mudas com dois brotos (PMB) e proporção de miniestacas enraizadas (PME), não houve efeito do tipo de miniestacas.

TABELA 1 - Resumo da análise de *deviance* para a massa de raízes secas (MRS), área de raízes (ARZ), volume de raízes (VRZ) e diâmetro médio de raízes (DRZ) de mudas de *C. arabica* L. cv. Acaiá Cerrado MG 1474, obtidas por enraizamento de miniestacas.

FV	GL	MRS		ARZ		VRZ		DRZ	
		χ^2	<i>p</i> -valor						
Tubete (T)	1	2,68	0,10	0,92	0,34	0,33	0,57	1,44	0,23
Tipo miniestaca (TE)	4	12,10*	0,02	4,90	0,30	6,22	0,18	8,22	0,08
T*TE	4	2,92	0,57	2,21	0,70	3,11	0,54	1,56	0,82
σ_p^2		0,000	5,21	0,057		0,004			
σ^2		0,002	588,20	2,077		0,077			

* significativo a 5 % de probabilidade pelo teste de Wald II.

σ_p^2 : variância dentro de parcela; σ^2 : variância residual.

TABELA 2 - Resumo da análise de *deviance* para massa do caule seco (PCS), diâmetro do broto (DIM), altura da muda (ALT) e massa de folhas secas (PFS) de mudas de *C. arabica* L. cv. Acaiá Cerrado MG 1474, obtidas por enraizamento de miniestacas.

FV	GL	MCS		DIM		ALT		PFS	
		χ^2	<i>p</i> -valor						
Tubete (T)	1	0,01	0,95	2,87	0,09	3,68	0,06	0,88	0,35
Tipo miniestaca (TE)	4	122,90*	0,00	5,01	0,29	18,98*	0,00	15,88*	0,00
T*TE	4	2,48	0,65	3,16	0,53	6,13	0,19	1,74	0,78
σ_p^2		0,004	0,001	0,788		0,003			
σ^2		0,017	0,122	10,200		0,076			

* significativo a 5 % de probabilidade pelo teste de Wald II.

σ_p^2 : variância dentro de parcela; σ^2 : variância residual.

TABELA 3 - Resumo da análise de *deviance* para o número total de folhas (NTF), proporção de mudas com duas folhas remanescentes (PMF), proporção de mudas com dois brotos (PMB) e proporção de miniestacas enraizadas (PME) de mudas de *Coffea arabica* L. cv. Acaiaí Cerrado MG 1474, obtidas por enraizamento de miniestacas.

FV	GL	NTF		PMF		PMB		PME	
		χ^2	<i>p</i> -valor						
Tube (T)	1	0,728	0,393	1,385	0,239	2,778	0,096	2,066	0,151
Tipo miniestaca (TE)	4	25,190*	0,000	0,406	0,982	9,189	0,057	5,742	0,219
T*TE	4	2,962	0,564	0,474	0,976	1,739	0,784	7,068	0,132
σ_p^2		0,001		0,430		0,203		0,361	

* significativo a 5 % de probabilidade pelo teste de Wald II.

σ_p^2 : variância dentro de parcela.

