



**FRANCISCO ANDRÉS PÉREZ PINTO**

**ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE *Coffea arabica* L. EM  
SISTEMA HIDROPÔNICO**

**LAVRAS – MG  
2017**

**FRANCISCO ANDRÉS PÉREZ PINTO**

**ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE *Coffea arabica* L. EM SISTEMA  
HIDROPÔNICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de mestre.

Dr. Rubens José Guimarães  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2017**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha  
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados  
informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Pinto, Francisco Andrés Pérez.

Enraizamento de estacas de *Coffea arabica* L. em sistema  
hidropônico / Francisco Andrés Pérez Pinto. - 2017.

48 p. : il.

Orientador(a): Rubens José Guimarães.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal  
de Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. *Coffea arabica* L. 2. Enraizamento de estacas. 3. Sistema  
hidropônico. I. Guimarães, Rubens José. . II. Título.

**FRANCISCO ANDRÉS PÉREZ PINTO**

**ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE *Coffea arabica* L. EM SISTEMA  
HIDROPÔNICO**

**ROOTING OF COFFEA ARABICA L. CUTTINGS IN A HYDROPONIC SYSTEM**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de mestre.

APROVADA em 27 de março de 2017.

Dr. Élberis Pereira Botrel                      UFLA

Dra. Danielle Pereira Baliza                      IFSULDEMINAS

Dr. Rubens José Guimarães  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2017**

*À minha esposa Renata Rabello, pelo amor,  
parceria e suporte.*

*Ao meu irmão Alberto Pérez, por estar  
sempre presente com sua sábia amizade.*

*À minha mãe, Miriam del Rosario Pinto Muñoz,  
pelos ensinamentos e imenso amor demonstrado  
constantemente, e por ser meu maior exemplo de  
vida.*

*Dedico!*

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realizar o mestrado.

Ao Professor Rubens, pela receptividade e pela qualidade humana e profissional sempre demonstrada, pela paciência, confiança e orientação que permitiu meu crescimento pessoal e profissional.

Aos Professores Silvério José Coelho e Nilton Nagib Jorge Chalfun pela oportunidade de trabalhar com conhecimentos por eles obtidos aplicados à cultura do café e pelas orientações que permitiram viabilidade deste projeto.

A todos os professores que de maneira direta ou indireta colaboraram para esta conquista assim como para minha formação.

À Cinara Libéria, pela confiança depositada para a realização deste projeto, pelo apoio e amizade. À Gabriela Silva Sant'ana por ter encarado o desafio, permitindo que junto com Cinara fosse formada esta equipe de trabalho.

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

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação pelo companheirismo e ajuda que a todo momento foram mútuos e que com certeza fazem parte desta realização.

**OBRIGADO.**

## RESUMO

Devido à existência de tecnologias diferenciadas e grande número de matérias-primas na produção de mudas, mostra-se necessária a associação das mesmas para atingir o sucesso neste processo. No enraizamento de estacas e na hidroponia encontram-se alternativas que podem trazer contribuições importantes para a propagação do cafeeiro. Objetivou-se estudar a viabilidade da utilização de diferentes substratos na produção de mudas via enraizamento de estacas em sistema hidropônico com diferentes fontes de minerais e diferentes manejos. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em parcela subdividida. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Horto Botânico do Departamento de Agricultura da UFLA, contando com três manejos na condução hidropônica (Água + Osmocote; Água + Solução; Solução nutritiva) e dois tipos de substrato (Vermiculita e Vermiculita (70%) + Casca de arroz carbonizada (30%)). Foram avaliadas as seguintes características: porcentagem de sobrevivência, peso seco de parte aérea e sistema radicular, área foliar, índice de clorofila e características do sistema radicular. A solução nutritiva inicialmente é prejudicial às estacas. O fornecimento inicial de água e posterior uso de solução pode ser benéfico, porém há necessidade de se trabalhar uma solução específica para mudas cafeeiras. O substrato que favoreceu os resultados foi a vermiculita. A mistura vermiculita + casca de arroz carbonizada não apresentou resultados positivos para este tipo de condução. Para obtenção de mudas de cafeeiro via enraizamento de estacas, com maior crescimento e desenvolvimento, deve-se utilizar tubetes preenchidos com vermiculita e adição de adubo de liberação lenta, em sistema hidropônico com água e sem nutrientes.

**Palavras-chave:** Mudas de café. Propagação vegetativa. Hidroponia. Substratos.

## ABSTRACT

Due to the existence of differentiated technologies and large number of raw materials in terms of seedling production, it is necessary to associate them to achieve success in this process. In the rooting cuttings and hydroponics are alternatives that can bring important contributions to the coffee propagation. The objective in this work was to study the feasibility of using different substrates in the seedlings production by rooting cuttings in a hydroponic system with different sources of minerals and different managements. A completely randomized block design was used in a subdivided plot. The experiment was conducted in a greenhouse at the Ornamental Plants - Agriculture Department of UFLA - counting on three management in hydroponic conduction (Water + Osmocote; Water + Solution; Nutritive Solution) and two types of substrate (Vermiculite and Vermiculite (70%) + Charred rice husk (30%)). The following characteristics were evaluated: survival percentage, dry weight of shoot, and root system, leaf area, chlorophyll index and root system characteristics. The nutrient solution is initially harmful to the cuttings. The initial supply of water and subsequent use of solution may be beneficial, but there is a need to work on a specific solution for coffee plants. Vermiculite was the substrate that favored the results. The mixture vermiculite + charred rice husk did not present positive results for this type of conduction. In order to obtain coffee seedlings via rooting cuttings, with greater growth and development, it is necessary to use tubes filled with vermiculite and addition of slow release fertilizer, in a hydroponic system with water and without nutrients.

**Keywords:** Coffee seedlings. Vegetative propagation. Hydroponics. Substrates.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	11
2.1	Propagação do Cafeeiro.....	11
2.1.1	Propagação do cafeeiro via enraizamento de estacas .....	11
2.2	Sistema Hidropônico.....	15
2.3	Substratos.....	17
2.4	Fertilizante de liberação lenta - Osmocote.....	20
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1	Estacas.....	22
3.2	Sistema hidropônico .....	24
3.2.1	Água + Osmocote. (H <sub>2</sub> O + O).....	24
3.2.2	Água + Solução Nutritiva (H <sub>2</sub> O + S) .....	25
3.2.3	Solução nutritiva (S) .....	25
3.3	Substratos.....	25
3.4	Características avaliadas .....	26
3.4.1	Avaliações de crescimento .....	26
3.5	Avaliações fisiológicas.....	27
3.6	Análises de Raízes pelo <i>software</i> SAFIRA .....	27
3.7	Análise Estatística .....	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
4.1	Avaliações de Crescimento .....	29
4.1.1	Sobrevivência de estacas.....	29
4.1.2	Peso seco de raiz e parte aérea .....	30
4.1.3	Área foliar .....	32
4.2	Avaliações fisiológicas.....	34
4.2.1	Clorofila A, Clorofila B e Clorofila Total .....	34
4.3	Análises de raízes pelo <i>software</i> SAFIRA .....	36
5	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	42
6	CONCLUSÕES.....	43
	REFERÊNCIAS.....	44

## 1 INTRODUÇÃO

O cafeeiro é uma planta perene pertencente à família Rubiaceae, do gênero *Coffea* com mais de 100 espécies conhecidas. *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre (robusta) são as duas espécies de maior interesse econômico, sendo o café arábica o predominante, com aproximadamente três quartos da produção mundial.

O levantamento da safra de 2016, realizado pelo Departamento de Café do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, apresentado no informe estatístico de setembro de 2016, mostra que a produção em sacas beneficiadas de café arábica representa 83,17% do total brasileiro. No mesmo relatório é possível observar que o Brasil é o maior produtor mundial de café, representando 30,2% de toda a produção, sendo também o maior exportador, com 33,5% em relação aos demais países produtores da cultura. Tudo isto demonstra o domínio do café arábica em relação ao café robusta e a sua importância no cenário econômico nacional e internacional, evidenciando a necessidade de pesquisas para aperfeiçoar métodos de produção, bem como o manejo na cafeicultura.

O principal método de propagação do cafeeiro é por meio da utilização de mudas que são obtidas via sementes, predominantemente no café arábica, uma vez que o café robusta é também tradicionalmente propagado vegetativamente usando-se o método de enraizamento de estacas, que é favorecido pelas características da espécie e, por sua vez, apresenta vantagens na produção em escala comercial.

As plantas da espécie *Coffea canephora* são alógamas e apresentam alta variabilidade em propagação por sementes, razão pela qual a estaquia se tornou a alternativa para solucionar este problema, uma vez que a utilização deste método, além de outros benefícios, possibilita uniformidade na propagação. Por outro lado, a produção de mudas por sementes na espécie *Coffea arabica* é autógama, possui uma grande uniformidade e pouca variação entre seus descendentes, porém a propagação vegetativa nessa espécie tem sido utilizada para fins de clonagem como no caso de enraizamento de estacas ou propagação por embriogênese somática.

Estudos vêm sendo realizados nesse sentido, na procura de uma técnica viável e favorável que permita a aplicação da estaquia no café arábica. As pesquisas têm sido focadas na obtenção de respostas para modo de obtenção das estacas, recipientes e substratos ideais, enraizamento e formas de indução do mesmo, entre outras. As informações coletadas são importantes principalmente por servirem como um direcionamento para as pesquisas futuras.

Dentro dos estudos realizados, é possível observar que a qualidade das estacas obtidas é diretamente relacionada com o substrato utilizado. O substrato precisa possuir boa estrutura e consistência, de maneira que possa sustentar as estacas durante o enraizamento. Além disso, necessita ser suficientemente poroso para propiciar a drenagem do excesso de água, permitindo uma adequada aeração para o sistema radicular, o mesmo que é de grande importância para o sucesso do método de propagação, especificamente o enraizamento de estacas. Da mesma forma, além de características físicas favoráveis, é necessário que haja fornecimento de nutrientes essenciais ao desenvolvimento da planta.

Na procura por respostas para dificuldades enfrentadas, torna-se necessária a associação de informações coletadas com novas tecnologias que possam aprimorar os métodos atualmente utilizados e contribuir para o seu sucesso, principalmente em redução de tempo na produção e maior controle de condições fitossanitárias na formação das mudas.

