

**RECIPIENTES E SUBSTRATOS NA PRODUÇÃO DE  
MUDAS E NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE  
CAFEEIROS (*Coffea arabica* L)**

**HAROLDO SILVA VALLONE**

**2006**

**HAROLDO SILVA VALLONE**

**RECIPIENTES E SUBSTRATOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS E NO  
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CAFEEIROS (*Coffea arabica* L)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras  
como parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia, área de concentração  
Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

**Orientador**

**Prof. Dr. Rubens José Guimarães**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2006**

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

Vallone, Haroldo Silva

Recipientes e substratos na produção de mudas e no desenvolvimento inicial de  
cafeeiros (*Coffea arabica* L) / Haroldo Silva Vallone. -- Lavras : UFLA, 2005.  
89 p. : il.

Orientador: Rubens José Guimarães.  
Tese (Doutorado) – UFLA.  
Bibliografia.

1. Café. 2. Muda. 3. Substrato. 4. Estresse hídrico. I. Universidade Federal de  
Lavras. II. Título.

CDD-633.7335

**HAROLDO SILVA VALLONE**

**RECIPIENTES E SUBSTRATOS NA PRODUÇÃO MUDAS E NO  
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CAFEEIROS (*Coffea arabica* L)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras  
como parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia, área de concentração  
Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

**APROVADA em 20 de março de 2006**

<b>Prof. Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes</b>	<b>UFLA</b>
<b>Dr. Carlos Alberto Spaggiari Souza</b>	<b>CEPLAC</b>
<b>Dr. Rodrigo Luz da Cunha</b>	<b>EPAMIG</b>
<b>Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho</b>	<b>EPAMIG</b>

**Prof. Dr. Rubens José Guimarães**  
**UFLA**  
**(Orientador)**

**LAVRAS**  
**MINAS GERAIS – BRASIL**

*Aos meus pais, Haroldo e Maria de Lourdes.*

*Aos meus irmãos, cunhados e sobrinhos.*

*Aos meus sogros, Adilson e Maria Lúcia.*

## **OFEREÇO**

*À minha esposa, Juliana.*

*Aos nossos filhos, Pedro, Olívia e à próxima filhinha, que está para chegar.*

## **DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo dom da vida e por sempre iluminar o meu caminho.

À Universidade Federal de Lavras, pela grande oportunidade de realização do doutorado.

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

Ao professor e orientador Rubens José Guimarães, pela amizade, ensinamentos e por acreditar na minha capacidade.

Ao professor Antônio Nazareno Guimarães Mendes, pelas sugestões e ensinamentos.

Ao pesquisador Carlos Alberto Spaggiari Souza, pela amizade, disponibilidade e sugestões valiosas.

Ao pesquisador Rodrigo Luz da Cunha, pela amizade, disponibilidade e sugestões.

Ao pesquisador Gladyston Rodrigues Carvalho, pelas sugestões, disponibilidade e amizade.

Ao grande amigo Fábio Pereira Dias e família, pela amizade e pela contribuição à realização desta pesquisa.

Aos funcionários do Setor de Cafeicultura: José Maurício, José Avelino, 'Marcinho', 'Gê', 'Zezinho', Marilza, Fernando e Júlio, pelo convívio, amizade e no auxílio na montagem, condução e avaliação dos experimentos.

A todos os amigos e colegas do Setor de Cafeicultura, Alex, Alexandrino, César, Sirlei, Alisson, Vinícius e muitos outros, pelo companheirismo, sugestões e auxílio na condução dos trabalhos.

A todas as pessoas que participaram, direta ou indiretamente, desta importante conquista.

**MUITO OBRIGADO!**

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO .....	i
ABSTRACT .....	ii
1 INTRODUÇÃO .....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	03
2.1 Substratos .....	03
2.2 Recipientes .....	07
2.3 Pesquisas envolvendo substratos e recipientes .....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Experimento 1: Efeitos de diferentes recipientes e substratos no desenvolvimento de mudas de cafeeiro .....	21
3.1.1 O viveiro .....	22
3.1.2 Recipientes .....	22
3.1.3 Substratos .....	23
3.1.4 A cultivar .....	23
3.1.5 Avaliações .....	25
3.2 Experimento 2: Desenvolvimento inicial de plantas de cafeeiro provenientes de mudas produzidas em diferentes recipientes e substratos, submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico, em condições de casa de vegetação .....	26
3.3 Experimento 3: Desenvolvimento inicial de cafeeiros, oriundos de mudas produzidas em diferentes recipientes e substratos, após o plantio no campo, sem irrigação complementar .....	29
3.4 Análises estatísticas .....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
4.1 Experimento 1: Efeitos de diferentes recipientes e substratos no desenvolvimento de mudas de cafeeiro .....	32

4.2 Experimento 2: Desenvolvimento inicial de plantas de cafeeiro provenientes de mudas produzidas em diferentes recipientes e substratos, submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico, em condições de casa de vegetação .....	37
4.3 Experimento 3: Desenvolvimento inicial de cafeeiros oriundos de mudas produzidas em diferentes recipientes e substratos, após o plantio no campo, sem irrigação complementar .....	60
5 CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	78
6 CONCLUSÕES .....	80
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Características químicas dos três substratos supracitados, sem a adição de fertilizantes: pH, condutividade elétrica (CE) e teores solúveis de nutrientes. Lavras, MG, 2006	24
2	Características físicas dos três substratos supracitados: sólidos (S), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD) e água retida a 50 cm de coluna d'água (AR -50). Lavras, MG, 2006	24
3	Resultado da análise de solo de 0 a 20 centímetros, utilizado para cultivo nos vasos. UFLA, Lavras, MG, 2006	27
4	Resumo das análises de variância, coeficientes de variação e médias gerais para diâmetro de caule, altura, número de nós, área foliar, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR) e relação entre MSSR e MSPA (MSSR/MSPA), em mudas de café, em função de diferentes recipientes e substratos. UFLA, Lavras, MG, 2006	33
5	Valores médios de diâmetro de caule (Diam.), altura (Alt.), número de nós (Nº nós), área foliar (A. F.), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR) e relação entre MSSR e MSPA (MSSR/MSPA) em mudas de café, em função de diferentes recipientes. UFLA, Lavras, MG, 2006	34
6	Valores médios de diâmetro de caule (Diam.), altura (Alt.), número de nós (Nº nós), área foliar (A. F.), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR) e relação entre MSSR e MSPA (MSSR/MSPA) em mudas de café em função de diferentes substratos. UFLA, Lavras, MG, 2006	36

7	Resumo das análises de variância, coeficientes de variação e médias gerais para diâmetro de caule, altura, número de nós no ramo ortotrópico, número de ramos plagiotrópicos (Nº plag.), números de nós nos ramos plagiotrópicos (Nº nós plag.), área foliar, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR) e relação entre MSSR e MSPA (MSSR/MSPA), em cafeeiros, 120 dias após o transplante, em função de diferentes turnos de rega, recipientes e substratos utilizados na produção das mudas. UFLA, Lavras, MG, 2006	38
8	Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada substrato para diâmetro de caule de cafeeiros, 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006	39
9	Resumo da análise de variância do desdobramento de substratos dentro de cada recipiente para diâmetro de caule de cafeeiros, 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006	40
10	Valores médios de diâmetro de caule de cafeeiros 120 dias após o transplante, em milímetros, em função de diferentes recipientes e substratos. UFLA, Lavras, MG, 2006	40
11	Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada turno de rega, para diâmetro de caule de cafeeiros, 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006	41
12	Valores médios de diâmetro de caule de cafeeiros, avaliados aos 120 dias após o transplante, em milímetros, em função de diferentes recipientes e turno de rega. UFLA, Lavras, MG, 2006	41
13	Valores médios de altura de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante, em centímetros, em função de diferentes recipientes. UFLA, Lavras, MG, 2006	42
14	Valores médios de altura de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante, em centímetros, em função de diferentes substratos. UFLA, Lavras, MG, 2006	43

15	Valores médios de área foliar, em centímetros quadrados, de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante, em função de diferentes substratos. UFLA, Lavras, MG, 2006	44
16	Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada turno de rega, para área foliar de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006	45
17	Valores médios de área foliar de cafeeiros, em centímetros quadrados, aos 120 dias após o transplante, em função de diferentes recipientes e turno de rega. UFLA, Lavras, MG, 2006	45
18	Valores médios de número de nós no ramo ortotrópico de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante, em função de diferentes recipientes. UFLA, Lavras, MG, 2006	46
19	Valores médios de número de ramos plagiotrópicos de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante, em função de diferentes recipientes. UFLA, Lavras, MG, 2006	48
20	Valores médios de número de ramos plagiotrópicos de cafeeiros 120 dias após o transplante, em função de diferentes substratos. UFLA, Lavras, MG, 2006	48
21	Valores médios de número de nós nos ramos plagiotrópicos de cafeeiros, 120 dias após o transplante, em função de diferentes substratos. UFLA, Lavras, MG, 2006	50
22	Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada turno de rega, para número de nós nos ramos plagiotrópicos de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006	51
23	Valores médios de número de nós nos ramos plagiotrópicos de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante, em função de diferentes recipientes e turno de rega. UFLA, Lavras, MG, 2006	51
24	Valores médios de massa seca da parte aérea de cafeeiros (MSPA), em gramas por planta, aos 120 dias após o transplante, em função de diferentes substratos. UFLA, Lavras, MG, 2006	52

25	Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada turno de rega, para massa seca da parte aérea de cafeeiros, em gramas por planta, aos 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006	52
26	Valores médios de massa seca da parte aérea de cafeeiros, em gramas por planta, aos 120 dias após o transplante, em função de diferentes recipientes e turno de rega. UFLA, Lavras, MG, 2006	53
27	Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada turno de rega, para massa seca do sistema radicular (MSSR) de cafeeiros, em gramas por planta, aos 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006	54
28	Valores médios de massa seca do sistema radicular de cafeeiros, em gramas por planta, aos 120 dias após o transplante, em função de diferentes recipientes e turno de rega. UFLA, Lavras, MG, 2006	54
29	Resumo da análise de variância do desdobramento de substrato dentro de cada turno de rega, para massa seca do sistema radicular de cafeeiros, em gramas por planta, aos 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006	55
30	Valores médios de massa seca do sistema radicular de cafeeiros, em gramas por planta, aos 120 dias após o transplante, em função de diferentes substratos e turno de rega. UFLA, Lavras, MG, 2006	55
31	Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada substrato para MSSR/MSPA de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006	56
32	Resumo da análise de variância do desdobramento de substratos dentro de cada recipiente para MSSR/MSPA de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006	56

33	Valores médios de MSSR/MSPA de cafeeiros 120 dias após o transplante, em função de diferentes recipientes e substratos. UFLA, Lavras, MG, 2006	57
34	Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada turno de rega, para MSSR/MSPA de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006	58
35	Valores médios de relação massa seca do sistema radicular/massa seca da parte aérea (MSSR/MSPA) de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante, em função de diferentes recipientes e turno de rega. UFLA, Lavras, MG, 2006	58
36	Resumo das análises de variância, coeficientes de variação e médias gerais para diâmetro de caule, altura e número de nós no ramo ortotrópico (Nº nós Ort.) de cafeeiros oriundos de mudas produzidas em diferentes recipientes, substratos e épocas de avaliação. UFLA, Lavras, MG, 2006	61
37	Resumo das análises de variância, coeficientes de variação e médias gerais número de ramos plagiotrópicos e número de nós nos ramos plagiotrópicos (Nº nós Plag.) de cafeeiros oriundos de mudas produzidas em diferentes recipientes, substratos e épocas de avaliação. UFLA, Lavras, MG, 2006	62
38	Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada época de avaliação, para diâmetro de caule de cafeeiros, em milímetros por planta, até 20 meses após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006	63
39	Valores médios de diâmetro de caule de cafeeiros, em milímetros por planta, até 20 meses após o transplante, em função de mudas oriundas de diferentes recipientes. UFLA, Lavras, MG, 2006 .....	63
40	Resumo da análise de variância do desdobramento de substratos dentro de cada época de amostragem, para diâmetro de caule de cafeeiros, em milímetros por planta, até 20 meses após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006	64

- 41 Valores médios de diâmetro de caule de cafeeiros, em milímetros por planta, até 20 meses após o transplante, em função de mudas oriundas de diferentes recipientes. UFLA, Lavras, MG, 2006 65
- 42 Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada época de amostragem, para altura de cafeeiros, em centímetros por planta, até 20 meses após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006 65
- 43 Valores médios de altura de cafeeiros, em centímetros por planta, até 20 meses após o transplante, em função de mudas oriundas de diferentes recipientes. UFLA, Lavras, MG, 2006 66
- 44 Resumo das análises de variância do desdobramento de substratos dentro de cada época de amostragem, para altura de cafeeiros, em centímetros por planta, até 20 meses após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006 67
- 45 Valores médios de altura de cafeeiros, em centímetros por planta, até 20 meses após o transplante, em função de mudas oriundas de diferentes recipientes. UFLA, Lavras, MG, 2006 67
- 46 Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada época de amostragem, para número de nós no ramo ortotrópico de cafeeiros, até 20 meses após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006 68
- 47 Valores médios de número de nós no ramo ortotrópico de cafeeiros, até 20 meses após o transplante, em função de mudas oriundas de diferentes recipientes. UFLA, Lavras, MG, 2006 69
- 48 Resumo da análise de variância do desdobramento de substratos dentro de cada época de amostragem, para número de nós no ramo ortotrópico de cafeeiros, até 20 meses após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006 69
- 49 Valores médios de número de nós no ramo ortotrópico de cafeeiros, até 20 meses após o transplante, em função de mudas oriundas de diferentes substratos. UFLA, Lavras, MG, 2006 70

50	Valores médios de número de ramos plagiotrópicos de cafeeiros em quatro amostragens até 20 meses após o transplante no campo, em função de diferentes recipientes utilizados na produção das mudas. UFLA, Lavras, MG, 2006	71
51	Valores médios de número de ramos plagiotrópicos de cafeeiros em quatro amostragens até 20 meses após o transplante no campo, em função de diferentes substratos utilizados na produção das mudas. UFLA, Lavras, MG, 2006	71
52	Valores médios de número de nós nos ramos plagiotrópicos de cafeeiros em quatro amostragens até 20 meses após o transplante no campo, em função de diferentes substratos utilizados na produção das mudas. UFLA, Lavras, MG, 2006	73
53	Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada época de amostragem, para número de nós nos ramos plagiotrópicos de cafeeiros, até 20 meses após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006	75
54	Valores médios de número de nós nos ramos plagiotrópicos de cafeeiros, em quatro amostragens até 20 meses após o transplante, em função de mudas oriundas de diferentes recipientes. UFLA, Lavras, MG, 2006	76

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Dados climatológicos obtidos em uma estação meteorológica localizada no Setor de Cafeicultura da UFLA, de janeiro de 2004 a setembro de 2005: precipitações acumuladas mensais e temperatura média mensal. Lavras, MG, 2006	30
2	Representação gráfica e equação de regressão para altura de cafeeiros, em centímetros, aos 120 dias após o transplante, em função do turno de rega. UFLA, Lavras, 2006	44
3	Representação gráfica e equação de regressão para número de nós no ramo ortotrópico de cafeeiros, 120 dias após o transplante, em função do turno de rega. UFLA, Lavras, 2006	47
4	Representação gráfica e equação de regressão para número de ramos plagiotrópicos em cafeeiros, 120 dias após o transplante, em função do turno de rega. UFLA, Lavras, MG, 2006	49
5	Representação gráfica e equação de regressão para número de ramos plagiotrópicos de cafeeiros, em quatro amostragens, até 20 meses após o transplante no campo, em função de recipientes e substratos utilizados na produção das mudas. UFLA, Lavras, 2006	72

## RESUMO

VALLONE, Haroldo Silva. **Recipientes e substratos na produção de mudas e no desenvolvimento inicial de cafeeiros (*Coffea arabica* L).** Lavras: UFLA, 2006, 89p. (Tese – Doutorado em Agronomia/Fitotecnia)\*.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de recipientes e substratos na produção de mudas de cafeeiro durante a fase de viveiro e no desenvolvimento inicial destas, em vasos, sob diferentes níveis de estresse hídrico e em campo. Foram conduzidos três experimentos no Setor de Cafeicultura da Universidade Federal de Lavras, no período de setembro de 2003 a setembro de 2005. No primeiro experimento foram testados três recipientes para a produção de mudas em viveiro: a) tubete de 50 mL; b) tubete de 120 mL e c) saquinho de polietileno de 10 x 20cm (aproximadamente 700 mL), preenchidos com três substratos: a) substrato alternativo, constituído de 65% de casca de arroz carbonizada + 35% de substrato comercial Plantmax<sup>®</sup>, b) substrato comercial Plantmax<sup>®</sup> e c) substrato padrão, constituído de 70% de subsolo + 30% de esterco bovino. No segundo experimento, conduzido em casa de vegetação, as mudas produzidas no experimento anterior foram transplantadas em vasos com capacidade de 10 litros de terra e foram aplicados para cada tipo de muda, quatro níveis de estresse hídrico, representados por quatro intervalos entre irrigações, 2, 6, 10 e 14 dias. O experimento foi encerrado 120 dias após o transplante das mudas. No terceiro experimento, os nove tipos de mudas produzidos no primeiro experimento foram transplantados para o campo e conduzidos durante 20 meses sem irrigação complementar, tendo suas características de desenvolvimento avaliadas a cada cinco meses. Os resultados obtidos permitiram concluir que tanto na fase de viveiro quanto após o transplante para a casa de vegetação e para o campo, os recipientes e os substratos utilizados influenciam significativamente o desenvolvimento das mudas e dos cafeeiros. Na fase de viveiro, os recipientes de maior volume (saquinho de polietileno e tubete de 120 mL) preenchidos com os substratos alternativo e comercial proporcionam mudas com maior desenvolvimento. Após 120 dias do transplante das mudas para vasos em casa de vegetação com diferentes níveis de estresse hídrico, as plantas provenientes de mudas produzidas em saquinhos de polietileno preenchidos com substrato padrão foram superiores às demais. No campo, 20 meses após o transplante, os cafeeiros provenientes de mudas produzidas em saquinho de polietileno e em tubete de 120 mL utilizando substrato padrão foram superiores aos provenientes de mudas produzidas em tubetes de 50 mL, independente do substrato utilizado.

---

\* Orientador: Rubens José Guimarães – UFLA.

## ABSTRACT

VALLONE, Haroldo Silva. **Containers and substrates in seedlings production and in initial development of coffee tree (*Coffea arabica* L).** 2006. 89p. Thesis (Doctorate in Agronomy/Agriculture) – Universidade Federal de Lavras\*.

The purpose of this study was to evaluate the containers and substrates effect in coffee tree seedlings production during nursery phase and in the initial development of these in pots under different water stress levels and in the field. Three experiments were carried out at Setor de Cafeicultura da Universidade Federal de Lavras, from September 2003 to September 2005. In the first experiment three containers were tested for seedlings production in nursery: a) 50 mL tube; b) 120 mL tube and c) 10x20 polyethylene bag (700 mL), filled with three substrate: a) alternative substrate, 65% carbonized rice coat + 35% Plantmax<sup>®</sup> commercial substrate; b) Plantmax<sup>®</sup> commercial substrate and c) standard substrate, 70% soil + 30% cattle manure. The second experiment was carried out in the greenhouse conditions, the seedlings produced in the former experiment were transplanted in 10 liters soil capacity pots and for each kind of seedlings four water stress levels were applied, with four irrigation intervals 2, 6, 10 and 14 days. The experiment was done 120 days after the seedlings had been transplanted. In the third experiment, the nine kinds of produced seedlings in the first experiment were taken to field and carried out during 20 months without irrigation, having their developed features evaluated every five months. The results obtained allowed to conclude that either in the nursery as well as after been transplanted to the greenhouse and to the field, the containers and the substrates did influence the seedlings development and the coffee tree, significantly. In the nursery phase, large volume containers (polyethylene bag and 120 mL tube), filled with alternative substrate and the commercial ones gave better seedlings development. Hundred twenty days later the transplanted seedlings into pots in the greenhouse with different water stress levels, the plants from seedlings produced in polyethylene bags filled out with standard substrate are superior to the other. In the field, 20 months after the transplant of the coffee trees from seedlings growing in polyethylene bags and in 120 mL tubes using standard substrate are superior to the seedlings from 50 mL tubes, independent of the used substrate.