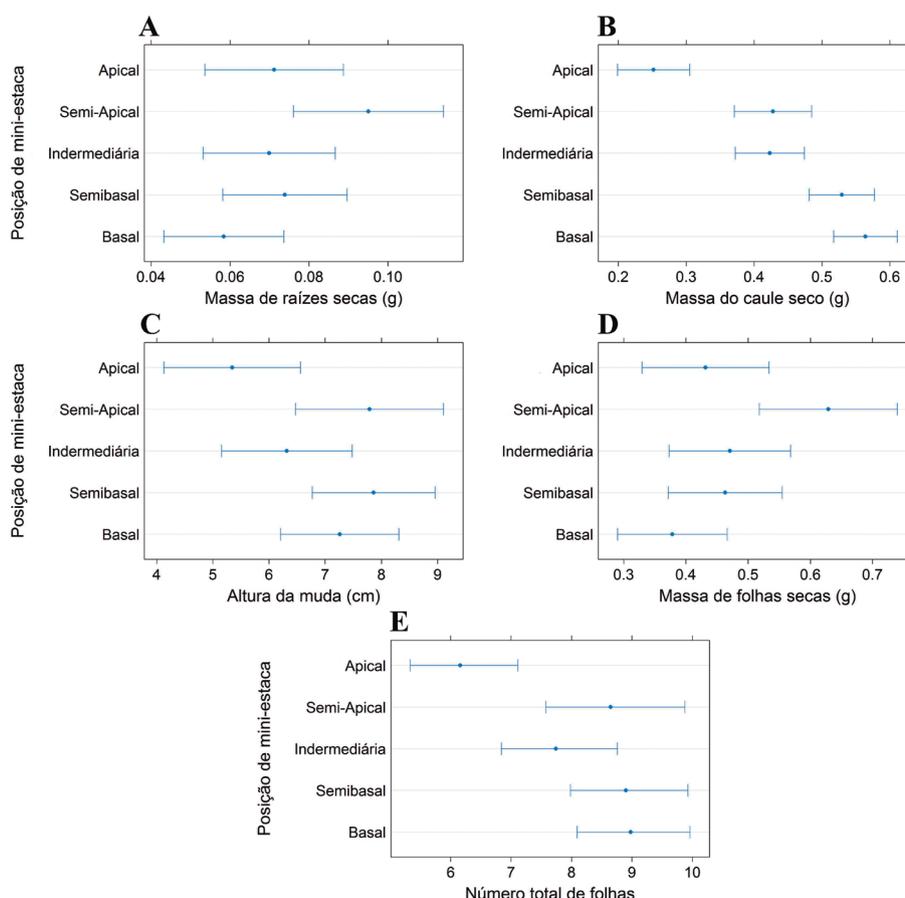


FIGURA 2 - Médias ajustadas e seus respectivos intervalos de confiança (95%) para massa de raízes secas (A), massa do caule seco (B), altura da muda (C), massa de folhas secas (D) e número total de folhas (E) de mudas clonais de *C. arabica* cv. Acaiaí Cerrado MG 1474 obtidas por enraizamento de miniestacas oriundas de diferentes posições nos ramos ortotrópicos de mudas com 18 meses de idade.

Em alguns trabalhos com outras espécies que são clonadas pelo enraizamento de estacas foi relatado o efeito do volume do recipiente em algumas características do sistema radicular, tal como no maracujá do mato (*Passiflora cincinnata* Mast.), no qual o comprimento do sistema radicular foi influenciado pelo tamanho do recipiente de propagação, sendo que os recipientes de menor tamanho propiciaram um menor comprimento do sistema radicular (SANTOS et al., 2012). Schwengber et al. (2002), estudando a utilização de diferentes recipientes na propagação da ameixeira por meio de estacas, constataram que a redução de volume do recipiente resultou em menores valores de comprimento, no entanto, o número de raízes e a massa seca do sistema radicular não foram influenciadas pelo volume do recipiente em algumas das cultivares utilizadas no experimento.

O menor volume de recipiente, até o limite mínimo que não restrinja o desenvolvimento do sistema radicular, provoca maior diferenciação do sistema radicular o que origina maior quantidade de radículas, aumentando a possibilidade das plantas obterem os nutrientes necessários (BALL, 1976).

Neste trabalho, não foi observado efeito do volume do tubete, possivelmente, devido ao fato dos dois volumes não terem restringido o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular, provavelmente, devido ao curto período de condução dessas mudas (120 dias).

Na Figura 2 são apresentadas as médias ajustadas e respectivos intervalos de confiança dos caracteres massa de raízes secas (MRS), massa do caule seco (MCS), altura da muda (ALT), massa de folhas secas (PFS) e número total de folhas (NTF), respectivamente.

Pelo exame dos intervalos de confiança observa-se que as médias estimadas para a massa de raízes secas das mudas originadas de miniestaca semiapical e miniestaca basal são diferentes, pois não houve sobreposição dos intervalos de confiança. Para as demais posições da miniestaca, houve sobreposição dos intervalos de confiança, indicando que as médias não diferem estatisticamente (Figura 2A). A maior massa das raízes secas das mudas originadas de miniestacas semiapical, em comparação com as originadas de miniestacas basal pode ser devida ao fato de que a síntese de auxinas ocorre, principalmente, no ápice caulinar e, portanto, uma maior concentração endógena de auxina nessas miniestacas pode estar associada ao maior incremento em acúmulo de biomassa no sistema radicular, visto que a auxina atua diretamente no processo de formação de raízes (OSTERC; STAMPAR, 2011; UBEDA-TOMÁS; BEEMSTER; BENNETT, 2012).

As mudas clonais originadas de miniestacas semi-apicais tiveram um maior peso das raízes secas em relação às originadas de miniestacas basais sem, entretanto, terem se diferenciado em relação à área superficial, volume e diâmetro médio de raízes. Possivelmente isso se deve ao fato da adequada disponibilidade de nutrientes no substrato, visto que em condições de baixa disponibilidade de algum nutriente a arquitetura do sistema radicular pode sofrer alterações para aumentar a eficiência de absorção ou mesmo a busca pelo nutriente no solo ou substrato (MA et al., 2001; SILVA; DELATORRE, 2009).