Nesse contexto, o cultivo hidropônico tem sido usado com sucesso na produção de espécies hortícolas, na propagação de frutíferas e de plantas ornamentais, tornando a produção mais eficiente, porém ainda não foi adaptado para a produção de mudas de cafeeiro.

Não foram encontradas pesquisas nesse sentido, o que evidencia que se precisa de projetos inovadores que possam ajudar a aprimorar o método de propagação via enraizamento de estacas, melhorando sua viabilidade, de maneira que seja possível a diminuição de custos e a simplificação do processo.

Dessa forma, neste trabalho objetivou-se avaliar a viabilidade da utilização de diferentes substratos na produção de mudas via enraizamento de estacas em sistema hidropônico com diferentes fontes de minerais e diferentes manejos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Propagação do Cafeeiro

O principal método de propagação do cafeeiro é por meio da utilização de mudas obtidas via sementes, principalmente no café arábica, já que se trata de uma planta autógama, predominantemente autopolinizada, de maneira que as plantas apresentam uniformidade e pouca variação entre seus descendentes.

O café robusta (*Coffea canephora*) é uma planta alógama que, dentro de uma lavoura, pode apresentar grande variabilidade e conseqüentemente sua propagação por sementes trará resultados que apresentarão a mesma desuniformidade, razão pela qual o método de propagação via enraizamento de estacas tem sido uma alternativa viável para esta espécie.

A necessidade de um método de obtenção de mudas de *Coffea arabica* L. que produza plantas que apresentem as mesmas características de interesse da planta mãe, além de fornecer uma alternativa viável de produção em escala comercial, despertou o interesse do estudo da aplicação da estaquia e os estudos realizados apresentaram resultados satisfatórios, principalmente no enraizamento das mudas (JESUS, 2004).

O desenvolvimento do cafeeiro, principalmente o crescimento inicial, é influenciado por vários fatores como: climáticos, nutricionais e pela qualidade das mudas que serão utilizadas, qualidade que é obtida por meio de um correto manejo na obtenção das mesmas.

Pode-se inferir, portanto, que o substrato, meio que fornece suporte para o crescimento e bom desenvolvimento para as plantas fornecendo oxigênio, nutrientes e água, deve ser o mais apropriado para colaborar com a qualidade final da muda que será levada a campo. Do ponto de vista econômico, o substrato é um insumo importante dentro do sistema de produção de mudas de cafeeiro, uma vez que é responsável por 38% do custo de produção das mudas, quando se utilizam tubetes de 120 mL, desconsiderando o gasto com a adubação (GUIMARÃES; MENDES, 1998).

#### 2.1.1 Propagação do cafeeiro via enraizamento de estacas

Pode-se dizer que a propagação de *Coffea arabica* é realizada predominantemente por sementes, por se tratar de uma planta autógama, cujas progênies em geração avançada, não segregantes, são selecionadas tornando-se cultivares (BERGO; MENDES, 2000). Porém, uma alternativa bastante viável para a propagação de plantas de café em escala comercial, é a

propagação vegetativa via enraizamento de estacas, tal como se faz em *C. canephora*. (PEREIRA, 1998b; SILVA et al., 2010).

A propagação de plantas por meio de estaquia vem sendo largamente utilizada em floricultura, horticultura, fruticultura e na silvicultura com o objetivo de melhorar e conservar clones, ecotipos ou variedades de importância econômica (SILVA, 1985).

A estaquia apresenta, ainda, outras vantagens, como a obtenção de um grande número de plantas em curto espaço de tempo a partir de poucas plantas matrizes, garantindo a transmissão de características desejáveis da planta mãe, uniformizando as plantas e a maturação. Possibilita também escalonar a colheita, melhorar o tamanho e a qualidade dos frutos, estimular a formação de ramos produtivos, proporcionar maior resistência a doenças e permitir também a produção de mudas durante o ano todo. Todas estas vantagens observadas são ainda mais evidentes quando associadas a um correto manejo das mudas obtidas.

Segundo Jesus (2004), relatos da existência de heterose em *C. arabica*, despertaram o interesse pela propagação vegetativa de híbridos F1, em escala comercial, procurando desta forma a exploração do vigor híbrido além da manutenção de caracteres de interesse como resistência a ferrugem, porte baixo ou uniformidade de maturação de frutos, determinados por condição heterozigótica.

Pereira et al. (1998a) avaliaram o comportamento de estacas de três cultivares de *C. arabica* L., colocadas para enraizar em cinco diferentes substratos. Os autores avaliaram percentagem de estacas vivas, número médio de brotações, comprimento médio de brotações, peso seco da parte aérea, percentagem de estacas enraizadas, número médio de raízes e peso da matéria seca das raízes. Foram observados os melhores resultados para o enraizamento de estacas de *C. arabica* L. quando se utilizaram os substratos areia, húmus de minhoca (vermicomposto), moinha de café e o substrato padrão e, do mesmo modo, concluíram que Catuaí e Icatú enraizaram melhor que Mundo Novo.

Jesus et al. (2013) testaram a propagação vegetativa de café arábica por meio de enraizamento de estacas associado a aquecimento basal, fornecimento de sacarose e concentrações de hormônio AIB. Os resultados mostraram que todas as estacas que enraizaram nos melhores tratamentos, enraizaram aos 90 dias. O AIB favoreceu o enraizamento das estacas, embora na ausência do regulador, as estacas também tenham manifestado capacidade rizogênica. É possível observar que em relação ao tempo requerido para enraizamento, existe um período que pode ser considerado como referência nas pesquisas que procuram aprimorar a técnica, tempo este que varia de 90 a 120 dias. Do mesmo modo,

pode-se concluir que o auxílio de um regulador de crescimento que induza o enraizamento é necessário.

Pereira et al. (2002) avaliaram o enraizamento de estacas de *Coffea arabica* L. em estufim de 1,50 x 1 x 0,90 construído de madeira, com laterais e tampa feitas de plástico, localizado num viveiro com cobertura dupla de tela plástica sombrite, de modo a evitar temperaturas excessivas. Posteriormente, as estacas foram levadas ao viveiro com sistema de irrigação por microaspersão, onde foram feitas seis irrigações diárias de cinco minutos cada, em intervalos de duas horas, de modo a manter alta umidade no ambiente e no substrato. Foi concluído que a utilização de estufim é uma alternativa tecnicamente viável e que há necessidade de associar técnicas alternativas que possam favorecer o método de propagação vegetativa, principalmente em função de temperaturas ideais e alta umidade no ambiente e substratos utilizados.

Oferecer condições adequadas para que as mudas tenham um bom enraizamento é um desafio para os técnicos. Alta temperatura e umidade são essenciais. Estacas herbáceas apresentam melhores respostas quando retiradas na época em que a planta está crescendo ativamente. É fundamental a manutenção do substrato úmido, temperatura por volta de 25°C e mudas livres de correntes de ar. É essencial evitar que as mudas sequem ou apodreçam antes de formarem raízes. Quanto mais depressa o processo de enraizamento ocorrer, menores serão as possibilidades de fracasso (HILL, 1996).

Objetivando contribuir na procura de uma metodologia apropriada para produção de mudas de *Coffea arabica* L. via enraizamento de estacas, Oliveira et al. (2010) conduziram um experimento visando avaliar a influencia do comprimento de estacas e do ambiente no crescimento de mudas obtidas por meio deste método de propagação. Avaliaram-se os seguintes caracteres: altura de planta, número de nós, número de pares de folhas, comprimento da raiz principal e a matéria seca da planta. A partir dos resultados, concluíram que estacas com maior comprimento e conduzidas em telado de sombrite possibilitam maior crescimento das mudas.

Partelli et al. (2006) avaliaram o desenvolvimento radicular e de parte aérea de plantas de café Conilon proveniente de sementes e de estaquia. Após as respectivas avaliações, as plantas propagadas por estaca emitiram maior número de ramos plagiotrópicos durante os sete primeiros meses de idade, e menor número de brotos ortotrópicos durante todo o experimento. Não foram observadas diferenças no comprimento e na área superficial de raízes finas, entre plantas propagadas por sementes e por estacas. Houve maior concentração de raízes finas nas camadas superficiais do solo. A produtividade das plantas propagadas por estacas é maior do

que a das plantas propagadas por sementes, o que evidencia a viabilidade do método para café Conilon, abrindo a possibilidade de procurar uma resposta similar para o café arábica.

Fadelli (2000) avaliou a estaquia em diferentes genótipos de café arábica e a influência do tipo de estaca no seu enraizamento. O experimento estabeleceu também um comparativo entre o enraizamento ocorrido com genótipos de *C. canephora* e *C. arabica*. Foi observada superioridade da espécie *C. canephora* no enraizamento e, dentro dos genótipos de café arábica, a existência de diferenças significativas. O tipo de estaca influencia no enraizamento, sendo que a estaca verde, oriunda de partes mais novas dos ramos, é inferior à estaca madura em 63,4%. O autor concluiu ainda que, apesar da grande diferença observada entre as duas espécies, pode-se obter enraizamento no café arábica muito próximo ao do café robusta pela seleção do genótipo adequado e aumentando-se o tempo de permanência da estaca no substrato enraizador.

Visando a propagação vegetativa com a multiplicação de híbridos altamente produtivos e de plantas matrizes que apresentem alto valor agregado em menor tempo, Rezende et al. (2010) testaram o enraizamento de diferentes tipos de estacas caulinares de *Coffea arabica* L., sendo elas provenientes de três tipos de segmentos (herbáceos, semilenhosos e lenhosos). Por meio dos resultados, foi observado que a estaca semilenhosa apresentou a maior média para comprimento da raiz principal. Para matéria seca da planta, as estacas semilenhosa e lenhosa não diferiram entre si significativamente, mas foram superiores às herbáceas. Dessa forma, pode-se observar a construção de uma padronização, por meio da pesquisa, no processo de obtenção de mudas via enraizamento de estacas.