---

\* Major Professor: Rubens José Guimarães – UFLA.

## 1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura ocupa um lugar de destaque no agronegócio brasileiro e tem uma expressiva importância econômica, tanto internamente como externamente e no aspecto social, movimentando, de acordo com CECAFÉ (2005), US\$4,5 bilhões e gerando mais de 8,5 milhões de empregos diretos e indiretos. O Brasil é o maior produtor mundial de café, responsável por 40% da produção e segundo CONAB (2005), o parque cafeeiro brasileiro é formado por mais de 5,9 bilhões de plantas cultivadas em 2,4 milhões de hectares. A produção brasileira na safra 2005/2006 foi de 32,94 milhões de sacas de café beneficiado.

Para a exploração comercial de uma cultura perene como o cafeeiro, é necessário o planejamento de todas as fases, particularmente daquelas ligadas diretamente à implantação e à formação da lavoura. Qualquer erro cometido nesse período pode comprometer seriamente a exploração, resultando em baixa produtividade e menor longevidade da lavoura (Mendes & Guimarães, 1998). Em virtude disso, a utilização de mudas de alta qualidade se torna uma etapa decisiva dentro do processo de implantação de uma lavoura cafeeira.

Mudas de alta qualidade são aquelas produzidas a baixo custo, que podem se adequar aos atuais sistemas de plantio, além de sobreviver e se desenvolver bem após o transplante (Johnson & Cline, 1991).

Vários fatores exercem influência no desenvolvimento de mudas durante a fase de viveiro, como, por exemplo, o tamanho do recipiente e a composição do substrato, entre outros. No caso do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), os tipos de mudas mais comumente utilizados são as produzidas em sacolas de polietileno, utilizando substrato constituído por terra e esterco bovino e as produzidas em tubetes plásticos, de diferentes tamanhos, utilizando substrato

comercial. Além disso, vários substratos alternativos, utilizando diversos componentes, vêm sendo estudados e recomendados. Estes tipos de mudas podem apresentar comportamentos diferentes quando implantadas no campo, porém, a maioria das pesquisas avalia apenas a fase de produção de mudas, não verificando o comportamento destas após o transplante no campo. Este resultado seria de extrema importância para subsidiar a melhor escolha pelos cafeicultores.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes recipientes e substratos na produção de mudas de cafeeiro durante a fase de viveiro e no desenvolvimento inicial destas, quando cultivadas em vasos sob diferentes níveis de estresse hídrico e em campo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Pelo fato de existirem poucos trabalhos sobre os efeitos de recipientes e substratos na cultura do cafeeiro após a implantação, esta revisão também contempla pesquisas com outras espécies arbóreas, principalmente florestais.

### 2.1 Substratos

Substrato é o meio em que as raízes proliferam para fornecer suporte estrutural à parte aérea das mudas e também suprir as necessidades de água, de oxigênio e de nutrientes. Na escolha do substrato como um meio de crescimento de mudas, devem ser consideradas algumas características físicas e químicas relacionadas com a espécie a plantar, além de aspectos econômicos. Tais características são homogeneidade, baixa densidade, alta porosidade, boa capacidade de retenção de água, alta capacidade de troca catiônica, boa agregação das partículas nas raízes, isenção de organismos patogênicos e sementes indesejáveis, ser de fácil manipulação a qualquer tempo, ser abundante e economicamente viável (Gomes & Silva, 2004).

Os substratos podem ser formados por diferentes matérias-primas de origem mineral, orgânica ou sintética, de um só material, ou diversos materiais em mistura. Os materiais orgânicos mais usados são a turfa, casca de árvores picadas e compostadas, fibras vegetais, entre outros. As principais substâncias minerais são vermiculita, perlita, espuma fenólica e lã de rocha (Abreu et al., 2002). Outro material muito utilizado em misturas de substratos para a produção de mudas é a casca de arroz carbonizada que, segundo Minami (1995), possui forma floculada e coloração escura, além de ser leve, de fácil manuseio, com grande capacidade de drenagem, apresentar pH levemente

alcalino, baixa capacidade de retenção de água e é rica em cálcio e potássio e livre de pragas e patógenos devido ao processo de carbonização.

Como a diversidade de substratos é muito grande, não existe um substrato perfeito para todas as condições, sendo preferível usar componentes em forma de mistura, visto que, isoladamente, os mesmos normalmente apresentam características desejáveis e indesejáveis às plantas (Wendling et al., 2002).

O desenvolvimento de uma consciência ambiental e a necessidade de preservação da natureza são tendências mundiais e a utilização de substratos sem solo mineral surge como uma alternativa para eliminar a necessidade do uso de biocidas, como o brometo de metila, substância que contribui para a destruição da camada de ozônio e está em vias de ser proibida (Kämpf, 2002). De acordo com o Protocolo de Montreal, os países desenvolvidos teriam até o ano de 2005 para abolir o uso do brometo de metila, enquanto os países em desenvolvimento teriam até o ano de 2015 para isso (Brasil, 2003). Por isso, a participação do solo mineral em misturas comerciais ficou restrita a alguns casos especiais, tendo sido substituído por produtos básicos, como a casca de pinus, as turfas e a fibra ou pó de coco (Kämpf, 2004).

O substrato é um insumo importante dentro do sistema de produção de mudas de cafeeiro, sendo responsável por 38% do custo de produção das mudas, quando se utilizam-se tubetes de 120 mL, desconsiderando o gasto com a adubação (Guimarães et al., 1998). Atualmente o substrato mais utilizado para a produção em tubetes é constituído de casca de Pinus moída, compostada e enriquecida com nutrientes. A fertilização do substrato tem sido realizada utilizando fertilizante de liberação lenta. Este fertilizante granulado possui a propriedade de liberar lentamente os nutrientes, dentro de um período de 4 a 6 meses, devido ao recobrimento dos grânulos por uma resina orgânica. Depois de

sua aplicação ao substrato, o vapor d'água penetra na resina dissolvendo os nutrientes, os quais vão sendo liberados de maneira gradativa, dependendo da temperatura do substrato e do recipiente utilizado. Temperaturas mais altas provocam uma liberação mais rápida e, conseqüentemente, uma redução na longevidade (Andrade Neto, 1998).

O substrato é composto de uma fase sólida formada por partículas minerais e orgânicas, uma fase líquida formada pela água, na qual se encontram os nutrientes, denominada solução do substrato e uma fase gasosa (Wendling et al., 2002)

Para avaliar a qualidade de um substrato não basta conhecer as propriedades gerais de seus principais componentes, é importante determiná-las para cada ingrediente ou mistura em particular, sendo necessário realizar análises laboratoriais rotineiras (determinação de propriedades físicas e químicas) para controle da qualidade e não apenas quando aparecer problemas no cultivo (Fermino, 2002).

Dentre as propriedades físicas mais importantes, merecem destaque o espaço de aeração, a capacidade de retenção de água facilmente disponível e a estabilidade estrutural do substrato. O espaço de aeração pode ser definido como a percentagem de seu volume que permanece com ar, após este ter sido saturado com água e deixado drenar (10 hPa). O valor da água facilmente disponível é representado pela diferença entre o volume de água retida pelo substrato, após este ter sido saturado e deixado drenar a 10 cm de tensão matricial (10 hPa), e o volume de água presente após ser submetido a uma sucção de 50 cm de coluna de água (50 hPa) (Malvestiti, 2004). Outra propriedade complementar seria referente à água tamponante ou água de reserva que, somada com a água facilmente disponível, constitui o total de água disponível. É representada pela diferença entre o volume de água retido a 50

hPa e o volume retido a uma sucção de 100 hPa (Fermino, 2002). Entretanto, as quantidades de ar e água retidas em um determinado substrato serão determinadas por três fatores básicos, além de seus componentes propriamente ditos, que são: o tipo de recipiente no qual as plantas serão cultivadas (altura e forma), o preparo e o manuseio do substrato antes do plantio das mudas (compactação, umidade e técnica de enchimento do recipiente) e as práticas de irrigação adotadas pelo viveirista (Fonteno, 1996, citado por Malvestiti, 2004).

A distribuição dos tamanhos das partículas de um substrato irá determinar a distribuição dos tamanhos dos poros. Poros pequenos (microporos) irão suprir água, já que a força da capilaridade é maior neste caso, enquanto os macroporos serão responsáveis pelo fornecimento de ar (Milner, 2002). Sabe-se que a forma e o tamanho do recipiente influenciam a dinâmica da movimentação de água neste pequeno volume. Sendo assim, recipientes com volumes entre 5 e 50 mL e altura entre 2 e 7 cm, denominados 'plugs', necessitam de substratos com porosidade total acima de 90% e densidade abaixo de 200g L<sup>-1</sup>. Os recipientes com volume entre 50 e 500 mL e altura entre 5 e 15 cm, denominados tubetes, sacos ou vasos, também necessitam de um substrato com porosidade elevada e pouco que seja denso. Por motivo de sanidade, densidade e retenção de água, não se recomenda a utilização de solo mineral nestes recipientes (Kämpf, 2002).

De acordo com Verdonck et al. (1983), um substrato para ser considerado ideal, deve apresentar as seguintes características físicas: porosidade total inferior a 85% de seu volume, 20% a 30% de espaço de aeração, 20% a 30 % de água facilmente disponível e 4% a 10% de água de reserva. As características químicas mais importantes são o pH, a condutividade elétrica, os teores disponíveis dos elementos N (amoniaco e nitrato), P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Na e Cl e dos elementos tóxicos Pb, Cd, Ni e Cr

(Abreu et al., 2002). Minami (2000) salienta a importância do conhecimento da fertilidade do substrato, antes de usá-lo, para determinar antecipadamente como fazer a sua complementação com fertilizantes.

## **2.2 Recipientes**

Com relação aos tipos de recipientes utilizados na produção de mudas de cafeeiros, os saquinhos de polietileno são os mais utilizados pelos viveiristas (Guimarães & Mendes, 1998b). Entretanto, nos últimos anos, grande número de viveiristas e cafeicultores vem utilizando tubetes de polietileno rígido, com capacidade volumétrica inferior à dos saquinhos de polietileno (Melo, 1999). Os saquinhos de polietileno apresentam dimensões de 9 a 11 cm de largura, por 18 a 22 cm de comprimento e são providos de furos, na metade inferior, para drenagem (Guimarães & Mendes, 1998b). Os tubetes são recipientes de forma cônica fabricados com plástico rígido e devem apresentar, no seu interior, estrias no sentido longitudinal para proporcionar melhor direcionamento das raízes no sentido vertical, impedindo o enovelamento ou o crescimento em forma de espiral dentro do tubete (Guimarães et al., 1998). Os tubetes podem apresentar dimensões variadas, com capacidades volumétricas entre 50 e 500 mL (Kämpf, 2000).

De acordo com Guimarães et al. (1998) as vantagens da produção de mudas de cafeeiro em tubetes em relação às produzidas em saquinhos são: menor quantidade de substrato, ausência de plantas daninhas e nematóides no substrato devido ao uso de substrato comercial, menor período de produção de mudas, maior vigor e sanidade das mudas, eliminação de problemas de 'peão torto' e enovelamento do sistema radicular; melhor rendimento na condução do viveiro, no transporte e no plantio das mudas, além de menor desperdício de mudas. Como desvantagens citam-se: alto investimento inicial, necessidade de

mão-de-obra especializada e necessidade de retorno dos tubetes ao viveiro, pois não são descartáveis.

O tamanho e o tipo de recipiente, o substrato e a adubação do mesmo têm sido foco de várias pesquisas nos últimos anos. Uma das conclusões obtidas nestas pesquisas, por exemplo, demonstrou que a altura da embalagem plástica foi mais importante na qualidade da muda do que o seu diâmetro. Então, ao reduzir o diâmetro do recipiente, reduziu-se também o volume do mesmo e a área ocupada no viveiro, reduzindo também os custos de produção (Gomes et al., 1996). O fluxo de água através de um substrato dá-se, principalmente, em função da posição em que esta água se encontra dentro do recipiente. Assim, quanto mais alto o recipiente, maior será o fluxo da água, para um mesmo substrato. Isso porque a base do recipiente atua como uma barreira, onde a água se encontra à pressão atmosférica ou potencial zero (Fermino, 2002). Entretanto, é importante salientar que, ao reduzir o diâmetro do recipiente, diminui-se também o espaçamento entre as mudas, o que pode interferir no desenvolvimento das mesmas, uma vez que mudas muito próximas tendem a sofrer estiolamento, crescendo mais em altura.

Na produção de mudas em recipientes, como, por exemplo, os tubetes, a utilização de uma fonte de matéria orgânica é de suma importância, devido não só aos aspectos nutricionais, mas também à aeração, à estrutura, à retenção de água e aos microrganismos (Pons, 1983, citado por Gomes & Silva, 2004).

Para a produção de mudas de cafeeiro, os recipientes mais utilizados são a sacola de polietileno, com dimensões de 20 a 22 cm de altura por 10 ou 11 cm de largura e, mais recentemente, os tubetes de plástico rígido, com capacidade de 120 mL. Na sacola plástica, normalmente, utiliza-se substrato composto por 70% de terra e 30% de esterco bovino, completando com fertilizantes químicos. Nos tubetes, utilizam-se substratos comerciais à base de casca de pinus

compostada, vermiculita e nutrientes. A utilização de tubetes de 50 mL tem sido estudada visando a redução da área do viveiro e do substrato comercial. O uso de tubetes como recipientes proporciona vantagens pelo fato deles conterem menor volume de substrato, o que facilita o manejo e evita o enovelamento de raízes, uma vez que elas sofrem poda natural ao atingirem a abertura inferior do recipiente (Marchi, 2002).

A restrição radicular, imposta pelo reduzido volume e pelas paredes dos recipientes, reduz alguns parâmetros importantes na avaliação da qualidade de mudas, como altura, área foliar e produção de biomassa (Leles et al., 1998; Townend & Dickinson, 1995). Bunt (1961) relata algumas modificações nas propriedades físicas entre raiz e substrato, quando se utiliza vaso, entre elas, o volume reduzido proporciona alta concentração de raízes e, conseqüentemente, uma alta demanda de oxigênio e de remoção de gás carbônico e a pequena profundidade do recipiente dificulta a drenagem da água, causando acúmulo desta. Johnson et al. (1996), citados por Samôr et al. (2002), relatam que o pequeno volume dos recipientes proporciona uma condição de estresse à mudas e, nestes casos, tende a ocorrer aumento de alocação de fotoassimilados para as raízes, em detrimento da parte aérea.

De acordo com Reis et al. (1989), caso haja restrições ao desenvolvimento radicular, a má formação inicial das raízes pode persistir após o plantio, prejudicando o desenvolvimento das plantas no campo. Parviainen (1981) relata, ainda, que a produção de mudas em recipientes de parede interna lisa, como no caso dos sacos plásticos, provoca enovelamento de raiz. Com os tubetes, tal problema pode ser minimizado com a formação de estrias longitudinais internas. Conforme Schmidt-Vogt (1984), a influência do recipiente na conformação do sistema radicular é de suma importância, haja vista que o crescimento em espiral das raízes continua na fase de campo,

podendo proporcionar uma baixa estabilidade das futuras árvores. Freitas et al. (2005) também ressaltam que a persistência das deformações radiculares após o plantio e o plantio de mudas menores em função da restrição no viveiro podem reduzir, ou atrasar, o crescimento das plantas no campo, o que acarreta maiores custos com controle de plantas daninhas e o retardamento da produção esperada.

Rena & DaMatta (2002) afirmam que as técnicas de produção de mudas e de transplante exercem profundas modificações na estrutura e na arquitetura do sistema radicular do cafeeiro. O principal elemento de modificação é a eliminação de parte da raiz principal da muda produzida em sacola durante o plantio no campo. Esta poda acontece naturalmente nas mudas produzidas em tubetes, o que induz o desenvolvimento de uma pivotante ramificada e com um número maior de raízes secundárias axiais. Afirmam, ainda, que é pouco provável que as estruturas geral e natural sejam recuperadas no campo após o transplante. Por isso, a literatura mundial é unânime em afirmar que a raiz pivotante do cafeeiro raramente ultrapassa a 0,5 m.

### **2.3 Pesquisas envolvendo substratos e recipientes**

Melo (1999) avaliou diferentes substratos com dois tipos de fertilizações na produção de mudas de cafeeiro em tubetes. Os substratos utilizados foram constituídos de diferentes proporções de esterco bovino ou composto orgânico, mais vermiculita ou casca de arroz carbonizada, além de terra de subsolo e foram comparados com substrato comercial Plantmax<sup>®</sup>, em tubetes de 120 mL. O autor concluiu que a casca de arroz carbonizada pode substituir a vermiculita na composição de substratos; os substratos constituídos de 60% de composto orgânico, 20% de vermiculita, 20% de terra de subsolo e 60% de composto orgânico, 20% de casca de arroz carbonizada e 20% de terra

de subsolo permitem a produção de mudas semelhantes à testemunha que utilizou substrato comercial e fertilizante de liberação lenta.

Marcuzzo et al. (2003) avaliaram a produção de mudas de cafeeiro em tubetes utilizando doses de fertilizante de liberação gradual em dois substratos comerciais, Plantmax<sup>®</sup> e Bioplant<sup>®</sup>, e concluíram que o substrato Plantmax<sup>®</sup> proporcionou melhor desenvolvimento das mudas e houve resposta linear às doses de fertilizante de liberação gradual. Este resultado comprova a diferente resposta em desenvolvimento das mudas de cafeeiro em função do substrato utilizado.

Vallone (2003), estudando a substituição do substrato comercial por casca de arroz carbonizada, concluiu que o substrato que proporcionou melhor desenvolvimento das mudas de cafeeiro foi constituído por 65% de seu volume com casca de arroz carbonizada e o restante, 35% do volume, com substrato comercial. O mesmo autor, avaliando o desenvolvimento de mudas de cafeeiro em tubetes de 50 e 120 mL de capacidade, observou que as mudas produzidas em tubetes de 120 mL apresentam maior desenvolvimento em relação às mudas produzidas em tubetes de 50 mL, sem, contudo, afetar as relações entre parte aérea e sistema radicular até o terceiro par de folhas verdadeiras.

Mendonça et al. (2003), estudando diferentes substratos e recipientes na formação de mudas de mamoeiro, utilizaram: substrato comercial Plantmax<sup>®</sup>; mistura de esterco de curral + carvão vegetal + solo + areia, na proporção de 2:1:1:1 v/v; mistura de vermicomposto + carvão vegetal + solo + areia na proporção de 1:1:1:1 v/v e substrato comercial Plantmax<sup>®</sup> + carvão vegetal + solo + areia na proporção de 1:1:1:1 v/v. Os recipientes utilizados foram: saquinho de polietileno com 750 mL de volume, bandeja de isopor com capacidade de 70 mL por célula e tubetes de 50 mL de volume. Os autores concluíram que o recipiente saco de polietileno, juntamente com o substrato

constituído pela mistura de esterco de curral + carvão vegetal + solo + areia, na proporção de 2:1:1:1 v/v, proporcionou resultados favoráveis em todas as características avaliadas. Os autores atribuíram este melhor desempenho ao maior volume de substrato e, conseqüentemente, maior quantidade de nutrientes contidos no saco de polietileno.

Favarin et al. (2005), avaliando a influência do volume e da granulometria do substrato comercial utilizado na produção de mudas em tubetes, sobre o desenvolvimento de mudas de cafeeiro, utilizaram tubetes de 50, 120 e 200 mL de capacidade volumétrica e três tipos de granulometria para o substrato comercial, convencional (de fábrica), finamente moído e uma mistura de partes iguais destes dois tratamentos. Os autores concluíram que o melhor desenvolvimento das mudas ocorreu com o recipiente de maior capacidade volumétrica e com a granulometria mais fina.

Cunha et al. (2002), estudando a influência de tamanhos de recipientes e tipos de substratos na produção de mudas de cafeeiro em tubetes, utilizaram três tamanhos de recipientes: 50, 120 e 275 mL e quatro tipos de substrato, sendo um substrato comercial Plantmax e os outros três, constituídos de diferentes proporções de esterco bovino, composto orgânico, terra de subsolo, vermiculita, casca de arroz carbonizada e areia grossa. Observaram que o tubete com 120 mL de volume e o substrato comercial proporcionaram melhor desenvolvimento às mudas de cafeeiro.

