

**EFEITO DE ZINCO, BORO, ÁGUA CORRENTE,
POLIVINILPIRROLIDONE E CULTIVARES NA
PROPAGAÇÃO POR ESTACAS EM *Coffea arabica* L.**

ERIVELTON RESENDE

2000

50185

35300

ERIVELTON RESENDE

**EFEITO DE ZINCO, BORO, ÁGUA CORRENTE,
POLIVINILPIRROLIDONE E CULTIVARES NA
PROPAGAÇÃO POR ESTACAS EM *Coffea arabica* L.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Rubens José Guimarães

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2000

Ficha Catográfica preparada pela Seção de Classificação e
Catalogação da Biblioteca Central da UFLA

Resende, Erivelton

**Efeito de zinco, boro, água corrente, polivinilpirrolidone e cultivares na
propagação por estacas em *coffea arabica* L. /Erivelton Resende. -- Lavras:
UFLA, 2000.**

64p.:il.

Orientador: Rubens José Guimarães
Dissertação (Mestrado) - UFLA.
Bibliografia.

I. Café --enraizamento. 2. Zinco. 3. Boro. 4. Água corrente. 5. Pvp. 6.. Estacas
I, Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.73891

ERIVELTON RESENDE

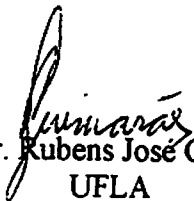
**EFEITO DE ZINCO, BORO, ÁGUA CORRENTE,
POLIVINILPIRROLIDONE E CULTIVARES NA
PROPAGAÇÃO POR ESTACAS EM *Coffea arabica* L.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 08 de agosto de 2000

Prof. Dr. Antônio Nazareno G. Mendes UFLA

Prof. Dr. Moacir Pasqual UFLA


Prof. Dr. Rubens José Guimarães
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

DEDICATÓRIA

À minha Mãe, Maria Anita Silva Resende

à minha esposa, Jane Daisy de Souza Almada

Aos meus irmãos, Maisa, Maristela, Ulisses e Aroldo

**Aos meus sobrinhos, Marcos Felipe, Marcelo Augusto,
Brenda , Márcia Anita e Amanda**

e em especial ao meu Pai e minha irmã (in memorian),

Albertino e Márcia,

dedico e ofereço

AGRADECIMENTOS

A Deus pela luz concedida em todas etapas deste trabalho.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura pela oportunidade de realização do curso.

Ao orientador e amigo, Professor Rubens José Guimarães, pela orientação e pelos ensinamentos, exemplos de otimismo, trabalho e dedicação, bem como pela inestimável contribuição prestada.

À CAPES pela bolsa de estudos concedida.

Ao Pesquisador e co-orientador André Barretto Pereira pelo apoio na condução dos trabalhos de pesquisa e pela amizade.

Ao Pesquisador Gladyston R. Carvalho pelas contribuições prestadas, coleguismo .

À EMATER-MG, pelo apoio e compreensão.

Aos funcionários do setor de cafeicultura, José Maurício, Avelino e João Batista, pela ajuda na condução e avaliação do experimento.

Aos colegas e amigos pela troca de conhecimentos.

Enfim, a todos aqueles que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

ERIVELTON RESENDE, filho de Albertino José de Resende e Maria Anita Silva Resende, nasceu em 13 de Junho de 1971 em Ritópolis, Minas Gerais. Formou-se Engenheiro Agrônomo pela UFLA (Universidade Federal de Lavras) no ano de 1995. Iniciou em setembro de 1996 o curso de mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, na UFLA, Lavras, MG, o qual foi concluído em agosto de 2000. Trabalha atualmente na EMATER-MG, desde maio de 1998.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIALTEÓRICO.....	3
2.1- Importância da cafeicultura para o Brasil e o Mundo.....	3
2.2 – Propagação do cafeeiro.....	4
2.3- Fatores que influenciam a propagação vegetativa por estaquia	6
2.4 Influência do zinco e do boro no enraizamento de estacas	8
2.5 Influência de PVP e água corrente na propagação vegetativa.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1- Procedimentos gerais.....	16
3.2 Experimento 1 - Efeito da concentração e da forma de aplicação de sulfato de zinco sobre a propagação por estacas do cafeeiro.	18
3.3 Experimento 2- Efeito da concentração e da forma de aplicação de ácido bórico sobre a propagação por estacas do cafeeiro.	19
3.4 Experimento 3- Efeito de água corrente sobre a propagação por estacas de três cultivares de cafeeiro.....	20
3.5 Experimento 4 – Efeito do Polivinilpirrolidone sobre a propagação por estacas do cafeeiro.....	21
3.6 Análise estatística.....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1 Experimento I - Efeito da concentração e a forma de aplicação de sulfato de zinco sobre a propagação por estacas do cafeeiro.....	24
4.1. 1 Porcentagem de estacas vivas, número de brotações, comprimento de brotações e peso de matéria seca de parte aérea.....	26
4.1.2 Porcentagem de estacas enraizadas, número de raízes, e peso de matéria seca de raízes.....	31
4.1.3 Discussão geral.....	36

4.2 Experimento II- Efeito da concentração do ácido bórico e modo de aplicação sobre a propagação por estacas do cafeeiro.	36
4.2.1- Porcentagem de estacas vivas, número de brotações, comprimento de brotações e peso de matéria seca de parte aérea.....	38
4.2.2- Porcentagem de estacas enraizadas, número de raízes e peso de matéria seca de raízes	43
4.2.3 Discussão geral.....	46
4.3 Experimento III – Efeito de água corrente sobre a propagação por estacas de diferentes cultivares de cafeeiro.....	46
4.3.1 Número de brotações, comprimento de brotações e peso de matéria seca de parte aérea.....	46
4.3.2-Discussão geral.....	50
4.4 Experimento IV- Efeito do Polivinilpirrolidone (PVP) na propagação por estacas em <i>C. arabica</i> L. cafeeiro.....	51
4.4.1 Porcentagem de estacas enraizadas, peso de matéria seca de raízes.....	52
4.4.2 Comprimento de brotações.....	55
4.4.3 Discussões gerais.....	56
5 CONCLUSÕES.....	56
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

RESUMO

RESENDE, E. Efeito de zinco, boro, água corrente, polivinilpirrolidone e cultivares na propagação por estacas em *Coffea arabica* L. Lavras: UFLA, 2000. 64p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).

O presente trabalho foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, com o objetivo de testar a influência do sulfato de zinco, ácido bórico, água corrente, polivinilpirrolidone e cultivares sobre a propagação vegetativa do cafeeiro (*Coffea arabica*, L.). Testaram-se os seguintes tratamentos: a) sulfato de zinco (0%; 0,3%; 0,6%; 0,9%; 1,2%), e três formas de aplicação (na planta, por imersão das estacas e no substrato); b) ácido bórico (0%; 0,3%; 0,6%; 0,9%; 1,2%), e três formas de aplicação (na planta, por imersão das estacas e no substrato); c) água corrente (0, 3, 6, 9, 12 horas) e três cultivares (Icatu, Catuai, Mundo Novo) d) PVP (0, 500, 1000, 1500, 2000 ppm) e cinco períodos de imersão (0, 3, 6, 9, 12 horas). Como nem todas as combinações foram testadas, o experimento contou com treze tratamentos, pois utilizou-se, neste experimento, o método de "Backward" (Box e Draper, 1987), quando as diferenças entre os tratamentos mostraram-se significativas pelo teste F, para a seleção de modelos de regressão múltipla. Os delineamentos foram em blocos casualizados, com 3 repetições e 6 estacas por parcela. A avaliação foi realizada 150 dias após a instalação dos experimentos, avaliando-se as seguintes características: Porcentagem de estacas vivas, Número de brotações, Comprimento de brotações, Peso de matéria seca de parte aérea, Porcentagem estacas enraizadas, Número de raízes, Peso de matéria seca raízes. De posse dos resultados, concluiu-se que: A aplicação de sulfato de zinco, ácido bórico e água corrente não foram eficientes na promoção do enraizamento do cafeeiro. A cultivar Icatu obteve pior resultado que as cultivares Mundo Novo e Catuai. O antioxidante PVP foi eficiente na propagação por estacas, na dosagem 1100 ppm por 5 horas.

Comitê orientador: Rubens José Guimarães (Orientador), Antônio Nazareno G Mendes e André Barretto Pereira.

ABSTRACT

RESENDE, E. Effect of zinc, boron, running water, polyvinilpyrrolidone and cultivars on the propagation by cuttings in *Coffea arabica* L. Lavras: UFLA, 2000. 64p. (Dissertation – Master in Crop Science).

The present work was conducted in greenhouse of the Department of agriculture of the Universidade Federal de Lavras (Federal University of Lavras) with the purpose of testing the influence of zinc sulfate, boric acid, Running water, polyvinilpyrrolidone and cultivars upon the vegetative propagation of the coffee tree (*Coffea arabica* L.). The following treatments were tested: zinc sulfate (0; 0,3; 0,6; 0,9; 1,2%) and three forms of application (on the plant, by immersion of cuttings and in the substrate); b) boric acid (0; 0,3; 0,6; 0,9%; 1,2%) and three forms of application (on the plant, by immersion of cuttings and in the substrate); c) running water (0; 3; 6; 9 ; 12 hours) and three cultivars (Icatu, Catuai, Mundo Novo); d) PVP (0, 500, 1000, 1500, 2000 ppm) and five periods of immersion (0, 3, 6, 9, 12 hours) as not all the combinations were tested, the experiment relied upon thirteen treatments for the Backward method (Box and Draper, 1987), was utilized in this experiment when the differences among the treatments proved significant by the F test for the selection of multiple regression models. The designs were in randomized blocks with three replicates and 6 cuttings per plot. The evaluation was accomplished 150 days after the setting up of the experiments, evaluating the followings characteristics: percentage of living cuttings, number of shoots, shoot length, aerial part dry matter weight, rooted cuttings percentage, root number, root dry matter weight. In possession of these results, it follows that: the application of zinc sulfate, boric acid and running water were not efficient in promoting rooting of the coffee tree. The cultivar Icatu obtained poorer result than the cultivars Mundo Novo and Catuai. The antioxidant Pvp was efficient in the propagation by cuttings at the dosage of 1100 ppm for 5 hours.

Guiddance Committee: Rubens José Guimarães (Major professor), Antônio Nazareno G. Mendes e André Barretto Pereira

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, representando uma atividade de grande expressão na cadeia do agronegócio brasileiro.

O cafeeiro pertence ao gênero *Coffea*, que possui várias espécies, destacando-se comercialmente as espécies *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre, sendo que em ambas a reprodução é feita a partir de sementes, colhidas de cafezais produtivos, de variedades e linhagens selecionadas.

A espécie *C. canephora* é alógama, acentuando sua variabilidade genética para características agrônômicas como porte, tolerância ou resistência a pragas e doenças, devido à auto-incompatibilidade das plantas, havendo somente fecundação cruzada. Já a espécie *C. arabica* é essencialmente autógama, com baixa taxa de alogamia e sua propagação predominantemente realizada por sementes, devido à mínima variabilidade das cultivares em gerações avançadas.

A partir da hibridação e seleção do germoplasma de *C. arabica* L., necessita-se de aproximadamente 20 anos para se produzir uma nova cultivar, porém, com a multiplicação vegetativa pode-se reduzir esse período para cerca de 4 a 6 anos.

No cafeeiro, especialmente na espécie arábica, a propagação por via assexuada não está ainda sendo utilizada como em outras espécies vegetais, trazendo avanços para o melhoramento e conservação de clones, ecotipos ou variedades de importância econômica, permitindo a exploração em escala comercial de híbridos mais produtivos e com fenótipo desejável para caracteres de interesse.

A obtenção de uma metodologia para clonagem de híbridos de *C. arabica* L. em maior escala pode representar um grande avanço no melhoramento e no manejo do cafeeiro, devido à propagação de plantas matrizes superiores, como já é feito com *C. canephora*, a partir de estacas obtidas de

ramos ortotrópicos. Enquanto o enraizamento nessa espécie é de 95- 100%, na espécie *C. arabica* ainda não se obteve êxito para a recomendação de uma metodologia de obtenção de enraizamento satisfatório.

Em consequência do dimorfismo vegetativo da espécie, a multiplicação vegetativa por métodos tradicionais só pode ser realizada a partir de fragmentos de ramos ortotrópicos

No presente trabalho procurou-se investigar o efeito de água corrente e de diferentes soluções de ácido bórico, sulfato de zinco e do antioxidante polivinilpirrolidone sobre a propagação vegetativa do cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da cafeicultura para o Brasil e o Mundo

Desde o início de seu cultivo pelo homem, o café assume importante papel na economia e na vida dos povos que o cultivam. Além da sua importância econômica, a cafeicultura apresenta relevante importância no aspecto social por ser uma das atividades agrícolas que mais gera empregos no País, constituindo fator de distribuição de riquezas, fixando o homem ao campo e contribuindo de forma decisiva para elevar o nível social das populações rurais.

No País, aproximadamente dez milhões de pessoas se envolvem direta ou indiretamente com o café, em todos os segmentos do setor, desde a produção até a comercialização e industrialização, gerando divisas para o município ou Estado produtor do café e 2,3 empregos diretos por hectare e pelo menos 4 indiretos. A atividade cafeeira desenvolve em pelo menos 1700 municípios brasileiros, onde atuam cerca de 450 empresas com registro de exportação e 1300 indústrias de torrefação e moagem. A comercialização mundial movimentada considerável soma de dinheiro, sendo o comércio que se situa em segundo lugar internacionalmente, perdendo apenas para o petróleo. A exportação brasileira de café no ano de 1999 foi da ordem de 16,7 milhões de sacas, sendo 83 % deste total proveniente do café arábica (Mendes e Guimarães, 1996).

Segundo este mesmo autor, a comercialização mundial do café movimentada considerável quantia de recursos financeiros, estimados em 35 bilhões de dólares por ano, sendo, somente no Brasil, responsável pela geração de 3 bilhões de dólares por ano, envolvendo complexa cadeia que vai desde a indústria de insumos até o uso do coador de papel pelo consumidor final.

2.2 – Propagação do cafeeiro

A propagação do cafeeiro pode ser realizada sexuada e assexuadamente, permitindo a primeira multiplicar o número de plantas por sementes, formada da união de gametas, e a última por meio de divisão e diferenciação celular.

A propagação do cafeeiro passa pela produção de mudas que constitui um dos meios para a exploração técnica e racional da espécie. Trata-se de uma cultura perene e os erros cometidos no processo de produção de mudas, certamente poderão proporcionar consequências maléficas por todo o período de exploração da cultura (Carvalho, 1978 e Guimarães, 1994). Basicamente são comercializadas mudas oriundas de sementes, podendo ser de “meio ano” ou de “ano”, com período de produção de 6 e 12 meses, respectivamente. As mudas de “meio ano” são as mais plantadas, pois permanecem menos tempo no viveiro e assim apresentam menor custo de produção no final do processo, já que exigem menos mão de obra (Guimarães, 1995).

Os programas de melhoramento e as técnicas convencionais têm apresentado resultados promissores na cultura do cafeeiro pela obtenção de novas cultivares, sendo que, para atingir uniformidade genotípica, são necessários de 7 a 9 gerações de autofecundação após o cruzamento intervarietal.

A partir de hibridação e seleção de germoplasma do cafeeiro, necessita-se de um período muito longo, cerca de 20 anos, até a obtenção de material superior; sendo assim, a cultura de tecidos e a estaquia podem auxiliar no melhoramento genético da cultura, pois diminuem o período para a obtenção de cultivares melhoradas, além de facilitarem a multiplicação desses materiais.

Existem várias metodologias de cultura de tecidos promissoras para o auxílio em programas de melhoramento do café, tais como cultura de anteras para obtenção de plantas homozigotas; cultura de embriões para

desenvolvimento de embriões provenientes de cruzamentos interespecíficos e para antecipação da época de plantio; embriogênese somática, através de explantes foliares para obtenção de planta inteira; e micropropagação, para obter rápida multiplicação do material melhorado, manutenção de bancos de germoplasma e a multiplicação de híbridos interespecíficos.