Jesus, Carvalho e Soares (2006) compararam sistemas radiculares de mudas de café arábica obtidas por estaquia e por sementes. As mudas obtidas por propagação vegetativa foram provenientes de estacas previamente enraizadas após 90 dias sem uso de regulador de crescimento, com raízes em torno de 3 cm, de cultivares Acaiá e Rubi, que foram transplantadas para sacolas plásticas, trabalhando-se paralelamente com as mudas produzidas por sementes, até as todas as mudas atingirem o padrão de “mudas de ano”. Os autores observaram que mudas obtidas por meio de estacas possuem maior comprimento total de raízes e maior peso de matéria seca que mudas formadas por sementes. Da mesma forma, constatou-se que a maior parte do sistema radicular de todas as mudas, mais de 98%, era de raízes finas, por meio das quais as plantas absorvem água e os sais minerais. Concluiu-se que os sistemas radiculares de mudas de ano de cafeeiros provenientes de estacas caulinares são mais desenvolvidos que sistemas radiculares de cafeeiros obtidos por sementes. É importante lembrar que a qualidade da muda influencia diretamente na implantação da lavoura, e que a

capacidade de absorção que o sistema radicular possui para fornecimento de água e sais minerais para a parte aérea é um dos principais fatores.

Uma boa condução no processo de obtenção das mudas por meio desse método pode ser determinante na implantação da lavoura. Assim, todos os benefícios citados, somente serão observados se existir um criterioso cuidado em cada passo, desde a seleção da planta matriz, passando pela realização da estaca, sua instalação no tubete, sua passagem para o saco de polietileno, onde o substrato deverá apresentar características satisfatórias, e finalmente o plantio. A partir daí novos procedimentos e decisões técnicas cuidadosamente realizadas possibilitarão uma lavoura vigorosa e produtiva.

## **2.2 Sistema Hidropônico**

Com o objetivo de melhorar e aperfeiçoar o processo de obtenção de mudas tanto de modo convencional como no enraizamento de estacas, faz-se necessário a procura e utilização de tecnologias diferenciadas que possam trazer benefícios associados a tempo de produção, condições fitossanitárias e produto final dentro dos padrões desejados.

O sistema hidropônico é uma das alternativas dentro dessas considerações e já é utilizado em diversas outras culturas como produção de espécies hortícolas, na propagação de frutíferas e de plantas ornamentais. Consiste num processo de cultivo com circulação nutritiva em água, no qual as plantas crescem em substrato etéreo ou são colocadas em canais de cultivo por onde circula uma solução nutritiva. Essa solução contém os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas de acordo com a necessidade de cada espécie (MARTINEZ, 1999).

O cultivo hidropônico é um processo que deve ser praticado em ambiente protegido, como estufa ou casa de vegetação, para que se possa ter controle sobre o desenvolvimento das plantas e, também, da solução nutritiva (TEIXEIRA, 1996).

A solução nutritiva é fundamental para o crescimento das plantas e, como em todo processo que envolve a produção de plantas, se for manejada de maneira incorreta poderá provocar uma redução na produtividade e qualidade do produto final. Da mesma maneira, é importante lembrar que as plantas têm uma alta capacidade em se adaptar a diferentes soluções nutritivas, já que a sua absorção acontecerá de maneira seletiva. Mas de qualquer forma, deve-se considerar que os limites de pH, pressão osmótica e proporção de nutrientes, deverão ser avaliados e definidos criteriosamente para que não ocorra interferência na absorção e nem precipitações de compostos insolúveis. Desta forma, não há importância

somente na escolha de uma solução apropriada no plantio, mas sim no contínuo controle da mesma, em termos de adição de sais, ajuste de pH e substituição periódica de toda a solução (MARTINEZ, 1999).

Com o objetivo de diminuir problemas enfrentados na obtenção de mudas via enraizamento de estacas e aprimorar a técnica, o cultivo hidropônico é uma alternativa que pode contribuir para a produção de plantas de alta qualidade, pois já é utilizado em produção de espécies hortícolas, na propagação de frutíferas e de plantas ornamentais.

A estaquia em café arábica é um processo que se encontra em estudo, apesar de possuir um procedimento que mesmo precisando de adequações, pode ser considerado como um protocolo de obtenção de estacas. A associação com métodos que possam aperfeiçoar este procedimento se torna necessária e, no sistema hidropônico encontra-se uma alternativa, embora seja um método inovador para produção de mudas de café.

A hidroponia é utilizada no processo de produção de mudas de outras culturas, principalmente em hortaliças, e estudos mostram sua viabilidade em plantas frutíferas, florestais e ornamentais, sendo que estudos de Faquin e Chalfun (2008), utilizando o sistema hidropônico, demonstraram resultados promissores para essas culturas.

Neves (2015) estudou o processo de produção de plantas de *Stiffia chrysantha*, espécie arbustiva nativa, visando seu potencial uso em arborização viária por meio de caracterização física, ilustração de caracteres morfológicos, descrição do processo germinativo e comparação da produção de plantas em sistema hidropônico e sistema convencional utilizando diferentes substratos. Os resultados obtidos permitiram concluir que para a produção de plantas em sistema hidropônico, o manejo com o semeio diretamente em solução nutritiva proporciona plantas superiores, e o substrato composto por fibra de coco, casca de arroz carbonizada, vermiculita e adubo de liberação lenta, proporcionaram plantas com qualidade superior.

Há viabilidade na produção de plantas de citrus quando conduzidas em sistema hidropônico, gerando plantas de boa qualidade em intervalo de tempo menor quando comparadas com o sistema de produção convencional (OLIVEIRA, 2007). Pesquisas realizadas com pereiras e pessegueiros em sistema hidropônico, apresentaram sucesso na obtenção de plantas com padrões de altura e diâmetro exigidos pela legislação, em um prazo de quatro meses, enquanto no sistema convencional são necessários 10 meses (SOUZA et al., 2011).

Souza (2013) pesquisou, em sistema hidropônico, a viabilidade de produção de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' por meio da determinação do diâmetro ótimo para execução de

enxertia da cultivar ‘Ponkan’ e, posteriormente, avaliação da produção das mudas enxertadas. Com as devidas conclusões associadas ao diâmetro dos porta-enxertos, a autora concluiu também, que o sistema hidropônico foi uma técnica viável para a propagação de mudas cítricas.

Laviola, Martinez e Mauri (2007) avaliaram o desenvolvimento de mudas de quatro variedades de café arábica originadas de sementes de plantas submetidas aos níveis de adubação baixo e alto, em sistema hidropônico com argila expandida. Foi observado que o nível de adubação das plantas pouco influenciou no crescimento e desenvolvimento das mudas no sistema hidropônico proposto e o mesmo promoveu um bom desenvolvimento das mudas de cafeeiro.

A necessidade de pesquisas em relação à produção de mudas via enraizamento de estacas associadas a sistema hidropônico é evidente, uma vez que não foram encontrados estudos para esse tema. A produção de estacas para *Coffea arabica* carece de pesquisas para seu aprimoramento, pesquisas estas que poderão trazer importantes informações que contribuam também na produção de mudas por sementes.

### **2.3 Substratos**

Substrato é o meio em que as raízes crescem para fornecer suporte estrutural à parte aérea das mudas e também suprir as necessidades de água, de oxigênio e de nutrientes (GOMES; SILVA, 2004).

O substrato deve apresentar características físicas e químicas desejáveis, entre elas, espaço de aeração, boa capacidade de retenção de água, e apresentar estabilidade estrutural. As características necessárias a um bom substrato são homogeneidade, baixa densidade, alta porosidade, boa capacidade de retenção de água, alta capacidade de troca catiônica, boa agregação de partículas nas raízes, isenção de organismos patogênicos e sementes indesejáveis, além de ser de fácil manipulação em qualquer tipo de condição, ser abundante e economicamente viável (GOMES; SILVA, 2004).

Devido à grande diversidade de substratos, 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 (VALLONE, 2010).

A forma comumente utilizada para produção de mudas em café é a aplicação de um substrato composto de 70% de solo e 30% de esterco de bovinos, acrescido de adubos

químicos. Contudo, esse padrão apresenta alguns inconvenientes como custo de transporte, baixo rendimento no plantio e a necessidade de maior volume de substrato. Dessa forma, tem-se procurado tecnologias que supram de uma melhor maneira este sistema (GUIMARÃES; MENDES, 1998).

Portanto, os substratos podem ser constituídos de diferentes matérias-primas, que podem ser as mesmas de origem mineral, orgânica ou sintética, assim como também podem ser formados por um único material ou um composto de vários em mistura. Os materiais orgânicos mais comuns são a turfa, casca de árvores picadas, fibras vegetais, entre outros. Por sua vez, os materiais minerais mais comuns são a vermiculita, perlita, espuma fenólica e lã de rocha. A finalidade da escolha do substrato mais adequado é produzir uma planta de alta qualidade em curto tempo e baixo custo (ABREU; ABREU; BATAGLIA, 2002).

A casca de arroz carbonizada possui forma floculada, coloração escura, é leve, de fácil manuseio, com grande capacidade de drenagem, pH levemente alcalino, baixa capacidade de retenção de água, rica em cálcio e potássio, livre de pragas e patógenos devido ao processo de carbonização. Trata-se de um material que vem sendo estudado para ser trabalhado em misturas na produção de mudas (MINAMI, 1995).

Santos et al. (2001) testaram os efeitos da utilização de diferentes tipos de fertilização, diferentes substratos e diferentes tamanhos de tubetes no desenvolvimento de mudas de café arábica, procurando trabalhar com diferentes proporções de vários tipos de substratos associados, usando terra de subsolo, esterco de curral, compostos orgânicos, substratos comerciais, casca de arroz carbonizada e vermiculita. Os autores puderam concluir que, para altura de plantas, número de pares de folhas e área foliar, o uso de adubação com fertilizante de liberação controlada (osmocote) proporciona resultados médios superiores para todos os substratos utilizados. Por meio desse estudo fica evidenciada a necessidade de se trabalhar com substratos associados em diferentes proporções pois, dessa forma, pode-se complementar características favoráveis às mudas.

Também Dias e De Melo (2009), avaliaram os efeitos da utilização de diferentes materiais orgânicos no substrato artificial para produção de mudas de cafeeiro. Utilizaram três fontes de material orgânico (esterco de curral bovino curtido, cama de peru curtida e resíduo de fumo curtido) e seis proporções destes materiais no substrato artificial (0, 20, 40, 60, 80 e 100%). Concluiu-se que a adição de 40% de cama de peru ao substrato artificial favoreceu o desenvolvimento das mudas do cafeeiro. Por outro lado, o esterco bovino adicionado ao substrato artificial, independente de sua proporção, prejudicou o desenvolvimento das mudas

e o resíduo de fumo também prejudicou o desenvolvimento das mudas e, a partir de 60%, provocou a morte das plantas.