Campos (2002), estudando o efeito de diferentes substratos, tamanhos de tubetes (50 e 120 mL) e adubação (tradicional e de liberação lenta) no desenvolvimento de mudas de cafeeiro cultivar Catuaí e Acaiá Cerrado, utilizou os substratos: vermiculita 50% mais composto orgânico 50%, Rendmax 100%, vermiculita 30% mais casca de arroz carbonizada 40% mais 30% de esterco bovino. Este autor concluiu que o uso do fertilizante de liberação lenta mostrou-

se superior em todos os caracteres avaliados, independente do substrato e que o substrato composto de 50% de vermiculita mais 50% de composto orgânico apresentou os melhores resultados, em todas as variáveis analisadas. Concluiu, ainda, que o tubete de 120 mL apresentou resultados superiores em todas as características avaliadas, resultado esse diferente do encontrado por Melo (1999) que, avaliando o efeito do tamanho de tubetes no desenvolvimento de mudas de cafeeiro, verificou que os tubetes com capacidade volumétrica de 50 mL permitem a produção de mudas de cafeeiro com desenvolvimento semelhante ao daquelas produzidas em tubetes com capacidade de 120 mL. Vários outros pesquisadores já demonstraram que mudas, tanto de cafeeiros quanto de outras espécies, quando produzidas em recipientes com maiores volumes, são apresentadas mais vigorosas e com melhor qualidade (Godoy Júnior, 1965; Besagoitia, 1980; Sturion, 1980a, 1980b e 1981 e Silva et al., 2003).

Gomes et al. (2003), avaliando o crescimento de mudas de eucalipto produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e na ausência e presença de fertilização N-P-K, utilizaram substrato constituído de 80% de composto orgânico e 20% de moinha de carvão e tubetes de plástico rígido com volumes de 50, 110, 200 e 280 mL. Os autores observaram que os maiores crescimentos foram obtidos nos maiores tubetes, entretanto, o custo de produção com a utilização destes recipientes também é maior.

Cunha et al. (2005), avaliando a produção de mudas de ipê-roxo utilizando dois substratos diferentes e quatro dimensões de sacolas plásticas, utilizaram os substratos terra de subsolo e terra de subsolo + composto orgânico, na proporção volumétrica de 1:1. Os recipientes utilizados foram sacolas de polietileno preto nas seguintes dimensões: 20 x 36,5 cm, 15 x 32 cm, 13 x 25,5 cm e 13,5 x 19 cm. Os autores observaram que o substrato constituído de terra

de subsolo + composto orgânico apresentou desempenho superior ao outro substrato e que o recipiente de maior volume proporcionou melhor desenvolvimento à muda, entretanto, devido a questões econômicas, foi recomendada a utilização do recipiente com dimensões de 15 x 32 cm.

Ribeiro et al. (2005) avaliando o efeito de diferentes substratos e recipientes no desenvolvimento de mudas de maracujá-amarelo, utilizaram sacos de polietileno com dimensões de 22 x 5,5 cm de altura e largura, respectivamente e tubetes de 14,5 x 3,5 cm de altura e diâmetro, respectivamente. Os substratos utilizados foram solo + esterco bovino na proporção de 1:1; substrato comercial Plantmax<sup>®</sup>, e vermiculita. Os pesquisadores verificaram que o substrato comercial em sacos plásticos promoveram maior desenvolvimento para todas as características avaliadas.

Falco et al. (1997) avaliaram a resistência ao estresse hídrico de mudas de cafeeiro produzidas em saquinhos plásticos, tubetes de 120 mL e raiz nua, em vasos e verificaram, após 120 dias, que as médias de massa seca de raízes e parte aérea de mudas produzidas em tubetes foram superiores às de mudas produzidas em saquinhos e com raiz nua.

Marchi (2002), avaliando a sobrevivência de mudas de cafeeiro no pós-plantio, em função do recipiente utilizado, época de plantio e classe de solo no sistema convencional e plantio direto, observou que, em condições climáticas favoráveis, as mudas de saquinhos plásticos foram semelhantes às de tubetes quanto à sobrevivência. Quando a condição não ocorreu, a sobrevivência das mudas de tubetes foi bastante prejudicada.

Matiello et al. (2000) estudaram o desenvolvimento de mudas de cafeeiro produzidas em tubetes de 120 mL e saquinho de polietileno plantadas no campo e em vasos dentro de casa de vegetação. No ensaio dentro da casa de vegetação, as mudas foram plantadas em vasos com capacidade de 20 litros e os

autores observaram que as mudas produzidas em tubetes apresentaram desenvolvimento ligeiramente inferior ao das mudas produzidas em saquinhos de polietileno. No ensaio implantado no campo, após sete meses, também o melhor desenvolvimento verificado foi o das mudas produzidas em saquinhos de polietileno.

Garcia et al. (2002), avaliando a primeira produção de cafeeiros oriundos de mudas produzidas em saquinhos de polietileno e tubetes de 120 mL, observaram que as mudas de sacolas independente da condição de irrigação e da época de plantio, superaram as mudas de tubetes na produção da primeira safra.

Almeida et al. (2002), estudando a formação inicial da lavoura cafeeira proveniente de mudas produzidas em tubetes de 120 mL e saquinhos plásticos, concluíram que as mudas provenientes de saquinhos e tubetes apresentam 100% de sobrevivência no campo. No período inicial de desenvolvimento (70 dias), de um modo geral, as mudas provenientes de tubetes resultaram em plantas com menor altura, porém, nos demais parâmetros de desenvolvimento avaliados, foram semelhantes.

Ferreira et al. (2004), avaliando o desenvolvimento e a produtividade de cafeeiros conilon (*Coffea canephora* Pierre) provenientes de mudas de sementes e estacas e diferentes recipientes, concluíram, com relação aos recipientes, que as mudas provenientes de tubetes de 120 mL de capacidade volumétrica apresentaram desenvolvimento inferior ao das mudas de sacolas de polietileno com 8 centímetros de diâmetro (quando cheias) por 20 centímetros de altura, entretanto a produtividade foi semelhante.

Santos et al. (2000), avaliando o desenvolvimento de cedro-japonês em diferentes substratos e tamanhos de recipientes, utilizaram dois substratos, um constituído de terra + vermiculita na proporção de 1:1 e o outro constituído de casca de pinus moída + vermiculita, também na proporção de 1:1. Os recipientes

utilizados foram tubetes com capacidade de 50, 56, 120 e 240 mL. Os autores concluíram que o melhor substrato foi aquele constituído de terra e vermiculita e que as mudas produzidas nos tubetes de 120 e 240 mL apresentaram desenvolvimento semelhante, sendo recomendada a utilização de tubetes de 120 mL por razões econômicas.

Samôr et al. (2002) relatam que geralmente, uma relação maior entre o peso seco do sistema radicular e o peso seco da parte aérea, é um indicativo de mudas de melhor qualidade, entretanto, deve-se atentar para não analisar esta característica isoladamente.

Reis et al. (1989), estudaram a influência da restrição do sistema radicular sobre o crescimento em altura e em diâmetro de plantas de três espécies de eucalipto. As plantas foram submetidas a quatro níveis de restrição do sistema radicular (recipientes de 60 mL, 500 mL, 5.000 mL e 18.000 mL) e a avaliação do desenvolvimento foi realizada em duas etapas. Aos 116 dias, as plantas apresentavam altura e diâmetro inversamente proporcionais às restrições impostas, isto é, quanto maior a restrição, menor o desenvolvimento. Após esta avaliação, o sistema radicular foi liberado para um volume equivalente ao da testemunha (18.000 mL). Aos 182 dias após esta liberação, foi feita uma avaliação de retomada de crescimento e os resultados indicaram haver uma harmonia de crescimento entre o sistema radicular das plantas estudadas. Existem também diferentes níveis de sensibilidade à restrição radicular entre as espécies estudadas e que as mais sensíveis, mesmo após a liberação do sistema radicular, apresentaram dificuldades na retomada do crescimento, indicando mudanças em suas respostas fisiológicas.

Aguiar et al. (1992) estudaram os efeitos da composição do substrato para tubetes no comportamento de *Eucalyptus grandis* no viveiro e no campo. Foram utilizados tubetes com capacidade volumétrica de 50 mL e substratos

compostos por diferentes proporções de turfa, casca de arroz carbonizada e bagaço de cana e concluíram que na fase de viveiro os substratos constituídos de apenas turfa e casca de arroz carbonizada foram superiores aos constituídos dos três componentes. Na fase de campo os substratos não afetaram o desenvolvimento das plantas.

Paulino et al. (2003) estudaram a distribuição do sistema radicular de árvores de acácia-negra (*Acacia mearnsii*) com 3 anos de idade, provenientes de mudas formadas em diferentes recipientes e instaladas em um Argissolo no Rio Grande do Sul. Foram testados três tipos de recipientes: laminado de madeira com volume de 353,43 mL, tubete de plástico redondo com volume de 50 mL, e bandeja de isopor com células piramidais de 180 mL preenchidos com o substrato comercial Plantmax<sup>®</sup>. Os autores observaram que o recipiente usado na formação das mudas influencia o crescimento radicular das plantas após o plantio e que o comprimento de raízes nas linhas de plantio é maior quando as mudas são produzidas em recipiente de laminado de madeira do que em tubete.

Aguiar & Mello (1974) estudaram a influência do recipiente na produção de mudas e no desenvolvimento inicial após o plantio no campo, de mudas de eucalipto. Os recipientes estudados foram: a) saco plástico de forma cilíndrica, de 5,5 cm de diâmetro e 11 cm de altura; b) torrão paulista com forma de prisma reto de base hexagonal, de 2,6 cm de lado e 11,5 cm de altura; c) laminado de forma cilíndrica, de 5,5 cm de diâmetro e 14 cm de altura; e d) paper-pot (recipiente de papel) com a forma de um prisma reto de base hexagonal, de 2,5 cm de lado e 15 cm de altura. O substrato utilizado foi constituído por terra e esterco na proporção de 3:1. Os autores observaram que, na fase de viveiro e no desenvolvimento inicial no campo, os recipientes proporcionaram efeito significativo nas características avaliadas, com destaque para o laminado e o saco plástico. Entretanto a partir dos 90 dias após o plantio

no campo, não foi constatada influência dos recipientes no desenvolvimento das plantas. Observaram também um grande incremento em altura para as plantas provenientes do torrão paulista, o qual na fase de campo, proporcionou a recuperação das mudas que se igualaram aos demais tratamentos. O sistema radicular das mudas neste recipiente explorou, na fase de viveiro, um volume limitado de solo que apresentava características compactadas. Porém, uma vez plantadas no campo, as raízes, ao se libertarem do recipiente, encontraram um ambiente mais adequado ao seu desenvolvimento.

Barros et al. (1978) estudaram o efeito de sete tipos de recipientes: torrão paulista, saco plástico, tubo laminado de madeira, Togafloca, Fértil-pot (pequeno e grande), PXCL (feitos com fibras vegetais, adesivo e fertilizantes, em três tamanhos diferentes) e Paper-pot (pequeno e grande). O substrato utilizado foi constituído de terra de subsolo e fertilizantes químicos. Os autores observaram que, durante a produção das mudas, os recipientes saco plástico e Paper-pot grande se destacaram, enquanto que, durante a fase de campo, o desenvolvimento foi mais semelhante, tendo os recipientes com menores volumes apresentado menores médias que os demais.

Samôr et al. (2002), avaliando o comportamento, no viveiro e em vasos, de mudas de angico e sesbânia, produzidas em diferentes substratos e recipientes, utilizaram dois tipos de substratos: a) mistura de 60% de bagaço de cana + 40% de torta de filtro de usina e b) mistura de 70% de casca de eucalipto decomposta + 30% de vermiculita. Os recipientes utilizados foram: saco plástico perfurado 10 x 5 cm, capacidade de 165 mL; saco plástico perfurado 15 x 10 cm, capacidade de 425 mL; tubete rígido de polipropileno com capacidade de 50 mL e tubete rígido de polipropileno, com capacidade de 288 mL. As mudas foram produzidas em viveiro telado e, após atingirem o estágio ideal para o transplante, foram transplantadas para vasos com 12 litros de capacidade. Os

autores concluíram que os substratos utilizados não proporcionaram diferenças significativas no desenvolvimento das mudas no viveiro e nos vasos e as melhores médias, tanto no viveiro quanto nos vasos, foram alcançadas pelas mudas produzidas em sacos de 425 mL e em tubetes de 288 mL.

Neves et al. (2005), com o objetivo de caracterizar a arquitetura do sistema radicular de árvores de acácia-negra aos três anos após o plantio, em função da combinação de oito tipos de recipientes e seis misturas de substratos utilizados por ocasião da produção das mudas, observaram que o desenvolvimento e a arquitetura das raízes no campo foram afetados pelo recipiente, mas não pelo substrato utilizado na fase de viveiro.

Freitas et al. (2005) estudaram os efeitos de diferentes recipientes e substratos utilizados durante a produção de mudas de eucalipto no desenvolvimento das plantas após o transplante para sacolas com 20 litros de terra. Neste trabalho, os pesquisadores utilizaram mudas produzidas em tubetes com capacidade volumétrica de 50 mL e blocos prensados, com capacidade volumétrica de 16.800 mL. Os substratos utilizados foram casca de arroz carbonizada com casca de eucalipto, bagaço de cana com torta de filtro e turfa. Sessenta dias após o transplante, as plantas foram avaliadas, quanto ao crescimento em altura, diâmetro do caule, número de raízes emitidas, comprimento, área superficial e deformação do sistema radicular. Os resultados obtidos permitiram concluir que as plantas originadas de mudas produzidas em blocos prensados apresentaram melhor desempenho em comparação às plantas originadas de tubetes; as deformações radiculares causadas por recipientes de paredes rígidas tendem a persistir após a fase de viveiro e o substrato constituído por bagaço de cana e torta de filtro se destacou sobre os demais.

Malavasi & Malavasi (2003), estudando o efeito do tubete no crescimento de caroba e louro-pardo no viveiro e no campo, utilizaram tubetes

de 55, 120, 180 e 300 mL de capacidade volumétrica, preenchidos com substrato comercial. Os autores verificaram que os recipientes de menor volume (55 e 120 mL) causaram diminuição no desenvolvimento das mudas no viveiro, entretanto, no campo, aos 180 dias após o transplante, as plantas provenientes de tubetes de 120, 180 e 300 mL de capacidade volumétrica apresentaram desenvolvimento semelhante, sendo recomendada a utilização de tubetes de 120 mL.

Hope et al. (2004), avaliando os efeitos de diferentes tipos de substrato e recipientes sobre o desenvolvimento pós-plantio de acácia-negra, utilizaram três substratos comerciais e cinco recipientes, sendo eles: tubetes com capacidade volumétrica de 52 mL, tubete de 83 mL, tubete de 120 mL, laminado de 67 mL e laminado com 115 mL de capacidade volumétrica. Os autores estudaram o desenvolvimento no campo, aos 13 meses após o transplante das mudas e concluíram que os substratos não influenciaram o desenvolvimento das plantas e que as plantas provenientes de tubetes de 120 mL de capacidade volumétrica apresentaram maior desenvolvimento.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho, constituído por três experimentos, foi instalado e conduzido no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada no sul do Estado de Minas Gerais, com uma altitude média de 910 metros, latitude de 21°14'06"S e longitude de 45°00'00"W. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é classificado como Cwa, temperado úmido. A temperatura média do mês mais quente é de 22,1°C, a do mês mais frio é de 15,8°C e a média anual é de 19,4°C. A precipitação anual média é de 1529,7 mm e a umidade relativa média anual é de 76,2% (Brasil, 1992).

#### **3.1 Experimento 1: Efeitos de diferentes recipientes e substratos no desenvolvimento de mudas de cafeeiro**

O experimento foi montado e conduzido no período de setembro de 2003 a janeiro de 2004. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 3 x 3 (três tipos de recipientes e três substratos), totalizando 9 tratamentos, que foram dispostos em parcelas subdivididas sendo as parcelas constituídas pelos recipientes e as subparcelas, pelos substratos. Cada subparcela foi constituída por 42 mudas, sendo as 20 centrais consideradas úteis para os três experimentos; destas 20, as cinco centrais foram utilizadas para a análise do primeiro experimento. As mudas produzidas neste experimento foram utilizadas também nos demais experimentos deste trabalho. A seleção se deu dentro da parcela útil, priorizando aquelas com desenvolvimento mais próximo ao da média do tratamento.

### **3.1.1 O viveiro**

O experimento foi conduzido no viveiro de mudas do Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. Os recipientes foram colocados em um canteiro suspenso, a um metro acima do nível do solo, confeccionado com tela de arame ondulado com aberturas quadradas de  $1\frac{1}{2}$ ”, arame de 3,5 mm de diâmetro e com 1,2 m de largura, para os tubetes. No caso do saquinho de polietileno, foi construída uma bancada de madeira, ao lado e na mesma altura da estrutura destinada aos tubetes. A cobertura do viveiro foi feita com sombrite de cor preta, com passagem de 50% da luz, colocada a dois metros de altura em relação ao solo. As irrigações foram feitas duas vezes ao dia, utilizando sistema de irrigação por microaspersão, procurando fornecer 4,5 mm de água por dia, de acordo com Guimarães et al. (1998). O controle de doenças foi realizado de acordo com Chalfoun (1997). O controle de pragas foi feito após o aparecimento dos primeiros sinais das mesmas, seguindo recomendações de Silva et al. (2000).

### **3.1.2 Recipientes**

Os recipientes utilizados foram: a) tubetes de polietileno rígido com capacidade volumétrica de 50 mL, que possui forma cônica, seis estrias internas, 2,7 cm de diâmetro interno superior, 1,0 cm de diâmetro interno inferior e altura de 12,2 cm; b) tubetes de polietileno rígido com capacidade volumétrica de 120 mL, possui forma cônica, contendo cinco estrias internas, 3,7 cm de diâmetro interno da abertura superior, 0,8 cm de diâmetro interno da abertura inferior e 14 cm de altura e c) saquinhos de polietileno, nas dimensões de 20 cm de altura por 10 cm de largura (7 cm de diâmetro quando preenchido com substrato) e 0,006 cm de espessura, com 36 furos na metade inferior para drenagem da água e uma capacidade volumétrica aproximada de 700 mL.

### **3.1.3 Substratos**

Os substratos utilizados nos experimentos foram: a) substrato alternativo, que tem seu volume constituído por 65% de casca de arroz carbonizada e 35% de substrato comercial, recomendado por Vallone (2003); b) substrato comercial Plantmax hortaliças HT, constituído à base de casca de pinus processada e enriquecida, vermiculita e turfa processada e enriquecida, recomendado por Melo (1999) e c) substrato padrão para a produção de mudas em sacolas, constituído por 70% de terra peneirada e 30% de esterco bovino peneirado, recomendado por Guimarães & Mendes (1998b). Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os resultados das análises químicas e físicas, respectivamente, dos três substratos utilizados neste experimento, antes de receberem a adubação. As análises foram realizadas pelo Laboratório de Análise de Solo e Planta do Instituto Agronômico de Campinas. Para a adubação dos substratos utilizou-se o fertilizante de liberação lenta Osmocote, formulação 15-10-10 de NPK acrescido de 3,5% de Ca, 1,5% de Mg, 3,0% de S, 0,02% de B, 0,05% de Cu, 0,5% de Fe, 0,1% de Mn, 0,004% de Mo e 0,05% de Zn. Foi utilizada a dosagem de 8,3 kg m<sup>-3</sup> de substrato (Melo, 1999).

### **3.1.4 A cultivar**

Foi utilizada a cultivar Acaiá Cerrado, MG-1474. As sementes foram colhidas no campo de produção de sementes do Setor de Cafeicultura da UFPA e semeadas em germinador de areia e cobertas com uma camada de meio centímetro de areia no germinador. Para diminuir variações na umidade do substrato durante o dia, foi colocada uma tela plástica sombrite sobre o canteiro que foi regado duas vezes ao dia. Após o início da emergência, o sombrite foi retirado e, quando as plântulas atingiram o estágio de “palito de fósforo”, foi feita a repicagem para os recipientes definitivos dos diferentes tratamentos.

TABELA 1 – Características químicas dos três substratos supracitados, sem a adição de fertilizantes: pH, condutividade elétrica (CE) e teores solúveis de nutrientes. Lavras, MG, 2006.