Outra alternativa para a obtenção de clones de variedades de importância econômica, resistentes a pragas e a doenças e com fenótipos desejáveis para caracteres de interesse; é a obtenção de metodologia para propagação assexuada de *C. arabica*, L., através de estacas originadas de ramos ortotrópicos. Essa forma de reprodução já tem conseguido avanços no melhoramento genético de *C. canephora* e de algumas espécies frutíferas.

Segundo Sondahl, Sondahl e Gonçalves (2000), a propagação vegetativa de *C. arabica* L. é justificada para a imediata exploração comercial de híbridos superiores, com alto potencial produtivo, e outras características agrônomicas desejáveis.

André (1983) menciona que o cafeeiro se caracteriza por apresentar grande especialização em seus ramos. Os ramos ortotrópicos são responsáveis pelo crescimento em altura, enquanto os ramos laterais se formam de crescimento plagiotrópico com característica aparentemente irreversível. Esse dimorfismo caulinar se caracteriza por uma diferenciação somática de natureza permanente e susceptível à propagação vegetativa.

Devido a estas características vegetativas, próprias da planta, a multiplicação assexuada pelos métodos tradicionais deve se restringir à utilização de fragmentos de ramos ortotrópicos, para os quais o número é sempre limitado para um clone recém selecionado (Dublin, 1984).

2.3 Fatores que influenciam a propagação vegetativa por estaquia

Embora a utilização o da estaquia seja feita a bastante tempo, somente nos últimos vinte anos, com o surgimento no mercado de equipamentos mais baratos e o desenvolvimento de estufas e estufins, a propagação por estaquia começou a se destacar na reprodução vegetativa (Browse, 1979).

A formação de raízes em estacas é influenciada por fatores internos (genéticos, nutricionais e atividade vegetativa), e fatores externos (manipulação, época de coleta, substrato, tratamentos químicos, físicos e ambientais (meio de enraizamento, temperatura, umidade e luminosidade) (Arcilla-Pulgarin e Valencia-Aristzabal, 1976).

Segundo Ribeiro et al. (1999), estacas localizadas na posição apical do ramos de *C. arabica* L. apresentam maior capacidade de enraizamento e desenvolvimento que as obtidas na posição basal.

Os substratos areia, húmus de minhoca, moinha de café e o padrão (700 litros de terra de subsolo, 300 litros de esterco de curral, 5 kg de superfosfato simples e 0,5 kg de cloreto de potássio) promovem o enraizamento de *C. arabica* L., sendo que a moinha de café produz plantas mais desenvolvidas (Pereira et al., 1998). O mesmo autor afirma que as cultivares Catuaí e Icatu enraizam melhor que Mundo Novo.

Segundo Spurr e Barnes (1973), a propagação por estacas é influenciada pelo meio de enraizamento (substrato), determinando a arquitetura do sistema radicular e o estado nutricional das plantas.

Lira (1990) afirma que o substrato comercial plantmax, composto de vermiculita e casca de pinus moída, composta e enriquecida, proporcionou melhores características de fertilidade e teores de nutrientes no peso da matéria seca total do limoeiro “cravo”, porém Toledo (1992) concluiu que não houve diferença significativa quando comparou o mesmo composto utilizado na

formação de mudas de *Citrus sinensis*. L. Osbeck cv. Pera rio, em diferentes formulações com areia, solo, bagaço de cana, vermiculita e vermicomposto (húmus de minhoca) .

Pádua (1983) cita que para o enraizamento, a temperatura da parte inferior do leito deve ser de 24° C e a superior de 21 a 26 ° C durante o dia, e 15 e 21° C durante a noite. A umidade deve ter bom nível e para isto utilizam-se câmaras de nebulização, a luz favorece o enraizamento de estacas herbáceas com folhas devido a ação fotossintética e a elaboração de carboidratos, porém mostra-se prejudicial às estacas lenhosas. Assim o enraizamento de estacas é influenciado pela luminosidade durante o crescimento das plantas, sendo que sua exclusão total, no período antecedente à propagação, estimula a formação de raízes em algumas espécies lenhosas (Hansen, 1981).

A influência do meio ambiente no enraizamento de estacas foi citada em revisão feita por Andersen (1986), e segundo este autor, fica difícil chegar a uma conclusão geral sobre os fatores que afetam o enraizamento, já que experiências obtidas com uma espécie não são aplicáveis a outras .

Além dos fatores como luz, umidade, temperatura, o estado fisiológico das estacas, sua localização no ramo, a estação do ano, fatores químicos de auxinas, vitaminas, carbono, açúcares, aminoácidos, lipídios, etileno e inibidores de crescimento podem ter um efeito drástico no enraizamento (Kossuth et al., 1981).

Evans (1958) em trabalho realizado com estacas de *C. arabica* L., encontrou maior porcentual de enraizamento nas estacas coletadas na época chuvosa no Quênia, o mesmo encontrado por Purushotham, Sulladmath e Ramaiah (1984) em trabalho realizado com estacas de *C. canephora* .

2.4 Influência do zinco e do boro no enraizamento de estacas

O zinco é um micronutriente importante para a nutrição adequada do cafeeiro, podendo sua deficiência afetar direta ou indiretamente o metabolismo, provocando redução de internódios, folhas pequenas e estreitas, formação de rosetas, morte de gemas apicais, menor vingamento floral, seca de ponteiros, folhas mais novas coriáceas e quebradiças, frutos menores, queda prematura dos frutos e produção diminuída (Malavolta, Haag e Johnson, 1961).

O zinco faz parte também de várias enzimas e está envolvido na síntese de proteínas e do triptofano. A aplicação de 5 e 10 ppm de zinco aumentou a concentração de triptofano em grãos de arroz (Singh, 1981). A sua deficiência cessa a atividade meristemática na extremidade das raízes, acumulando material fenólico e tanino, inibindo a multiplicação celular na região apical e retardando a formação do triptofano (Ananth, Tyengar e Chokkanna, 1965).

Entretanto, para Skoog (1940), o zinco não é o principal requerimento para síntese de auxinas, mas é necessário para a manutenção do estado ativo

Ferri (1979) afirma que nos solos brasileiros, a carência de zinco é tão comum quanto a de boro, o denominador comum dos sintomas carenciais é o encurtamento dos internódios, e ainda que ainda o zinco é necessário para a síntese do triptofano. Este depois de várias reações, produz o ácido indol acético (AIA), auxina, que contribui para o aumento do volume celular. Além disso o zinco regula a atividade da ribonuclease.

Segundo Malavolta (1976), a absorção de rádio-zinco (Zn^{65}) em cafeeiro jovem foi de 2,8 a 4 vezes mais eficiente via foliar do que a absorção radicular, principalmente em solos argilosos. Pereira, Matiello e Miguel (1975) também acreditam que o modo mais fácil e rápido de corrigir a deficiência de zinco é através da adubação foliar com $ZnSO_4$.

Segundo Fávoro (1992) a diminuição do crescimento devido ao excesso de zinco é provavelmente decorrente da menor translocação de fotoassimilados, havendo interferência do excesso do zinco no carregamento do floema, impedindo a translocação de fotoassimilados para as principais partes da planta.

Kersten (1990) trabalhando com ameixeiras, cultivares Grancuore e Carmesin, avaliando a influência de zinco e boro sobre as características de crescimento dessas cultivares, não encontrou efeito significativo do zinco sobre a propagação vegetativa das ameixeiras; entretanto, para o micronutriente boro, foi encontrada resposta significativa sobre o enraizamento.

Segundo Leite e Mendes (1995) sulfato de zinco na concentração 0,3% aumenta a porcentagem de pegamento das estacas de *C. arabica* L. de 63 para 90%. Por outro lado, Bergo (1997) afirma que o sulfato de zinco não foi eficiente na promoção do enraizamento de estacas do cafeeiro. Este mesmo autor encontrou diferenças significativas entre as linhagens de *C. arabica* L., sendo a cultivar Acaia superior à cultivar Catuai 44.

Quanto ao boro, sua função primária nas plantas ainda não está bem elucidada (Marschner, 1995). Diversos autores têm sugerido várias funções do boro na planta: Eaton (1940) sugeriu que as funções do boro na planta estão relacionadas à formação de hormônios, pois os sintomas de deficiência em auxinas são similares aos de deficiência de boro. Dyar e Webb (1961) afirmaram ser o boro responsável pela manutenção dos níveis hormonais; Lewis (1980) concluiu que o boro está ainda envolvido na biossíntese de lignina e, juntamente com a auxina, na diferenciação do xilema, no desenvolvimento das raízes adventícias e na germinação do grão-de-pólen de angiospermas. Este mesmo autor afirma também que a cadeia metabólica que envolve boro, lignificação e peroxidase, está ligada ao metabolismo de hormônios, especialmente as auxinas

Lewis (1980) enfatiza um relacionamento metabólico no qual o boro, compostos fenólicos e peroxidases /IAA-oxidases, interagem entre si e com as

auxinas . Segundo Odhnoff (1957), a atividade da peroxidase é aumentada em muitos tecidos pela falta de boro; porém, Dutta e Mc Ilrath (1964), concluíram que sua atividade era diminuída em outros tecidos. Também Parish (1968) relata sobre essa relação entre a atividade da peroxidase, que pode ser aumentada pelo boro.

Segundo Skok (1958), Hewitt (1963) e Tanada (1978), o papel do boro pode ser:

- a- na planta: no controle do crescimento e diferenciação;
- b- fisiológico: no controle da permeabilidade da membrana celular e na translocação de açúcares;
- c- bioquímico: no controle de enzimas envolvidas no metabolismo de carboidratos, polifenóis e lignina, de auxinas e dos ácidos nucleicos

Jarvis, Ali e Shaheed (1983) verificaram, em estacas de *Phaseolus aureus* Roxb., que o crescimento ótimo das raízes ocorreu com ácido bórico na concentração de 0,01 a 5µg/ml. Os autores relatam que o boro, apesar de ser essencial para o desenvolvimento do primórdio radicular e subsequente crescimento, tem efeito antagônico ao efeito das auxinas, principalmente quando a última está presente em baixas concentrações.

Trabalhando com estacas de café (*Coffea arabica* L. cv mundo novo), Ono, Rodrigues e Pinho (1992; 1993; 1994) observaram maior porcentagem de enraizamento naquelas tratadas com NAA a 100 ou 200 mg/L mais boro a 150 µg/ml .Também em estacas de café, Ono, Rodrigues e Pinho (1994) obtiveram enraizamento satisfatório quando testas foram tratadas com IBA + NAA a 200 mg/L + boro a 150 µg/ml.

Outro papel atribuído ao boro está relacionado à translocação de açúcares: Gauch e Dugger (1953) observaram que folhas de plantas deficientes

em boro apresentam, comparativamente, maiores concentrações de açúcar e de amido, contudo a concentração nos ramos é baixa. Isto indica que a presença de boro em quantidade adequada é necessária na translocação dos açúcares das folhas para os ramos. Utilizando sacarose e boro juntos e em separado, em solução nutritiva, observou-se estreita dependência na translocação do açúcar e do boro; sendo assim, em experimento com pontas de raiz de feijão-de-lima (*Phaseolus lunatus L.*) e ervilha (*Pisum sativum L.*) na presença de sacarose mais 5 ppm de boro, comparada com sacarose isolada, constatou-se aumento de 50 para 85 % na respiração, resultando no aumento da sacarose mostrado pela respiração das células .

Gauch e Dugger (1953) propuseram a existência de um controle direto do movimento de carboidrato pelo boro, postulando formar este mineral um complexo ionizável boro-sacarose, que facilita o transporte de carboidratos através das membranas. Jacob e Uexkull (1960) enfatizam ser o boro particularmente necessário nos processos que envolvem ativação de divisão celular, sendo, pois, de grande importância na regeneração das raízes.

É também proposto ao boro a responsabilidade pelo desenvolvimento e produção de raízes. Segundo Murray et al. (1957), o boro não tem efeito na emissão de raízes, porém é essencial para o seu desenvolvimento, não tendo efeito similar aos reguladores vegetais.

Em 1951, Hemberg verificou o efeito de vários íons sobre o enraizamento de estacas de *Phaseolus vulgaris L.*, demonstrando que o boro, fornecido como ácido bórico, aumentou a produção de raízes, enquanto estacas sem tratamento com boro não apresentaram raízes. O autor relata que muitas vezes o fornecimento de boro pode ocorrer pela simples presença do elemento como contaminante da água.

Ono, Rodrigues e Rodrigues (1992) constataram que os tratamentos constituídos de auxinas mais boro apresentaram maior número de estacas

enraizadas que aqueles compostos apenas por auxinas. Portanto, nota-se um efeito benéfico do boro, juntamente com a auxina, no enraizamento de estacas de camélia.

É conveniente considerar serem a iniciação de raízes e crescimento das mesmas processos distintos, nos quais a auxina é o iniciador das raízes, aumentando o boro o crescimento das mesmas (Hemberg, 1951; Midleton, Jarvis e Booth, 1978).

Jarvis, Ali e Shaheed (1983) verificaram que poucas raízes se desenvolvem nas estacas tratadas só com boro, levando-os a concluir que essas raízes tenham se desenvolvido devido à concentração de auxina endógena, confirmando, mais uma vez, o fato de que as auxinas iniciam a formação de raízes, enquanto o boro age sobre o crescimento dessas.

As raízes das estacas sem tratamento com boro mostram inibição do alongamento, mudando a direção da expansão celular de longitudinal para radial, levando à morte de muitos ápices radiculares.

Se a iniciação de raízes está relacionada com a atividade de IAA e IAA-oxidase, então o enraizamento pode estar relacionado com as concentrações de boro, manganês e zinco no sítio de iniciação de raízes (Svenson e Davis, 1995). O zinco promove a formação de triptofano, precursor da auxina (Salami e Kenefick, 1970), o manganês age como ativador do sistema IAA-oxidase (Tomaszewski e Thimann, 1966), enquanto o boro pode aumentar a atividade da IAA-oxidase (Jarvis, Ali e Shaheed, 1983).

2.5 Influência de PVP e água corrente na propagação vegetativa

A propagação vegetativa de estacas de plantas é prejudicada pela oxidação dos tecidos após corte dos mesmos, sendo influenciada pelos níveis de compostos fenólicos.

Os compostos fenólicos são compostos por ácidos fenólicos, flavonóides e cumarinas, que participam de diversos processos fisiológicos do metabolismo secundário. Segundo Coll et al. (1992), os ácidos fenólicos são divididos em dois grupos, os orto-di-hidroxifenóis e tri-hidroxifenóis (ácido clorogênico, ácido caféico, ácido gálico, ácido ferúlico, etc.), que diminuem a atividade da AIA-oxidase, aumentando a concentração de AIA endógeno e o grupo dos mono-hidroxifenóis (ácido salicílico, ácido p-cumárico, ácido p-hidroxibenzóico, etc.), que aumentam a atividade da AIA-oxidase, diminuindo a concentração endógena da AIA. Os flavonóides também são constituído de dois grupos, os dihidroxiflavonóides (quercitina, rutina, eriodictiol, luteolina, etc.), que diminuem atividade da AIA-oxidase, e o grupo dos hidroxiflavonóides (nangerina, apigenina, campferol, etc.), os quais aumentam a atividade da AIA-oxidase. Já as cumarinas inibem a atividade das auxinas, mas sua ação parece não estar relacionada com a atividade da AIA-oxidase; porém, sabe-se que a umbeliferina, uma cumarina, ativa o sistema AIA-oxidase e a escopoletina, outra cumarina, ao contrário, inibe o sistema AIA-oxidase.

Segundo George e Sherrington (1984), a oxidação de compostos fenólicos ocorre em tecidos lesionados devido à ação de enzimas oxidases. São liberados produtos tóxicos da oxidação após o escurecimento rápido das extremidade dos tecidos. Segundo Grattaglia e Machado (1990), esse problema é agravado no isolamento de explante de espécies lenhosas devido à síntese de lignina nos tecidos.

Conforme George (1996), o escurecimento ou oxidação por fenóis ocorre nas superfícies de muitos explantes na cultura “in vitro”, começando a descolorir logo após a excisão, sendo este escurecimento associado ao fermento. Alguns micronutrientes podem estimular a oxidação de fenóis, como o Mn e o Cu, portanto, a utilização de meios com baixa concentração desses nutrientes é recomendada. Frequentemente, os explantes continuam a escurecer após sua introdução no meio de cultura, podendo também liberar substância de cor escura para o meio. Tem sido constatado que uma vez que a descoloração ocorre, o crescimento é inibido e o tecido pode morrer, apesar de nem todos os compostos produzidos serem inibidores. Ainda segundo George (1996), tecidos jovens apresentam menor propensão ao escurecimento na excisão do que tecidos velhos.