Em algumas espécies que têm desempenho inferior no processo de enraizamento de estacas, principalmente de estacas mais lenhosas localizadas na parte mais basal do ramo, a presença de um anel contínuo de esclerênquima entre o floema e o córtex pode agir como barreira para a emergência radicular, enquanto que estacas que se caracterizam por uma descontinuidade ou poucas camadas de células deste anel de esclerênquima têm melhor enraizamento (HARTMANN et al., 2011). No caso de *C. arabica*, Jesus et al. (2010) observaram que as células de tecido esclerenquimático de estacas de ramos ortotrópicos, independentemente da sua posição no ramo, localizam-se em faixas não contínuas ao redor dos tecidos vasculares, fornecendo sustentação e proteção e não atuando como barreira anatômica à emergência do primórdio radicular.

As diferentes posições das miniestacas no ramo ortotrópico originaram mudas clonais com diferentes quantidades de massa do caule seco (MCS) (Figura 2B). Mudanças obtidas por miniestacas oriundas da parte mais basal do ramo ortotrópico apresentaram maior ganho de MCS, em comparação com as mudas obtidas por miniestacas apicais. A menor MCS foi observada em mudas oriundas de miniestacas apicais. O menor valor de MCS indica menor crescimento da parte aérea, o qual é evidenciado pelos menores valores observados para altura das mudas e número total de folhas (Figura 2, C e E, respectivamente).

Os menores valores para altura das mudas (ALT) foram observados em mudas originadas a partir de miniestacas apicais em relação às miniestacas semibasais (Figura 2C). As miniestacas semiapicais e semibasais formaram mudas clonais com altura média de 8 cm, enquanto que as mudas originadas de miniestacas apicais tiveram altura média em torno de 5 cm.

As mudas clonais que tiveram maior altura não apresentaram esse mesmo comportamento para a massa de folhas secas (MFS), como pode ser observado na Figura 2D. Para essa variável, as mudas originadas de miniestacas semiapicais tiveram maior MFS do que aquelas originadas das miniestacas basais, mesmo não apresentando diferença para o número de folhas (Figura 2E).

As miniestacas oriundas das porções basal, intermediária, semiapical e semibasal de ramos ortotrópicos propiciaram a formação de mudas clonais com número total de folhas (NTF) equivalentes entre si. Já as miniestacas da porção apical proporcionaram a formação de mudas com menor NTF em comparação com as demais miniestacas, exceto para as miniestacas intermediárias, as quais tiveram NTF equivalente às mudas oriundas de miniestacas apicais (Figura 2E). Conforme detalhado anteriormente, as mudas obtidas por miniestacas da porção semibasal e basal tiveram valores de ALT (altura da muda) e NTF superiores, no entanto, apresentaram menor MFS. Esse fato pode ser atribuído ao efeito de estiolamento das mudas.

Na formação de mudas clonais de *C. arabica* por estacas, Rezende et al. (2010) observaram que as mudas oriundas de estacas semilenhosas, aquelas localizadas na parte mediana dos ramos ortotrópicos apresentaram melhor desenvolvimento tanto do sistema radicular, quanto da parte aérea. O tipo de segmento nodal a ser utilizado é importante para a obtenção de sucesso no processo de enraizamento devido ao grau de lignificação dos tecidos aumentar do ápice para a base dos ramos, o que dificultaria a emissão dos primórdios radiculares (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL, 2005; MORAES et al., 2014).

No caso da produção de mudas clonais pelo enraizamento de miniestacas, os segmentos localizados na porção mediana do ramo ortotrópico proporcionam melhor crescimento e desenvolvimento das mudas clonais.

4 CONCLUSÕES

A obtenção de mudas clonais de *C. arabica* cv. Acaia Cerrado MG 1474, utilizando miniestacas de mudas com 18 meses de idade é viável.

Os volumes de tubete (50 e 120 cm³) utilizados no presente estudo não é um fator limitante ao sucesso do processo de enraizamento até os 120 dias.

Miniestacas da porção mediana (semiapical, intermediária e semibasal) do ramo ortotrópico proporcionam melhor crescimento das mudas clonais.

5 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de doutorado. Ao Consórcio Pesquisa Café pela concessão de bolsa de iniciação científica e pelo auxílio financeiro na execução da pesquisa.