SUBSTRATO	pH	CE	N-Nit.	N-Am.	P	K	Ca	Mg
		DS m <sup>-1</sup>	Mg L <sup>-1</sup>					
<b>Alternativo</b>	5,7	1,2	12,8	4,5	8,6	103,7	82,6	32,4
<b>Comercial</b>	5,0	2,8	46,2	7,6	10,8	119,3	178,6	85,9
<b>Padrão*</b>	6,6	0,6	34,6	3,4	0,4	103,7	16,9	8,7
SUBSTRATO	S	Na	Cl	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	Mg L <sup>-1</sup>							
<b>Alternativo</b>	57,5	70,0	84,1	0,1	0,04	0,6	0,4	0,1
<b>Comercial</b>	383,0	29,6	199,2	0,3	0,02	0,5	0,4	0,1
<b>Padrão*</b>	1,3	21,6	77,0	0,1	0,01	0,05	0,02	<0,01

Análise realizada pelo Laboratório de Análise de Solo e Planta do Instituto Agronômico de Campinas.

Método de extração: 1:1,5 (Holanda). Métodos de determinação: N-(amoniacal e nitrato): destilação; K, Ca, Mg, P, S, Cu, Fe, Mn, Zn: ICP-OES.

\* Método de extração: 1:2 (Holanda). Métodos de determinação: N-(amoniacal e nitrato): destilação; K, Ca, Mg, P, S, Cu, Fe, Mn, Zn: ICP-OES.

TABELA 2 – Características físicas dos três substratos supracitados: sólidos (S), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD) e água retida a 50 cm de coluna d'água (AR-50). Lavras, MG, 2006.

SUBSTRATO	S	PT	EA	AFD	AR-50
	%				
<b>Alternativo</b>	22	78	38	18	22
<b>Comercial</b>	28	72	9	22	41
<b>Padrão</b>	28	72	8	17	47

Análise realizada pelo Laboratório de Análise de Solo e Planta do Instituto Agronômico de Campinas.

### 3.1.5 Avaliações

O experimento foi encerrado quando todos os tratamentos atingiram, pelo menos quatro pares de folhas verdadeiras. Foram avaliadas cinco plantas de cada tratamento, para as seguintes características:

- altura das plantas: medida do colo até o meristema apical do ramo ortotrópico, obtendo-se a média por planta, em centímetros;

- diâmetro do caule: medido na região do colo, obtendo-se o valor médio, em milímetros por planta;

- número de nós: contado a partir da inserção das folhas cotiledonares até a inserção do último par de folhas;

- área foliar: obtendo-se o valor médio, em centímetros quadrados por planta, estimado a partir da metodologia proposta por Huerta (1962) e Barros et al. (1973), confirmada por Gomide et al. (1977), que consiste em medir o maior comprimento e a maior largura de uma das folhas de cada par, desde que esta não possua comprimento inferior a 2,5 centímetros. O valor obtido em cada folha de cada muda foi multiplicado pela constante 0,667, somado e multiplicado por dois para se obter a área foliar de cada muda;

- massa seca do sistema radicular: as mudas foram retiradas dos recipientes e lavadas em água corrente. Em seguida, separou-se o sistema radicular da parte aérea cortando-se o caule na altura do colo. Os sistemas radiculares foram acondicionados em sacos de papel, devidamente etiquetados e colocados para secar em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 60°C até atingirem massa constante. Pesou-se o material em balança de precisão e o resultado foi expresso em gramas por planta;

- massa seca da parte aérea: procedimento semelhante ao da característica anterior, sendo o resultado também expresso em gramas por planta;

- relação massa seca do sistema radicular/massa seca da parte aérea. obtida pela divisão dos valores de massa seca do sistema radicular pelo de massa seca da parte aérea.

### **3.2 Experimento 2: Desenvolvimento inicial de plantas de cafeeiro provenientes de mudas produzidas em diferentes recipientes e substratos, submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico, em condições de casa de vegetação**

O experimento foi montado e conduzido em casa de vegetação, no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da UFLA. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial (3 x 3 x 4): em que o primeiro fator refere-se às mudas produzidas nos três recipientes já citados; o segundo fator refere-se aos três substratos utilizados e o terceiro fator foi constituído por quatro intervalos entre irrigações, 2, 6, 10 e 14 dias. Foram utilizadas 4 repetições, totalizando 36 tratamentos e 144 parcelas. Cada parcela foi composta por 2 vasos, com capacidade de 10 litros de solo, com uma planta em cada.

A casa de vegetação utilizada neste experimento é de cobertura tipo arco, com pé direito de 4 metros e totalmente revestida com filme de polietileno de baixa densidade do tipo leitoso. Apresenta dois exaustores em uma das extremidades, e na outra, existe uma antecâmara, provida de microaspersores que tem a função de umedecer o ambiente para que o ar úmido seja trazido para dentro da casa de vegetação toda vez que os exaustores forem acionados. O acionamento destes é automático, controlado por um termostato que se liga no momento em que a temperatura no interior da casa de vegetação esteja em 27°C. A temperatura da casa de vegetação foi monitorada por um termohigrógrafo,

tendo a temperatura máxima atingida durante o período do experimento sido de 38°C.

No interior da casa de vegetação existem bancadas metálicas com um metro de altura, um metro de largura e dois de comprimento, nas quais foram colocados os vasos do experimento.

O solo utilizado foi retirado da área de plantio do Setor de Cafeicultura da Universidade Federal de Lavras, caracterizado como Latossolo Vermelho Distroférico típico. O solo já se encontrava corrigido e o resultado da análise química se encontra na Tabela 3.

TABELA 3 – Resultado da análise de solo de 0 a 20 centímetros, utilizado para cultivo nos vasos. UFLA, Lavras, MG, 2006.

pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	P-rem
H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						%		mg L <sup>-1</sup>	
6,2	41,3	266	4,1	1,1	0	3,6	5,9	5,9	9,5	62	0	14,7

O solo foi peneirado em peneira com 1,5 cm de malha. Em seguida encheram-se os vasos com o mesmo peso de solo seco (8 kg), suplementando com adubação fosfatada, de acordo com Guimarães et al. (1999). O passo seguinte foi determinar o peso médio dos vasos quando o solo dos mesmos se encontrava na capacidade de campo. Para isto, efetuou-se uma irrigação farta em uma amostra de 13 vasos; em seguida, eles foram cobertos com uma lona preta e permaneceram em local sombreado até atingirem peso constante. Calculou-se também o peso médio das mudas, com torrão, provenientes de cada tratamento.

Portanto, ao se plantar cada muda em um respectivo vaso, tinha-se o peso médio deste, na capacidade de campo e com uma muda plantada. O passo seguinte foi plantar as mudas, distribuir as parcelas nas bancadas dentro da casa

de vegetação e irrigar até drenar água no fundo dos vasos. A partir deste momento, a cada 2, 6, 10 e 14 dias, pesavam-se alguns vasos de cada turno de rega, determinando-se o peso médio destes, com o solo na umidade atual. Este peso médio era, então, subtraído do peso médio do respectivo vaso na capacidade de campo e, por fim, determinava-se a quantidade de água que iria ser aplicada em cada vaso do turno de rega em questão. Todo este procedimento foi determinado seguindo as recomendações de Melo et al. (1998). Paralelamente, foram conduzidos quatro vasos de cada turno de rega, para controle do aumento de peso que as mudas apresentavam com o passar do tempo e que deveria ser levado em consideração. Foram feitas correções dos pesos médios dos vasos, aos 45 e 90 dias após o transplante das mudas.

O experimento foi conduzido durante quatro meses e ao final deste período, foram avaliadas as seguintes características:

- altura das plantas: medida do colo até o meristema apical do ramo ortotrópico, obtendo-se a média por planta, em centímetros;
- diâmetro do caule: medido na região do colo, obtendo-se o valor médio, em milímetros por planta;
- número de nós no ramo ortotrópico por planta;
- número de ramos plagiotrópicos por planta;
- número de nós nos ramos plagiotrópicos por planta;
- área foliar: Obtendo-se o valor médio, em centímetros quadrados por planta, pela mesma metodologia proposta para a caracterização das mudas;
- massa seca do sistema radicular e da parte aérea: seguindo a mesma metodologia proposta para a caracterização das mudas;
- relação massa seca do sistema radicular/massa seca da parte aérea.

### **3.3 Experimento 3: Desenvolvimento inicial de cafeeiros oriundos de mudas produzidas em diferentes recipientes e substratos, após o plantio no campo, sem irrigação complementar**

O experimento foi montado e conduzido na área experimental do Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial (3 x 3), com parcela subdividida no tempo. Os fatores foram constituídos por mudas produzidas em três recipientes e três substratos distintos já citados anteriormente neste trabalho. Foram utilizadas quatro repetições, totalizando 9 tratamentos e 36 parcelas. Cada parcela foi composta por sete plantas em linha, sendo as cinco plantas centrais consideradas úteis.

As mudas foram plantadas em um solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico típico e relevo ondulado (Embrapa, 1999). As correções e fertilizações foram realizadas seguindo-se as recomendações de Guimarães et al. (1999). As mudas foram plantadas em espaçamento de três metros entre linhas e sessenta centímetros entre plantas, ocupando uma área total de 455 metros quadrados. Os tratos culturais foram realizados seguindo as recomendações de Mendes & Guimarães (1998). O transplante das mudas foi realizado em janeiro de 2004 e o experimento foi conduzido durante vinte meses, tendo as avaliações sido realizadas por ocasião do transplante, aos cinco (junho/2004), dez (novembro/2004), quinze (abril/2005) e aos vinte meses após o transplante das mudas (setembro/2005). Os dados climatológicos do período de condução do experimento são apresentados na Figura 1.

Foram avaliadas as seguintes características:

- altura das plantas: medida do colo até o meristema apical do ramo ortotrópico, obtendo-se a média por planta, em centímetros;

- diâmetro do caule: medido na região do colo, obtendo-se o valor médio, em milímetros por planta;
- número médio de nós no ramo ortotrópico por planta;
- número médio de ramos plagiotrópicos por planta (avaliação realizada apenas nas quatro últimas avaliações);
- número médio de nós nos ramos plagiotrópicos por planta (avaliação realizada apenas nas quatro últimas avaliações).

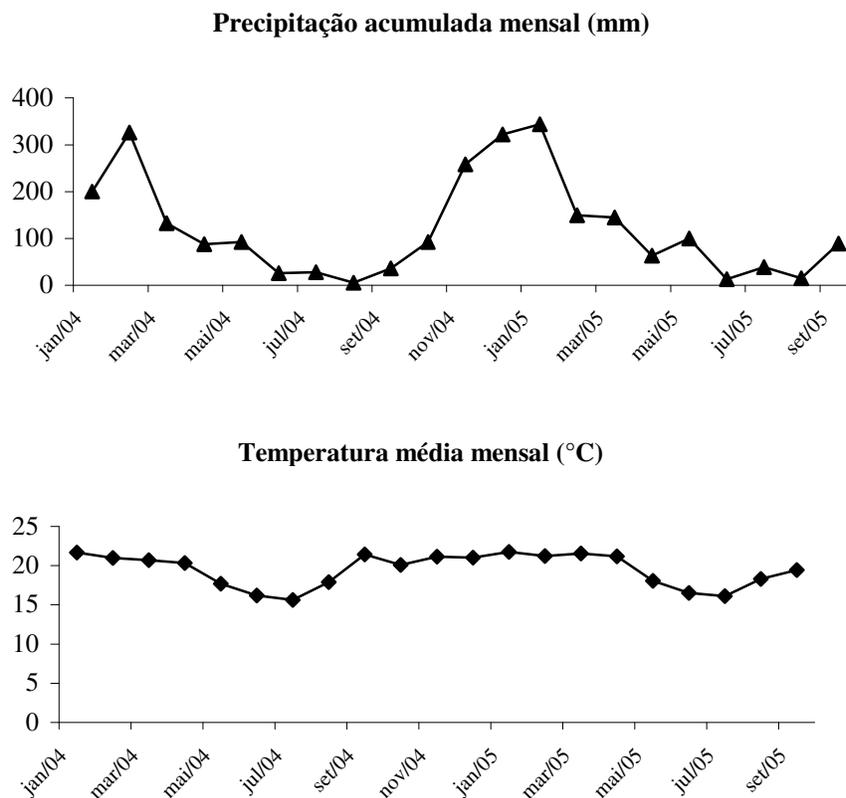


FIGURA 1 – Dados climatológicos obtidos em uma estação meteorológica localizada no Setor de Cafeicultura da UFLA, de janeiro de 2004 a setembro de 2005: precipitações acumuladas mensais e temperatura média mensal. Lavras, MG, 2006.

### **3.4 Análises estatísticas**

As análises estatísticas foram feitas, com base nos delineamentos adotados, realizando-se a análise de variância dos dados à significância de 5% e 1% 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, a 5% e 1% de probabilidade. Para os quantitativos foi feito um estudo de regressão, segundo metodologia recomendada por Banzatto & Kronka (1995) e Vieira (1999).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Experimento 1: Efeitos de diferentes recipientes e substratos no desenvolvimento de mudas de cafeeiro

Na Tabela 4 são apresentados os resultados do resumo das análises de variância para sete características de desenvolvimento de mudas de cafeeiro em função da utilização de diferentes recipientes e substratos.

Observa-se que a interação entre os fatores, recipientes e substratos, foi não significativa para todas as características avaliadas, indicando que os fatores agem de maneira independente sobre tais características. Estes resultados estão de acordo com Campos (2002) e discordam de Cunha et al. (2002), Mendonça et al. (2003) e Santos et al. (2000). Estes autores trabalharam com diferentes recipientes e substratos, mas não os mesmos do presente trabalho, portanto, os resultados não devem ser comparados de maneira convencional. Observou-se neste trabalho, que o comportamento dos três substratos utilizados não depende do tipo de recipiente utilizado, tendo sido semelhante nos três recipientes estudados.

As médias observadas de diâmetro de caule, altura de mudas, número de nós, área foliar, massa seca da parte aérea, massa seca do sistema radicular e relação massa seca do sistema radicular/massa seca da parte aérea de mudas de cafeeiro, em função de diferentes recipientes e substratos são apresentadas nas Tabelas 5 e 6, respectivamente.

TABELA 4 – Resumo das análises de variância, coeficientes de variação e médias gerais para diâmetro de caule, altura, número de nós, área foliar, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR) e relação entre MSSR e MSPA (MSSR/MSPA), em mudas de cafeeiro, em função de diferentes recipientes e substratos. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de variação	G. L.	Quadrados médios						
		Diâmetro (mm)	Altura (cm)	Nº de nós	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	MSPA (g)	MSSR (g)	MSSR/MSPA
<b>Bloco</b>	3	0,0137	3,6595	0,1463	63,8700	0,0104	0,00400	0,00246
<b>Recipiente (R)</b>	2	0,3182**	40,7747**	1,9511**	24218,2087**	0,5057**	0,00022	0,05773**
<b>Erro 1</b>	6	0,0034	0,6970	0,0341	224,3185	0,0124	0,00085	0,00139
<b>Substrato (S)</b>	2	0,0848**	9,8803**	0,1411	2929,9078**	0,0782**	0,00313*	0,00127
<b>R x S</b>	4	0,0241	0,2562	0,0478	195,3738	0,0020	0,00054	0,00048
<b>Erro 2</b>	18	0,0124	0,8211	0,0448	122,7323	0,0095	0,00065	0,00062
<b>CV 1 (%)</b>		2,13	5,31	3,98	10,70	11,91	12,05	13,8
<b>CV 2 (%)</b>		4,04	5,76	4,56	7,91	10,42	10,56	9,21
<b>Média geral</b>		2,76	15,72	4,64	140,02	0,94	0,24	0,27

\* e \*\* significativo, a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

TABELA 5 – Valores médios<sup>1</sup> de diâmetro de caule (Diam.), altura (Alt.), número de nós (Nº nós), área foliar (A. F.), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR) e relação entre MSSR e MSPA (MSSR/MSPA) em mudas de cafeeiro em função de diferentes recipientes. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Recipiente <sup>2</sup>	Diâm. (mm)	Alt. (cm)	Nº nós	A. F. (cm <sup>2</sup> )	MSPA (g)	MSSR (g)	MSSR/ MSPA
<b>T-50</b>	2,57 b	13,60 b	4,18 b	92,47 c	0,712 c	0,245 a	0,347 a
<b>T-120</b>	2,82 a	16,96 a	4,78 a	145,84 b	0,979 b	0,244 a	0,249 b
<b>SAQ.</b>	2,88 a	16,61 a	4,95 a	181,75 a	1,115 a	0,237 a	0,213 b

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> Recipientes:

T-50 – Tubete com capacidade volumétrica de 50 mL;

T-120 – Tubete com capacidade volumétrica de 120 mL;

SAQ. – Saquinho de polietileno.

Com relação aos efeitos dos recipientes, observou-se que o recipiente de menor capacidade volumétrica, isto é, o tubete de 50 mL, apresentou as menores médias para a maioria das características avaliadas. A exceção foi apenas para massa seca do sistema radicular, cuja média foi semelhante à dos demais e para relação entre as massa secas do sistema radicular e da parte aérea. Estes resultados estão de acordo com Johnson et al. (1996), citados por Samôr et al. (2002), que relatam que mudas cujos sistemas radiculares se encontram em condições de estresse tendem aumentar a alocação de fotoassimilados para as raízes, em detrimento da parte aérea. O que ocorreu foi justamente isso, pois, mesmo se tratando de um volume muito reduzido, a média observada de massa seca do sistema radicular foi semelhante à de outros recipientes. Entretanto, a parte aérea foi inferior à dos demais, o que resultou em uma maior relação entre a massa seca do sistema radicular e da parte aérea. Esta característica é citada

por Samôr et al. (2002) como indicativa de qualidade de mudas, sendo que quanto maior a relação entre a massa seca do sistema radicular, melhor a qualidade da muda. Entretanto, o mesmo autor recomenda não analisar isoladamente esta característica.

Para as características área foliar e massa seca da parte aérea, as melhores médias foram obtidas utilizando-se saquinho de polietileno. Neste recipiente também obteve-se média superior, juntamente com o tubete de 120 mL para as características diâmetro de caule, altura de mudas e número de nós. Estes dois recipientes também foram semelhantes na relação entre as massas secas do sistema radicular e da parte aérea, sendo, porém, inferiores ao que foi obtido pelo tubete de 50 mL. De modo geral, a maioria dos pesquisadores que trabalham com diferentes tamanhos de recipientes em mudas, não só de cafeeiro, mas também espécies florestais e frutíferas, obtém melhores médias em recipientes de maiores volumes (Campos, 2002; Cunha et al., 2002; Cunha et al., 2005; Girardi et al., 2005; Mendonça et al., 2003; Vallone, 2003).

Com relação aos efeitos dos substratos, observou-se que apenas para as características número de nós e relação entre as massas secas do sistema radicular e da parte aérea, não foram detectadas diferenças significativas entre as médias. Para as demais características, o substrato alternativo, juntamente com o comercial, apresentou médias superiores às obtidas pelo substrato padrão. Este resultado pode estar relacionado à fertilidade natural dos substratos, em que o substrato padrão apresenta menores níveis de vários nutrientes (Tabela 1) e também às características físicas dos substratos. Nesse sentido, Kämpf (2002) não recomenda a utilização de solo mineral (principalmente argiloso) em recipientes com menos de 500 mL de capacidade volumétrica, devido a motivos sanitários, mas, principalmente, devido às características físicas deste, relacionadas à densidade, aeração e retenção de água por este tipo de substrato.

Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Vallone (2003) que comparou o mesmo substrato comercial com diferentes proporções de casca de arroz carbonizada, concluindo que o substrato constituído de 65% de casca de arroz carbonizada + 35% de substrato comercial Plantmax<sup>®</sup>, é uma alternativa viável à produção de mudas de cafeeiro em tubetes, necessitando apenas ser testado em condições de campo, após o transplante.

TABELA 6 – Valores médios<sup>1</sup> de diâmetro de caule (Diam.), altura (Alt.), número de nós (Nº nós), área foliar (A. F.), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR) e relação entre MSSR e MSPA (MSSR/MSPA) em mudas de cafeeiro em função de diferentes substratos. UFLA, Lavras, MG, 2006.