A descoloração dos tecidos tem como causa a ação de enzimas oxidases que contêm cobre, chamadas de polifenol oxidase, fenolase e tirosinase (monofenol oxidase), que são liberadas, sintetizadas, ou se apresentam com substratos adequados e condições oxidativas quando tecidos são feridos ou senescentes.

George e Sherrington (1984) citaram várias medidas na prevenção da oxidação fenólica: a remoção de compostos fenólicos produzidos pode ocorrer através de água corrente como pré-tratamento de explantes e a utilização de carvão ativado ou antioxidante. Antioxidantes incluem agentes redutores, que removem o oxigênio de outras moléculas, e também compostos que atuam por mecanismos alternativos, tais como aprisionamento ou desativação de íons, reação com intermediários em um equilíbrio de oxidação - redução.

O período de manutenção dos explantes em água é variável conforme a espécie. Varia também a aptidão à emissão de raízes a partir de estacas conforme as espécies vegetais, os clones e mesmo a idade e natureza dos ramos (Assaf, 1966).

O antioxidante polivinilpirrolidone (PVP) tem sido bastante empregado. Carvalho, Pinto e Pasqual (1990) controlaram a oxidação em explantes de *Eucalyptus grandis* em até 90% suplementando com PVP 250 ppm em meio sólido. Walkey (1972) verificou a essencialidade para um bom desenvolvimento do explante de macieira a incorporação de PVP ao meio de isolamento, enquanto Leite e Mendes (1995), trabalhando com *Coffea arabica* L. cultivar Catuai 44, não encontraram efeito significativo de água corrente e de PVP sobre as características relacionadas ao crescimento e desenvolvimento de parte aérea.

Conforme Arcilla-Pulgarin e Valencia-Aristizabal (1976), a utilização de caixa de concreto com 1,0 x 0,70 x 0,90 m preenchidas com areia, casca de café, borra de café ou serragem de madeira proporciona o enraizamento de 60-70% em 2 meses e 80-90% em 3 meses, trabalhando com cultivar não mencionado de *Coffea arabica* L.

Um dos recursos utilizados para um melhor enraizamento é a adsorção do polivinilpirrolidone (PVP). Bioquímicos constataram que a extração de enzimas ativas é, em algumas ocasiões evitada pela presença de polifenóis ou taninos. Quando este é o caso, vários compostos (principalmente proteínas, amidas e poliamidas) têm sido adicionados para reagir com os fenóis e restaurar a atividade enzimática. Segundo George (1996) a poliamina que apresenta o melhor resultado é o PVP, que adsorve os fenóis através de ligação de H, impedindo sua oxidação e polimerização. O PVP pode também combinar com fenólicos oxidados polimerizados, impedindo a maior oxidação de enzimas fenolases. Porém, Hoffmann (1994) em estacas de mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade), observou não haver influência do uso de antioxidante por 3 horas no percentual de enraizamento.

Segundo Rezende (1996) para estacas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cultivar mundo novo (LCP 379/19), em ambiente controlado, utilizando o

substrato comercial Plantmax, o melhor controle da oxidação foi obtido com 330 ppm durante um período de 6 horas, apresentando um percentual de enraizamento de 68%. Em contrapartida, Bergo (1997) enfatiza que o uso de antioxidante PVP não é eficiente na promoção do enraizamento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), na concentração de 1500 ppm no período de imersão de 3 horas. O mesmo autor afirma ser a cultivar Acaiá superior à Catuai, superando em 31% a característica peso da matéria seca de folhas. Em relação à cultivares, Pereira et al. (1998), afirma ser a cultivar Catuai superior às cultivares Mundo Novo e Icatu. Segundo este mesmo autor, os substratos areia, húmus de minhoca, cisco de café e o substrato padrão podem ser recomendados como promotores de enraizamento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados e conduzidos no setor de Fruticultura e Cultura de tecidos do Departamento de Agricultura da UFLA (Universidade Federal de Lavras) em Lavras - MG , em casa de vegetação com controle de temperatura e umidade, equipada com sistema automático de irrigação por nebulização. Utilizou-se sombrite de cor escura, proporcionando 50% de incidência de raios solares.

Esses experimentos fazem parte de uma linha de pesquisa, em que foram instalados, no mesmo período, 09 trabalhos, sendo alguns exploratórios devido a carência de informações sobre o assunto.

3.1- Procedimentos Gerais

As estacas foram obtidas de brotações ortotrópicas, oriundas de cafeeiros recepados a 50 cm de altura de lavouras do campo experimental do setor de cafeicultura da UFLA. A receita de Catuai LCH 2077-2-5-44 e Mundo

Novo LCP 379/19 foram realizadas em 13 de novembro de 1996, enquanto a da cultivar Icatu 3282 foi realizada 19 de dezembro do mesmo ano, objetivando um crescimento intenso das estacas.

Dois meses após a recepa, foi realizada uma adubação visando desenvolvimento adequado das estacas, utilizando-se as recomendações da 4ª aproximação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSMG, 1989).

Na segunda quinzena de março de 1997, os ramos ortotrópicos utilizados foram coletados no período da manhã, sendo transportados em um recipiente com água até o laboratório de Cultura de tecidos, onde foi realizada a preparação das mesmas, consistindo na eliminação dos ramos plagiotrópicos e de 2/3 do limbo foliar, com o auxílio de uma tesoura de poda.

As estacas foram de nó inteiro, tendo em média 6 a 8 cm de comprimento, com diâmetro médio de 0,3 a 0,5 cm. O corte superior da estaca foi reto, objetivando menor área de oxidação, enquanto o inferior fez-se em bisel, objetivando maior área de formação de raízes. Foram utilizados apenas os internódios intermediários, sendo eliminadas as extremidades, por serem muito tenras ou muito lenhosas. Após a preparação, os ramos foram colocados em bandejas de 72 células, preenchidas com substrato comercial plantmax.

Para uma condução satisfatória, sem a incidência de doenças foram aplicados alternadamente oxiclreto de cobre 50 % e benlate, na concentração de 0,3% do produto comercial.

Aos 150 dias após a instalação dos experimentos, foram realizadas as avaliações das seguintes características: Porcentagem de estacas vivas (EV%); Número de brotações (NB); Comprimento de brotações (CB); Peso da matéria seca de parte aérea (PSPA); Porcentagem de estacas enraizadas (ER%); Número de raízes (NR); Peso da matéria seca de raízes (PSR).

Os delineamentos estatísticos foram em esquema fatorial 5X3 para os três primeiros experimentos, e 5x5 para o quarto, com três repetições por parcela, sendo constituída de 6 estacas, colocadas em bandejas tipo “speedling”, preenchidas com substrato comercial plantmax.

Para a avaliação de peso da matéria seca, as raízes e as brotações foram secas em estufa a 60° C até peso constante (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1989).

Com o objetivo de detalhar os experimentos serão descritas nos sub-ítem a seguir, as particularidades de cada trabalho.

3.2 Experimento 1 Efeito da concentração e da forma de aplicação de sulfato de zinco sobre a propagação por estacas do cafeeiro.

Quinze dias antes da coleta das estacas, 1/3 das brotações ortotrópicas destinada ao experimento foram submetidas à aplicação de uma solução de sulfato de zinco nas concentrações 0,0% (água pura); 0,3%; 0,6%; 0,9%; 1,2%, juntamente com 0,3 % de ácido bórico e 0,3 % cloreto de potássio, e três formas de aplicação (na planta, nas estacas por imersão e no substrato), sendo que os tratamentos nas estacas por imersão e no substrato foram realizados após a coleta dos ramos e a preparação das estacas. Os tratamentos ficaram dispostos da seguinte forma:

Trat. 1- Pulverização de 0% de sulfato de zinco na planta (água pura)

Trat. 2- Pulverização de 0.3% de sulfato de zinco na planta

Trat. 3- Pulverização de 0.6% de sulfato de zinco na planta

Trat. 4- Pulverização de 0.9% de sulfato de zinco na planta

Trat. 5- Pulverização de 1.2% de sulfato de zinco na planta

Trat. 6- Imersão das estacas em 0% de sulfato de zinco (24 horas)

- Trat.7- Imersão das estacas em 0,3% de sulfato de zinco (24 horas)
- Trat.8- Imersão das estacas em 0,6% de sulfato de zinco (24 horas)
- Trat.9- Imersão das estacas em 0,9 % de sulfato de zinco (24 horas)
- Trat.10- Imersão das estacas em 1,2 % de sulfato de zinco (24 horas)
- Trat.11- Aplicação de 0% de sulfato de zinco no substrato
- Trat.12- Aplicação de 0,3% de sulfato de zinco no substrato
- Trat.13- Aplicação de 0,6% de sulfato de zinco no substrato
- Trat.14- Aplicação de 0,9%, de sulfato de zinco no substrato
- Trat.15- Aplicação de 1,2% de sulfato de zinco no substrato

Tratamentos fitossanitários, adubação e avaliação foram realizados conforme o mencionado nos procedimentos gerais.

3.3 –Experimento 2- Efeito da concentração e da forma de aplicação do ácido bórico sobre a propagação por estacas do cafeeiro.

Quinze dias antes da coleta das estacas, 1/3 das brotações ortotrópicas destinada ao experimento 2 foram submetidas à aplicação de uma solução de ácido bórico nas concentrações 0,0% (água pura); 0,3%; 0,6%; 0,9%; 1,2%, juntamente com 0,3 % de ácido bórico e 0,3 % cloreto de potássio, e três formas de aplicação (na planta, nas estacas por imersão e no substrato), sendo que os tratamentos nas estacas por imersão e no substrato foram realizados após a coleta dos ramos e a preparação das estacas. Os tratamentos ficaram dispostos da seguinte forma:

- Trat. 1- Pulverização de 0% de ácido bórico na planta (água pura)
- Trat.2- Pulverização de 0.3% de ácido bórico na planta
- Trat. 3- Pulverização de 0.6% de ácido bórico na planta
- Trat. 4- Pulverização de 0.9% de ácido bórico na planta

- Trat.5- Pulverização de 1.2% de ácido bórico na planta
- Trat.6- Imersão das estacas em 0% de ácido bórico (24 horas)
- Trat.7- Imersão das estacas em 0,3% de ácido bórico (24 horas)
- Trat.8- Imersão das estacas em 0,6% de ácido bórico (24 horas)
- Trat.9- Imersão das estacas em 0,9 % de ácido bórico (24 horas)
- Trat.10- Imersão das estacas em 1,2 % de ácido bórico (24 horas)
- Trat.11- Aplicação de 0% de ácido bórico no substrato
- Trat.12- Aplicação de 0,3% de ácido bórico no substrato
- Trat.13- Aplicação de 0,6% de ácido bórico no substrato
- Trat.14- Aplicação de 0,9%, de ácido bórico no substrato
- Trat.15- Aplicação de 1,2% de ácido bórico no substrato

Tratamentos fitossanitários, adubação e avaliação foram realizados conforme mencionado nos procedimentos gerais.

3.4 Experimento 3- Efeito de água corrente sobre a propagação por estacas de três cultivares de cafeeiro.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial com 15 tratamentos (5 x 3), sendo cinco períodos em água corrente (0 ,3, 6, 9, 12 horas) e três cultivares (Icatu, Catuai, Mundo Novo) com três repetições, sendo cada parcela constituída de 6 estacas, colocadas em bandejas tipo “speedling”, preenchidas com plantmax. Nos tratamentos com período de imersão de zero horas em água corrente, as estacas foram apenas mergulhadas, retirando-as rapidamente. Foram testados os seguintes tratamentos:

Tratamento 1- Cultivar Mundo novo, 0 hora em água corrente

Tratamento 2- Cultivar Catuai, 0 hora em água corrente

Tratamento 3- Cultivar Icatu, 0 hora em água corrente

- Tratamento 4- Cultivar Mundo novo, 3 horas em água corrente
Tratamento 5- Cultivar Catuai, 3 horas em água corrente
Tratamento 6- Cultivar Icatu, 3 horas em água corrente
Tratamento 7- Cultivar Mundo novo, 6 horas em água corrente
Tratamento 8- Cultivar Catuai, 6 horas em água corrente
Tratamento 9- Cultivar Icatu, 6 horas em água corrente
Tratamento 10- Cultivar Mundo novo, 9 horas em água corrente
Tratamento 11- Cultivar Catuai, 9 horas em água corrente
Tratamento 12- Cultivar Icatu, 9 horas em água corrente
Tratamento 13- Cultivar Mundo novo, 12 horas em água corrente
Tratamento 14- Cultivar Catuai, 12 horas em água corrente
Tratamento 15- Cultivar Icatu, 12 horas em água corrente

3.5 Experimento 4 – Efeito do Polivinilpirrolidone (PVP) sobre a propagação por estacas do cafeeiro.

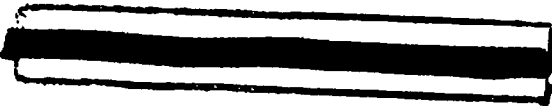
O delineamento utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial com 25 tratamentos (5 x 5), sendo cinco concentrações de PVP (0, 500, 1000, 1500, 2000 ppm) e cinco períodos de imersão (0, 3, 6, 9, 12 horas) com três repetições, sendo cada parcela constituída de 6 estacas, colocadas em bandejas tipo “speedling”, preenchidas com substrato comercial plantmax. Como nem todas as combinações foram testadas, o experimento contou com treze tratamentos. Utilizou-se, neste experimento, o método de “Backward” (Box e Draper, 1987), quando as diferenças entre os tratamentos mostraram – se significativas pelo teste F, para a seleção de modelos de regressão múltipla.

Foram testados os seguintes tratamentos:

Tratamento 1- Imersão por 0 hora em 0 ppm de PVP

Tratamento 2- Imersão por 0 hora em 1000 ppm de PVP

Tratamento 3- Imersão por 0 hora em 2000 ppm de PVP

- 
- Tratamento 4- Imersão por 3 horas em 500 ppm de PVP
Tratamento 5- Imersão por 3 horas em 1500 ppm de PVP
Tratamento 6- Imersão por 6 horas em 0 ppm de PVP
Tratamento 7- Imersão por 6 horas em 1000 ppm de PVP
Tratamento 8- Imersão por 6 horas em 2000 ppm de PVP
Tratamento 9- Imersão por 9 horas em 500 ppm de PVP
Tratamento 10- Imersão por 9 horas em 1500 ppm de PVP
Tratamento 11- Imersão por 12 horas em 0 ppm de PVP
Tratamento 12- Imersão por 12 horas em 1000 ppm de PVP
Tratamento 13- Imersão por 12 horas em 2000 ppm de PVP

3.6 Análise estatística

Os experimentos foram divididos em 2 (dois) grupos. Enquanto nos experimentos 1, 2 e 3 fez-se apenas o desdobramento em fatores principais e suas interações, no experimento 4 foram utilizadas duas maneiras de decompor a variação entre tratamentos. A primeira delas correspondeu ao desdobramento em fatores principais e interação entre eles, típicos de ensaios fatoriais. A outra maneira fez uso do ajustamento a modelos de superfície de resposta (Box e Draper, 1987), quando as diferenças entre os tratamentos mostraram - se significativas pelo teste F. O método de "Backward" (Draper e Smith, 1981) foi utilizado para a seleção de modelos de regressão múltipla envolvendo os fatores testados no experimento, utilizando-se o resíduo da análise de variância para testar a significância dos coeficientes de regressão. Uma vez determinado o modelo, testava-se a significância dos desvios de regressão para verificar a adequabilidade do modelo.

O modelo inicial de regressão múltipla, utilizado no método "backward" foi o seguinte:

$$Y_{ij} = \alpha_j + \beta_1 X_{ij} + \beta_2 X_{ij} + \beta_3 X_{ij}^2 + \beta_4 X_{ij}^2 + \beta_5 X_{ij} + \beta_6 X_{ij}^2 + \beta_7 X_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} : valor observado na parcela que recebeu o tratamento i na repetição j ;

α : intercepto;

β_k : coeficiente de regressão j ;

X_{ij} : concentração de PVP na repetição j do tratamento i ;

X_{ij}^2 : período de imersão da estaca na repetição i do tratamento i ;

Todos os dados submetidos à análise de variância foram transformados em arco seno raiz quadrada de $X + 1$ para todas as características mensuradas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento I - Efeito da concentração e formas de aplicação de sulfato de zinco sobre a propagação por estacas do cafeeiro.