Já Vallone et al. (2009) estudaram o comportamento de mudas de cafeeiro produzidas em diferentes recipientes e substratos quando transplantadas em campo sem irrigação complementar. Os substratos utilizados foram: substrato alternativo, substrato comercial e substrato padrão composto por esterco bovino e terra. Desta maneira, os resultados obtidos permitiram ao autor concluir que 20 meses após transplante, as plantas provenientes de mudas produzidas em saquinhos de polietileno e em tubete de 120 ml utilizando substrato padrão se mostraram superiores que as provenientes de mudas produzidas em tubetes de 50 ml.

Em outro experimento, os mesmos autores avaliaram a produção de mudas de *Coffea arabica* L. em tubetes com polímero hidrorretentor, com diferentes substratos e adubos. Em seu estudo, os autores objetivaram testar a viabilidade técnica de substituir o substrato comercial por casca de arroz carbonizada na produção de mudas, trabalhando com a mesma associada em diferentes proporções com esterco bovino, vermiculita e o próprio substrato comercial. Por meio dos resultados, concluiu-se que o uso da casca de arroz em substituição do substrato comercial, entre 60 e 70%, proporciona maior desenvolvimento das mudas e em menor tempo (VALLONE et al., 2009).

Como observado em vários experimentos mencionados, há uma procura constante e necessária em se combinar matérias que possam fornecer um substrato capaz de beneficiar o bom desenvolvimento das mudas. Um dos mais utilizados em mistura é a vermiculita, um mineral da família das micas que se tornou uma matéria-prima consagrada mundialmente na composição de substratos, por ser leve, uniforme, isenta de microrganismos patogênicos, possuir alta capacidade de retenção de água e nutrientes. A vermiculita combina muito bem com casaca de pinus, fibra de coco e casca de arroz carbonizada no alcance das características ideais de substratos (KRATZ et al., 2013).

Já Caldeira (2013), testou a utilização de lodo de esgoto juntamente com vermiculita, na composição de substratos para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* provenientes de sementes. Foram avaliadas as seguintes proporções de lodo de esgoto e vermiculita respectivamente, 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 e substrato comercial. As mudas foram avaliadas após 90 dias de ocorrência da germinação e constatou-se que a utilização de diferentes proporções de lodo de esgoto e vermiculita influenciaram, de maneira positiva, no crescimento das mudas de eucalipto, destacando-se as maiores proporções de vermiculita. O substrato que proporcionou os melhores resultados foi o composto por 20% de lodo de esgoto

e 80% de vermiculita. Assim, verifica-se que as características da vermiculita favorecem a sua utilização como substrato para a produção de mudas.

#### **2.4 Fertilizante de liberação lenta - Osmocote**

O correto manejo durante o processo de produção de mudas é importante, uma vez que será determinante na implantação da lavoura e, por se tratar de uma cultura perene, os erros ou acertos realizados durante este procedimento serão permanentes e dificilmente corrigidos. Mesmo depois da produção das mudas, já no momento do plantio das mudas em campo, deve ser realizada uma adubação tendo em vista as necessidades e deficiências do solo da área a ser utilizada e um correto suprimento de nutrientes para as mudas que serão plantadas, precisa ser realizado.

Nas mudas, a formulação básica do substrato não é suficiente para fornecer nutrientes durante todo o ciclo da muda de cafeeiro produzida em tubete, em função da lixiviação e da condutividade elétrica. Portanto, evidencia-se a necessidade de um complemento de fornecimento de nutrientes para o bom desenvolvimento das mudas (SILVA; CARVALHO; ROMANIELLO, 2000). Desta forma, tem sido utilizado como complemento nutricional, o fertilizante de liberação lenta ou controlada (Osmocote), que é constituído por uma mistura de macro e micronutrientes presentes nos grânulos que são revestidos por uma resina de origem orgânica, a qual realiza o controle da liberação dos nutrientes em função da temperatura e umidade do substrato e apresenta uma longevidade de quatro a seis meses (SILVA; CARVALHO; ROMANIELLO, 2000).

Assim, a fertilização do substrato tem sido realizada utilizando-se fertilizantes de liberação lenta, de forma a se evitar a lixiviação dos nutrientes durante as irrigações por vários meses no viveiro. Este fertilizante granulado possui 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).

Com o objetivo de testar o tipo de adubação para mudas, Campos (2001) avaliou três diferentes substratos, acrescidos de dois tipos de fertilização, em cultivares de cafeeiros transplantadas em tubetes de tamanhos diferentes. Além dos substratos utilizados, - vermiculita, casca de arroz, substrato comercial e composto orgânico, distribuídos em proporções diferentes- foram usados dois tipos de fertilizantes, sendo uma mistura de

fertilizantes simples e o fertilizante de liberação lenta (15-10-10 na dose de 450g em 55L). Os resultados mostraram que, para altura e área foliar, o adubo de liberação lenta foi o que apresentou os melhores resultados. As mudas da cultivar Catuaí, produzidas em tubetes de 50 e 120 mL, demonstraram as maiores médias de peso de Peso seco de raiz e parte aérea nos três substratos fertilizados com o adubo.

Oliveira et al. (2013) na procura do aperfeiçoamento da metodologia para a produção de mudas de *Coffea arabica* L. via propagação vegetativa por estaquia, avaliaram o efeito de sacarose e de fertilizante de liberação lenta no sistema radicular de mudas obtidas por estacas caulinares de café arábica. Testaram quatro doses da formulação 15-09-12 de Osmocote, sendo 0,0; 1,0; 2,0; e 3,0 gramas por tubete e três concentrações de açúcar, 0,0; 2,5 e 5,0%. As avaliações no sistema radicular foram realizadas após 138 dias de instalação do experimento e observou-se que a sacarose e o fertilizante de liberação lenta tiveram efeito no sistema radicular, aumentando o peso seco das raízes e quantidade de radículas.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Horto Botânico do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizado 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 Estacas

Foram utilizadas 30 estacas de *Coffea arabica* L, cultivar Mundo Novo IAC 379/19, coletadas de lavoura no campo experimental da Universidade Federal de Lavras:

O procedimento para obtenção de estacas caulinares foi realizado da seguinte forma:

1. Seleção dos ramos ortotrópicos:

Os ramos foram selecionados tomando-se como critério a altura do surgimento, preferencialmente na parte inferior da planta. Da mesma maneira adotou-se como característica de escolha, ramos novos não lignificados de coloração mais esverdeada. Dessa forma os ramos selecionados foram removidos e coletados para posterior preparação das estacas (FIGURA 1).

Figura 1 – Foto do ramo ortotrópico “ladrão” na planta.



## 2. Limpeza dos ramos

Realizou-se a limpeza dos ramos ortotrópicos coletados, que consistiu na remoção de ramos plagiotrópicos destes, deixando unicamente segmentos visíveis de pares de folhas que após os cortes realizados, tornaram-se as estacas desejadas (FIGURA 2).

Figura 2 – Foto de ramo ortotrópico (“ladrão”) coletado.



## 3. Estacas

Uma vez realizada a limpeza, obtiveram-se as estacas num comprimento de 6 a 8 centímetros (FIGURA 3). Realizou-se o corte parcial das folhas, deixando 1/3 do limbo foliar, uma vez que a área remanescente é a fonte de energia para a estaca além de ser responsável pela indução do enraizamento na mesma. As estacas passaram por uma lavagem em água com hipoclorito de sódio, ficando nesta solução em torno de 10 minutos; posteriormente, realizou-se uma lavagem em água corrente, onde as estacas permaneceram por mais 10 minutos, para remoção de resíduos do produto. Finalmente as estacas receberam a aplicação de ácido indolbutírico (AIB) para atuação como regulador de crescimento estimulante de enraizamento, e em seguida foram inseridas nos tubetes com os substratos.

Figura 3 – Foto de estaca caulinar.



### 3.2 Sistema hidropônico

Os tubetes foram colocados em grades próprias previamente ajustadas nas bordas de caixas de material sintético, com dimensões de 3,20m x 0,60m x 0,30m, denominadas de “piscinas”, e niveladas sobre bancadas de alvenaria, dentro de uma casa de vegetação com cobertura de plástico 100 micras.

Em cada tubete foi colocada uma estaca.

Foram adotados três procedimentos relacionados ao manejo dos tubetes nas piscinas, constando em cada piscina:

- a) água + Osmocote. ( $H_2O + O$ );
- b) água + Solução nutritiva ( $H_2O + S$ );
- c) solução nutritiva (S).

#### 3.2.1 Água + Osmocote. ( $H_2O + O$ )

Neste caso a “piscina” recebeu água tratada sem solução nutritiva, sendo que a fonte de nutrientes fornecidos às estacas foi o fertilizante de liberação lenta Osmocote. A dose adotada foi a recomendação comercial de 450g/55L de substrato, em mistura com o substrato colocado nos tubetes. Adotou-se o fornecimento deste tipo de fertilizante por tratar-se do fertilizante utilizado no sistema convencional. Sua formulação é 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. (MELO, 1999).

### 3.2.2 Água + Solução Nutritiva (H<sub>2</sub>O + S)

A piscina foi preenchida com água tratada, com trocas quinzenais. Inicialmente a piscina permaneceu somente com água durante um período de 120 dias e posteriormente recebeu a aplicação da solução nutritiva até o final do trabalho. Foi determinado o período de 120 dias, pois se trata do tempo que se estima no enraizamento convencional como tempo necessário para ocorrer o primeiro enraizamento (90 a 120 dias) e posteriormente realizar a transferência das estacas dos tubetes para sacos de polietileno.

### 3.2.3 Solução nutritiva (S)

A piscina foi preenchida com a solução nutritiva proposta por Faquin e Chalfun (2008), oriunda de um reservatório com capacidade para 1000 litros de solução nutritiva com circulação acionada por um temporizador com intervalos de 15 minutos e regulada por um conjunto de motor-bomba ligado ao reservatório. O excesso da solução nutritiva na piscina retorna ao reservatório por gravidade, por meio da tubulação própria. A necessidade de reposição de nutrientes na solução nutritiva contida no reservatório foi com base na condutividade elétrica, ajustando-se seu valor pela adição de soluções-estoque de macro e micronutrientes, preparada de acordo com os autores citados.