<b>Substrato</b>	<b>Diâm.</b> <b>(mm)</b>	<b>Alt.</b> <b>(cm)</b>	<b>Nº nós</b>	<b>A. F.</b> <b>(cm<sup>2</sup>)</b>	<b>MSPA</b> <b>(g)</b>	<b>MSSR</b> <b>(g)</b>	<b>MSSR/ MSPA</b>
<b>Alternativo</b>	2,78 a	16,21 a	4,53 a	153,05 a	0,999 a	0,250 a	0,258 a
<b>Comercial</b>	2,82 a	16,27 a	4,63 a	144,32 a	0,962 a	0,253 a	0,274 a
<b>Padrão</b>	2,66 b	14,67 b	4,75 a	122,69 b	0,844 b	0,223 b	0,277 a

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Este primeiro experimento também teve como função produzir e caracterizar as mudas a serem utilizadas nos experimentos seguintes, pois o estudo de produção de mudas não deve parar com a obtenção da muda propriamente dita, mas sim, avaliar o comportamento desta muda após o transplante no campo, em condições normais de condução de uma lavoura para, só então, chegar a resultados conclusivos sobre a qualidade das mudas produzidas. Por este motivo resolveu-se dar continuidade a este experimento, implantando-se estas mudas em vasos dentro de casa de vegetação e no campo,

sem irrigação complementar, para melhor avaliar a qualidade das mudas produzidas com estes recipientes e substratos.

#### **4.2 Experimento 2: Desenvolvimento inicial de plantas de cafeeiro provenientes de mudas produzidas em diferentes recipientes e substratos, submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico, em condições de casa de vegetação**

O resumo das análises de variância, coeficientes de variação e médias gerais para nove características de desenvolvimento de mudas de cafeeiro produzidas em diferentes recipientes, substratos e níveis de estresse hídrico, 120 dias após o transplante para os vasos, é apresentado nas Tabelas 7 e 8.

Observa-se que, para as características altura de plantas, número de nós no ramo ortotrópico e número de ramos plagiotrópicos, nenhuma interação significativa foi detectada. Isso significa que, para estas características, os fatores interferem de maneira independente uns dos outros, isto é, os efeitos dos substratos não dependem do recipiente utilizado e nem do turno de rega aplicado. De certa forma, esta tendência já havia sido detectada no experimento anterior, em que os fatores substratos e recipientes se comportaram também de forma isolada. Para todas as outras características de desenvolvimento avaliadas foram detectadas interações significativas, tendo a interação substrato x turno de rega se apresentado significativa apenas para massa seca do sistema radicular. Observou-se interação significativa de recipientes x substrato para as características diâmetro e relação massa seca do sistema radicular/massa seca da parte aérea. Para as demais características, a significância encontrada foi de recipientes x turno de rega.

TABELA 7 – Resumo das análises de variância, coeficientes de variação e médias gerais para diâmetro de caule, altura, número de nós no ramo ortotrópico, número de ramos plagiotrópicos (Nº plag.), números de nós nos ramos plagiotrópicos (Nº nós plag.), área foliar, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR) e relação entre MSSR e MSPA (MSSR/MSPA), em cafeeiros, 120 dias após o transplante, em função de diferentes turnos de rega, recipientes e substratos utilizados na produção das mudas. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de Variação	G. L.	Quadrados Médios								
		Diâmetro (mm)	Altura (cm)	Nº nós Ort.	Nº plag.	Nº nós plag.	A. F. (cm <sup>2</sup> )	MSPA (g)	MSSR (g)	MSSR/MSPA
<b>Bloco</b>	3	0,211	141,8512	0,2292	0,5388	24,447	571603,100	40,3059	1,839	0,0018
<b>Recipientes (R)</b>	2	6,729**	376,0852**	2,7622**	23,0677**	368,231**	1444965,802**	960,807**	64,850**	0,003**
<b>Substratos (S)</b>	2	5,142**	259,8521**	0,3038	7,0365**	87,241**	836768,979**	391,194**	39,967**	0,0029**
<b>Turno Rega (TR)</b>	3	37,949**	2060,313**	6,9468**	56,8953**	722,248**	14098446,30**	2304,108**	106,402**	0,0007
<b>R x S</b>	4	1,104*	4,6384	0,2648	0,0729	3,377	71753,689	4,0052	2,606	0,0012*
<b>R x TR</b>	6	1,779**	16,8468	0,2367	0,6765	16,089**	285857,57**	57,301**	5,111**	0,0012*
<b>S x TR</b>	6	0,338	9,4892	0,1672	0,1939	5,427	69520,659	14,638	2,739*	0,0006
<b>R x S x TR</b>	12	0,402	6,0400	0,1421	0,6991	8,388	77850,893	12,934	0,505	0,00018
<b>Erro</b>	105	0,380	15,8286	0,1935	0,4697	5,015	50224,391	8,860	1,200	0,0004
<b>C. V. (%)</b>		7,37	5,89	3,61	9,33	13,81	9,69	7,98	14,33	9,79
<b>Média Geral</b>		8,37	67,49	12,17	7,34	16,22	2313,79	37,29	7,65	0,204

\* e \*\* significativo, a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

### Diâmetro do caule

O diâmetro de caule apresentou interação entre recipientes e substratos significativa, indicando que o comportamento de pelo menos um dos fatores depende do nível adotado do outro fator. O desdobramento da interação é apresentado nas Tabelas 8 e 9.

Observa-se, pelas Tabelas 8 e 9, que tanto o tubete de 50 mL de capacidade volumétrica quanto o substrato comercial não influenciaram o diâmetro dos cafeeiros após 120 dias do transplante das mudas. Para os demais tratamentos, houve influência significativa, tendo as plantas provenientes de mudas produzidas no recipiente saquinho de polietileno apresentado média superior às demais, quando se utilizou o substrato alternativo. Porém, quando se utilizou o substrato padrão, a média apresentada foi semelhante à das plantas provenientes de mudas produzidas em tubete de 120 mL e superior à das plantas provenientes de mudas produzidas em tubete de 50 mL. O substrato padrão, embora durante a fase de viveiro tenha proporcionado mudas com menores médias de diâmetro de caule, apresentou uma surpreendente adaptação à nova condição, proporcionando cafeeiros com médias superiores às demais, tanto no recipiente saquinho de polietileno, quanto no tubete de 120 mL (Tabela 10).

TABELA 8 – Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada substrato para diâmetro de caule de cafeeiros, 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de Variação	Substratos	G. L.	Quadrados médios
Recipiente	Alternativo	2	3,1745**
Recipiente	Comercial	2	0,1908
Recipiente	Padrão	2	5,5720**
Resíduo		105	0,3803

\*\* significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 9 – Resumo da análise de variância do desdobramento de substratos dentro de cada recipiente para diâmetro de caule de cafeeiros, 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de Variação	Recipientes	G. L.	Quadrados médios
Substrato	T-50	2	0,859
Substrato	T-120	2	3,505**
Substrato	SAQ.	2	2,987**
Resíduo		105	0,380

\*\* significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 10 – Valores médios<sup>1</sup> de diâmetro de caule de cafeeiros, 120 dias após o transplante, em milímetros, em função de diferentes recipientes e substratos. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Recipiente	Substratos		
	Alternativo	Comercial	Padrão
T-50	7,703 b A	8,128 a A	8,076 b A
T-120	8,114 b B	8,228 a B	8,976 a A
SAQ.	8,593 a B	8,346 a B	9,187 a A

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

O resumo das análises de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada turno de rega, para a característica diâmetro de caule de cafeeiros, 120 dias após o transplante para os vasos, é apresentado na Tabela 11. Foram detectadas diferenças significativas entre plantas provenientes de mudas produzidas em diferentes recipientes nos turnos de rega de 2, 6 e 14 dias. Na Tabela 12, são apresentadas as médias de cada recipiente em função do turno de rega aplicado.

TABELA 11 – Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada turno de rega, para diâmetro de caule de cafeeiros, 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de variação	Turno de rega <sup>1</sup>	G. L.	Quadrados médios
<b>Recipiente</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	9,0025**
<b>Recipiente</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	1,3701*
<b>Recipiente</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	0,2075
<b>Recipiente</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	1,4866*
<b>Resíduo</b>		<b>105</b>	0,3803

\* e \*\* significativo, a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

TABELA 12 – Valores médios<sup>1</sup> de diâmetro de caule de cafeeiros, avaliados aos 120 dias após o transplante, em milímetros, em função de diferentes recipientes e turno de rega. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Recipiente	Turno de rega (dias)			
	2	6	10	14
<b>T-50</b>	8,483 b	8,662 b	8,007 a	6,725 b
<b>T-120</b>	9,681 a	8,815 b	7,862 a	7,399 a
<b>SAQ.</b>	10,165 a	9,308 a	8,124 a	7,238 a

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Observa-se que as plantas oriundas de mudas produzidas em tubetes de 50 mL de capacidade volumétrica, desenvolveram-se menos que as provenientes de mudas produzidas nos demais recipientes, nos turnos de rega de 2 e 14 dias, sendo semelhantes às produzidas em tubetes de 120 mL nos turnos de rega de 6 e 10 dias. As plantas oriundas de mudas produzidas no recipiente saquinho de polietileno destacaram-se nos três turnos de rega já citados, apresentando

médias superiores às dos demais recipientes no turno de rega de 6 dias e médias semelhantes às das produzidas em tubetes de 120 mL nos demais turnos de rega. Este resultado discorda dos obtidos por Falco et al. (1997), em que mudas provenientes de tubetes de 120 mL desenvolveram-se mais que as produzidas em saquinhos de polietileno, quando conduzidas em vasos com aplicação de déficit hídrico. Entretanto, concorda com Matiello et al. (2000) e Samôr et al. (2002), que verificaram desenvolvimento superior de mudas produzidas em recipientes maiores, quando plantadas em vasos.

### **Altura de plantas**

Para a característica altura de plantas, foram observados efeitos significativos para recipientes, substratos e turno de rega, e efeitos não significativos para todas as interações. As médias de altura de plantas verificadas em função dos recipientes, substratos e turno de rega se encontram nas Tabelas 13 e 14 e na Figura 2, respectivamente.

Observa-se que, ao se aumentar o recipiente para a produção da mudas, aumenta-se também a altura dos cafeeiros. Resultado semelhante aos obtidos por Matiello et al. (2000); Reis et al. (1989) e Samôr et al. (2002). Entretanto, são discrepantes dos obtidos por Falco et al. (1997).

TABELA 13 – Valores médios<sup>1</sup> de altura de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante, em centímetros, em função de diferentes recipientes. UFLA, Lavras, MG, 2006.

<b>Recipiente</b>	<b>Altura (cm)</b>
<b>T-50</b>	64,573 c
<b>T-120</b>	67,760 b
<b>SAQ.</b>	70,152 a

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Com relação aos substratos, mais uma vez destaca-se o melhor desempenho das plantas provenientes do substrato padrão que, mesmo obtendo menor altura durante a fase de viveiro, se recuperaram e apresentaram a melhor média de altura, apenas 120 dias após o transplante para os vasos.

Quanto aos turnos de rega aplicados, observou-se um efeito quadrático em função do aumento nos intervalos entre irrigações, com destaque para os dois turnos de rega mais freqüentes. A partir daí, como já era esperado, houve um decréscimo acelerado da altura de plantas. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Falco et al. (1997). Em se tratando de implantação de lavouras, este resultado aplica-se para as condições de campo, indicando que intervalos entre chuvas superiores a seis dias podem interferir no desenvolvimento dos cafeeiros.

TABELA 14 – Valores médios<sup>1</sup> de altura de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante, em centímetros, em função de diferentes substratos. UFLA, Lavras, MG, 2006.

<b>Substrato</b>	<b>Altura (cm)</b>
<b>Alternativo</b>	65,620 b
<b>Comercial</b>	66,767 b
<b>Padrão</b>	70,099 a

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

### **Área foliar**

Para a característica área foliar, foram detectados efeitos significativos para substrato e para a interação recipientes X turno de rega. As médias obtidas em função do substrato utilizado na produção das mudas se encontram na Tabela 15. Observa-se que, novamente, as mudas produzidas com o substrato padrão apresentaram médias superiores às demais.

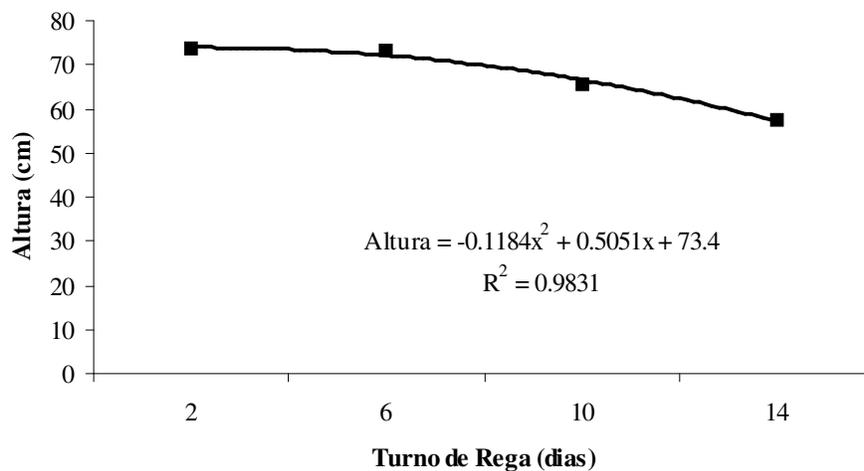


FIGURA 2 – Representação gráfica e equação de regressão para altura de cafeeiros, em centímetros, aos 120 dias após o transplante, em função do turno de rega. UFLA, Lavras, 2006.

Nas Tabelas 16 e 17 são apresentados, respectivamente, o resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada turno de rega e as médias de área foliar por cafeeiro, obtidas em função do recipiente utilizado na produção de mudas e do turno de rega aplicado.

TABELA 15 – Valores médios<sup>1</sup> de área foliar, em centímetros quadrados, de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante, em função de diferentes substratos. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Substrato	Área foliar (cm <sup>2</sup> )
Alternativo	2210,44 b
Comercial	2268,40 b
Padrão	2462,53 a

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Foram observados efeitos significativos nos turnos de rega de dois, seis e quatorze dias, tendo as plantas oriundas de mudas produzidas em saquinho de polietileno apresentado médias superiores às demais. As plantas oriundas de mudas produzidas em tubete de 50 mL de capacidade volumétrica apresentaram médias inferiores a todas as demais no turno de rega de dois dias e médias semelhantes às provenientes de mudas produzidas em tubetes de 120 mL nos demais turnos de rega, com efeitos significativos, isto é, 6 e 14 dias.

TABELA 16 – Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada turno de rega, para área foliar de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de variação	Turno de rega (dias)	G. L.	Quadrados médios
Recipiente	2	2	1834717,49**
Recipiente	6	2	171742,20*
Recipiente	10	2	98951,84
Recipiente	14	2	197126,98*
Resíduo		105	50224,39

\* e \*\* significativo, a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

TABELA 17 – Valores médios<sup>1</sup> de área foliar de cafeeiros, em centímetros quadrados, aos 120 dias após o transplante, em função de diferentes recipientes e turno de rega. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Recipiente	Turno de rega (dias)			
	2	6	10	14
T-50	2408,64 c	2755,60 b	2022,29 a	1431,92 b
T-120	2882,48 b	2717,07 b	2089,79 a	1462,71 b
SAQ.	3184,34 a	2940,84 a	2202,05 a	1667,71 a

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

### **Número de nós no ramo ortotrópico**

O número de nós no ramo ortotrópico dos cafeeiros foi influenciado significativamente apenas pelos recipientes utilizados e pelos turnos de rega aplicados. Os diferentes substratos estudados não influenciaram esta característica, até 120 dias após o transplante para os vasos.

Observa-se, pela Tabela 18, que os cafeeiros provenientes de mudas produzidas em saquinho de polietileno apresentaram médias superiores às das mudas produzidas nos demais recipientes. Vale ressaltar que, embora a diferença encontrada tenha sido significativa, a diferença numérica é muito reduzida, não tendo, portanto, muita importância prática.

TABELA 18 – Valores médios<sup>1</sup> de número de nós no ramo ortotrópico de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante, em função de diferentes recipientes. UFLA, Lavras, MG, 2006.

<b>Recipiente</b>	<b>Nº de nós</b>
<b>T-50</b>	11,97 b
<b>T-120</b>	12,11 b
<b>SAQ.</b>	12,44 a

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Na Figura 3, observa-se a influência do aumento no intervalo entre irrigações no número de nós do ramo ortotrópico de cafeeiros, 120 dias após o transplante das mudas para os vasos. Nota-se, novamente que, à medida que se aumenta o turno de rega, reduz-se o número de nós do ramo ortotrópico dos cafeeiros.

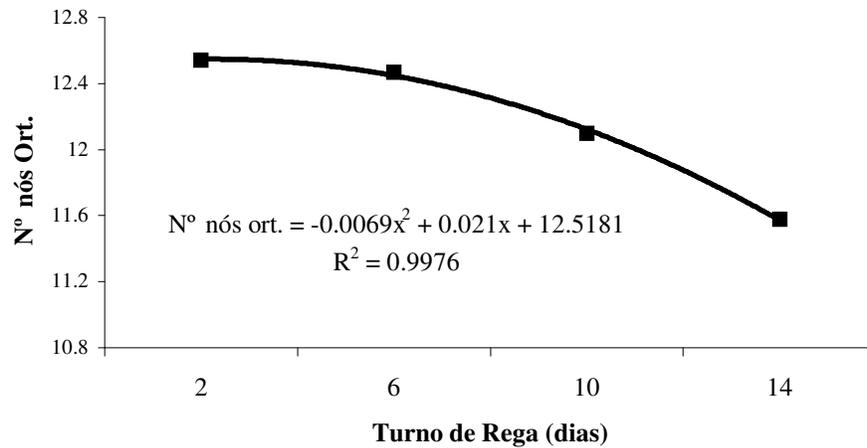


FIGURA 3 – Representação gráfica e equação de regressão para número de nós no ramo ortotrópico de cafeeiros, 120 dias após o transplante, em função do turno de rega. UFLA, Lavras, 2006.

#### Número de ramos plagiotrópicos

A característica número de ramos plagiotrópicos, importante característica ligada ao potencial produtivo de cafeeiros, apresentou uma resposta muito semelhante à da altura de plantas, apresentando efeitos significativos apenas para tipos de recipientes, substratos e turno de rega, não apresentando nenhuma interação significativa. As médias de número de ramos plagiotrópicos por cafeeiro em função dos recipientes e substratos utilizados na produção das mudas e do turno de rega aplicado, encontram-se nas Tabelas 19 e 20 e na Figura 4, respectivamente.

As plantas provenientes de mudas produzidas no recipiente saquinho de polietileno apresentaram médias superiores às produzidas no recipiente tubete de 120 mL que, por sua vez, foram superiores às produzidas em tubetes de 50 mL, concordando novamente com Matiello et al. (2000), Reis et al. (1989) e Samôr et al. (2002).

TABELA 19 – Valores médios<sup>1</sup> de número de ramos plagiotrópicos de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante, em função de diferentes recipientes. UFLA, Lavras, MG, 2006.

<b>Recipiente</b>	<b>Número de plagiotrópicos</b>
<b>T-50</b>	6,64 c
<b>T-120</b>	7,38 b
<b>SAQ.</b>	8,02 a

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

TABELA 20 – Valores médios<sup>1</sup> de número de ramos plagiotrópicos de cafeeiros 120 dias após o transplante, em função de diferentes substratos. UFLA, Lavras, MG, 2006.

<b>Substrato</b>	<b>Número de plagiotrópicos</b>
<b>Alternativo</b>	7,03 b
<b>Comercial</b>	7,23 b
<b>Padrão</b>	7,77 a

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

As plantas provenientes de mudas produzidas com substrato padrão também se destacaram nesta característica, proporcionando médias superiores às produzidas com substrato comercial e alternativo, que foram semelhantes entre si, mostrando, mais uma vez, a grande adaptação das mudas produzidas com este substrato, quando plantadas em vasos. Esta adaptabilidade pode ser em função do fato de o solo utilizado para a confecção do substrato ser muito parecido com o solo utilizado no enchimento dos vasos. Ambos são solos argilosos, com características semelhantes.