O resumo da análise de variância para as características avaliadas em função dos tratamentos é apresentado na Tabela 1. Observa-se que houve diferença significativa entre as doses de sulfato de zinco, tanto ao nível de 1% de probabilidade, para a característica comprimento de brotações (CB), como ao nível de 5% de probabilidade, para as características peso da matéria seca de parte aérea (PSPA), porcentagem de estacas enraizadas (ER%) e peso de matéria seca de raízes(PSR).

Houve também diferença significativa entre as formas de aplicação, tanto ao nível de 1%, para as características porcentagem de estacas vivas (EV%), número de brotações (NB), peso da matéria seca de parte aérea (PSPA), porcentagem de estacas enraizadas (ER %), número de raízes (NR), como ao nível de 5%, para a característica, peso da matéria seca das raízes (PMSR) .

Também pode ser observado, na Tabela 1, que não houve efeito significativo para a interação sulfato de zinco X formas de aplicação.

O teste de Tukey para as médias das características porcentagem de estacas vivas, número de brotações e peso de matéria seca de parte aérea, conforme apresentado na Tabela 2, mostra que não há diferença significativa para os tratamentos realizados na planta e no substrato, mas nota-se uma superioridade destes sobre o tratamento por imersão das estacas. Já no caso da característica comprimento de brotações, não houve diferença significativa entre as formas de aplicação.

TABELA 1. Resumo da análise de variância para porcentagem de estacas vivas, número de brotações, peso de matéria seca de parte aérea, porcentagem estacas enraizadas, número de raízes, peso de matéria seca de raízes, comprimento de brotações em *Coffea arabica* L.(Mundo Novo 379-19), submetidas a diferentes concentrações e formas de aplicação de sulfato de zinco. UFLA- Lavras - MG. 2000.

Causas de variação	GL	Quadrados médios						
		EV %	NB	NR	CB	PSPA	PMSR	ER%
S. de zinco	4	0.13	0.424	0.227	0.451**	0.067*	0.009*	0.412*
F. aplic.	2	1.31**	2.351**	2.874**	0.093	0.174**	0.016*	1.505**
Interação	8	0.07	0.201	0.448	0.062	0.025	0.002	0.089
Resíduo	28	0.10	0.285	0.322	0.069	0.016	0.003	0.172
CV (%)		13,96	18,50	26,85	12,23	09,20	05,81	24,56

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade

(**)Significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 2 . Resultados médios para as características porcentagem estacas vivas, número de brotações, comprimento de brotações e peso de matéria seca de parte aérea por estacas dos tratamentos realizados na planta, em imersão das estacas e no substrato. UFLA- Lavras - MG. 2000.

Tratamentos	Características			
Formas de aplicação	EV%	NB	CB	PSPA
Na planta	76.71 a	3.20 a	2.20 a	1,48 a
Imersão das estacas	47.78 b	2.44 b	2.06 a	1,28 b
Substrato	66.35 a	3.01 a	2.20 a	1,45 a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

O teste de Tukey para as características porcentagem de estacas enraizadas, número de raízes e peso de matéria seca de raízes, conforme apresentado na Tabela 3, mostra que não há diferença significativa para os

tratamentos realizados na planta e no substrato, mas nota-se uma superioridade destes sobre o tratamento por imersão das estacas

TABELA 3 . Resultados médios para as características porcentagem de estacas enraizadas, número de raízes e peso de matéria seca de raízes em função dos tratamentos realizados na planta, em imersão das estacas e no substrato. UFLA- Lavras - MG. 2000.

Tratamentos	características		
	ER%	NR	PMSR
Na planta	48,26 a	2.23 a	1.08 a
Imersão da estaca	28,36 b	1.63 b	1.02 b
Substrato	42,42 a	2.48 a	1.06 a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

4.1.1 Porcentagem de estacas vivas, Número de brotações, Comprimento de brotações e Peso de matéria seca de parte aérea

Em relação à porcentagem de estacas vivas, nota-se, pela Figura 1 e Tabela 2, a variação entre as formas de aplicação de sulfato de zinco. Para esta característica, os tratamentos realizados na planta e no substrato superaram o tratamento em imersão das estacas em 28,93 e 18,57 %, respectivamente.

O pior desempenho do tratamento por imersão das estacas em solução pode ser explicado por uma possível intoxicação das estacas que apresentaram menor porcentagem de sobrevivência.

Trabalho com adubação foliar no cafeeiro, realizado por Malavolta (1976), concluiu ser a adubação foliar a forma mais eficiente de fornecer zinco à planta. Porém, no enraizamento de estacas, a utilização do zinco via substrato se igualou à aplicação foliar, e não houve efeito das concentrações de sulfato de zinco para a característica porcentual de estacas enraizadas.

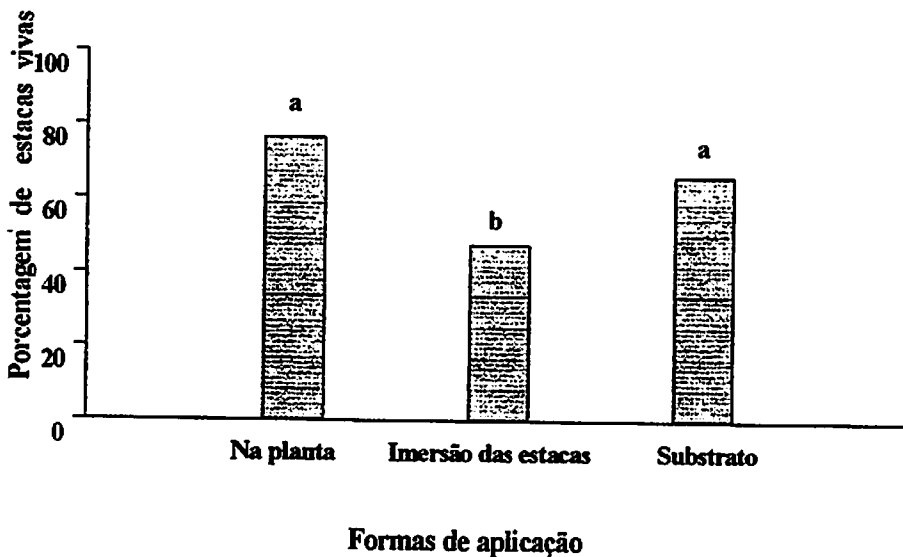


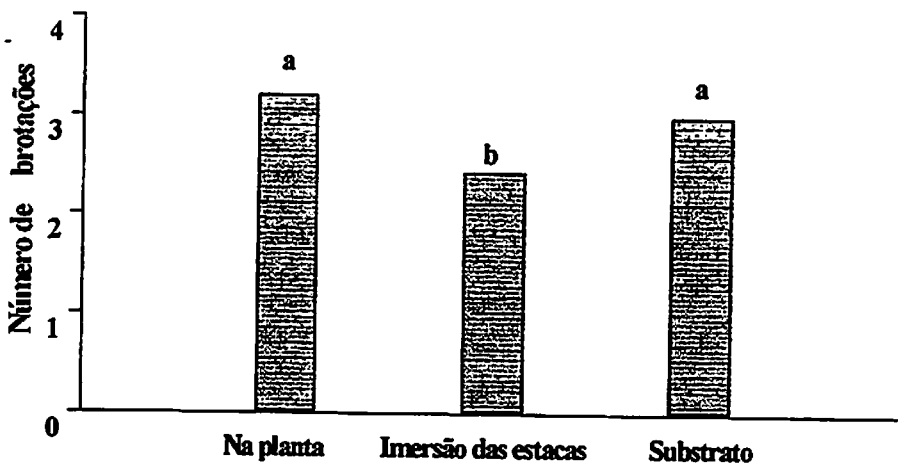
FIGURA 1. Porcentagem de estacas vivas em função das diferentes formas de aplicação de sulfato de zinco em *C. arabica* L. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Quanto a número de brotações, o pior desempenho dos tratamentos realizados por imersão das estacas também pode ser observado na característica número de brotações, conforme a Figura 2. Observa-se que a forma de aplicação por imersão das estacas causou diminuição de 0,76 e 0,57, em número de brotações, em relação às aplicações na planta e no substrato, o que corresponde a decréscimos de 23,75 e 18,93 %, respectivamente.

Observa-se, na avaliação desta característica, um elevado número de estacas mortas no tratamento realizado por imersão das estacas em relação aos demais tratamentos, podendo ter ocorrido, possivelmente, uma intoxicação, e esta ser a causa da morte das estacas.

Com relação à característica comprimento de brotações, não foram encontradas diferenças significativas entre as formas de aplicação, como pode ser observado na Tabela 1. No entanto, o efeito da dose de sulfato de zinco foi

significativo ao nível de 1 %, e os dados mostraram um significativo aumento desde a dose zero até 0,40 %, conforme pode ser observado na Figura 3.



Formas de aplicação

FIGURA 2. Número de brotações em função das diferentes formas de aplicação de sulfato de zinco em *C. arabica* L. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Nota-se, pela Figura 3, que acima da concentração de 0,40 % de sulfato de zinco houve redução do comprimento das brotações, o que pode ser explicado por uma possível toxidez. Pois segundo Fávoro (1992), a diminuição do crescimento devido ao excesso de zinco é provavelmente decorrente da menor translocação de fotoassimilados, havendo interferência do excesso do zinco no carregamento do floema, impedindo a translocação de fotoassimilados para as principais partes da planta.

Quanto ao peso de matéria seca de parte aérea, observa-se pela Figura 4 a variação entre as formas de aplicação de zinco; na planta, por imersão das estacas e no substrato. Das formas de aplicação testadas, os tratamentos na planta e no substrato não apresentaram diferença significativa entre si. Porém,

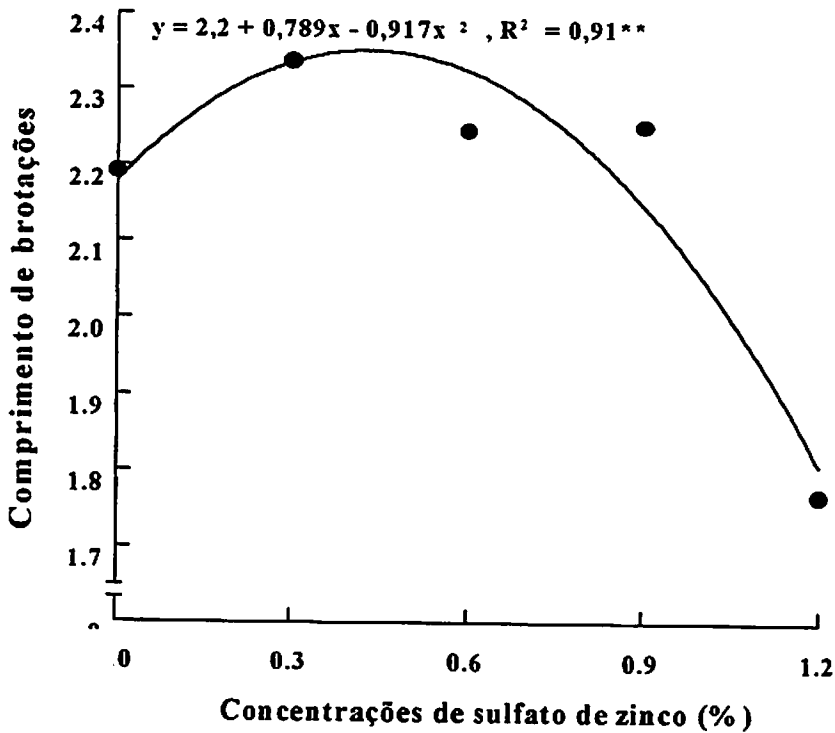


FIGURA 3- Comprimento de brotações em função dos diferentes concentrações de sulfato de zinco. UFLA, Lavras- MG, 2000.

o tratamento por imersão das estacas foi inferior aos tratamentos no campo e no substrato em 0,20 e 0,17 gramas de matéria seca, o que corresponde a 13,51 e 11,72 %, respectivamente.

Observa-se, pela Figura 5, que a regressão quadrática foi significativa ao nível de 5 %, e os dados mostraram um significativo aumento desde a dosagem 0 (zero), sem sulfato de zinco, até o tratamento que apresentou maior peso de matéria seca de parte aérea, ocorrendo tal fato na concentração de 0,30 % de sulfato de zinco, posteriormente sendo observado um decréscimo no peso de matéria seca de parte aérea até a dosagem de 1,2 % de sulfato de zinco, podendo ser explicado por uma possível toxidez.

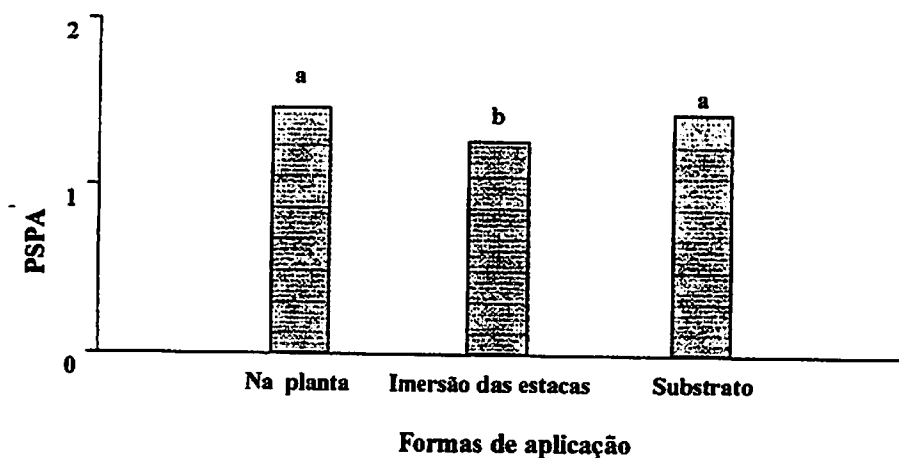


FIGURA 4 - Variação do peso de matéria seca de parte aérea em função das diferentes formas de aplicação de sulfato de zinco em *C. arabica* L. UFLA, Lavras-MG, 2000.

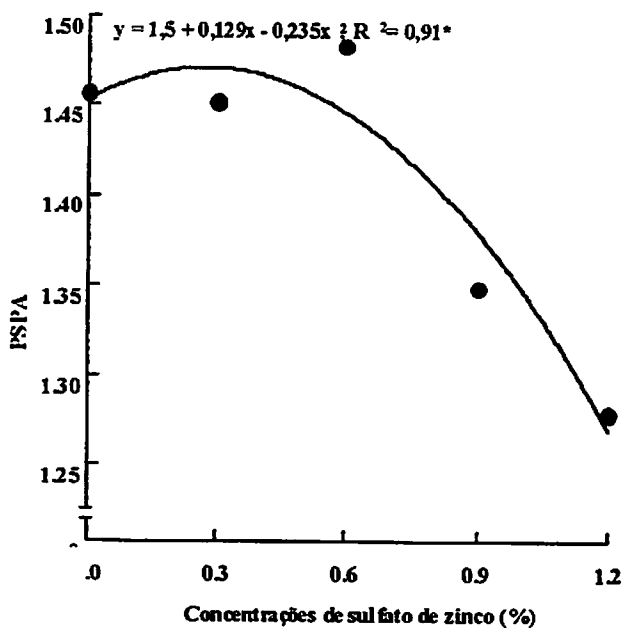


FIGURA 5 - Peso de matéria seca de parte aérea em função das diferentes concentrações de zinco. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Esses resultados concordam com Ferri (1979), que estabeleceu relação entre o zinco e auxina, e Singh (1981), entre zinco e triptofano. Concordam também com Leite e Mendes (1995), que encontraram efeito significativo para a aplicação de 0,3% de sulfato de zinco no pegamento de estacas, em trabalho com a cultivar Catuai 44. Porém discordam de Bergo (1997), que não encontrou efeito significativo para a aplicação de sulfato de zinco no porcentual de estacas verdes, trabalhando com as cultivares Acaiá e Catuai 44, mas conclui que a cultivar Acaiá superou em 28% a cultivar Catuai com relação ao porcentual de estacas verdes, independente da aplicação de sulfato de zinco. Bergo (1997) trabalhou com Acaiá, cultivar proveniente de seleções de Mundo Novo, cultivar utilizada neste trabalho. Entretanto, na condução de seu experimento, foi realizada adubação com micronutrientes, sendo que o sulfato de zinco foi aplicado na concentração de 0,3% da solução, operação não realizada neste trabalho, podendo possivelmente ter afetado o desempenho das características relacionadas à parte aérea.