6 REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2009.
- BALIZA, D. P. et al. Growth of stem cuttings of coffee cultivars in different environments. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 22, n. 2, p. 112-117, 2010.
- BALL, J. B. Recipientes plásticos y enrollamiento de raíces. **Unasylya**, Rome, v. 111, n. 28, p. 5-27, 1976.
- BATES, D. et al. Fitting linear mixed-effects models using lme4. **Journal of Statistical Software**, Los Angeles, v. 67, n. 1, p. 1-48, 2015.
- BERGO, C. L.; MENDES, A. N. G. Propagação vegetativa do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) por meio de enraizamento de estacas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 2, p. 392-398, mar./abr. 2000.
- BUENO, I. F. et al. Avaliação da produção de ramos ortotrópicos em genótipos de cafeeiro catucaí amarelo e siriema clonados in vitro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9., 2015, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA Café, 2015. Disponível em: <<http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/3597>>. Acesso em: 25 abr. 2016.
- BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. de. **Melhoramento genético de plantas: princípios e procedimentos**. 2. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2006.
- DUTRA, L. F.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. A micropropagação de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 58, p. 49-59, fev. 2009.
- FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Pelotas: EMBRAPA, 2005.

- FOX, J.; WEISBERG, S. **An R companion to applied regression**. 2nd ed. Washington: Sage, 2011.
- GOULART, P. B.; XAVIER, A.; CARDOSO, N. Z. Efeito dos reguladores de crescimento AIB e ANA no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1051-1058, 2008.
- GOULART, P. B.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M. Effect of cofactors hydroquinone, proline and tryptophane on the rooting of mini-cuttings of *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* clones. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1017-1026, out. 2011.
- HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 8th ed. Boston: Prentice-Hall, 2011. 915 p.
- JESUS, A. M. S. et al. Observações anatômicas em plantas de *Coffea arabica* L. obtidas por enraizamento de estacas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 2, p. 175-180, 2010.
- JORGE, L. A. C.; SILVA, D. J. C. B. **Safira: manual de utilização**. São Carlos: EMBRAPA Instrumentação Agropecuária, 2010.
- LENTH, R. V. Least-squares means: the R Package Lsmeans. **Journal of Statistical Software**, Los Angeles, v. 69, n. 1, p. 1-33, 2016.
- MA, Z. et al. Regulation of root hair density by phosphorus availability in *Arabidopsis thaliana*. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v. 24, n. 4, p. 459-467, 2001.
- MORAES, D. G. et al. Enraizamento de miniestacas caulinares e foliares juvenis de *Toona ciliata* M. Roemer. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 26, n. 1, p. 47-54, 2014.
- OLIVEIRA, A. P.; NIENOW, A. A.; CALVETE, E. O. Qualidade do sistema radicular de estacas semilenhosas e lenhosas de pessegueiro tratadas com AIB. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 346-348, 2005.
- OLIVEIRA, D. H. et al. Influência do comprimento de estacas e ambientes no crescimento de mudas cafeeiras obtidas por enraizamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 183-189, 2010.
- OSTERC, G.; ŠTAMPAR, F. Differences in Endo/exogenous Auxin profile in cuttings of different physiological ages. **Journal of Plant Physiology**, New York, v. 168, n. 17, p. 2088-2092, Nov. 2011.
- R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016.
- REZENDE, T. T. et al. Types of stem cuttings and environments on the growth of coffee stem shoots. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 5, p. 387-391, 2010.
- SANTOS, J. L. et al. Propagação vegetativa de estacas de *Passiflora cincinnata* Mast. em diferentes recipientes e substratos comerciais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, p. 581-588, 2012.
- SCHWENGBER, J. E. et al. Utilization of diferents containers in propagation of plum cuttings. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 285-288, Apr. 2002.
- SILVA, A. A.; DELATORRE, C. A. Alterações na arquitetura de raiz em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio. **Revista de Ciência Agroveterinárias**, Lages, v. 8, n. 2, p. 152-163, 2009.
- TOFANELLI, M. B. D. et al. Enraizamento de estacas lenhosas e semilenhosas de cultivares de ameixeira com várias concentrações de ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 509-513, 2002.
- UBEDA-TOMÁS, S.; BEEMSTER, G. T. S.; BENNETT, M. J. Hormonal regulation of root growth: integrating local activities into global behaviour. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 17, n. 6, p. 326-331, June 2012.
- XAVIER, A.; SILVA, D.; LUIZ, R. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Agronomia Costarricense**, Jan José, v. 34, n. 1, p. 93-98, jun. 2010.