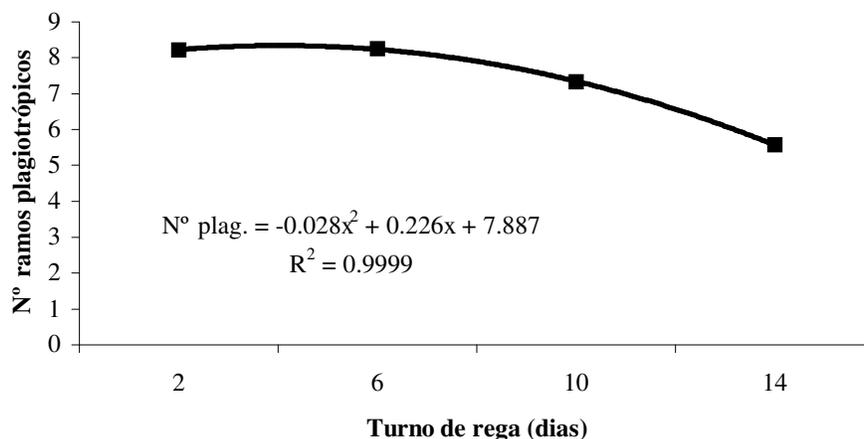


FIGURA 4 – Representação gráfica e equação de regressão para número de ramos plagiotrópicos em cafeeiros, 120 dias após o transplante, em função do turno de rega. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Quanto aos efeitos do turno de rega, novamente, a regressão seguiu uma tendência quadrática. O ponto de máximo valor de número de ramos plagiotrópicos foi de aproximadamente, 4,0 dias entre irrigações. A partir daí, decresceu rapidamente.

#### **Número de nós nos ramos plagiotrópicos**

Esta característica também está relacionada diretamente com a capacidade produtiva do cafeeiro, sendo, portanto, de grande importância agrônômica. Foram observados efeitos significativos para recipientes, substratos, turno de rega e para a interação recipiente x turno de rega. Os valores médios de número de nós nos ramos plagiotrópicos, 120 dias após o transplante para os vasos são apresentados na Tabela 21. Verifica-se que as plantas provenientes de mudas produzidas com substrato alternativo e comercial

apresentaram médias semelhantes e inferiores às obtidas pelas plantas provenientes de mudas produzidas com substrato padrão.

TABELA 21 – Valores médios<sup>1</sup> de número de nós nos ramos plagiotrópicos de cafeeiros 120 dias após o transplante, em função de diferentes substratos. UFLA, Lavras, MG, 2006.

<b>Substrato</b>	<b>Nº nós nos ramos plagiotrópicos</b>
<b>Alternativo</b>	15,39 b
<b>Comercial</b>	15,49 b
<b>Padrão</b>	17,77 a

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Com relação à interação recipiente x turno de rega, foram observados efeitos significativos de recipientes em todos os turnos de rega aplicados (Tabela 22) e, mais uma vez, as mudas provenientes do recipiente saquinho de polietileno, apresentaram médias superiores às demais mudas, igualando-se ao tubete de 120 mL, apenas no turno de rega de seis dias. As mudas provenientes de tubetes de 50 mL apresentaram médias inferiores às demais nos turnos de rega dois, seis e dez dias (Tabela 23).

#### **Massa seca da parte aérea**

Para a característica massa seca da parte aérea, o comportamento apresentado pelos diferentes fatores do ensaio foi muito parecido com a característica anterior, em que foram detectados efeitos significativos para substratos e para a interação recipientes x turno de rega.

TABELA 22 – Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada turno de rega, para número de nós nos ramos plagiotrópicos de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de variação	Turno de rega (dias)	G. L.	Quadrados médios
<b>Recipiente</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	231,694**
<b>Recipiente</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	44,396**
<b>Recipiente</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	96,299**
<b>Recipiente</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	62,111**
<b>Resíduo</b>		<b>105</b>	5,015

\* e \*\* significativo, a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

TABELA 23 – Valores médios<sup>1</sup> de número de nós nos ramos plagiotrópicos de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante, em função de diferentes recipientes e turno de rega. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Recipiente	Turno de rega (dias)			
	2	6	10	14
<b>T-50</b>	15,25 c	17,33 b	12,29 c	8,17 b
<b>T-120</b>	20,33 b	19,79 a	15,92 b	9,83 b
<b>SAQ.</b>	24,00 a	21,13 a	17,88 a	12,67 a

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a de probabilidade.

As plantas provenientes de mudas produzidas com o substrato padrão proporcionaram o maior acúmulo de massa seca da parte aérea, tendo as provenientes de mudas produzidas pelos outros dois substratos apresentado médias semelhantes entre si (Tabela 24).

No desdobramento de recipientes dentro de cada turno de rega foram observados efeitos significativos de recipientes em todos os turnos de rega

aplicados (Tabela 25). Os valores médios de massa seca da parte aérea de cafeeiros em função do recipiente utilizado na produção das mudas e do turno de rega utilizado são apresentados na Tabela 26. As plantas provenientes de mudas produzidas no recipiente saquinho de polietileno alcançaram médias superiores a todas as outras plantas, seguindo a tendência das características anteriores.

TABELA 24 – Valores médios<sup>1</sup> de massa seca da parte aérea de cafeeiros (MSPA), em gramas por planta, aos 120 dias após o transplante, em função de diferentes substratos. UFLA, Lavras, MG, 2006.

<b>Substrato</b>	<b>MSPA</b>
<b>Alternativo</b>	35,28 b
<b>Comercial</b>	36,03 b
<b>Padrão</b>	40,56 a

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

TABELA 25 – Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada turno de rega, para massa seca da parte aérea de cafeeiros, em gramas por planta, aos 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006.

<b>Fontes de variação</b>	<b>Turno de rega (dias)</b>	<b>G. L.</b>	<b>Quadrados médios</b>
<b>Recipiente</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	679,347**
<b>Recipiente</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	166,198**
<b>Recipiente</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	189,662**
<b>Recipiente</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	97,502**
<b>Resíduo</b>		<b>105</b>	8,860

\* e \*\* significativo, a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

TABELA 26 – Valores médios<sup>1</sup> de massa seca da parte aérea de cafeeiros, em gramas por planta, aos 120 dias após o transplante, em função de diferentes recipientes e turno de rega. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Recipiente	Turno de Rega (dias)			
	2	6	10	14
<b>T-50</b>	36,70 c	39,73 b	30,65 c	24,76 b
<b>T-120</b>	44,76 b	41,94 b	35,09 b	26,26 b
<b>SAQ.</b>	51,73 a	46,99 a	38,58 a	30,28 a

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

#### **Massa seca do sistema radicular**

A massa seca do sistema radicular apresentou efeitos significativos para as interações recipientes x turno de rega e substratos x turno de rega. O resumo da análise de variância do desdobramento dos efeitos de recipientes dentro de cada turno de rega e os valores médios de massa seca do sistema radicular de cafeeiros, em função do recipiente utilizado na produção de mudas e do turno de rega utilizado, estão apresentados nas Tabelas 27 e 28. Observa-se que houve efeitos significativos nos turnos de rega dois, seis e dez dias e que, em todos estes intervalos, as mudas oriundas de saquinhos de polietileno apresentaram maiores médias. Apenas no turno de rega de dez dias, as médias alcançadas pelas mudas provenientes do tubete de 120 mL se igualaram às do saquinho de polietileno.

Com relação à interação substrato x turno de rega, também foram observados efeitos significativos nos turnos de rega de dois, seis e dez dias. Em todos estes intervalos, o substrato que proporcionou médias superiores de massa seca do sistema radicular foi o substrato padrão (Tabelas 29 e 30).

TABELA 27 – Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada turno de rega, para massa seca do sistema radicular (MSSR) de cafeeiros, em gramas por planta, aos 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de variação	Turno de rega (dias)	G. L.	Quadrados médios
Recipiente	2	2	44,028**
Recipiente	6	2	17,261**
Recipiente	10	2	16,324**
Recipiente	14	2	2,570
Resíduo		105	1,200

\* e \*\* significativo, a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

TABELA 28 – Valores médios<sup>1</sup> de massa seca do sistema radicular de cafeeiros, em gramas por planta, aos 120 dias após o transplante, em função de diferentes recipientes e turno de rega. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Recipiente	Turno de rega (dias)			
	2	6	10	14
T-50	7,17 c	7,70 c	6,02 b	4,82 a
T-120	9,16 b	8,64 b	7,64 a	5,63 a
SAQ.	11,00 a	10,08 a	8,28 a	5,61 a

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

TABELA 29 – Resumo da análise de variância do desdobramento de substrato dentro de cada turno de rega, para massa seca do sistema radicular de cafeeiros, em gramas por planta, aos 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de variação	Turno de rega (dias)	G. L.	Quadrados médios
<b>Substrato</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	23,376**
<b>Substrato</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	14,744**
<b>Substrato</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	8,918**
<b>Substrato</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	1,147
<b>Resíduo</b>		<b>105</b>	1,200

\* e \*\* significativo, a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

TABELA 30 – Valores médios<sup>1</sup> de massa seca do sistema radicular de cafeeiros, em gramas por planta, aos 120 dias após o transplante, em função de diferentes substratos e turno de rega. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Substrato	Turno de rega (dias)			
	2	6	10	14
<b>Alternativo</b>	8,40 b	8,34 b	6,68 b	5,15 a
<b>Comercial</b>	8,21 b	8,01 b	6,96 b	5,19 a
<b>Padrão</b>	10,72 a	10,07 a	8,30 a	5,71 a

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

### Relação massa seca do sistema radicular/massa seca da parte aérea

A característica relação entre a massa seca do sistema radicular e da parte aérea apresentou efeitos significativos para a interação recipientes x substratos e para a interação recipientes x turno de rega. Os desdobramentos

desta interação e os valores médios observados em função dos dois fatores estão apresentados nas Tabelas 31, 32 e 33.

TABELA 31 – Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada substrato para MSSR/MSPA de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de variação	Substratos	G. L.	Quadrados médios
<b>Recipiente</b>	<b>Alternativo</b>	<b>2</b>	0,0026**
<b>Recipiente</b>	<b>Comercial</b>	<b>2</b>	0,0007
<b>Recipiente</b>	<b>Padrão</b>	<b>2</b>	0,0021**
<b>Resíduo</b>		<b>105</b>	0,0004

\*\* significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 32 – Resumo da análise de variância do desdobramento de substratos dentro de cada recipiente para MSSR/MSPA de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de variação	Recipientes	G. L.	Quadrados médios
<b>Substrato</b>	<b>T-50</b>	<b>2</b>	0,0007
<b>Substrato</b>	<b>T-120</b>	<b>2</b>	0,0013*
<b>Substrato</b>	<b>SAQ.</b>	<b>2</b>	0,0031**
<b>Resíduo</b>		<b>105</b>	0,0004

\* e \*\* significativo, a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

Os efeitos de recipientes dentro de cada substrato revelaram interações significativas apenas para plantas provenientes de mudas produzidas utilizando substrato alternativo e substrato padrão. Já os efeitos de substratos dentro de cada recipiente revelaram interações significativas apenas nas mudas produzidas em tubetes de 120 mL e saquinho de polietileno.

TABELA 33 – Valores médios<sup>1</sup> de MSSR/MSPA de cafeeiros 120 dias após o transplante, em função de diferentes recipientes e substratos. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Recipiente	Substratos		
	Alternativo	Comercial	Padrão
<b>T-50</b>	8,187 b A	8,128 a A	8,076 b A
<b>T-120</b>	8,114 b B	8,228 a B	8,976 a A
<b>SAQ.</b>	8,593 a B	8,346 a B	9,187 a A

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Observa-se que as mudas produzidas em tubetes de 50 mL alcançaram menores médias de relação massa seca do sistema radicular/massa seca da parte aérea, resultado contrário ao obtido no experimento anterior, de produção de mudas. Já o saquinho de polietileno, que na fase de viveiro alcançou menores médias desta característica, nos vasos, se recuperou e obteve médias superiores, sendo igualado pelo tubete de 120 mL quando se utilizou substrato padrão.

Quanto à interação recipiente x turno de rega, foram detectados efeitos significativos nos turnos de rega de seis, dez e quatorze dias (Tabela 34) e as mudas produzidas nos recipientes saquinho de polietileno e tubete de 120 mL foram superiores às mudas produzidas nos tubetes de 50 mL, à exceção do turno de rega de 14 dias, em que as mudas de tubete de 120 mL foram superiores às produzidas em saquinho e tubete de 50 mL (Tabela 35).

A relação entre a massa seca do sistema radicular e da parte aérea é uma característica muito utilizada como indicativo de qualidade de mudas porém, Johnson & Cline (1991) relatam que não ela deve ser avaliada isoladamente, pois esta relação pode mudar facilmente, em função do tamanho da muda e isso dificulta comparações e interpretações dos dados.

TABELA 34 – Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada turno de rega, para MSSR/MSPA de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de variação	Turno de rega (dias)	G. L.	Quadrados médios
Recipiente	2	2	0,0007
Recipiente	6	2	0,0014*
Recipiente	10	2	0,0016**
Recipiente	14	2	0,0028**
Resíduo		105	0,0004

\* e \*\* significativo, a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

TABELA 35 – Valores médios<sup>1</sup> de relação massa seca do sistema radicular/ massa seca da parte aérea (MSSR/MSPA) de cafeeiros, aos 120 dias após o transplante, em função de diferentes recipientes e turno de rega. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Recipiente	Turno de rega (dias)			
	2	6	10	14
T-50	0,196 a	0,192 b	0,196 b	0,195 b
T-120	0,203 a	0,206 a	0,217 a	0,215 a
SAQ.	0,212 a	0,214 a	0,214 a	0,185 b

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Percebe-se uma tendência em todos os resultados deste experimento para uma superioridade das plantas provenientes de mudas produzidas em saquinhos de polietileno e com substrato padrão. Os efeitos do recipiente são semelhantes aos encontrados por vários pesquisadores que verificaram o melhor desempenho inicial de plantas oriundas de recipientes de maiores capacidades volumétricas e que a restrição radicular, em recipientes de volume reduzido,

durante o período de produção de mudas pode reduzir o desenvolvimento não só durante a fase de viveiro, mas também após o transplante no campo (Aguiar & Melo, 1974; Almeida et al., 2002; Matiello et al., 2000; Paulino et al., 2003; Reis et al., 1989; Samôr et al., 2002).

Quanto aos efeitos dos substratos, o substrato padrão, que proporcionou menores médias no experimento de produção de mudas, sobressaiu em relação aos demais durante o experimento de vasos e proporcionou plantas com médias superiores. Este resultado é semelhante aos obtidos por Aguiar & Melo (1974) que, testando vários recipientes na produção de mudas de eucalipto, utilizaram um substrato constituído por terra de subsolo e esterco bovino, isto é, muito parecido com o substrato padrão utilizado neste experimento e, durante a fase de viveiro, o pior recipiente foi o torrão paulista. Entretanto, quando os tratamentos foram levados para o campo, as mudas oriundas deste recipiente obtiveram os maiores incrementos em altura.

Os autores atribuíram este resultado ao fato do sistema radicular das mudas no torrão paulista ter explorado, na fase de viveiro, um volume limitado de solo que apresentava características compactadas, dada a natureza do substrato e do recipiente. Após o transplante, as raízes, ao se libertarem do recipiente, encontraram um ambiente mais adequado ao seu desenvolvimento do que aquele em que estavam condicionadas. Além disso, essas raízes, desenvolvidas inicialmente em um meio mais drástico e estressante, revelaram uma grande capacidade de explorar o solo, após o transplante no campo. Outro aspecto é que o substrato padrão é muito parecido com o solo em que as mudas foram transplantadas nos vasos, o que favorece a adaptação das raízes.

### **4.3 Experimento 3: Desenvolvimento inicial de cafeeiros oriundos de mudas produzidas em diferentes recipientes e substratos, após o plantio no campo, sem irrigação complementar**

Na Tabela 36 e 37 são apresentados os resultados do resumo das análises de variância para cinco características de desenvolvimento de cafeeiros plantados no campo oriundos de mudas produzidas com diferentes recipientes e substratos. Na Tabela 36 estão relacionadas características que foram avaliadas em cinco épocas, no transplante e aos cinco, dez, quinze e vinte meses após o transplante. Na Tabela 37 estão relacionadas características que receberam apenas as quatro últimas avaliações, pela impossibilidade de avaliação por ocasião do transplante.

Verifica-se que, para as cinco características avaliadas, não houve interação significativa para época x recipiente x substrato, indicando não haver dependência entre estes três fatores. Por outro lado, observa-se, na Tabela 36, que as três características avaliadas, diâmetro do caule, altura de planta e número de nós no ramo ortotrópico, apresentaram interação substrato x recipiente não significativa, indicando não haver dependência entre estes fatores na expressão destas características. Esse resultado é semelhante ao obtido no experimento de produção de mudas, em que todas as características avaliadas apresentaram esta interação também não significativa. Entretanto, estas três características apresentaram as interações época x recipiente e época x substrato significativas, indicando que estes fatores não agem isoladamente sobre estas características.

Para a característica número de ramos plagiotrópicos, foram observados efeitos significativos para recipiente, substrato e época, entretanto, nenhuma interação foi significativa, indicando que cada um dos fatores age de maneira isolada sobre esta característica. Já para o número de nós nos ramos

plagiotrópicos, importante característica que é diretamente ligada ao potencial produtivo, houve significância para recipiente, substrato e época, bem como interação significativa para época x recipiente. As demais foram não significativas.

TABELA 36 – Resumo das análises de variância, coeficientes de variação e médias gerais para diâmetro de caule, altura e número de nós no ramo ortotrópico (Nº nós ort.) de cafeeiros oriundos de mudas produzidas em diferentes recipientes, substratos e épocas de avaliação. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de variação	G. L.	Quadrados médios		
		Diâmetro (mm)	Altura (cm)	Nº nós ort.
<b>Bloco</b>	<b>3</b>	4,1588	43,1750	3,1508
<b>Recipiente (R)</b>	<b>2</b>	167,3163**	2133,8940**	74,4916**
<b>Substrato (S)</b>	<b>2</b>	36,2987**	288,5654*	3,0142
<b>R x S</b>	<b>4</b>	7,6594	117,3559	1,6186
<b>Erro 1</b>	<b>24</b>	4,9760	62,3822	1,7796
<b>Época (E)</b>	<b>4</b>	6121,205**	76783,8313**	3810,3213**
<b>Erro 2</b>	<b>12</b>	2,5696	24,5798	1,3390
<b>E x R</b>	<b>8</b>	10,5464**	91,5096**	8,9177**
<b>E x S</b>	<b>8</b>	4,1463**	48,8471**	1,0103**
<b>E x R x S</b>	<b>16</b>	1,8711	16,8653	0,4584
<b>Erro 3</b>	<b>96</b>	1,3334	12,7352	0,3288
<b>CV 1 (%)</b>		11,90	10,20	7,36
<b>CV 2 (%)</b>		8,55	6,41	6,38
<b>CV 3 (%)</b>		6,16	4,61	3,16
<b>Média Geral</b>		18,74	77,40	18,13

\* e \*\* significativo, a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

TABELA 37 – Resumo das análises de variância, coeficientes de variação e médias gerais número de ramos plagiotrópicos e número de nós nos ramos plagiotrópicos (Nº nós plag.) de cafeeiros oriundos de mudas produzidas em diferentes recipientes, substratos e épocas de avaliação. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de variação	G. L.	Quadrados Médios	
		Nº plagiotrópicos	Nº nós plag.
<b>Bloco</b>	<b>3</b>	17,9292	6662,4419
<b>Recipiente (R)</b>	<b>2</b>	148,0678**	31992,6769**
<b>Substrato (S)</b>	<b>2</b>	39,1919*	8867,3744*
<b>R x S</b>	<b>4</b>	9,0961	4634,5144
<b>Erro 1</b>	<b>24</b>	7,9302	2316,5258
<b>Época (E)</b>	<b>3</b>	7566,3551**	1292957,0500**
<b>Erro 2</b>	<b>9</b>	5,4887	2017,0838
<b>E x R</b>	<b>6</b>	1,0204	3159,0625**
<b>E x S</b>	<b>6</b>	2,8945	1152,6422
<b>E x R x S</b>	<b>12</b>	0,8881	915,5006
<b>Erro 3</b>	<b>72</b>	1,4180	543,8864
<b>C.V.1 (%)</b>		12,22	23,21
<b>C.V.2 (%)</b>		10,17	21,66
<b>C.V.3 (%)</b>		5,17	11,25
<b>Média Geral</b>		23,04	207,38

\* e \*\* significativo, a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

### **Diâmetro do caule**

O resumo das análises de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada época de avaliação, para diâmetro de caule de cafeeiros, bem como os valores médios observados desta característica, em cada época de avaliação e em cada recipiente, encontram-se nas Tabelas 38 e 39, respectivamente.