O pH da solução nutritiva foi mantido entre 5,5 e 6,5. A troca de solução nutritiva foi feita a cada 30 dias.

## 3.3 Substratos

Os substratos utilizados foram: “vermiculita”, “casca de arroz carbonizada + vermiculita”. As proporções avaliadas:

- a) vermiculita (100%). (V);
- b) vermiculita (70%) + Casca de arroz carbonizada (30%). (V+C)

É importante lembrar que os tubetes que foram colocados na piscina H<sub>2</sub>O + O receberam em mistura com os substratos avaliados, o fertilizante de liberação lenta Osmocote (450g/55L).

### 3.4 Características avaliadas

#### 3.4.1 Avaliações de crescimento

As avaliações foram realizadas duas vezes por semana, as mesmas sendo feitas às segundas e quintas-feiras.

- **Porcentagem de sobrevivência**

Avaliação feita contabilizando o número de estacas que sobreviveram ao longo do experimento.

- **Peso seco de parte aérea e sistema radicular**

Avaliação destrutiva realizada ao final do experimento, quando se totalizaram 180 dias. As mudas foram retiradas dos tubetes e lavadas em água corrente. Em seguida, as plantas foram seccionadas, separando em parte aérea e raiz. Ambas as partes foram acondicionadas em sacos de papel do tipo Kraft, devidamente etiquetados e colocados para secar em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 60°C até atingirem peso constante. Após a secagem, cada amostra foi pesada em balança de precisão, determinando o peso seco de raiz e peso seco de parte aérea, com valores determinados em gramas.

- **Área Foliar**

Consistiu da determinação da Área Foliar por meio do escaneamento realizado por aparelho que se baseia no princípio de células de grade de área conhecida. As medições foram realizadas utilizando LI 3100 da marca LI-COR (LI-COR, 1996).

As amostras foram coletadas, identificadas e levadas a laboratório. As folhas foram passadas pelo aparelho, uma a uma, e os valores de área foliar retornados foram anotados em uma tabela. Avaliação destrutiva realizada ao final do experimento.

As folhas destacadas foram também utilizadas no cálculo de peso seco de parte, uma vez que a avaliação de área foliar não danificou as mesmas e o seu uso foi breve.

### 3.5 Avaliações fisiológicas

Avaliação realizada ao final do experimento, quando totalizaram 180 dias. As quantidades de clorofila “a”, “b” e “total” contidas nas folhas foram medidas com aparelho clorofiLOG - CFL1030, em uma única folha de cada planta.

### 3.6 Análises de Raízes pelo *software* SAFIRA

Ao final do experimento, após 180 dias de instalação, as plantas foram seccionadas separando em parte aérea e raiz. As raízes, depois de lavadas, foram colocadas sobre uma superfície branca, de tamanho suficiente para o completo enquadramento das raízes e foram fotografadas com uma escala de 5 centímetros colocada ao lado para referência em futuras medições (FIGURA 5).

Figura 5 – Foto de raiz para análise no programa SAFIRA



A análise das fotos foi realizada de forma independente para cada tratamento e repetição, referentes ao total de estacas sobreviventes ao final do experimento. Após a obtenção das imagens, as mesmas foram processadas e analisadas utilizando o *software* SAFIRA, “Sistema de Análise de Fibras e Raízes”, desenvolvido pela Embrapa Instrumentação (JORGE; RODRIGUES, 2008; JORGE; SILVA, 2010).

Os parâmetros fornecidos pelo programa foram:

- a) volume ( $\text{mm}^3$ );
- b) área ( $\text{mm}^2$ );

- c) comprimento total (mm);
- d) diâmetro médio (mm).

Além dos valores fornecidos pelo *software* SAFIRA, foi realizada também a medição do comprimento da maior haste, valor fornecido em centímetros.

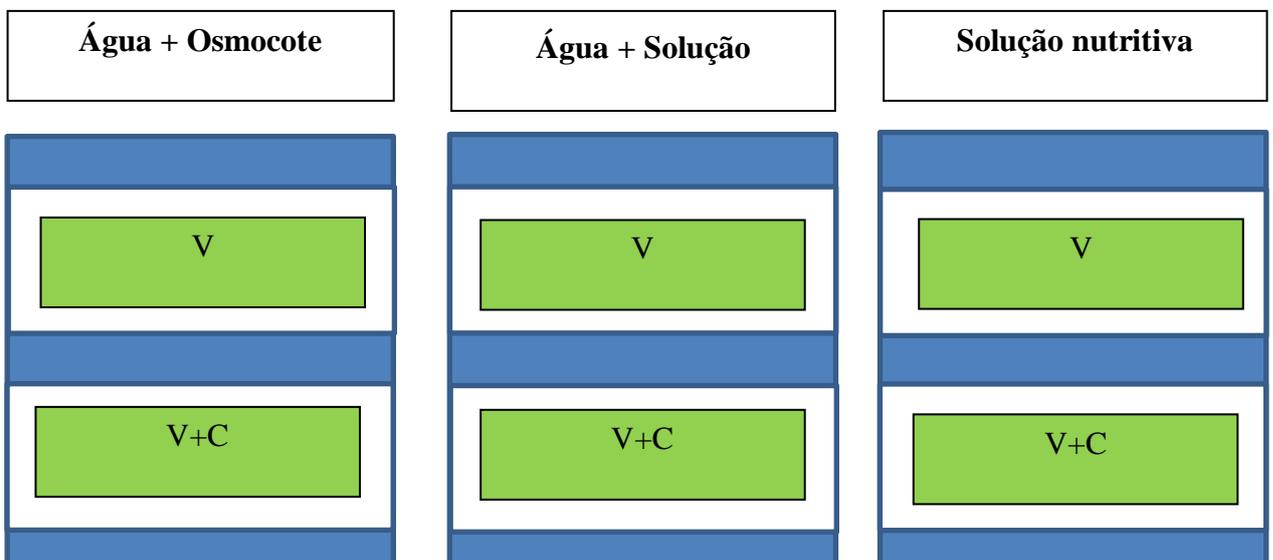
### 3.7 Análise Estatística

O experimento foi conduzido no Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com 5 repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 3x2, em parcelas subdivididas, para verificar os efeitos dos fatores Manejo na condução das piscinas, com 3 níveis (H<sub>2</sub>O + O; H<sub>2</sub>O + S; S), e Tipos de substratos, com 2 níveis (V e V + C), sendo que o fator Manejo na condução das piscinas constituiu as parcelas e o fator Tipos de substratos constituiu as subparcelas. Foi avaliado um total de 30 plantas.

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo verificada a homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett e a normalidade dos erros pelo teste de Shapiro-Wilk. Em seguida, foi aplicado o teste de Skott-Knott (ao nível de 5% de significância), quando necessário, às médias dos fatores.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2011).

Figura 6 - Croqui da área experimental.



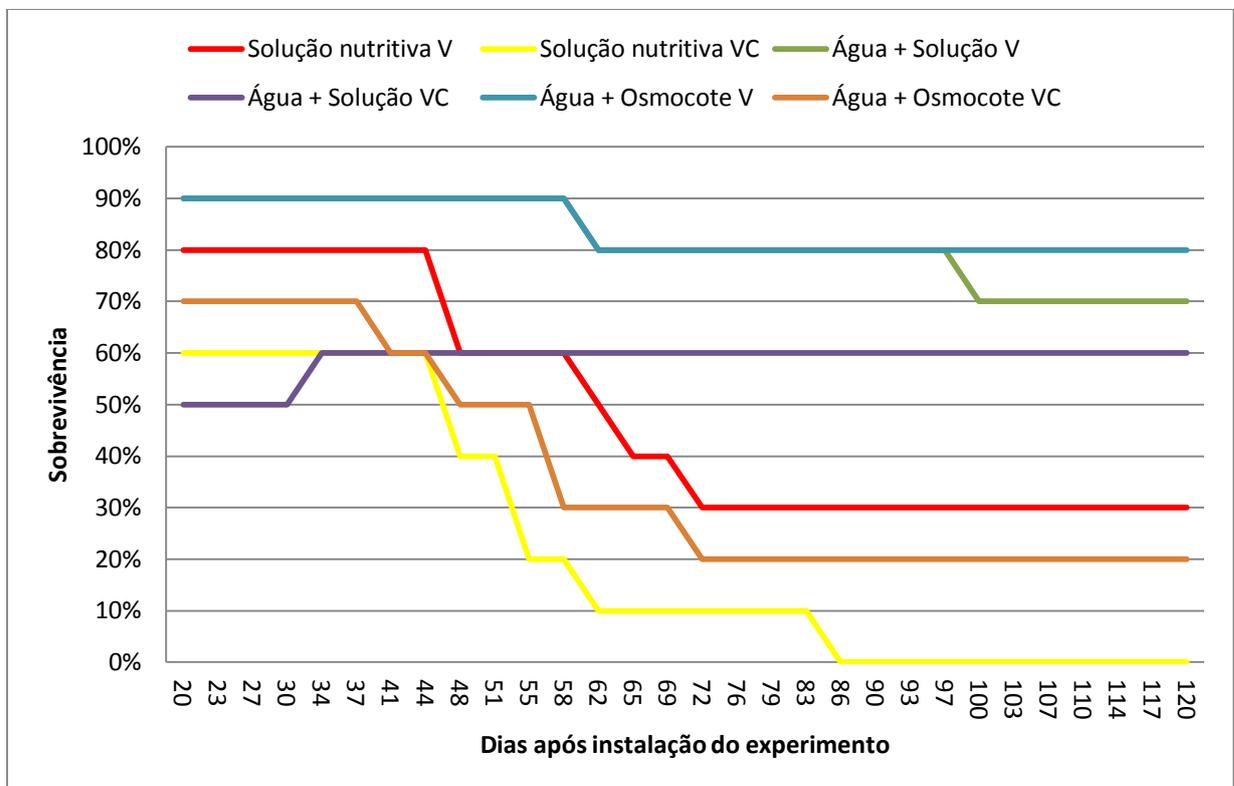
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliações de Crescimento

#### 4.1.1 Sobrevivência de estacas

Na Figura 7 apresenta-se a sobrevivência de estacas ao longo da condução do experimento.