Os resultados deste trabalho relacionados à parte aérea, vêm de certa forma, mostrar a capacidade do sulfato de zinco em promover o crescimento e desenvolvimento da parte aérea, caracterizando o sulfato de zinco como precursor do AIA.

4.1.2 Porcentagem de estacas enraizadas, número de raízes e peso de matéria seca de raízes

Em relação à porcentagem de estacas enraizadas, observa-se, pela Figura 6, que o tratamento realizado por imersão das estacas promoveu menor enraizamento em relação aos tratamentos na planta e no substrato, diminuindo em 19,90 e 14,02 % , respectivamente, conforme pode ser observado na Tabela 3.

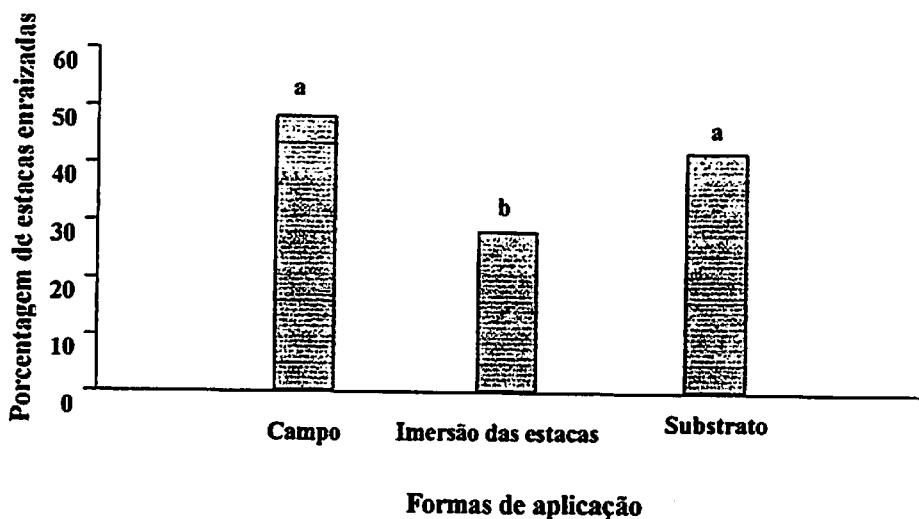


FIGURA 6. Porcentagem de estacas enraizadas em função das diferentes formas de aplicação de sulfato de zinco em *C. arabica* L. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Quanto à porcentagem de estacas enraizadas, a regressão linear foi significativa ao nível de 5%, e os dados apresentaram um significativo decréscimo desde a dosagem zero até 1,2 % de sulfato de zinco na solução.

Nota-se, pela Figura 7, que as respostas em porcentagem de estacas enraizadas ao aumento da concentração de sulfato de zinco, aos 5 meses da instalação do experimento, independente da forma de aplicação, tiveram uma tendência linear decrescente até a concentração de 1,2%, caracterizando uma provável toxidez.

Para a característica número de raízes, pode ser novamente observado, pela Figura 8, que as formas de aplicação na planta e no substrato não diferem entre si, mas diferem da aplicação por imersão das estacas, superando esta em 0.60 e 0.85 em número de raízes, ou seja, a imersão das estacas causou uma diminuição do número de raízes da ordem de 26,90 e 34,21 %, respectivamente (Tabela 2).

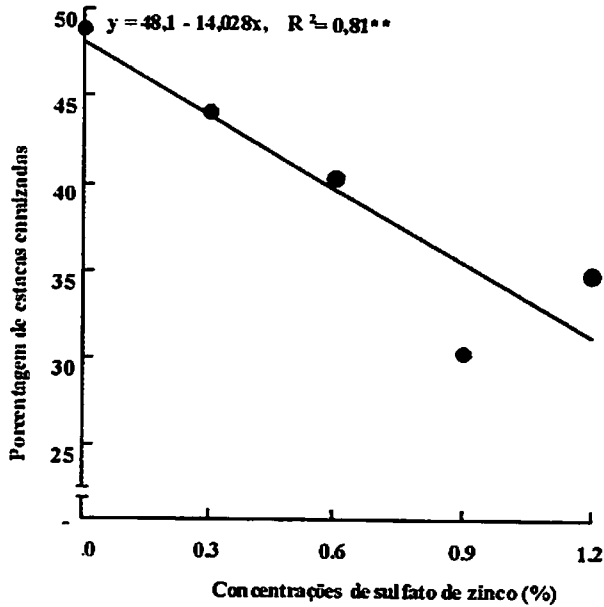


FIGURA 7 – Porcentagem de estacas enraizadas de *C. arabica* L. em função das diferentes concentrações de sulfato de zinco. UFLA, Lavras – MG, 2000.

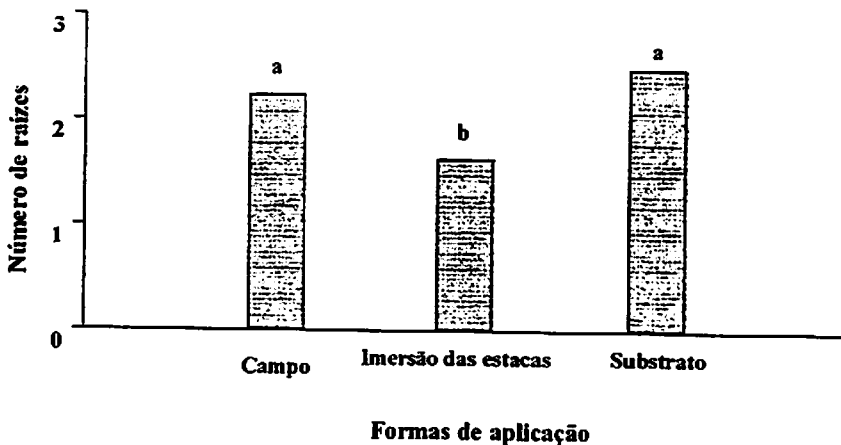


FIGURA 8. Número de raízes em função das diferentes formas de aplicação de sulfato de zinco em *C. arabica* L. UFLA, Lavras-MG, 2000

Já para a característica peso de matéria seca de raízes, nota-se, pela Figura 9, que as aplicações na planta e no substrato não diferem entre si. Porém, o tratamentos por imersão das estacas foi inferior aos tratamentos na planta e no substrato em 0,06 e 0,04 gramas, o que corresponde a 5,55 e 3,77 %, respectivamente, conforme apresentado na Tabela 3.

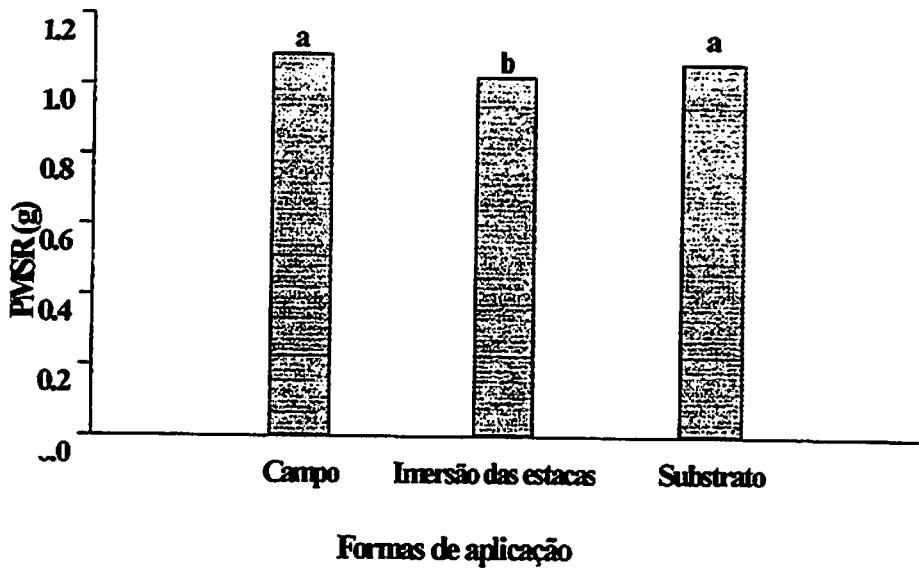


FIGURA 9 - Peso de matéria seca de raízes em função dos diferentes formas de aplicação de sulfato de zinco em *C. arábica* L. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Em relação ao peso de matéria seca de raízes, aos 5 meses da montagem do experimento, a regressão linear foi significativa ao nível de 5 % para as concentrações de sulfato de zinco de 0% a 1.2 %, apresentando um decréscimo à medida que aumentavam as concentrações do elemento, conforme apresentado na Figura 10, podendo ser explicado por uma possível toxidez do zinco.

Estes resultados concordam com Bergo (1997), que notou não haver influência do sulfato de zinco sobre o enraizamento de estacas do cafeeiro,

Catuai Vermelho (44) e Acaiá 374/19, tendo observado apenas aumento do peso de matéria seca de raízes para cultivar Acaiá. Concordam também com Kersten (1990), que não encontrou efeito da aplicação de zinco sobre o peso seco de raízes em ameixeiras das cultivares Carmesin e Grancuore. Por outro lado, discordam de Leite e Mendes (1995), que trabalhando com cafeeiro cultivar Catuai 44, encontraram efeito da aplicação de sulfato de zinco sobre a porcentagem de pegamento das estacas.

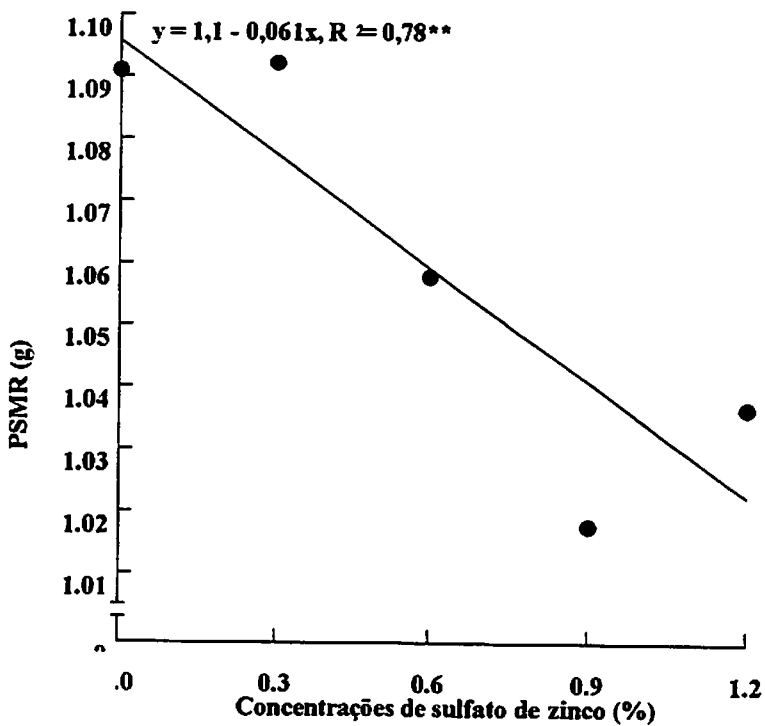


FIGURA 10 - Variação do peso de matéria seca de raízes de *Coffea arabica*, L. em função de diferentes concentrações de zinco. UFLA, Lavras – MG. 2000.

Concordam também com Kersten (1990), que não encontrou efeito da aplicação de zinco sobre o peso seco de raízes em ameixeiras das cultivares Carmesin e Grancuore. Por outro lado, discordam de Leite e Mendes (1995), que trabalhando com cafeeiro cultivar Catuaí 44, encontraram efeito da aplicação de sulfato de zinco sobre a porcentagem de pegamento das estacas.

Nota-se no presente trabalho, que o sulfato de zinco não foi apenas ineficiente, como mostrou decréscimo do porcentual de estacas enraizadas, à medida que aumentou a sua concentração na solução. Constatou-se assim, que sulfato de zinco nas condições testadas não promoveu o enraizamento de estacas de cafeeiro.

4.1.3 Discussão geral

Para a propagação vegetativa do cafeeiro por estacas não é recomendada a aplicação de sulfato de zinco, pois apesar de contribuir para o desenvolvimento da parte aérea (CB, 0,40%; PSPA, 0,30 %), prejudicou o enraizamento e o desenvolvimento do sistema radicular.

4.2 Experimento II- Efeito da concentração do ácido bórico e modo de aplicação sobre a propagação por estacas do cafeeiro.

Na Tabela 4 é apresentado o resumo da análise de variância. Observa-se que houve diferença significativa ao nível de 1%, pelo teste F, entre os tratamentos com ácido bórico para as características porcentagem de estacas vivas, número de brotações, comprimento de brotações, peso de matéria seca de parte aérea e porcentagem de estacas enraizadas.

Observa-se, também, que houve diferença significativa, pelo teste F, entre as formas de aplicação, tanto ao nível de 1%, para as características

porcentagem de estacas vivas, número de brotações, comprimento de brotações, peso de matéria seca de parte aérea, porcentagem de estacas enraizadas e número de raízes, como ao nível de 5%, para a característica peso de matéria seca de raízes.

Quanto às interações, observa-se que houve diferença significativa, ao nível de 1%, pelo teste F, para as características porcentagem de estacas vivas, número de brotações, comprimento de brotações, peso de matéria seca de parte aérea, número de estacas enraizadas e número de raízes.

Observar-se, também, na Tabela 4, que não houve efeito significativo do tratamento com ácido bórico para as características número de raízes e peso de matéria seca de raízes, assim como da interação ácido bórico X formas de aplicação para a característica peso de matéria seca de raízes

TABELA 4. Resumo da análise de variância para porcentagem de estacas vivas, número de brotações, peso de matéria seca de parte aérea, porcentagem de estacas enraizadas, número de raízes, peso de matéria seca de raízes, e comprimento de brotações em *C. arabica*, L., submetidos a diferentes formas de aplicação e concentrações de ácido bórico. UFLA, Lavras – MG, 2000.

Causas de variação	GL	Quadrados Médios						
		EV%	NB	PSPA	ER%	NR	PSR	CB
Boro	4	1.226**	2.954**	0.145**	0.352**	0.106	0.006	0.607**
F. aplic.	2	8.788**	18.763**	1.081**	3.842**	3.671**	0.102*	4.331**
Interação	8	0.452**	1.127**	0.052**	0.368**	0.249**	0.009	0.221**
Resíduo	28	0.023	0.059	0.009	0.086	0.067	0.005	0.035
CV (%)		8,568	11.153	7.548	19.889	18.588	6.136	12.152

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade

(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade

4.2.1 Porcentagem de estacas vivas, Número de brotações, Comprimento de brotações e Peso de matéria seca de parte aérea

Quanto à porcentagem de estacas vivas, observando-se a análise de variância apresentada na Tabela 4, nota-se que houve interação significativa entre as formas de aplicação e as concentrações de ácido bórico para a característica, bem como para ambos isoladamente.

Verifica-se, pela Figura 11, respostas diferenciadas entre as formas de aplicação. Enquanto para a forma de aplicação na planta, o aumento das concentrações de ácido bórico não resultou em variação na porcentagem de estacas vivas (86,8 %), para os tratamentos realizados no substrato e por imersão das estacas, houve redução à medida que aumentaram as concentrações de ácido bórico, atingindo, em determinadas doses, a morte de 100 % das estacas.