Observa-se que o diâmetro de caule foi influenciado pelo recipiente utilizado na produção das mudas, apenas a partir da segunda avaliação.

TABELA 38 – Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada época de avaliação, para diâmetro de caule de cafeeiros, em milímetros por planta, até 20 meses após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de variação	Época (meses)	G. L.	Quadrados médios
<b>Recipiente</b>	<b>0</b>	2	0,3182
<b>Recipiente</b>	<b>5</b>	2	41,9482**
<b>Recipiente</b>	<b>10</b>	2	66,8484**
<b>Recipiente</b>	<b>15</b>	2	51,9825**
<b>Recipiente</b>	<b>20</b>	2	48,4044**
<b>Resíduo</b>		32	3,3718

\*\* significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Percebe-se que até os quinze meses após o transplante das mudas, o recipiente saquinho de polietileno superava os demais, entretanto, na última avaliação, foi alcançado significativamente pelo recipiente tubete de 120 mL.

TABELA 39 – Valores médios<sup>1</sup> de diâmetro de caule de cafeeiros, em milímetros por planta, até 20 meses após o transplante, em função de mudas oriundas de diferentes recipientes. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Recipiente	Época de amostragem (meses após o transplante)				
	0	5	10	15	20
<b>T-50</b>	2,57 a	8,17 c	15,03 c	26,95 c	32,04 b
<b>T-120</b>	2,82 a	10,24 b	17,86 b	28,88 b	35,34 a
<b>SAQ.</b>	2,88 a	11,90 a	19,71 a	31,11 a	35,68 a

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Com relação à interação época x substrato, o resumo das análises de variância do desdobramento de substrato dentro de cada época de avaliação, bem como os valores de diâmetro de caule observados em cada época e substrato encontram-se nas Tabelas 40 e 41.

Observa-se que os diferentes substratos proporcionaram diferenças significativas no diâmetro de caules de cafeeiro apenas a partir da quarta avaliação, isto é, após 15 meses do transplante das mudas.

TABELA 40 – Resumo da análise de variância do desdobramento de substratos dentro de cada época de amostragem, para diâmetro de caule de cafeeiros, em milímetros por planta, até 20 meses após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de variação	Época (meses)	G. L.	Quadrados médios
Substrato	0	2	0,0848
Substrato	5	2	3,3765
Substrato	10	2	10,8562
Substrato	15	2	22,4743**
Substrato	20	2	16,0919*
Resíduo		32	3,3718

\* e \*\* significativo, a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

Pela Tabela 41, verifica-se que as plantas oriundas de mudas produzidas utilizando o substrato alternativo não obtiveram o mesmo desempenho das demais, com o passar do tempo. Aquelas oriundas de mudas produzidas com o substrato padrão proporcionaram maior desenvolvimento no diâmetro de caule dos cafeeiros, 20 meses após o transplante das mudas.

TABELA 41 – Valores médios<sup>1</sup> de diâmetro de caule de cafeeiros, em milímetros por planta, até 20 meses após o transplante, em função de mudas oriundas de diferentes recipientes. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Substrato	Época de amostragem (meses após o transplante)				
	0	5	10	15	20
<b>Alternativo</b>	2,78 a	9,68 a	16,63 a	27,53 b	33,40 b
<b>Comercial</b>	2,82 a	9,93 a	17,44 a	29,15 a	34,02 b
<b>Padrão</b>	2,66 a	10,70 a	18,53 a	30,25 a	35,64 a

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

#### Altura

Para a característica altura de plantas, verificou-se um comportamento semelhante ao observado para o diâmetro de caule. O resumo do desdobramento de recipientes dentro de cada época de avaliação, bem como os valores médios obtidos em função do recipiente e da época, encontram-se nas Tabelas 42 e 43, respectivamente.

TABELA 42 – Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada época de amostragem, para altura de cafeeiros, em centímetros por planta, até 20 meses após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de variação	Época (meses)	G. L.	Quadrados médios
<b>Recipiente</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	40,7747
<b>Recipiente</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	436,5936**
<b>Recipiente</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	883,3378**
<b>Recipiente</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	707,2219**
<b>Recipiente</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	432,0044**
<b>Resíduo</b>		<b>34</b>	37,1806

\* e \*\* significativo, a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

Novamente, as plantas oriundas de mudas produzidas em tubetes de 50 mL foram superadas significativamente pelas demais, a partir da segunda avaliação. As plantas oriundas de mudas produzidas com tubetes de 120 mL de capacidade volumétrica e saquinhos de polietileno obtiveram desenvolvimento semelhante.

TABELA 43 – Valores médios<sup>1</sup> de altura de cafeeiros, em centímetros por planta, até 20 meses após o transplante, em função de mudas oriundas de diferentes recipientes. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Recipiente	Época de amostragem (meses após o transplante)				
	0	5	10	15	20
<b>T-50</b>	13,60 a	44,41 b	69,07 c	100,29 b	125,58 b
<b>T-120</b>	16,96 a	53,48 a	80,37 b	112,67 a	136,22 a
<b>SAQ.</b>	16,61 a	55,83 a	85,90 a	114,35 a	135,72 a

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Nas Tabelas 44 e 45 são apresentados o resumo das análises de variância do desdobramento de substratos dentro de cada época de avaliação e os valores médios de altura de cafeeiros, em função do substrato utilizado na produção das mudas e da época de avaliação.

Os resultados também foram semelhantes aos obtidos para o diâmetro do caule, em que as diferenças significativas foram observadas apenas a partir da terceira avaliação (10 meses) e as plantas oriundas de mudas onde se utilizou o substrato padrão se destacaram, sendo significativamente mais altas que as demais.

TABELA 44 – Resumo das análises de variância do desdobramento de substratos dentro de cada época de amostragem, para altura de cafeeiros, em centímetros por planta, até 20 meses após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de variação	Época (meses)	G. L.	Quadrados médios
Substrato	0	2	9,8803
Substrato	5	2	28,1911
Substrato	10	2	113,3478
Substrato	15	2	162,7003*
Substrato	20	2	169,8344*
Resíduo		34	37,1806

\* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 45 – Valores médios<sup>1</sup> de altura de cafeeiros, em centímetros por planta, até 20 meses após o transplante, em função de mudas oriundas de diferentes recipientes. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Substrato	Época de amostragem (meses após o transplante)				
	0	5	10	15	20
Alternativo	16,22 a	49,85 a	76,02 b	107,15 b	130,67 b
Comercial	16,27 a	50,98 a	77,42 b	106,81 b	130,02 b
Padrão	14,67 a	52,88 a	81,90 a	113,35 a	136,83 a

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Este resultado difere da maioria dos trabalhos existentes, nos quais normalmente, não se observam diferenças significativas entre os substratos utilizados na fase de formação de mudas. Entretanto, deve-se salientar que os substratos estudados neste trabalho, principalmente o padrão, em relação aos demais, apresentam diferenças marcantes, sobretudo físicas, que podem ser responsáveis por esta diferença no comportamento das plantas no campo.

### Número de nós no ramo ortotrópico

A característica número de nós no ramo ortotrópico de cafeeiros sofreu uma influência dos recipientes nos quais foram produzidas as mudas, em função da época de avaliação, muito parecida com a observada para diâmetro e altura de cafeeiros (Tabelas 46 e 47).

TABELA 46 – Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada época de amostragem, para número de nós no ramo ortotrópico de cafeeiros, até 20 meses após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de variação	Época (meses)	G. L.	Quadrados médios
Recipiente	0	2	1,9511
Recipiente	5	2	1,1433
Recipiente	10	2	8,8433**
Recipiente	15	2	53,0433**
Recipiente	20	2	45,1811**
Resíduo		27	1,4859

\*\* significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Verifica-se que as diferenças significativas ocorreram a partir da terceira avaliação (10 meses) e que os cafeeiros oriundos de mudas produzidas nos recipientes saquinho de polietileno e tubete de 120 mL proporcionaram números semelhantes de nós no ramo ortotrópico, sendo superiores aos cafeeiros oriundos de mudas produzidas em tubetes de 50 mL de capacidade volumétrica. Estes resultados obtidos para diâmetro de caule, altura de cafeeiros e número de nós no ramo ortotrópico são semelhantes aos obtidos por Barros et al. (1978), Paulino et al. (2003), Reis et al. (1989) e Samôr et al. (2002). Todos estes autores constataram que recipientes rígidos com reduzido volume influenciam negativamente o desenvolvimento das plantas no campo.

TABELA 47 – Valores médios<sup>1</sup> de número de nós no ramo ortotrópico de cafeeiros, até 20 meses após o transplante, em função de mudas oriundas de diferentes recipientes. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Recipiente	Época de amostragem (meses após o transplante)				
	0	5	10	15	20
<b>T-50</b>	4,18 a	11,82 a	17,08 b	22,98 b	28,30 b
<b>T-120</b>	4,78 a	12,28 a	17,97 a	26,27 a	31,27 a
<b>SAQ.</b>	4,75 a	12,40 a	18,80 a	26,90 a	31,95 a

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Com relação à interação significativa entre época e substrato observada na análise de variância, ao se desdobrar os efeitos de substratos dentro de cada época de avaliação, não foram detectadas diferenças significativas entre os fatores. O resumo das análises de variância do desdobramento e os valores médios observados para número de nós no ramo ortotrópico, em função do substrato utilizado na produção das mudas e nas épocas de avaliação, encontram-se nas Tabelas 48 e 49.

TABELA 48 – Resumo da análise de variância do desdobramento de substratos dentro de cada época de amostragem, para número de nós no ramo ortotrópico de cafeeiros, até 20 meses após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de variação	Época (meses)	G. L.	Quadrados médios
<b>Substrato</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	0,1411
<b>Substrato</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	0,0533
<b>Substrato</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	0,5033
<b>Substrato</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	2,1700
<b>Substrato</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	4,1878
<b>Resíduo</b>		<b>27</b>	1,4859

TABELA 49 – Valores médios<sup>1</sup> de número de nós no ramo ortotrópico de cafeeiros, até 20 meses após o transplante, em função de mudas oriundas de diferentes substratos. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Substrato	Época de amostragem (meses após o transplante)				
	0	5	10	15	20
<b>Alternativo</b>	4,75 a	12,10 a	17,80 a	25,22 a	30,23 a
<b>Comercial</b>	4,63 a	12,23 a	17,87 a	25,07 a	30,10 a
<b>Padrão</b>	4,53 a	12,17 a	18,18 a	25,86 a	31,18 a

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Este resultado é semelhante aos obtidos por Neves et al. (2005) e Samôr et al. (2002), que não observaram diferenças entre o desenvolvimento de plantas em função do substrato utilizado. Esta característica parece ser pouco sensível a variações no substrato, pois, o diâmetro de caule e a altura de cafeeiros foram influenciados pelos substratos utilizados na produção das mudas. Deve-se salientar também que se o número de nós não foi alterado significativamente e a altura dos cafeeiros foi alterada, espera-se que, nos cafeeiros que cresceram mais em altura (oriundos de mudas de saquinhos e tubetes de 120 mL), este incremento se deu pelo maior desenvolvimento dos internódios.

### **Número de ramos plagiotrópicos**

O número de ramos plagiotrópicos dos cafeeiros, nas diferentes épocas de avaliação, foi influenciado significativamente, de forma isolada, pelo recipiente e pelo substrato utilizados na produção das mudas, bem como pela época de avaliação, sendo que nenhuma interação entre estes fatores apresentou-se significativa. Os valores médios de número de ramos plagiotrópicos por cafeeiro em função do recipiente e substrato utilizado por ocasião da formação das mudas, encontram-se nas Tabelas 50 e 51.

TABELA 50 – Valores médios<sup>1</sup> de número de ramos plagiotrópicos de cafeeiros em quatro amostragens até 20 meses após o transplante no campo, em função de diferentes recipientes utilizados na produção das mudas. UFLA, Lavras, MG, 2006.

<b>Recipiente</b>	<b>Número de plagiotrópicos</b>
<b>T-50</b>	21,20 c
<b>T-120</b>	23,21 b
<b>SAQ.</b>	24,70 a

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

TABELA 51 – Valores médios<sup>1</sup> de número de ramos plagiotrópicos de cafeeiros em quatro amostragens até 20 meses após o transplante no campo, em função de diferentes substratos utilizados na produção das mudas. UFLA, Lavras, MG, 2006.

<b>Substrato</b>	<b>Número de plagiotrópicos</b>
<b>Alternativo</b>	22,50 b
<b>Comercial</b>	22,54 b
<b>Padrão</b>	24,08 a

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Percebe-se que quanto maior o recipiente, maior o número de ramos plagiotrópicos por cafeeiro. Esta tendência também foi verificada nas primeiras avaliações das características diâmetro do caule e altura de planta. Entretanto, após a avaliação de 15 meses após o transplante, as plantas oriundas de mudas produzidas em tubetes de 120 mL, se igualaram às oriundas de saquinhos de polietileno, sendo estas superiores às de tubete de 50 mL. Percebe-se que o número de ramos plagiotrópicos parece ser uma característica que sofre maior influência dos recipientes utilizados na produção das mudas.

Com relação à influência do substrato utilizado na produção das mudas, mais uma vez, o substrato padrão, recomendado para produção de mudas em saquinhos, proporcionou cafeeiros com maior número de ramos plagiotrópicos, seguindo a mesma tendência das outras características avaliadas neste experimento, exceto número de nós no ramo ortotrópico. Os cafeeiros oriundos dos demais substratos apresentaram comportamentos semelhantes entre si.

O efeito de época de avaliação no número de ramos plagiotrópicos em cafeeiros está representado na Figura 5. Como era de se esperar, foram obtidas médias crescentes, em cada avaliação, que seguiram uma tendência linear.

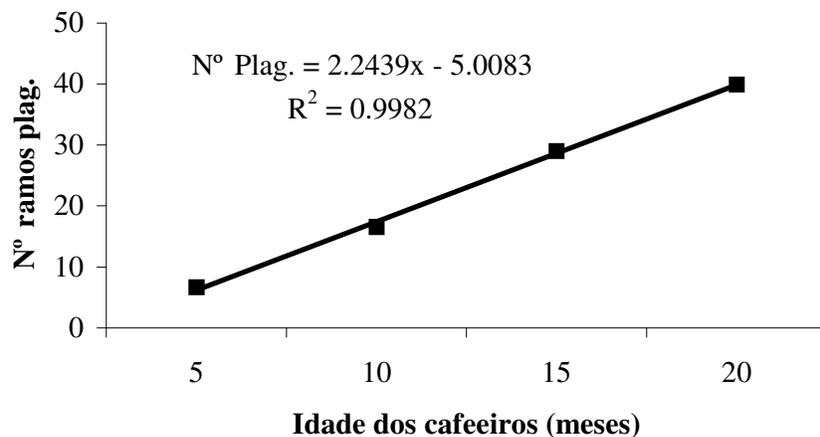


FIGURA 5 – Representação gráfica e equação de regressão para número de ramos plagiotrópicos de cafeeiros, em quatro amostragens, até 20 meses após o transplante no campo, em função de recipientes e substratos utilizados na produção das mudas. UFLA, Lavras, 2006.

### **Número de nós nos ramos plagiotrópicos**

Esta, talvez, seja a mais importante característica avaliada neste experimento, pois está diretamente relacionada com a capacidade produtiva dos

cafeeiros, pois as inflorescências são formadas nas axilas das folhas opostas dos ramos plagiotrópicos, fazendo com que esta característica seja utilizada para se fazer previsões de safra para o ano seguinte (Guimarães & Mendes, 1998a). Foram observados efeitos significativos para recipientes, substratos, épocas e para interação época x recipientes. As médias observadas de número de nós nos ramos plagiotrópicos em cafeeiros, em função do substrato utilizado na fase de formação de mudas, encontram-se na Tabela 52.

TABELA 52 – Valores médios<sup>1</sup> de número de nós nos ramos plagiotrópicos de cafeeiros em quatro amostragens até 20 meses após o transplante no campo, em função de diferentes substratos utilizados na produção das mudas. UFLA, Lavras, MG, 2006.

<b>Substrato</b>	<b>Nº nós nos ramos plagiotrópicos</b>
<b>Alternativo</b>	199,55 b
<b>Comercial</b>	199,52 b
<b>Padrão</b>	223,08 a

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

As plantas oriundas de mudas onde se utilizou o substrato padrão obtiveram média significativamente maior que as demais, que foram semelhantes entre si. Este resultado, assim como os demais deste experimento, relacionados aos substratos, contraria alguns resultados de pesquisa obtidos em várias culturas, em que o substrato utilizado não influencia o desenvolvimento das plantas após o transplante da muda no campo (Aguiar et al., 1992; Hope et al., 2004; Neves et al., 2005 e Samôr et al., 2002). Entretanto, concorda com os de outros pesquisadores (Freitas et al., 2005 e Santos et al., 2000) que verificaram efeitos distintos de substratos após o plantio das mudas. No caso do presente trabalho, este efeito pode ser explicado pelo fato de se tratarem de

substratos de natureza muito diferentes, tanto nas características químicas quanto físicas (Tabelas 1 e 2).

Este último substrato foi responsável pelo menor desenvolvimento das mudas na fase de viveiro. Este resultado já era esperado, visto que vários autores não recomendam substratos contendo solo mineral em recipientes de volume reduzidos, por questões sanitárias, mas, principalmente por reduzir a porosidade e aumentar a densidade do substrato, dificultando o desenvolvimento do sistema radicular (Kämpf, 2002 e Verdonck et al., 1983). Entretanto, estas mudas com menor desenvolvimento se mostraram mais adaptadas às condições encontradas após o transplante e apresentaram um rendimento surpreendente, sobrepujando as demais até a fase final de avaliação. Este resultado pode ser devido ao fato de que o solo utilizado na composição do substrato ser muito parecido ao solo no qual as mudas foram transplantadas, estando o sistema radicular das mudas já adaptado à condição final de cultivo. Esta evidência foi relatada por Aguiar & Mello (1974).

Como já foi citado anteriormente neste trabalho, a maioria dos estudos utilizando substratos e mudas não contempla a fase após o transplante, o que pode resultar em conclusões equivocadas. Afinal, o que se verificou neste trabalho foi que nem sempre o substrato que proporciona o melhor desenvolvimento das mudas no viveiro também é responsável pela melhor planta após o transplante. Portanto, recomenda-se tomar muito cuidado ao se referir a mudas de alta qualidade, visto que uma importante característica deste tipo de muda, além de estado nutricional, sanitário e de desenvolvimento, é o seu desempenho após o transplante no campo (Johnson & Cline, 1991). Cabe aos pesquisadores direcionar estudos visando o desenvolvimento de técnicas que favoreçam o bom desenvolvimento tanto das mudas na fase de viveiro quanto das plantas no campo.

Com relação efeitos dos recipientes dentro de cada época de avaliação, foram detectados efeitos significativos apenas nas duas últimas épocas (Tabela 53). Isso também evidencia que o efeito dos recipientes interfere no desenvolvimento das plantas após o transplante, pois, nas primeiras avaliações, não se verificaram diferenças significativas e, após a terceira avaliação (15 meses), este efeito foi detectado.

TABELA 53 – Resumo da análise de variância do desdobramento de recipientes dentro de cada época de amostragem, para número de nós nos ramos plagiotrópicos de cafeeiros, até 20 meses após o transplante. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de variação	Época (meses)	G. L.	Quadrados médios
<b>Recipiente</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	419,4978
<b>Recipiente</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	4888,4211
<b>Recipiente</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	18389,7544**
<b>Recipiente</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	17772,1911**
<b>Resíduo</b>		<b>20</b>	2116,8978

\*\* significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Na Tabela 54, observa-se, mais uma vez, que as mudas provenientes de saquinho de polietileno e tubete de 120 mL apresentaram desenvolvimento semelhante até a última avaliação e foram superiores às plantas provenientes de tubetes de 50 mL.