Figura 7 - Porcentagem de sobrevivência para cada tratamento ao longo do tempo.



Pode-se observar que a maior porcentagem de sobrevivência ocorreu no manejo Água + Osmocote quando utilizado o substrato vermiculita (V), com sobrevivência observada de 88,9% para este tratamento.

Segundo Jesus (2013), a porcentagem de enraizamento em *Coffea canephora* para enraizamento de estacas é de 95% a 100% sendo a propagação de clones superiores por estaquia usada comercialmente. Porém, Pereira (2002) avaliou o enraizamento de estacas de *Coffea arabica* L. em estufim observando maior percentual de estacas vivas à medida que

aumenta o tempo de permanência das estacas dentro do estufim, atingindo seu ápice aos 35 dias, com 91,67% de sobrevivência das estacas.

Também Bergo e Mendes (2000) obteve resultados semelhantes utilizando estufas climatizadas. É possível perceber que a sobrevivência observada em processos com mais estudos realizados e até mesmo protocolos já determinados e aplicados, não se encontra distante do resultado obtido neste experimento, que apresenta uma técnica inovadora para o processo de produção de mudas.

Por sua vez, pode-se notar na Figura 7 que o manejo que apresentou o pior resultado para a sobrevivência das estacas foi Solução nutritiva associado ao uso do substrato vermiculita + casca de arroz carbonizada (VC). De acordo com Taiz e Zaiger (2002), o aumento da concentração salina aumenta a pressão osmótica no meio, fazendo com que, mesmo em um ambiente com água disponível como é a solução nutritiva, a planta tenha dificuldade em absorver água suficiente para repor a perda por transpiração, sendo possivelmente a explicação para esse resultado negativo.

As células da superfície cortada das estacas precisam transportar água, absorvendo-a do substrato para suprir a necessidade requerida para a maioria das reações químicas da estaca (JESUS, 2013). O uso da água da estaca deve ser direcionado para a formação de novas raízes. Também Vierskov e Eriksen (1982) sugerem como uma possível causa para o menor enraizamento de estacas com suprimento exógeno de sacarose a alteração do potencial osmótico, exercendo forte influência sobre o balanço hídrico das estacas.

#### **4.1.2 Peso seco de raiz e parte aérea**

Procedeu-se a análise de variância para as características de peso seco de raiz e peso seco de parte aérea. Para a análise das médias foi realizado o teste de Scott Knott ao nível de 5% de significância (Tabela 1).

Tabela 1 - Análise de variância para Peso seco de Raiz (PSR) e Peso seco de parte aérea (PSPA) em função de manejos e substratos testados.

FV	GL	PSR	PSPA
		QM	QM
Manejo	2	0,152087*	0,738127*
Resíduo 1	12	0,0321	0,80536
Substrato	1	0,16875*	1,109763*
Manejo*Substrato	2	169580*	1,384807*
Resíduo 2	12	0,07622	0,53408
CV1 (%)		50,54	75,68
CV2 (%)		77,88	61,63

\* Significativo a 5% pelo teste F.

Nota-se pela Tabela 1 que, para a variável peso seco de raiz (PSR) houve efeito significativo para todos os fatores e, principalmente, evidenciando a interação entre manejo e substrato. Desta forma é possível observar que os fatores não atuam de maneira independente. Da mesma forma, para a variável peso seco de parte aérea (PSPA) houve efeito de todos os fatores, mostrando também a interação ocorrida entre manejo hidropônico e substrato.

Na Tabela 2 observa-se o comportamento de peso seco de raiz (PSR) e peso seco de parte aérea (PSPA) para cada manejo e substrato em função das médias apresentadas. Tanto para PSR como para PSPA, o manejo Água + Osmocote foi o único que apresentou diferenças entre os substratos, sendo o uso de vermiculita (V) superior (diferenças de 0,360 g e 0,954 g respectivamente) ao uso de vermiculita + casca de arroz carbonizada (VC). Pode-se observar que, para as duas variáveis, o uso de vermiculita em função dos manejos aplicados apresenta superioridade em Água + Osmocote. Por sua vez, o uso de vermiculita + casca de arroz carbonizada não apresentou diferenças em função dos manejos testados para PSR. Na PSPA, o substrato VC se mostrou superior (0,402 g) quando o manejo utilizado é Água + Solução.

Tabela 2 - Peso seco de raiz (PSR) e peso seco de parte aérea em gramas em função dos substratos utilizados e os manejos adotados.

PSR		
Manejos	Substratos	
	V	VC
Solução Nutritiva	0,016 (a/C)	0,000 (a/A)
Água + Solução	0,156 (a/B)	0,080 (a/A)
Água + Osmocote	0,360 (a/A)	0,000 (b/A)

PSPA		
Manejos	Substratos	
	V	VC
Solução Nutritiva	0,284 (a/B)	0,000 (a/B)
Água + Solução	0,318 (a/B)	0,402 (a/A)
Água + Osmocote	1,002 (a/A)	0,048 (b/B)

As médias seguidas por mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Scott Knott.

Barbizan et al. (2002) estudaram o uso da fertirrigação e o uso de Osmocote no desenvolvimento de mudas de cafeeiros por sementes em tubetes de 120 ml, em que o fornecimento de nutriente pelo fertilizante de liberação lenta apresentou efeito significativo tanto para a parte aérea quanto para o sistema radicular. As conclusões dos autores reforçam os resultados obtidos para fornecimento de nutrientes por meio do fertilizante utilizado na piscina Água + Osmocote.

#### 4.1.3 Área foliar

Na Tabela 3 apresenta-se a análise de variância para a variável área foliar. Foi realizado o desdobramento para interação e teste de médias Scott Knott em nível de significância 5%.

Tabela 3 - Análise de variância para Área Foliar (AF) em função dos manejos e substratos utilizados.

FV	GL	AF
		QM
Manejo	2	6105,879
Resíduo 1	12	1675,471
Substrato	1	24700,94*
Manejo*Substrato	2	11181,11*
Resíduo 2	12	14997,35
CV1 (%)		99,41
CV2 (%)		93,97

\* Significativo a 5% pelo teste de F.

Pelos dados apresentados, ocorreu uma interação entre manejo e substrato uma vez que seu resultado foi significativo. Nota-se, na Tabela 4, que para a variável área foliar (AF) o manejo em que se observou diferença significativa entre os substratos foi Água + Osmocote, sendo visto que vermiculita (V) respondeu de melhor forma (132,928 mm<sup>2</sup>). Por sua vez, pode-se concluir que o uso de vermiculita (V) em função do manejo adotado foi superior em Água + Osmocote e que o uso de vermiculita +casca de arroz carbonizada (VC) não apresentou diferenças em função dos manejos.

Tabela 4 - Médias de Área Foliar em mm<sup>2</sup> em função de cada tratamento.

Manejos	AF	
	Substratos	
	V	VC
Solução Nutritiva	34,414 (a/B)	0,000 (a/A)
Água + Solução	42,272 (a/B)	37,244 (a/A)
Água + Osmocote	132,928 (a/A)	0,204 (b/A)

As médias seguidas por mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Scott Knott.

Melo, Mendes e Guimarães (2001) estudaram doses crescentes de fertilizante de liberação gradual na produção de mudas de cafeeiro. Em seu trabalho, foi visto que a área foliar e a matéria seca de parte aérea foram as variáveis que apresentaram maior influência da dose de fertilizante aplicado. O substrato utilizado no estudo foi uma mistura comercial constituída de vermiculita e casca de pinus moída, compostada e enriquecida. No presente projeto pode-se observar a corroboração dos dados. O trabalho de vermiculita em associação

ao fertilizante Osmocote apresentou o maior valor geral de área foliar. O resultado da mistura VC em Água + Solução, mostra claramente a influência do manejo hidropônico uma vez que as outras piscinas apresentaram resultados muito baixos.

## 4.2 Avaliações fisiológicas

### 4.2.1 Clorofila A, Clorofila B e Clorofila Total

Realizou-se a Análise de Variância aos dados obtidos por meio do clorofilômetro ClorofiLOG modelo CFL 1030, que forneceu como variáveis, índices de Clorofila A, Clorofila B e Clorofila Total (TABELA 5).

Tabela 5 - Análise de variância de Clorofila A, Clorofila B e Clorofila Total em função dos tratamentos aplicados.

FV	GL	Clorofila A	Clorofila B	Clorofila Total
		QM	QM	QM
Manejo	2	114463,6*	23772,63	234523,43*
Resíduo 1	12	17339,97	8788,03	48719,97
Substrato	1	129757,63*	9612,3	210003,33*
Manejo*Substrato	2	76686,93*	24672,9*	179680,633*
Resíduo 2	12	17614	5079,2	37532,367
CV1 (%)		75,81	126,4	89,05
CV2 (%)		76,41	96,09	78,16

\* Significativo a 5% pelo teste de F.

Observa-se, na Tabela 5, que para a variável Clorofila a, houve resultados significativos para todos os fatores. Em relação à Clorofila b, houve uma resposta significativa para a interação entre manejo e substrato. Para os valores obtidos de Clorofila total se pode notar que houve valores significativos na análise de variância.

Nos resultados onde encontraram-se diferenças foi realizado o desdobramento por meio do Teste Scott Knott para as médias apresentadas. Pela Tabela 6 nota-se que, no caso da Clorofila a, foi no manejo de Água + Osmocote, o único que se observou diferença entre os substratos, sendo a vermiculita (V) quem apresentou superioridade (281,4). Em relação aos substratos dentro dos diferentes manejos, observou-se que para vermiculita (V) não ocorreram diferenças significativas; por outro lado, o substrato vermiculita + casca de arroz carbonizada (VC) se mostrou superior (492,6) na piscina Água + Solução quando comparado aos outros manejos.

Para Clorofila b, o comportamento observado foi diferente. A piscina na qual se observaram diferenças entre os substratos foi na Solução nutritiva, onde a vermiculita (V) se

apresentou melhor (106,4) em relação à vermiculita + casca de arroz carbonizada (VC). Por sua vez, o substrato VC em função do manejo hidropônico adotado foi superior (168,8) significativamente em Água + Solução. Não foram observadas diferenças para vermiculita em função das piscinas.