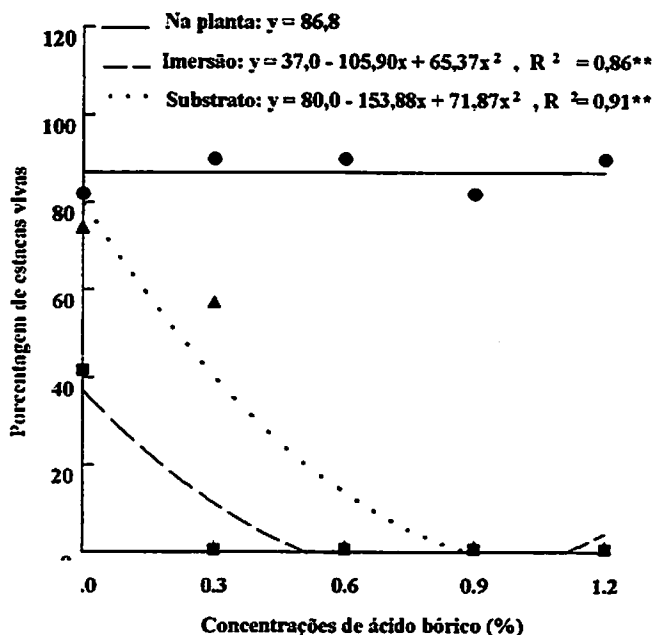


FIGURA 11 - Porcentagem de estacas vivas, em função de diferentes formas de aplicação e concentrações de ácido bórico. UFLA, Lavras- MG, 2000.

Quanto ao número de brotações das estacas, houve interação significativa entre concentrações de ácido bórico e formas de aplicação, como pode ser observado na Tabela 4. O aumento crescente nas concentrações de ácido bórico aplicados no substrato e por imersão das estacas proporcionaram decréscimo no número de brotações, sendo que a aplicação por imersão das estacas apresentou os piores resultados. A aplicação realizada na planta (3,4 brotações por parcela) superou as demais formas de aplicação, porém não houve variação na resposta da característica avaliada ao aumento da concentração de ácido bórico, conforme pode ser observado na Figura 12.

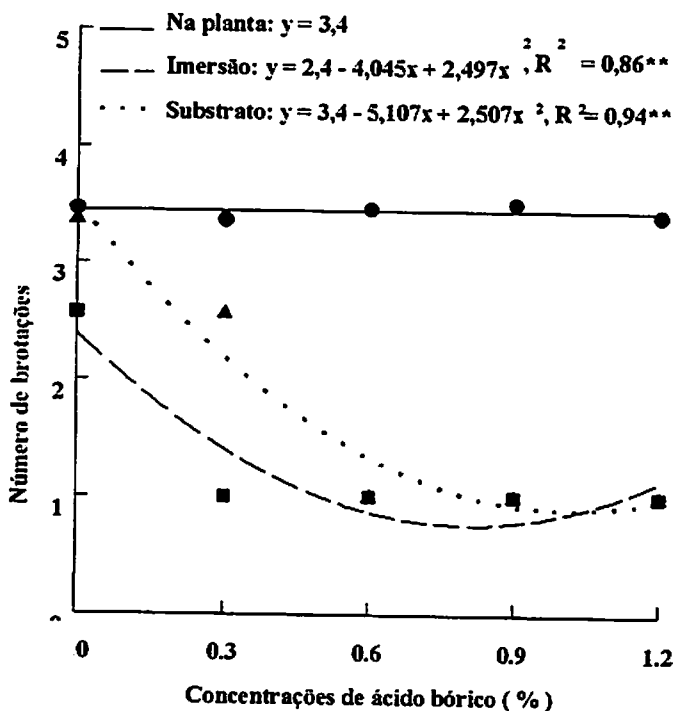


FIGURA 12 - Número de brotações, em função de diferentes formas de aplicação concentrações de ácido bórico. UFLA, Lavras- MG, 2000.

No caso do número de brotações, aos 150 dias após a instalação do experimento, as regressões quadráticas foram significativas ao nível de 1% e os dados mostraram uma quadrática decrescente para as formas de aplicação no substrato e por imersão das estacas e constante linear para aplicação na planta.

Para comprimento de brotações, nota-se, pela Tabela 4, a interação significativa entre a concentração de ácido bórico e as formas de aplicação. Para o tratamento realizado na planta aos 150 dias após a montagem do experimento, nota-se que não houve variação na característica avaliada em função do aumento da concentração de ácido bórico. Já em relação aos tratamentos realizados no substrato e por imersão das estacas, nota-se decréscimo no comprimento de brotações em função do aumento de ácido bórico, sendo a aplicação por imersão das estacas responsável pelos maiores decréscimos, conforme apresentado na Figura 13.

O bom desempenho da dose zero (água pura), para a característica comprimento de brotações, sugere possivelmente ser desnecessário o uso de ácido bórico visando o aumento da característica avaliada.

Quanto ao peso de matéria seca de parte aérea das estacas, observa-se interação significativa entre as concentrações de ácido bórico e as formas de aplicação (Tabela 4). As doses crescentes de ácido bórico aplicadas no substrato e por imersão das estacas proporcionaram redução de peso de matéria seca de parte aérea, sendo que a última apresentou os menores pesos.

Já na aplicação na planta, o aumento das concentrações de ácido bórico não resultou em variação no peso matéria seca de parte aérea, mantendo-se tendência de resposta constante, conforme pode ser observado pela Figura 14.

O bom desempenho da dose zero (água pura) novamente caracteriza ser desnecessário o uso de ácido bórico, quando se pretende propagar estacas de cafeeiro.

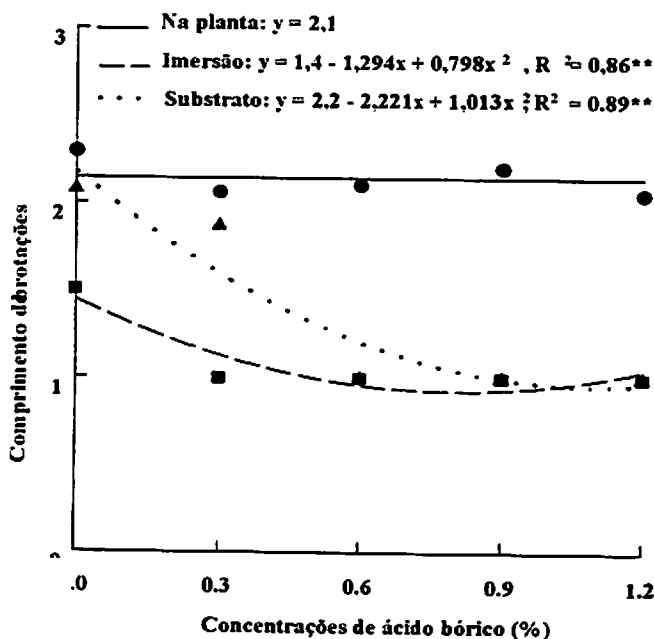


FIGURA 13 - Comprimento de brotações em função de diferentes formas de aplicação e concentrações de ácido bórico. UFLA, Lavras- MG, 2000.

Esses resultados discordam de Eaton (1940) e Lewis (1980), que estabeleceram relação entre boro e hormônios; Dyar e Webb (1961), entre boro e níveis hormonais. Discordam também de Hemberg (1951), que em trabalho com estacas de *Phaseolus vulgaris* L., observou o aumento na produção de raízes submetidas a tratamentos com boro. Porém concordam com trabalho Ono, Rodrigues e Pinho (1992; 1993; 1994), que trabalhando com estacas de cafeeiro (Mundo Novo), obtiveram maior porcentagem de enraizamento naquelas tratadas com NAA a 100 ou 200 ppm mais boro a 150 ppm, não encontrando efeito para boro isoladamente.

No presente trabalho, o aumento da concentração de ácido bórico em aplicação na planta não alterou os resultados obtidos, devido provavelmente, à não influência dos teores de boro nos níveis de hormônios, e consequentemente

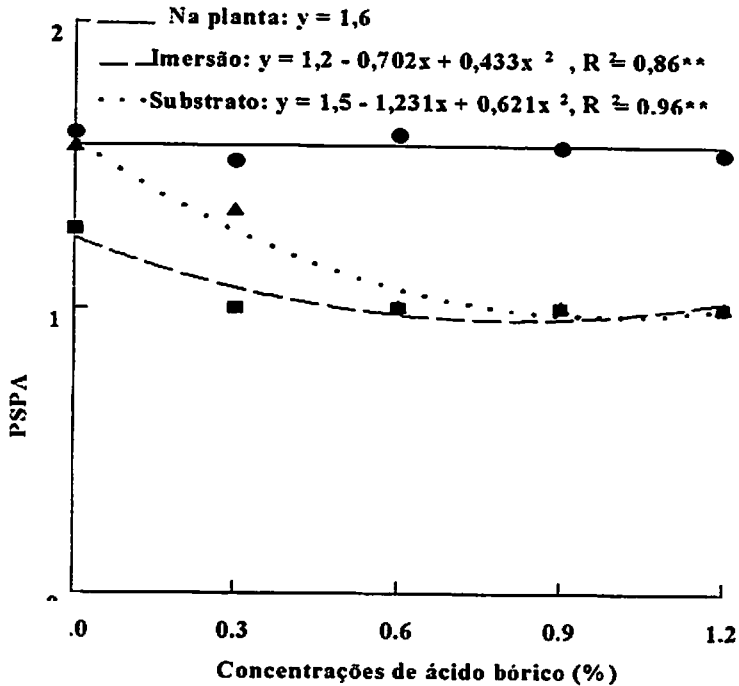


FIGURA 14 - Peso de matéria seca de parte aérea em função de diferentes formas de aplicação e concentrações de ácido bórico. UFLA, Lavras- MG, 2000.

nas características avaliadas. Já para o tratamentos por imersão das estacas e no substrato, obteve-se redução na característica avaliada, pela provável intoxicação das estacas, podendo ser este fato reforçado pela morte de algumas estacas logo após a imersão por 24 horas, ou no substrato nas concentrações maiores.

Observa-se, também, que na concentração zero de ácido bórico foi obtido a melhor resposta para todas as características avaliadas em todas as formas de aplicação, o que se evidencia desnecessária a utilização de ácido bórico em trabalhos para o enraizamento de estacas do cafeeiro.

4.2.2 Porcentagem de estacas enraizadas, número de raízes e peso de matéria seca de raízes

Em relação à característica porcentagem de estacas enraizadas, nota-se, pela Figura 15, que a forma de aplicação na planta apresentou melhores resultados em relação aos demais tratamentos, e o aumento na concentração de ácido bórico não proporcionou variação na porcentagem de estacas enraizadas. Já os tratamentos realizados no substrato e por imersão das estacas apresentaram decréscimo à medida que aumentou a concentração de ácido bórico.

No caso do número de raízes em aplicação realizada na planta, aos 150 dias da montagem do experimento, nota-se, pela Figura 15, que não houve variação no número de raízes em função das concentrações de boro nos tratamentos realizados na planta. Para os tratamentos realizados no substrato e por imersão das estacas, o aumento nas concentrações de ácido bórico resultou no decréscimo do número de raízes, sendo o tratamento por imersão das estacas a forma que apresentou os piores resultados.

Quanto ao peso de matéria seca de raízes, observa-se, pela Figura 16, efeito significativo entre as formas de aplicação. O tratamento realizado na planta superou os tratamentos realizados no substrato e por imersão das estacas em 0.13 e 0.15 g, o que corresponde ao aumento de 13 e 15 %, respectivamente.

Os resultados do presente trabalho concordam com Murray et. al. (1957) e Jarvis, Ali e Shaheed (1983) que verificaram não haver efeito do boro sobre a emissão de raízes, embora seja essencial ao seu desenvolvimento. Porém, discordam de Eaton (1940) e Lewis (1980), que estabeleceram relação entre boro e auxina; e Kersten (1990), que encontrou correlação positiva entre boro e enraizamento de ameixeiras. Discordam também de Hemberg (1951) que, em feijão, demonstrou que o aumento da produção de raízes está relacionado ao fornecimento de ácido bórico, evidenciando diferença entre as espécies quanto

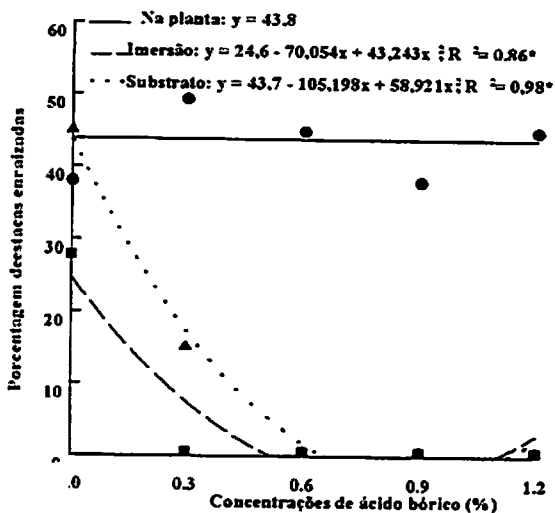


FIGURA 14- Porcentagem de estacas enraizadas, em função de diferentes formas de aplicação e concentrações de ácido bórico. UFLA, Lavras- MG, 2000.

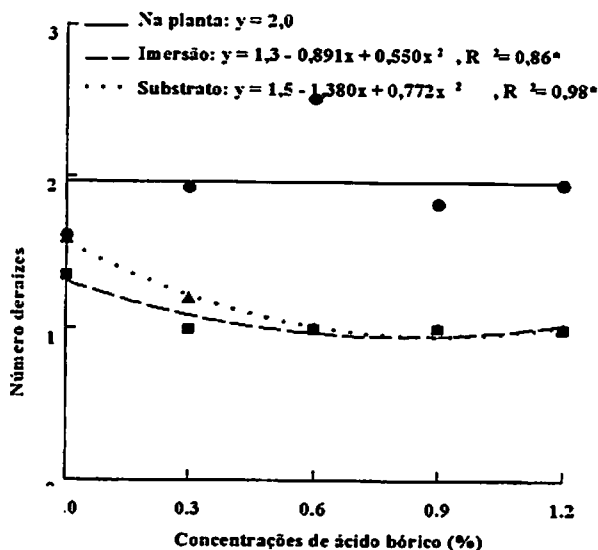


FIGURA 15 -Número de raízes em função de diferentes formas de aplicação e concentrações de ácido bórico. UFLA, Lavras- MG, 2000.

à síntese de hormônios, através do fornecimento de boro.

No presente trabalho, o aumento da concentração de ácido bórico em aplicação na planta não alterou os resultados obtidos, provavelmente devido à não influência do ácido bórico nos níveis de hormônios, e conseqüentemente nas características avaliadas. Já para o tratamentos por imersão das estacas e no substrato, obteve-se redução das características avaliadas, provavelmente pela intoxicação das estacas, podendo ser este fato reforçado pela morte de algumas estacas logo após a imersão das estacas por 24 horas, ou no substrato, nas concentrações maiores.

Observa-se, também, que a dose zero (água pura) proporcionou melhor desempenho para as características avaliadas, o que também sugere ser

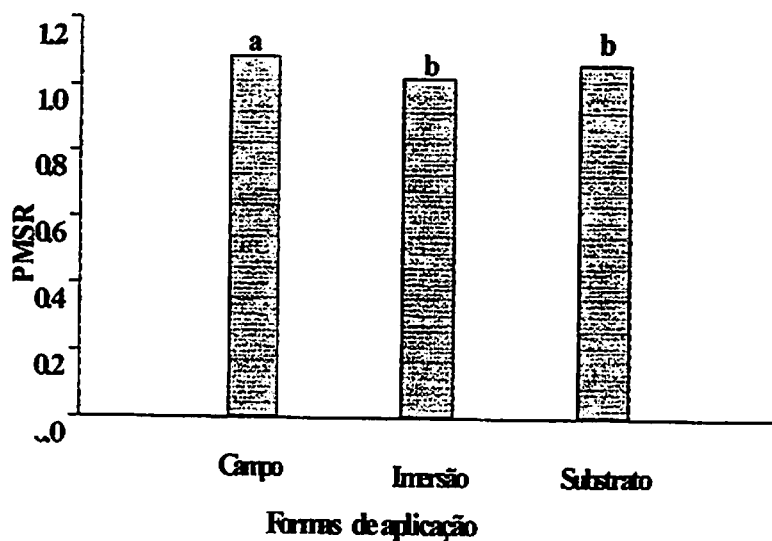


FIGURA 16 - Peso de matéria seca de raízes em função dos diferentes formas de aplicação de ácido bórico em *C. arábica* L. UFLA, Lavras-MG, 2000.

desnecessária a utilização de ácido bórico visando a propagação por estacas em *Coffea arabica* L.

4.2.3 Discussão geral

De posse dos resultados do efeito da aplicação de ácido bórico, pode-se concluir que não houve ganho em quaisquer das formas de aplicação testadas, e que as aplicações no substrato e por imersão das estacas foram prejudiciais para as características avaliadas.