TABELA 54 – Valores médios<sup>1</sup> de número de nós nos ramos plagiotrópicos de cafeeiros, em quatro amostragens até 20 meses após o transplante, em função de mudas oriundas de diferentes recipientes. UFPA, Lavras, MG, 2006.

Recipientes	Idade dos cafeeiros (meses)			
	5	10	15	20
<b>T-50</b>	9,50 a	76,42 a	236,32 b	396,77 b
<b>T-120</b>	14,73 a	96,53 a	289,28 a	445,47 a
<b>SAQ.</b>	21,30 a	116,78 a	312,73 a	472,73 a

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Verifica-se, em todas as características avaliadas neste experimento, que as mudas provenientes de tubetes com 50 mL de capacidade volumétrica apresentaram menor desenvolvimento que as demais. Este resultado concorda com várias citações relacionadas anteriormente neste trabalho (Barros et al., 1978; Almeida et al., 2002; Freitas et al., 2005; Malavasi & Malavasi, 2003; Paulino et al., 2003; Reis et al., 1989; Samôr et al., 2002; Santos et al., 2000). Em todos estes trabalhos, os autores verificaram que recipientes com menores volumes são responsáveis pela diminuição no desenvolvimento, tanto das mudas no viveiro quanto das plantas no campo, devido, principalmente, à restrição no desenvolvimento radicular causada pelo volume reduzido do recipiente (Johnson et al., 1996, Reis et al., 1989, Townend & Dickinson, 1995, citados por Samôr et al. (2002)). Os demais recipientes, tubete de 120 mL e saquinho de polietileno, proporcionaram cafeeiros com desenvolvimento semelhante para todas as características, exceto número de ramos plagiotrópicos, em que as plantas provenientes de saquinho apresentaram um maior número de nós.

Estes resultados indicam que existe um determinado volume de recipiente, a partir do qual o desenvolvimento das plantas tende a se igualar, tanto no viveiro quanto no campo. Este fato também parece ter ocorrido neste

experimento, visto que, para algumas características, as plantas provenientes de tubetes de 120 mL só alcançaram as produzidas em saquinho nas últimas avaliações.

É importante salientar que, para a característica número de nós nos ramos plagiotrópicos, as médias observadas pelas plantas provenientes de tubetes de 120 mL e saquinho de polietileno, foram semelhantes em todas as épocas de avaliação, indicando que o potencial produtivo destas plantas, para a primeira safra, também é semelhante.

Outra questão que vale a pena ressaltar é que, neste trabalho, apenas foi possível avaliar as características de desenvolvimento das plantas. As avaliações mais importantes e que realmente interessam aos cafeicultores, técnicos e pesquisadores são as relacionadas à produtividade em café beneficiado por planta ou hectare. Estas avaliações serão realizadas nos próximos anos, neste mesmo experimento e serão divulgadas por meio dos principais canais de divulgação de pesquisas cafeeiras.

## 5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Este trabalho foi realizado com o objetivo de contribuir para o melhor entendimento sobre os efeitos que os recipientes e substratos utilizados na produção de mudas proporcionam no desenvolvimento de cafeeiros, tanto na fase de viveiro, quanto após o seu transplante no campo. Todavia, por questões práticas e econômicas, não se trabalhou com todos os recipientes e substratos encontrados no mercado e recomendados pela pesquisa. Entretanto, os resultados obtidos deixam claro que existem diferenças significativas entre estes fatores, indicando a necessidade de novas pesquisas utilizando novos recipientes, como saquinho de polietileno com diferentes números de furos, tubetes biodegradáveis, tubetes com maiores capacidades volumétricas, entre outros.

O substrato padrão, assim como os substratos alternativos, constituídos por produtos abundantes em diferentes regiões, como fibra de coco, bagaço de cana ou composto orgânico em geral, tendem a apresentar um custo inferior ao do substrato comercial. Entretanto, para os dois primeiros, não se deve esquecer de monitorar as qualidades físicas e químicas, bem como a necessidade de desinfecção, a fim de evitar contratemplos durante a condução do viveiro.

Pesquisas devem ser realizadas a fim de se desenvolver um substrato que proporcione um excelente desenvolvimento tanto na fase de viveiro quanto após a implantação da lavoura. Vislumbra-se também a necessidade de realização de experimentos desta natureza em diferentes regiões e tipos de solo para exploração cafeeira, visto que a adaptação substrato x solo parece ser muito importante para o desempenho das plantas após o transplante e pode variar de um solo para outro.

Foi observado, neste trabalho, que quando se utiliza um substrato mais poroso, como o substrato alternativo, constituído por grande proporção de casca de arroz carbonizada, as raízes se apresentam mais espessas, indicando talvez, uma adaptação à condição imposta. Portanto, recomenda-se, para melhor elucidação dos resultados, a realização de cortes histológicos das raízes, visando identificar as possíveis alterações ocorridas. Recomenda-se também a realização de análises químicas foliares periódicas durante a fase de viveiro e após a implantação no campo para acompanhar o estado nutricional das plantas e possibilitar a detecção de diferenças entre os tratamentos.

Como se percebe, ainda existe um grande caminho a ser percorrido para que se possa conhecer com mais propriedade a importância de uma muda de alta qualidade para a implantação de uma lavoura cafeeira.

## 6 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi conduzido este trabalho pode-se concluir que:

- tanto na fase de viveiro quanto após o transplante para a casa de vegetação e para o campo, os recipientes de capacidades volumétricas diferentes e os substratos utilizados influenciam significativamente o desenvolvimento das mudas e plantas de cafeeiro;

- na fase de viveiro, os recipientes de maior volume, saquinho de polietileno e tubete de 120 mL, preenchidos com os substratos alternativo e comercial, proporcionam mudas com maior desenvolvimento;

- após 120 dias do transplante das mudas para vasos em casa de vegetação com diferentes níveis de estresse hídrico, as plantas provenientes de mudas produzidas em saquinhos de polietileno preenchidos com substrato padrão são superiores às demais;

- no campo, 20 meses após o transplante, os cafeeiros provenientes de mudas produzidas em saquinho de polietileno e em tubete de 120 mL utilizando substrato padrão são superiores aos provenientes de mudas produzidas em tubetes de 50 mL, independente do substrato utilizado.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. F. de; ABREU, C. A. de; BATAGLIA, O. C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; FURLANI, P. R.; QUAGGIO, J. A.; MINAMI, K. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 2002. p. 17-28. (Documentos IAC, 70).

AGUIAR, I. B. de; ISMAEL, J. J.; BANZATTO, D. A.; VALERI, S. V.; ALVARENGA, S. F.; CORRADINE, L. **Efeitos da composição do substrato para tubetes no comportamento de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden no viveiro e no campo**. Piracicaba: IPEF, 1992. (Circular Técnica ; n. 180). Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr180.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2005.

AGUIAR, I. B. de; MELLO, A. A. Influência do recipiente na produção de mudas e no desenvolvimento inicial após o plantio no campo, de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, Piracicaba, v. 8, p. 19-40, 1974.

ALMEIDA, E. A. V. B.; MUTTON, M. A.; OLIVEIRA, J. C. Formação inicial de lavoura cafeeira proveniente de mudas produzidas em tubetes e saquinhos plásticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 28., 2002, Caxambú. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 421-423.

ANDRADE NETO, A. **Avaliação de substratos alternativos e tipos de adubação para a produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes**. 1998. 65 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. 3. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247 p.

BARROS, N. F.; BRANDI, R. M.; COUTO, L.; REZENDE, G. C. de Efeitos de recipientes na sobrevivência e no crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, no viveiro e no campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 2, n. 2, p. 141-151, jul./dez. 1978.

BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; VIEIRA, M.; BRAGA FILHO, L. J. Determinação da área de folhas do café (*Coffea arabica* L cv. 'Bourbon Amarelo'). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 20, n. 107, p. 44-52, mar. 1973.

BESAGOITIA, M. C. R. Efecto del tamaño de la bolsa en el desarrollo del cafetos cultivares 'Bourbon' y 'Pacas' en vivero. **Resúmenes de Investigaciones en café – 1979/1980**. Nueva San Salvador, 1980. v. 3, p. 71-72.

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

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Brometo de Metila**. 2003. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sqa/ozonio/index.cfm?submenu=6>>. Acesso em: 27 mar. 2006.

BUNT, A. C. Some physical properties of pot-plant compost and their effect on plant growth. Bulk physical conditioners. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 24, n. 2, p. 322-332, 1961.

CAMPOS, K. P. **Desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) produzidas em diferentes substratos, fertilizações e tamanhos de tubetes**. 2002. 90 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CECAFÉ, **Produção, comércio e consumo de café**. (2005). Disponível em: <<http://www.cecafe.com.br/cofeedinner>>. Acesso em: 19 jan. 2006.

CHALFOUN, S. M. **Doenças do cafeeiro: importância, identificação e métodos de controle**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 93 p.

CONAB. **1º Levantamento Safra 2006-07**. (2005). Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/safra/1ºLevantamento-Safra2006-07.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2006.

CUNHA, A. O.; ANDRADE, L. A. de; BRUNO, R. de L. A.; SILVA, J. A. L. da; SOUZA, V. C. de Efeitos dos substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D. C.) Standl. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 507-516, set./out. 2005.

CUNHA, R. L. da; SOUZA, C. A. S.; ANDRADE NETO, A. de; MELO, B. de; CORRÊA, J. F. Avaliação de substratos e tamanhos de recipientes na formação de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L) em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 26, n. 1, p. 7-12, jan./mar. 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412 p.

FALCO, L.; GUIMARÃES, R. J.; CARVALHO, G. R.; GERVASIO, E. S.; MANGINI, D. Avaliação da resistência ao déficit hídrico de mudas de cafeeiro produzidas por diferentes métodos: saquinho, tubetes e raiz nua. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 23., 1997, Manhuaçu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 1997. p. 178-179.

FAVARIN, J. L.; TAVARES JÚNIOR, J. E.; SALGADO, P. R.; BERNARDES, M. S.; CAMARGO, F. T.; LUNZ, A. A. P. Volume e granulometria do substrato na qualidade de mudas formadas em tubetes. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina, **Anais...** Brasília: EMBRAPA CAFÉ, 2005. 1CD-ROM.

FERMINO, M. H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; FURLANI, P. R.; QUAGGIO, J. A.; MINAMI, K. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. p. 29-37. (Documentos IAC, 70).

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. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FERREIRA, J. M.; PARTELLI, F. L.; ANDRADE, W. E. de B.; VIEIRA, H. D. Desenvolvimento e produtividade de cafeeiros conilon (*Coffea canephora* Pierre) oriundos de mudas de sementes em diferentes recipientes e idades e mudas de estacas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 30., 2004, São Lourenço, MG. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: MA/PROCAFÉ, 2004. p. 206-207.

FREITAS, A. S. de; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. de A.; PENCHEL, R. M.; LAMÔNICA, K. R.; FERREIRA, D. de A. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 853-861, nov./dez. 2005.

GARCIA, A. W. R.; MATIELLO, J. B.; JAPIASSÚ, L. B.; FROTA, G. B.; FIOVARANTE, N. Estudo de tubetes e saquinhos de polietileno com e sem irrigação na implantação do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 1997, Caxambú. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 67-68.

GIRARDI, E. A.; MOURAO FILHO, F. de A. A.; GRAF, C. C. D.; OLIC, F. B. **Vegetative growth of citrus nursery trees related to the container volume.** 2005. Disponível em: <[www.edpsciences.org/articles/fruits/pdf/2005/02/i5011.pdf](http://www.edpsciences.org/articles/fruits/pdf/2005/02/i5011.pdf)>. Acesso em: 19 jan. 2006.

GODOY JUNIOR, C. Café, mudas em recipientes de polietileno. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 40, n. 1, p. 161-166, mar. 1965.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 113-127, mar./abr. 2003.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N.; COUTO, L. Produção de mudas de eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 185, p. 15-23, 1996.

GOMES, J. M.; SILVA, A. R. da Os substratos e sua influência na qualidade de mudas. In: BARBOSA, J. G. et al. (Ed.) **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato.** Viçosa: UFV, 2004. p. 190-225.

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

GUIMARÃES, P. T. G.; ANDRADE NETO, A. de; BELLINI JUNIOR, O.; ADÃO, W. A.; SILVA, E. M. da Produção de mudas de cafeeiros em tubetes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 19, n. 193, p. 98-108, 1998.

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.; OLIVEIRA, J. A. de Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES V., V. H. (Ed.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG, 1999. p. 289-302.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G. **Fisiologia do cafeeiro**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998a. 38 p.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G. **Produção de mudas de cafeeiro**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998b. 60 p.

HOPE, J. M.; SCHUMACHER, M. V.; MOREIRA, E.; VIVIAN, J. A. C.; ROSS, G. P. D.; SILVA, J. V. M. da; CORRÊA, R. **Efeitos de diferentes tipos de substrato e recipientes sobre o desenvolvimento pós-plantio da acácia-negra (*Acácia mearnsii* D. Willd.)**. 2004. Disponível em: <[http://www.seta-as.com.br/uploads/formulario\\_pesquisa\\_14.pdf](http://www.seta-as.com.br/uploads/formulario_pesquisa_14.pdf)>. Acesso em: 11 jul. 2005.

HUERTA, S. A. Comparación de métodos de laboratório y de campo, para medir el área foliar del cafeto. **Cenicafé**, Caldas, v. 13, n. 1, p. 33-42, ene./mar. 1962.

JOHNSON, J. D.; CLINE, M. L. Seedling quality of southern pines. In: DUREYA, M. L.; DOUGHERTY, P. M. (Ed.). **Forest regeneration manual**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. p. 143-162.

KÄMPF, AN. Evolução e perspectivas do crescimento do uso de substratos no Brasil. In: BARBOSA, J. G. et al. (Ed.) **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p. 3-10.

KÄMPF, A. N. O uso de substrato em cultivo protegido no agronegócio brasileiro. In: FURLANI, A. M. C. et al. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. p. 1-6. (Documentos IAC, 70).

KÄMPF, A. N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A. N. & FERMINO, M. H. **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p. 139-145.

LELES, P. S. S.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G. Comportamento de mudas de *Hymanea courbaril* L. var *stilbocarpa*(Hayne) Lee et Langenh. E *Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbr, produzidas sob três regimes de irrigação. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 11-19, jan./mar. 1998.

MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. de M. Efeito do tubete no crescimento inicial de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab ex steud e *Jacaranda micranta* Cham. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 5, n. 2, p. 211-218, 2003.

MALVESTITI, A. L. Propriedades e aplicações da fibra de coco na produção de mudas. In: BARBOSA, J. G. et al. (Ed.) **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p. 226-235.

MARCHI, E. C. S. **Sobrevivência de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) no pós-plantio em função do recipiente, época e classes de solo no sistema convencional e plantio direto**. 2002. 80 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MARCUZZO, K. V.; MELO, B. de; TEODORO, R. E. F.; ALVARENGA, C. B. de; GONÇALVES, M. V.; GUIRELLI, J. E. Desenvolvimento de mudas de cafeeiro em diferentes substratos e doses de fertilizante de liberação gradual. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro, BA. **Anais...** Brasília: EMBRAPA CAFÉ, 2003. p. 284.

MATIELLO, J. B.; BARROS, U. V.; BARBOSA, C. M. Modos de plantio de mudas de café produzidas em tubetes plásticos, em comparação com mudas de sacolas, na Zona da Mata de Minas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 26., 2000, Marília. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 2000. p. 21-23.

MELO, B. de **Estudos sobre produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes**. 1999. 65 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MELO, W. J. de; MELO, G. M. P. de; BERTIPAGLIA, L. M. A.; MELO, V. P. de **Experimentação sob condições controladas**. Jaboticabal: FUNEP, 1998. 82 p.

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

MENDONÇA, V.; ARAÚJO NETO, S. E. de; RAMOS, J. D.; PIO, R.; GONTIJO, T. C. A. Diferentes substratos e recipientes na formação de mudas de mamoeiro 'Sunrise Solo'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 25, n. 1, p. 127-130, abr. 2003.

MILNER, L. Manejo de irrigação e fertirrigação em substratos. In: FURLANI, A. M. C.; et al. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 2002. p. 45-51. (Documentos IAC, 70).

MINAMI, K. Adubação em substrato. In: KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genesis, 2000. P. 147-152.

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: Fundação Salim Farah Maluf, 1995. 128 p.

NEVES, C. S. V. J.; MEDINA, C. de C.; AZEVEDO, M. C. B. de; HIGA, A. R.; SIMON, A. Efeitos de substratos e recipientes utilizados na produção de mudas sobre a arquitetura do sistema radicular de árvores de acácia-negra. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 897-905, nov./dez. 2005.

PARVIAINEM, J. O desenvolvimento radicular das mudas florestais no viveiro e no local de plantio. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1., 1981, Curitiba, 1981. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. v. 2, p. 111-130.

PAULINO, A. F.; MEDINA, C. de C.; NEVES, C. S. V. J.; AZEVEDO, M. C. B. de; HIGA, A. R.; SIMON, A. Distribuição do sistema radicular de árvores de acácia negra oriundas de mudas produzidas em diferentes recipiente. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 605-610, set./out. 2003.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MAESTRI, M.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. M. Crescimento de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. cloeziana* sob diferentes níveis de restrição radicular. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 13, n. 1, p. 1-18, jan./jun. 1989.

RENA, A. B.; DAMATTA, F. M. O sistema radicular do cafeeiro: Morfologia e ecofisiologia. In: Zambolim, L. (Ed.) **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: UFV/Departamenmto de Fitopatologia, 2002. p. 11-92.

RIBEIRO, M. C. C.; MORAIS, M. J. A. de; SOUZA, A. H. de; LINHARES, P. C. F.; BARROS JUNIOR, A. P. Produção de mudas de maracujá-amarelo com diferentes substratos e recipientes. **Caatinga**, Mossoró, v. 18, n. 3, p. 155-158, 2005. Disponível em <<http://www.esam.br/caatinga/artigos/Vol18n3a05art04.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2006.

SAMÔR, O. J. M.; CARNEIRO, J. G. de A.; BARROSO, D. G.; LELES, P. S. dos S. Qualidade de mudas de angico e sesbânia, produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 209-215, abr./jun. 2002.

SANTOS, C. B. dos; LONGHI, S. J.; HOPPE, J. M.; MOSCOVICH, F. A. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L. F.) D. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 1-15, dez. 2000.

SCHIMIDT-VOGT, H. Morpho-physiological quality of forest tree seedlings: the present international status of research. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS, 1984, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1984. p. 366-378.

SILVA, E. M. da; CARVALHO, G. R.; ROMANIELLO, M. M. **Mudas de cafeeiro**: tecnologias de produção. Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. 56 p. (Boletim Técnico, 60)

SILVA, J. I., VIEIRA, H. D.; ANDRADE, W. E. B.; BARROSO, D. G.; VIANA, A. P. Efeito de diferentes substratos e recipientes na produção de mudas de cafeeiro (*Coffea canephora* Pierre). In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro, BA. **Anais...** Brasília: EMBRAPA CAFÉ, 2003, p. 288.

STURION, J. A. Influência do recipiente e do método de semeadura na formação de mudas de *Prunus brasiliensis* Schott ex. Spreng – fase de viveiro. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, PR, v. 1, p. 76-88, dez. 1980a.

STURION, J. A. Influência do recipiente e do método de semeadura na formação de mudas de *Schizolobium parahyba* (Vellozo) Blake – fase de viveiro. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, PR, v. 1, p. 89-100, dez. 1980b.

STURION, J. A. Influência do recipiente e do método de semeadura na formação de mudas de *Mimosa scabrella* Benthām. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, PR, v. 2, p. 69-78, jun. 1981.

TOWNEND, J.; DICKINSON, A. L. A comparison of rooting environments in containers of different sizes. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 175, n. 1, p. 179-146, Aug. 1995.

VALLONE, H. S. **Produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes com polímero hidroretentor, diferentes substratos e adubações**. 2003. 75 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

VERDONCK, O.; De PENNING, R.; De BOODT, M. The physical properties different horticultural substrates. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 150, p. 155-160, 1983.

VIEIRA, S. **Estatística Experimental**. São Paulo: Atlas, 1999. 185 p.

WENDLING, I.; GATTO, A.; PAIVA, H. N. de; GONÇALVES, W. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2002. 166 p.