Para a variável Clorofila total foi possível observar que tanto na piscina Solução nutritiva quanto em Água + Osmocote, V se mostrou superior ao substrato VC, com índices de 280,6 e 360,2 respectivamente. Os substratos em função dos manejos apresentaram diferenças. Foi visto que vermiculita + casca de arroz carbonizada se mostrou superior (492,6) quando em Água + Solução.

Tabela 6 - Índices de Clorofila a, Clorofila b e Clorofila total em função de cada tratamento.

Manejos	Clorofila a	
	Substratos	
	V	VC
Solução Nutritiva	174,2 (a/A)	0,0 (a/B)
Água + Solução	262,8 (a/A)	323,8 (a/A)
Água + Osmocote	281,4 (a/A)	0,0 (b/B)
Manejos	Clorofila b	
	Substratos	
	V	VC
Solução Nutritiva	78,8 (a/A)	0,0 (b/B)
Água + Solução	91,0 (a/A)	168,8 (a/A)
Água + Osmocote	106,4 (a/A)	0,0 (b/B)
Manejos	Clorofila total	
	Substratos	
	V	VC
Solução Nutritiva	280,6 (a/A)	0,0 (b/B)
Água + Solução	353,8 (a/A)	492,6 (a/A)
Água + Osmocote	360,2 (a/A)	0,0 (b/B)

As médias seguidas por mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Scott Knott.

Os pigmentos envolvidos na fotossíntese são as Clorofilas a e b, os carotenóides e as ficobilinas. A Clorofila b, os carotenóides e as ficobilinas constituem os chamados pigmentos acessórios. Por meio dos resultados da quantificação da clorofila, podemos observar de uma maneira geral que V em Água + Osmocote e VC em Água + Solução, favorecem os teores de Clorofila a, Clorofila b e total, sendo este resultado de grande importância no acúmulo de matéria seca da planta, visto que são os pigmentos responsáveis diretos pela absorção da luz para o processo de fotossíntese (BOARDMAN, 1977).

Quanto à fotossíntese, apesar de não ter sido avaliada especificamente a taxa fotossintética, é possível verificar por meio dos valores de peso seco que ocorreu um favorecimento para este processo, justamente nos tratamentos onde se verificou os melhores teores gerais.

### 4.3 Análises de raízes pelo software SAFIRA

Com as imagens obtidas das raízes, procedeu-se a utilização do *software* SAFIRA para geração dos dados das características que as mesmas apresentavam. Dessa forma, coletaram-se os valores de Área de Raiz (AR), Volume de Raiz (VR), Comprimento total de Raiz (CTR) e Diâmetro Médio de Raízes (DMR). Paralelamente, se realizou a medição do comprimento de maior eixo das raízes (CMR) utilizando uma régua milimetrada.

Realizou-se a Análise de Variância dos parâmetros do sistema radicular. Na Tabela 7 é apresentada a Análise de Variância para Área de Raiz e Volume de Raiz.

Tabela 7 - Análise de variância de Área de Raiz (AR) e Volume de Raiz (VR) em função dos manejos e substratos utilizados.

FV	GL	AR	VR
		QM	QM
Manejo	2	52145206,93*	12608300,473*
Resíduo 1	12	5522820,66	1664581,97
Substrato	1	137326075,38*	37187804,974*
Manejo*Substrato	2	65503528,076*	15353194,763*
Resíduo 2	12	7810848,06	2397817,861
CV1 (%)		85,87	93,28
CV2 (%)		102,13	11,96

\* Significativo a 5% pelo teste de F.

Pode-se observar pela Tabela 7, que para as variáveis AR e VR, os valores obtidos foram significativos para todos os fatores. Realizou-se o teste de médias Scott Knott para desdobramento dos resultados, ao nível de 5% de significância.

Na Tabela 8 são apresentadas as médias dos valores para Área de Raiz (AR). Nota-se que, apenas para o manejo Água + Osmocote, se observaram diferenças significativas entre os substratos utilizados, mostrando uma superioridade (10181,672 mm<sup>2</sup>) da vermiculita (V) em relação à vermiculita em mistura com casca de arroz carbonizada (VC). Em relação a cada substrato, dentro de cada manejo, observou-se que a vermiculita foi melhor (10181,672 mm<sup>2</sup>) para as estacas no seu crescimento radicular na piscina Água + Osmocote. Não foram vistas diferenças para vermiculita + casca de arroz carbonizada.

Tabela 8 - Médias de Área de Raiz em mm<sup>2</sup> classificadas em função do manejo e substrato utilizado.

Manejos	AR	
	Substratos	
	V	VC
Solução Nutritiva	1062,064 (a/B)	0,000 (a/A)
Água + Solução	3384,678 (a/B)	1791,308 (a/A)
Água + Osmocote	10181,672 (a/A)	0,000 (b/A)

As médias seguidas por mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Scott Knott.

Os valores das médias de Volume de Raiz são apresentados na Tabela 9. Observa-se que para esta variável, os substratos apresentaram diferença entre eles apenas na piscina H<sub>2</sub>O + Osmocote. A vermiculita se mostrou melhor (5078,194 mm<sup>3</sup>) para as estacas nesta característica. Não foram vistas diferenças entre os substratos nas outras piscinas. Em relação aos substratos individualmente dentro de cada manejo, foi observado que a vermiculita apresentou melhores valores no manejo Água + Osmocote quando comparada com a mesma nos outros manejos. Vermiculita em mistura com casca de arroz carbonizada não apresentou diferenças significativas nos diferentes manejos.

Tabela 9 - Médias de Volume de Raiz em mm<sup>3</sup> para cada substrato dentro de cada manejo hidropônico.

Manejos	VR	
	Substratos	
	V	VC
Solução Nutritiva	593,196 (a/B)	0,000 (a/A)
Água + Solução	1817,914 (a/B)	809,082 (a/A)
Água + Osmocote	5078,194 (a/A)	0,000 (b/A)

As médias seguidas por mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Scott Knott.

Foi realizada a Análise de Variância para Comprimento do maior eixo (CMR), Comprimento total de raiz (CTR) e Diâmetro médio de raízes (DMR) (TABELA 10).

Tabela 10 - Análise de Variância de Comprimento do maior eixo (CMR), Comprimento total de raiz (CTR) e Diâmetro médio de raízes (DMR) em função dos tratamentos adotados.

FV	GL	CMR	CTR	DM
		QM	QM	QM
Manejo	2	148,942*	2567598,64*	1,21444*
Resíduo 1	12	24,785	172953,592	0,09747
Substrato	1	408,778*	6052251,34*	2,5172*
Manejo*Substrato	2	175,927	3340444,85*	0,61161*
Resíduo 2	12	49,991	260357,527	0,15666
CV1 (%)		80,85	68,94	59,24
CV2 (%)		114,82	84,58	75,1

\* Significativo a 5% pelo teste de F.

Pela Tabela 10 pode-se observar que para Comprimento total de Raiz (CTR) e Diâmetro médio de Raiz (DMR), houve diferença significativa para todos os fatores e, para Comprimento de maior eixo de raiz (CMR), não ocorreu interação entres os fatores manejo e substrato, ocorrendo apenas resultado significativo para os mesmos individualmente.

Na Tabela 11 apresenta-se o resultado da realização do teste de médias para Comprimento total de Raiz (CTR) e Diâmetro médio (DMR). Para a variável CTR, observa-se que somente no manejo Água + Osmocote ocorreu superioridade de um substrato em relação ao outro, sendo a vermiculita (V) quem forneceu o melhor resultado (2232,764 mm) para esta característica. Ainda dentro do Comprimento total, é possível concluir que em relação aos substratos individualmente em função de cada piscina, unicamente a vermiculita (V) se

mostrou superior quando no manejo Água + Osmocote. Para a mistura vermiculita + casca de arroz carbonizada (VC) não ocorreu diferença dentro de cada manejo.

Oliveira et al. (2013) estudaram o efeito da aplicação de sacarose e de fertilizante de liberação lenta no sistema radicular de mudas obtidas por estacas caulinares de café arábica. Observaram que o fornecimento de Osmocote aumentou o comprimento de raízes em todas as classes de diâmetro encontradas, independentemente da dose aplicada. Como observado nas tabelas, o substrato que se mostrou superior foi no tratamento que forneceu o fertilizante de liberação lenta.

Tabela 11. Médias para Comprimento Total e Diâmetro Médio em mm em função dos manejos e substratos utilizados.

Tabela 11 - Médias para Comprimento Total e Diâmetro Médio em mm em função dos manejos e substratos utilizados.

Manejos	CTR	
	Substratos	
	V	VC
Solução Nutritiva	206,41 (a/B)	0,00 (a/B)
Água + Solução	718,09 (a/B)	462,32 (a/B)
Água + Osmocote	2232,76 (a/A)	0,00 (b/A)
Manejos	DMR	
	Substratos	
	V	VC
Solução Nutritiva	0,310 (a/B)	0,000 (a/B)
Água + Solução	0,986 (a/A)	0,712 (a/A)
Água + Osmocote	1,150 (a/A)	0,000 (b/B)

As médias seguidas por mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Scott Knott.

O Diâmetro Médio apresentou comportamento semelhante ao Comprimento Total para diferença entre os substratos dentro de cada manejo. Apenas no manejo de Água + Osmocote observou-se uma superioridade de um substrato em relação ao outro, sendo a vermiculita (V) quem mostrou média significativamente maior (1,150 mm) para esta característica, não havendo sido observadas diferenças nos outros manejos. Por sua vez, os substratos

individualmente dentro de cada manejo, apresentaram relações diferentes de interação. Para vermiculita (V) ocorreu uma influência das piscinas Água + Osmocote e H<sub>2</sub>O + Solução, apresentando nelas os maiores valores, e sendo nos dois, superiores à piscina Solução nutritiva. Por outro lado, a mistura de vermiculita + casca de arroz (VC) carbonizada foi superior (0,712) quando dentro do manejo Água + Solução.