4.3 Experimento III – Efeito de água corrente sobre a propagação por estacas de diferentes cultivares de cafeeiro

O resumo da análise de variância para as características testadas em função dos tratamentos está apresentado na Tabela 5. Observa-se que houve diferença significativa entre as cultivares ao nível de 1% para as características número de brotações, comprimento de brotações e peso de matéria seca de parte aérea. Pode-se também observar, na Tabela 5, que não houve efeito significativo para as demais características avaliadas, assim como para as interações água corrente X cultivar.

4.3.1 Número de brotações, comprimento de brotações e peso de matéria seca de parte aérea

Com relação a número de brotações, observa-se, na Figura 18 e Tabela 6, que as cultivares Mundo Novo (3,47 brotos) e Catuai (3,40 brotos) não apresentaram diferença significativa entre si. Porém diferem da cultivar Icatu, sendo esta cultivar superada em 0,93 e 0,86 brotos por parcela, o que corresponde ao aumento de 36,61 e 33,85 %, respectivamente..

Quanto à característica comprimento de brotações, nota-se, pela Figura 19, que

TABELA 5 - Resumo da análise de variância sobre a porcentagem de estacas vivas, número de brotações, peso de matéria seca de parte aérea, porcentagem de estacas enraizadas, número de raízes, peso de matéria seca de raízes e comprimento de brotações em *C. arabica* L., submetidos a diferentes períodos em água corrente. UFLA, Lavras – MG, 2000.

Causas de variância	GL	Quadrados Médio						
		EV%	NB	PSPA	ER %	NR	PMSR	CB
Água cor.	4	0,010	0,077	0,012	0,029	0,126	0,009	0,003
Cultivar	2	0,011	3,959**	0,292**	0,149	0,135	0,004	0,054**
Interação	8	0,014	0,027	0,016	0,044	0,092	0,006	0,002
Resíduo	28	0,011	0,027	0,007	0,064	0,063	0,004	0,003
CV (%)		3,979	8,930	6,373	10,826	12,71	4,94	4,536

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade

(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 6 – Resultados médios para as características número de brotações, peso de matéria seca de parte aérea, comprimento de brotações em função das diferentes cultivares. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Tratamentos Cultivares	Característica		
	N.B	PSPA	CB
Mundo Novo	3.47 a	1.43 a	1.22 a
Catuai	3.40 a	1.35 a	1.23 a
Icatu	2.54 b	1.16 b	1.12 b

*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5 %

as cultivares Mundo Novo e Catuai superaram a cultivar Icatu em 0.10 e 0.11cm, o que corresponde ao aumento de 8,92 e 9,82 %, respectivamente , conforme pode ser observado na Tabela 6.

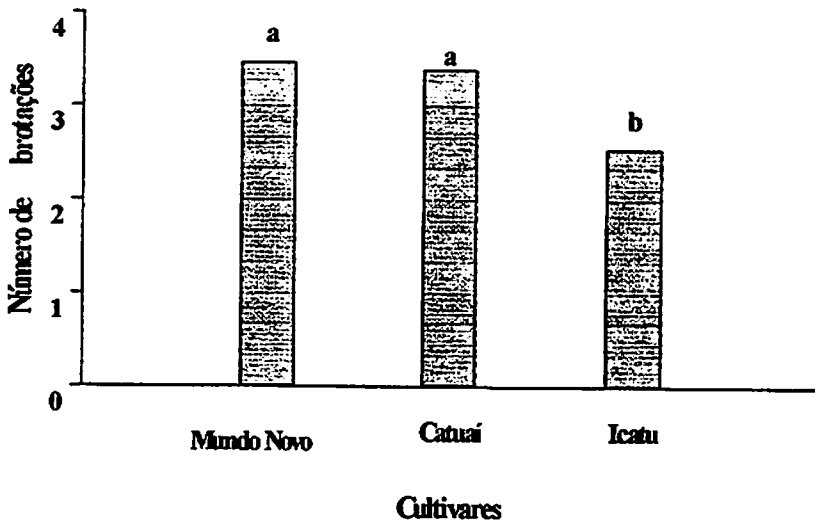


FIGURA 18- Número de brotações em função de diferentes cultivares de *C. arabica*, L.. UFLA, Lavras- MG, 2000.

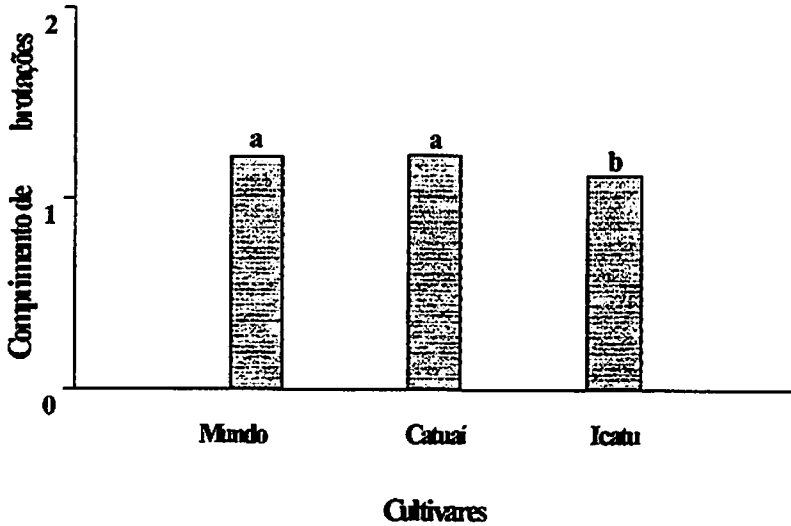


FIGURA 19 - Comprimento de brotações em função de diferentes cultivares de *C. arabica*, L.. UFLA, Lavras- MG, 2000.

Já em relação ao peso de matéria seca de parte aérea, nota-se, pela Figura 20, que existe diferença significativa entre as cultivares. As cultivares Mundo Novo e Catuai não diferem entre si, diferindo, contudo, da cultivar Icatu, conforme apresentado na Tabela 6.

As cultivares Mundo Novo e Catuai superaram a cultivar Icatu em 0.27 e 0.19 g em média por 6 estacas, o que corresponde ao aumento de 23,27 e 16,37 %, respectivamente, conforme pode ser observado na Tabela 6.

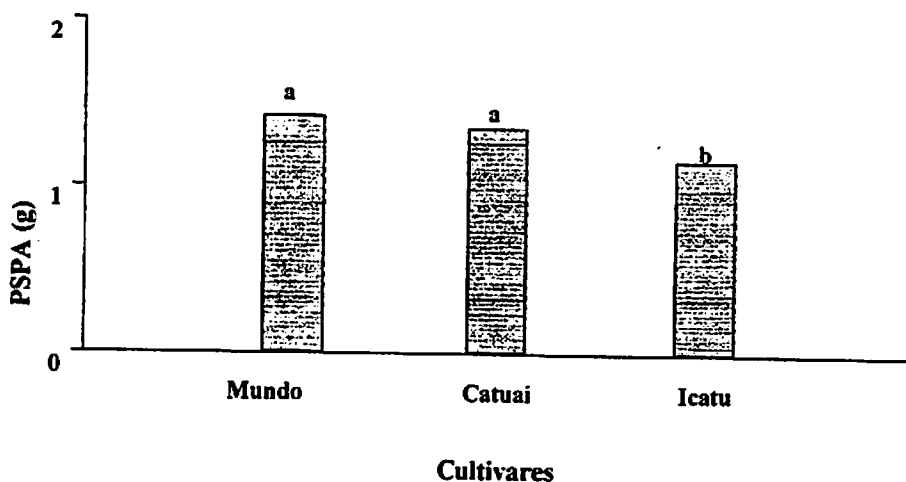


FIGURA 20 - Peso de matéria seca de parte aérea em função de diferentes cultivares de *C. arabica*, L. UFLA, Lavras- MG, 2000.

Esses resultados concordam com Pereira et al. (1998), que não encontraram diferença entre as cultivares Mundo Novo e Catuai para características relacionadas à parte aérea, e estas superaram a Icatu em teste de substrato para enraizamento do cafeeiro. Porém discordam de Bergo (1997), que afirma ser a cultivar Acaiaí (derivada do Mundo Novo) superior à Catuai, superando-a em 31% na característica peso de matéria seca de folhas; discordam

também de Leite e Mendes (1995), que não encontraram efeito significativo da água corrente sobre a característica porcentagem de estacas com brotações.

Em relação ao comportamento diferenciado entre cultivares, Assaf (1966) afirma que a aptidão à emissão de raízes a partir de estacas varia com as espécies vegetais, com os clones e mesmo com a idade e natureza dos ramos.

Quanto à cultivar Icatu, os resultados contrariaram a expectativa inicial, pois esta cultivar é descendente do *C. canephora* Pierre, espécie de fácil enraizamento, portanto esperava-se desempenho superior às cultivares Mundo Novo e Catuai. O pior desempenho desta espécie neste trabalho pode, presumivelmente, estar relacionado ao intervalo entre a recepa e a coleta das estacas, já que a cultivar Icatu teve o intervalo 25% menor que as demais cultivares, podendo não ter produzido fotoassimilados necessários para seu bom desempenho.

De posse dos resultados do efeito de água corrente, pode-se concluir que as cultivares Mundo Novo (379/19) e Catuai (MG-44) apresentam maior capacidade de desenvolvimento de parte aérea, entretanto tornam-se necessários estudos complementares para obtenção de períodos em água corrente para a cultivar Icatu.

4.3.2 Discussão geral

A utilização de água corrente como metodologia para a propagação vegetativa do cafeeiro *Coffea arabica* L por estacas não se mostrou eficiente para a sobrevivência das estacas, bem como para o desenvolvimento do sistema radicular, sendo que a cultivar Icatu obteve pior desempenho na propagação vegetativa em relação às cultivares Mundo Novo e Catuai.

4.4 Experimento IV- Efeito do Polivinilpirrolidone (PVP), na propagação por estacas em *C. arabica*, L.

O resumo da análise de variância para as características avaliadas em função dos tratamentos é apresentada na Tabela 7. Observa-se que houve diferença significativa ao nível de 5%, entre os tratamentos, para as características porcentagem de estacas enraizadas (ER %) e peso de matéria seca de raízes (PMSR). Houve também diferença significativa ao nível de 1%, entre os tratamentos, para a característica comprimento de brotações (CB).

Observa-se também na Tabela 8, que não foram encontrados efeitos significativos para as demais características avaliadas.

TABELA 7 - Resumo da análise de variância para porcentagem de estacas vivas, número de brotações, número de raízes, comprimento de brotações, peso de matéria seca de parte aérea, porcentagem de estacas enraizadas e peso de matéria seca de raízes, em função das concentrações de PVP e período de imersão UFLA, Lavras-MG.2000.

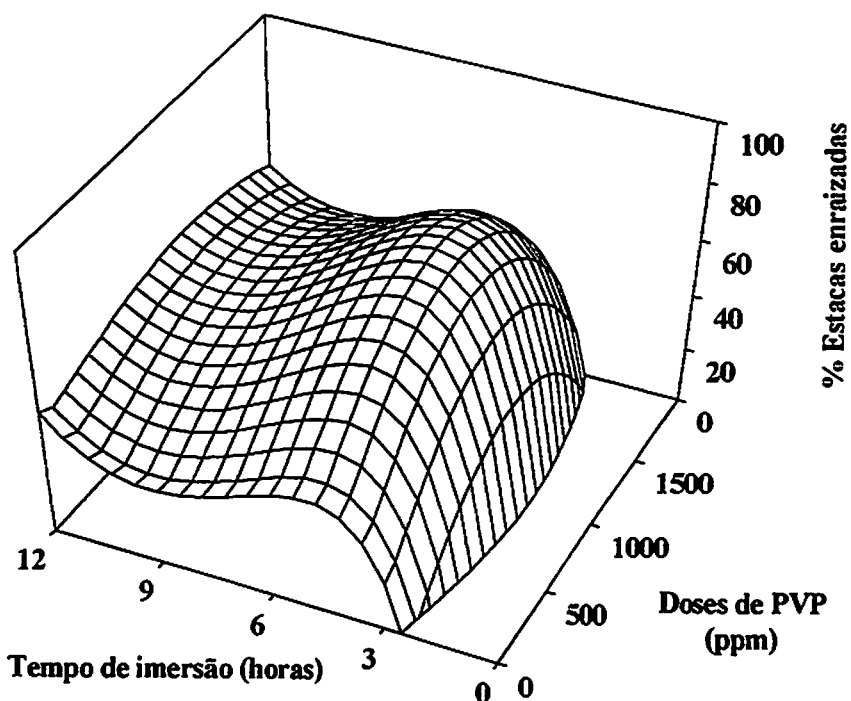
Causas de variância	GL	Quadrados Médios						
		EV%	NB	NR	CB	PSPA	ER%	PMSR
Bloco	2	0,076	0,137	0,654	0,044	0,036	243,53	0,010
Tratamento	12	0,085	0,151	0,200	0,076**	0,011	305,47*	0,004*
Regressão	9				0,076**		309,20*	0,005*
Desvio	3				0,074		294,27	0,004
Resíduo	24	0,057	0,106	0,120	0,032	0,009	104,37	0,001
CV (%)		10,22	10,66	19,01	10,49	6,92	21,63	3,46

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade

(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade

4.4.1- Porcentagem de estacas enraizadas, Peso de matéria seca de raízes

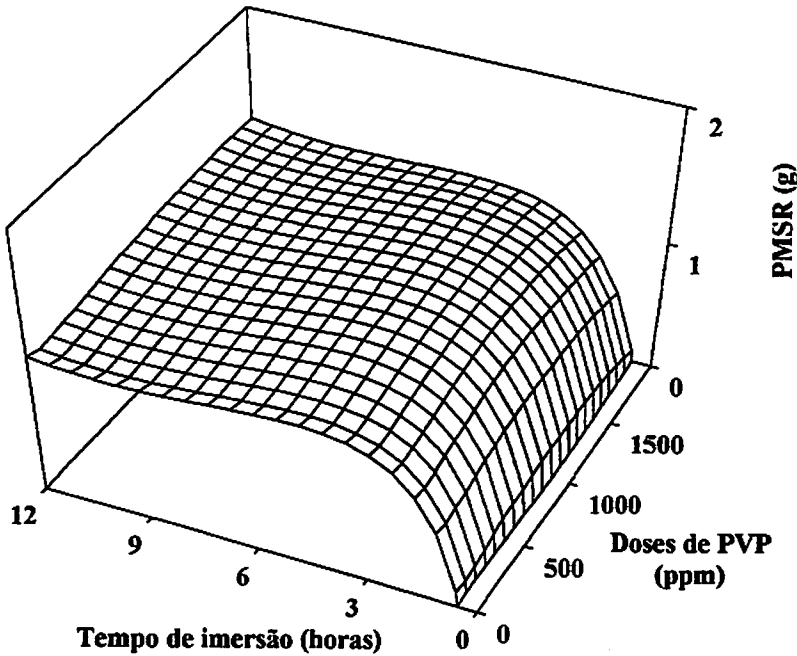
Para a característica porcentagem de estacas enraizadas, o modelo de superfície de resposta ajustado demonstrou que a máxima porcentagem foi obtida com a concentração de 1100 ppm de PVP associada ao tempo de 5 horas, como pode ser observado na Figura 21, obtendo uma porcentagem de 78,11% de estacas enraizadas.



$$\begin{aligned} ER = & -675,62 + 0,124 * PVP - 220,444 * T - 0,00005954 * PVP^2 + 5,215 * T^2 - \\ & 0,00299 * PVP * T - 0,00027069 * PVP * T^2 + 0,00000366 * PVP^2 * T - \\ & 0,75711095 * PVP^{0,5} + 754,86831442 * T^{0,5} \\ R^2 = & 0,99 \end{aligned}$$

FIGURA 21 - Superfície de resposta para a característica porcentagem de estacas enraizadas em resposta à dosagem de PVP e tempo de imersão. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Já para a característica peso de matéria seca de raízes, nota-se, na Figura 22, no modelo de superfície de resposta ajustado, que a máxima resposta foi obtida na concentração de 1300 ppm de PVP por 5 horas, obtendo máxima produção de matéria seca de 1,23 gramas.



$$\begin{aligned}
 \text{PMSR} = & -1,5722 + 0,00059913*\text{PVP} - 0,81253795*\text{T} - 0,00000022*\text{PVP}^2 + \\
 & 0,01861781*\text{T}^2 - 0,00001*\text{PVP}*\text{T} - 0,00000028*\text{PVP}*\text{T}^2 + \\
 & 0,00000001*\text{PVP}^2*\text{T} - 0,00792786*\text{PVP}^{0,5} + 2,80353932*\text{T}^{0,5} \\
 \text{R}^2 = & 0,99
 \end{aligned}$$

FIGURA 22 -Superfície de resposta para a característica peso de matéria seca de raízes, em função da concentração de PVP e período de imersão. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Esses resultados concordam com Rezende (1996) no que diz respeito ao período de imersão e efeito do PVP, porém discordam quanto à dosagem. O referido autor obteve melhor resposta com 330 ppm, enquanto no presente trabalho a melhor dosagem foi de 1100 ppm. Rezende (1996) constatou que a

melhor concentração de PVP visando aumento do peso de matéria seca de sistema radicular foi de 400 ppm, enquanto no presente trabalho foi de 1100 ppm por 5 horas. Outro fator que pode ter influenciado os resultados é o fato de que Rezende (1996) transportou as estacas do cafeeiro em solução (1500 mg de PVP/150 litros de água), enquanto no presente trabalho o transporte foi realizado em água pura, podendo possivelmente a concentração utilizada ter influenciado o enraizamento e o peso de matéria seca de parte aérea.