Observou-se nas avaliações, que ocorreu maior porcentagem de raízes finas no manejo Água + Osmocote associado à vermiculita apresentando, em média, 70% de raízes com diâmetro menor a 1 mm. A absorção de nutrientes pela planta é feita por raízes finas; por outro lado, as que apresentam diâmetros maiores são responsáveis pela absorção de água. Jesus, Carvalho e Soares (2006) avaliaram o sistema radicular de mudas de cafeeiros obtidos por estaquia e por sementes, e observaram que mais de 98% do comprimento total de raízes é constituído por raízes finas, com diâmetros inferiores a 2 mm, tanto para mudas de estaca quanto para mudas de semente. A menor porcentagem de raízes com diâmetro inferior a 1 mm foram as encontradas na piscina Água + Solução contendo como substrato vermiculita.

Como observado na Tabela 10, não ocorreu resultado significativo para a interação dos manejos com os substratos para Comprimento de maior eixo de Raiz; porém, foram vistas diferenças para os fatores por separado. Na Tabela 12 são apresentadas as médias para comprimento de maior eixo obtidas pelo teste de médias Scott Knott.

Tabela 12 - Médias de Comprimento de maior eixo de raiz em cm em função do manejo hidropônico adotado.

Manejo hidropônico	Comprimento maior eixo
Solução Nutritiva	1,704 (b)
Água + Solução	8,260 (a)
Água + Osmocote	8,510 (a)

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Pode-se concluir que houve uma superioridade das piscinas Água + Osmocote e Água + Solução mostrando, dessa forma, as melhores médias 8,510 cm e 8,260 cm respectivamente, as mesmas que foram altamente maiores às apresentadas na piscina de Solução nutritiva.

Na tabela 13 são apresentados os valores médios para comprimento em função do substrato utilizado.

Tabela 13 - Médias de Comprimento de maior eixo de raiz em cm em função dos substratos utilizados.

Substratos	Comprimento maior eixo
Vermiculita	9,8493 (a)
Vermiculita + Casca de arroz	2,4667 (b)

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se que o uso de vermiculita mostrou-se superior ao uso da mistura da mesma com casca de arroz carbonizada. O valor visto para vermiculita, 9,8493 cm, supera o comprimento do maior eixo das raízes das plantas no substrato alternativo em 399,29%..

## 5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

No caso de uso de substrato composto de 30% de casca de arroz e 70% de vermiculita, o cultivo hidropônico deve ser feito com água e solução nutritiva para melhor crescimento e desenvolvimento das mudas de cafeeiro.

O uso da solução nutritiva teve um efeito negativo para as estacas desde o início do experimento, sendo que as plantas foram afetadas negativamente pela solução, com sintomas evidentes ainda com poucos dias de aplicação do sistema, independente do substrato utilizado.

O manejo que associou água e solução nutritiva apresentou potencial para este tipo de sistema, o que evidencia a necessidade de pesquisas nesse sentido. Foi observado claramente que, ao se trabalhar com uma solução que não é específica para a necessidade de mudas cafeeiras ocorreram problemas nutricionais. Portanto, destaca-se a importância de avaliar este tratamento com o direcionamento específico para mudas de café.

Observou-se que o sistema hidropônico pode trazer importantes contribuições para a propagação vegetativa por meio de estacas caulinares, uma vez que favoreceu amplamente o desenvolvimento radicular e crescimento de parte aérea das mesmas. Há, porém, a necessidade de se aprimorar esta técnica, podendo-se, ainda, testar substratos diferentes e até mesmo tubetes de diferentes tamanhos que beneficiem o desenvolvimento da estaca.

## **6 CONCLUSÕES**

Para obtenção de mudas de cafeeiro via enraizamento de estacas com maior crescimento e desenvolvimento, deve-se utilizar tubetes preenchidos com vermiculita e adição de adubo de liberação lenta, em sistema hidropônico com água e sem nutrientes.

## REFERÊNCIAS

ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; BATAGLIA, O. C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: FURLANI, A. M. C. et al. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. p. 17-28.

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, 1998.

BARBIZAN, E. L. et al. Produção de mudas de cafeeiro em tubetes associada a diferentes formas de aplicação de fertilizantes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, p. 1471-1480, dez. 2002. Edição especial.

BERGO, C. L.; MENDES, A. N. G. Propagação vegetativa do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) por meio do enraizamento de estacas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 2, p. 392-398, abr./jun. 2000.

BOARDMAN, N. K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 28, p. 355-377, 1977.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Normais climatológicas (1960-1990)**. Brasília, 1992. 84 p.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Lodo de esgoto e vermiculita na produção de mudas de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 155-163, 2013.

CAMPOS, K. P. et al. Influência de substratos, tamanho de tubetes, fertilizações e cultivares na produção de mudas de cafeeiro *Coffea arabica*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 27., 2001, Uberaba. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro, MA/PROCAFÉ, 2001.

DIAS, R.; DE MELO, B. Proportion of organic material in standard substrate for coffee seedlings production in tubetts. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 144-152, 2009.

FADELLI, S. T. et al. Estaquia de cafeeiros arábicos de diferentes genótipos: tipo de estaca. In: SIMPOSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos expandidos...** Brasília, DF : Embrapa Café; Minasplan, 2000.

FAQUIN, V.; CHALFUN, N. N. J. **Hidromudas**: processo de produção de porta-enxerto de mudas frutíferas, florestais e ornamentais enxertadas em hidroponia. Rio de Janeiro: INPI, 2008.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, Nov./Dec. 2011.

GOMES, J. M.; SILVA, A. R. 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, MG: UFV, 2004. p. 190-225.

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

HILL, L. **Segredos da propagação de plantas**. São Paulo: Nobel, 1996. 245 p.

JESUS, A. M. S.; CARVALHO, S. P.; SOARES, A. M. Comparação entre sistemas radiculares de mudas de *coffea arabica* L. obtidas por estaquia e por sementes. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 14-20, abr./jun. 2006.

JESUS, A. M. S. et al. Aspectos fitotécnicos de estacas caulinares de cafeeiro enraizadas. **Scientia Agraria Paranaensis – SAP**, Marechal Cândido Rondon, v. 12, n. 4, p. 308-319, out./dez. 2013.

JESUS, A. M. S. **Propagação vegetativa do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2004. 170 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

JORGE, L. A. C.; RODRIGUES, A. F. O. **Safira**: sistema de análises de fibras e raízes. São Carlos: EMBRAPA, 2008. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

JORGE, L. A. C.; SILVA, D. J. C. B. **Safira**: manual de utilização. São Carlos: EMBRAPA, 2010.

KRATZ, D. et al. Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 37, p. 1103-1113, 2013.

LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. E. P.; MAURI, A. L. Influência do nível de adubação de plantas matrizes na formação de mudas de cafeeiros em sistema hidropônico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1043-1047, jul./ago. 2007.

LI-COR. **LI 3100 area meter instruction manual**. Lincoln, 1996. 34 p.

MARTINEZ, H. E. P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisas**. Viçosa, MG: UFV, 1999.

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

MELO, B.; MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, P. T. G. Doses crescentes de fertilizante de liberação gradual na produção de mudas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 17, n. 1, p. 97-113, 2001.

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: T. A. Queiroz, 1995. 128 p.

NEVES, C. L. P. **Caracterização morfofisiológica de diásporos de *stiffia chrysantha* e produção de plantas em sistema hidropônico e convencional com diferentes tipos de substratos.** 2015. 77 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

OLIVEIRA, D. H. Influence of cutting length and environment on the growth of coffee seedlings obtained by rooting. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 183-189, 2010.

OLIVEIRA, E. A. B. **Viabilidade da produção de mudas cítricas em sistema hidropônico.** 2007. 48 p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

OLIVEIRA, L. L. et al. Efeito de sacarose e de fertilizante de liberação lenta no sistema radicular de mudas obtidas por estacas caulinares de *Coffea arabica* L. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 8., 2013, Salvador. **Anais...** Salvador: Embrapa Café, 2013. 1 CD-ROM.

PARTELLI, F. L. et al. Produção e desenvolvimento radicular de plantas de café ‘Conilon’ propagadas por sementes e por estacas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 949-954, 2006.

PEREIRA, A. B. et al. Avaliação do comportamento de três cultivares de *Coffea arabica* plantados em diferentes substratos para enraizamento de estacas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: Procafé, 1998a. p. 200-203.

PEREIRA, A. B. et al. Enraizamento de *Coffea arabica* CV. Mundo Novo variado o tempo de imersão em diferentes concentrações de ANA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: Procafé, 1998b. p. 252.

PEREIRA, A. B. et al. Enraizamento de estacas de *Coffea arabica* L. em estufim. **Revista Agrotrópica**, Itabuna, v. 14, n. 3, p. 91-96, 2002.

REZENDE, T. T. et al. Efeitos de tipos de estacas caulinares e do ambiente sobre o crescimento de mudas de café. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 5, p. 387-391, set./out. 2010.

SANTOS, E. C. et al. Desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*coffea arabica* L.) em diferentes substratos, fertilizantes e tamanhos de tubetes. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Anais...** Lavras: UFLA, 2001. p. 1707-1713.

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

SILVA, E. M. et al. **Produção de mudas de cafeeiro.** In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Ed.). Lavras: Epamig, 2010. v. 1, p. 223-282.

SILVA, I. C. Propagação vegetativa: aspectos morfofisiológicos. **Boletim Técnico**, Itabuna, v. 4, p. 1-26, 1985.

SOUZA, A. G. et al. Production of pear grafts under hydroponic condition. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 322-326, mar./abr. 2011.

SOUZA, A. G. Produção de mudas de tangerina “Ponkan” em sistema hidropônico. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 4, p. 902-909, out-dez. 2013.

TAIZ, L.; ZAIGER, E. **Plant physiology**. Redwood: The Benjamin, 2002. 559 p.

TEIXEIRA, N. T. **Hidroponia**: uma alternativa para pequenas áreas. Guaíba: Agropecuária, 1996.

VALLONE, H. S. et al. Effect of different recipients and substrata used in the production of coffee tree seedlings in the initial development in greenhouse under water stress. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 320-328, 2010.

VALLONE, H. S. et al. Recipients and substrates in the production of seedlings and initial development of coffee trees after planting. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1327-1335, 2009.

VIERSKOV, B.; ERIKSEN, E. N. Dynamics of extractable carbohydrates in *Pisum sativus* L. I. Carbohydrate and nitrogen content in pea plants and cuttings grow at two different irradiances. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 55, n. 2, p. 167-173, Feb. 1982.