As observações desse trabalho concordam também com George e Sherington (1984) e Carvalho, Pinto e Pasqual (1990), que estabeleceram relação entre PVP e controle da oxidação fenólica, e com Walkey (1972), que afirma ser essencial para um bom desenvolvimento do explante da macieira à incorporação de PVP ao meio.

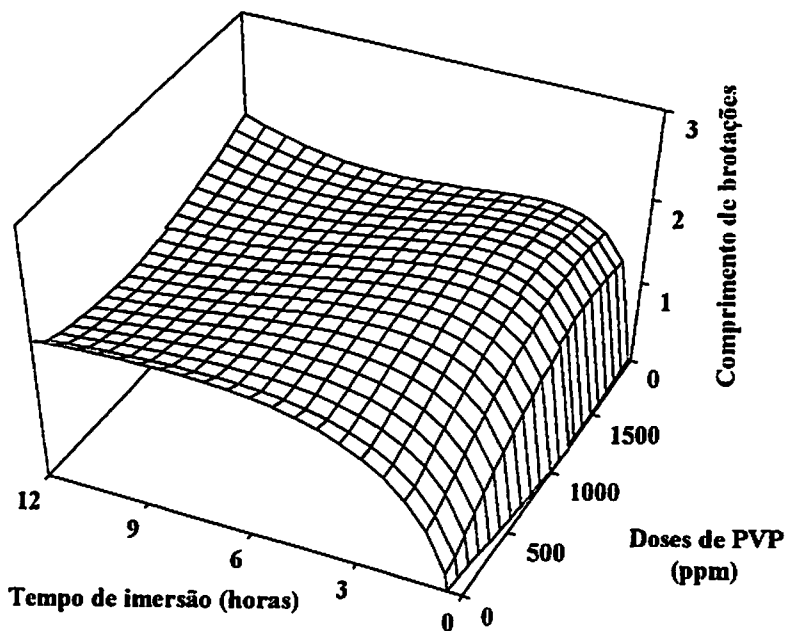
Porém, esses resultados discordam dos relatos de Bergo (1997), nos quais afirma ser o antioxidante PVP ineficiente na promoção do enraizamento de estacas do cafeeiro. Esse autor trabalhou com a concentração de 1500 ppm por no máximo 3 horas de imersão em soluções de PVP, podendo ter utilizado período menor e concentração alta para a eficiente absorção e ação do antioxidante. Discordam também de Hoffman (1994), que não observou haver influência do uso de PVP no percentual de enraizamento de mirtilo, e de Arcilla-Pulgarin e Valencia-Aristizabal (1976), os quais afirmam não haver necessidade de tratamento químico para viabilizar a propagação do cafeeiro.

Os resultados deste trabalho vêm, de certa forma, apontar a responsividade do enraizamento do cafeeiro aos tratamentos com PVP, controlando a oxidação dos compostos fenólicos, diminuindo a atividade AIA-oxidase, e consequentemente aumentando a concentração do AIA endógeno. Segundo Coll et al. (1992), os orto-di-hidroxifenóis e tri-hidroxifenóis, que são ácidos fenólicos, e os di-hidroxifenóis, que são flavonóides, são compostos fenólicos que diminuem a atividade do AIA-oxidase, aumentando a

concentração de AIA., promovendo uma maior porcentagem de estacas enraizadas.

4.4.2 Comprimento de brotações

Observando-se a Figura 23, nota-se, no modelo de superfície de resposta, que o comprimento de brotações máximo foi obtido na concentração de 1700 ppm e no tempo de imersão de 3 horas, obtendo o comprimento máximo de 1,79 cm de comprimento de brotações.



$$CB = -1,368 + 0,00204972 * PVP - 0,50157311 * T - 0,00000059 * PVP^2 + 0,0048269 * T^2 - 0,00032 * PVP * T + 0,00001139 * PVP * T^2 + 0,00000007 * PVP^2 * T - 0,01210042 * PVP^{0,5} + 2,42273241 * T^{0,5}$$

$R^2 = 0,99$

FIGURA 23 -Superfície de resposta para a característica comprimento de brotações, em função de concentração de PVP e do período de imersão. UFLA, Lavras, 2000.

Esses resultados concordam com Hoffmann (1994), que em estacas de mirtilo observou a influência de antioxidante (PVP) sobre a propagação vegetativa. Porém discordam de Bergo (1997) e Rezende (1996), os quais trabalhando com propagação vegetativa do cafeeiro por estacas não encontraram correlação entre PVP e comprimentos de brotações.

4.4.3 Discussões gerais

De posse dos resultados da utilização do antioxidante PVP, conclui-se que:

Para a característica porcentagem de estacas enraizadas, a dose que proporciona o melhor resultado é de 1100 ppm de PVP por 5 horas; o máximo peso de matéria seca de raízes foi proporcionado com o uso de 1300ppm de PVP por 5 horas e o máximo comprimento de brotações resultou da dose 1700 ppm de PVP por 3 horas.

5 CONCLUSÕES

Nas condições do presente trabalho, conclui-se que:

A utilização de soluções de sulfato de zinco e ácido bórico não contribuem para o sucesso da propagação vegetativa do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

O uso de água corrente não contribui para a propagação vegetativa e a cultivar Icatu apresenta maiores dificuldades quanto à propagação vegetativa.

Recomenda-se a utilização de PVP na propagação vegetativa do cafeeiro com a concentração de 1100 ppm por 5 horas, quando o objetivo for enraizamento de estacas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O enraizamento de estacas de cafeeiro é influenciado por vários fatores, necessitando de estudos complementares para obtenção de metodologia eficiente. Diante da experiência vivida nesse trabalho e dos relatos já existentes sobre enraizamento, cabe ressaltar que o estado nutricional da planta-mãe, as condições de temperatura, umidade e luminosidade são de fundamental importância para o sucesso do enraizamento.

Para a instalação de novos experimentos visando a propagação vegetativa por estacas do cafeeiro, sugere-se testar os seguintes fatores:

- Aplicação de PVP e diferentes substratos sobre a propagação por estacas.
- Coleta das estacas em diferentes estações do ano.
- Auxinas e boro sobre o enraizamento
- Reguladores e promotores de crescimento sobre o número de ramos em cafeeiros recepados.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANANTH, B.R.; TYENGAR, R.R.U.; CHOKKANNA, N.G. Widespread zinc deficiency in coffee in India. *Turrialba, Costa Rica*, v.15, n.21, p. 71-87, abr./jun. 1965.
- ANDERSEN, A.S. Environment influences on adventitious rooting in cutting of non woody species. In: JACKSON, M.B. (ed.). *New rooting formation in plants and cuttings*. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1986. p. 223-253.
- ANDRÉ, M. Observations sur le orthotropisme est le plafotropisme des rameaux ches *Coffea arabica* L. *Cafe, Cacao, The, Paris*, v.27, n.2, 1983.
- ARCILLA-PULGARIN, J.; VALENCIA-ARITIZABAL, G. Enraizamento de estacas de café (*Coffea arabica* L.). *Cenicafé, Caldas*, v.27, n.3, p. 135-139, 1976.
- ASSAF, R. Aptitude a l'enraciment des noeuds et merithalles sucessits des rameaux de quelques especes frutieres. *Journal d'Agriculture Tropicale et d'Botanique Apliqueé, Paris*, v.6, n.7, p. 289-329, 1966.
- BERGO, C.L. Propagação vegetativa do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) através de enraizamento de estacas. Lavras: UFLA, 1997. 62p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- BOX, G.E.P.; DRAPER, N.R. *Empirical model-building and response surfaces*. New York: John & Sons, 1987. 669p.
- BROWSE, P.M. A propagação das plantas. 2.ed. [S.l]: Europa-América, 1979. 229p. (Coleção Euroagro, 8).
- CARVALHO, D. de; PINTO, J.E.B.P.; PASQUAL, M. Uso de fungicida e antioxidantes em cultura "in vitro" de segmentos nodais de *Eucaliptus grandis* HILL ex MAIDEN. *Ciência e Prática, Lavras*, v.8, n.1, p. 97-106. jan./abr. 1990.
- CARVALHO, M.M. de. Formação de mudas. *Informe Agropecuário, Belo Horizonte*, n.44, p. 14-18, 1978.
- COLL, J.B.; RODRIGO, G.N.; GARCÍA, B.S.; TAMÉS, R.S. *Fisiologia Vegetal*. 6.ed. Madrid: Pirámide, 1992. p.416-431.

- COMISSÃO DA FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4ª aproximação.** Lavras, 1989. 176p.
- DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Applied regression analysis.** 2.ed. New York: John & Sons, 1981. 709p.
- DUBLIN, P. Techniques de reproduction végétative "in vitro" et amélioration génétique chez les caféiers cultivés. **Cafe, Cacao, The, Paris**, v.28, n.4, p. 231-244, oct./dec.1984.
- DUTTA, T.R.; MC ILRATH, W.J. Effects of boron on growth and lignification in sunflower tissue. **Botanical Gazette, Chicago**, v.125, p.89, 1964.
- DYAR, J.J.; WEBB, K.C. A relationship between boron and auxin in c14 – translocation in bean plants. **Plant Physiology, Bethesda**, v.36, p. 672, 1961.
- EATON, F. M. Interrelations in the effects of boron and indolacetic acid on plant growth. **Botanical Gazette, Chicago**, v.101, p. 700-705, 1940.
- EVANS, H. R. Recent work on the propagation of coffee from cutting in Kenia. **Tropical Agriculture, Trinidad**, v.35, p. 67-76, 1958.
- FÁVARO, J.R.A. **Crescimento e produção de *Coffea arabica* L. em resposta à nutrição foliar de zinco, na presença de cloreto de potássio.** Viçosa: UFV, 1992. 91p. (Dissertação- Mestrado em Fisiologia Vegetal).
- FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal 1.** 2.ed. São Paulo: E.P.U, 1979. 361p.
- GAUCH, H.G.; DUGGER, W.M. The role of in translocation of sucrose. **Plant Physiology, Bethesda**, v.28, p.457-466, 1953.
- GEORGE, E.F. **Plant propagation by tissue culture: in practice.** 2.ed. Great Britain: Butter & Tanner, 1996. 1261p.
- GEORGE, E.F.; SHERRINGTON, P.D. **Plant propagation by tissue culture.** England: Eastern Press, 1984. 709p.
- GRATTAGLIA, D.; MACHADO, M.A. Micropropagação. In: TORRES, A.C.; CALDAS, L.S. **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas:**

- parte II: técnicas básicas. Brasília: ABCTP/EMBRAPA/CNPH, 1990. p. 99-170.
- GUIMARÃES, R.J. Análise de crescimento e da quantificação de nutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) durante seus estádios de desenvolvimento em substrato padrão.** Lavras: ESAL, 1994. 113p. - (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).
- GUIMARÃES, R.J. Formação de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.): efeitos de reguladores de crescimento e remoção do pergaminho na germinação de sementes e do uso de N e K em cobertura, no desenvolvimento de mudas.** Lavras: UFLA, 1995. 134p. (Tese – Doutorado em Fitotecnia).
- HANSEN, J. Stock plant lighting and adventitious root formation.** *American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.22, n.5, p. 746-749, 1981.
- HEMBERG, T. Rooting experiment with hypocotyls of *Phaseolus vulgaris* L.** *Plant Physiology*, Copenhagen, v.4, p. 358-369, 1951.
- HEWITT, E.J. The essential nutrient elements; requirements and interactions in plants.** In: STEWARD, F.C. *Plant Physiology: a treatise*. New York: Academic Press, 1963. v.3, p. 137-360.
- HOFFMAN, A. Propagação do mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) através de estacas.** Pelotas: UFPEL, 1994. 85p. (Dissertação–Mestrado em Fitotecnia).
- JACOB, A.; UEXKULL, H.V. Fertilizer use, nutrition and manuring of tropical crops.** Hannover: Verlagsgesellschaft für Ackarbau, 1960. 230p.
- JARVIS, B.C.; ALI, A.H.N.; SHAHEED, A.I. Auxin e boron in relation to the response and ageing of mung bean cuttings.** *New Phytologist*, Cambridge, v.95, p. 509-518, 1983.
- KERSTEN, E. Efeito do boro, zinco e ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de duas cultivares de ameixeira (*Prunus salicina*, Lindl.).** Piracicaba: ESALQ, 1990. 102p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

- KOSSUTH, S.V.; BIGG, R.H.; WEBB, P.G.; PORTIER, K.M. Rapid propagation techniques for fruit crops. *Proceedings of the Flórida State Horticultural Society*, Tallahassee, v.94, p. 323-328, 1981.
- LEITE, C.; MENDES, A.N.G. Propagação vegetativa do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) "in vivo" através do enraizamento de estacas. IN: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA ESAL/UFLA, 8., SEMINÁRIO DE AVLIAÇÃO DO PIBIC/CNPq, 3., 1995, Lavras. *Resumos...* Lavras: UFLA, 1995. p.204.
- LEWIS, D.H. Boron lignification and the origin of vascular plants-anified hypothesis. *New Phytologist*, Cambridge, v.84, n.2, p. 209-229, Apr. 1980.
- LIRA L.M. Efeito de substratos e do superfosfato simples no limoeiro (*Citrus limonia* Osbeck cv. Cravo) até a repicagem. Lavras: ESAL, 1990. 86p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; JOHNSON, G.M. Estudos sobre a alimentação mineral de cafeeiro. VI-Efeitos das deficiências de micronutrientes em *Coffea arabica* L. var. Mundo Novo, cultivado em solução nutritiva. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, v.18, p. 147-167, 1961.
- MALAVOLTA, E. Os micronutrientes. In: MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo*. São Paulo: Ceres, 1976. p. 413-448.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- MARCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plant*. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.
- MENDES, A.N.G.; GUIMARÃES, R.J. *Genética e melhoramento do cafeeiro*. Lavras: UFLA/FAEPE, 1996. 99p.
- MIDDLETON, W. ; JARVIS, B.C.; BOOTH, A. The boron requirement for rootdevelop in stem cuttings of *Phaseolus aureos roxb*. *New Phytologist*, Cambridge, v.81, n.2, p. 287, Jan. 1978.

- MURRAY, H.R.; TAPER, C.D.; PICKUP, T.; NUSSEY, A.W. Boron nutrition of softwood cuttings of geranium and currant relation to root development. *Proceeding of the American Society for Horticultural Science*, College Park, v.69, p. 498-501, 1957.
- ODHNOFF, C. Boron deficient and growth. *Physiology Plantarum*, Copenhagen, v.10, p.984-1000, 1957.
- ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; PINHO, S.Z. Ação de auxina e/ou boro, no processo de formação de raízes em estacas de café (*Coffea arabica* L., "Mundo Novo"). *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, Curitiba, v.37, n.1, p. 157-166, 1994.
- ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; PINHO, S.Z. Influência de auxina e ácido bórico no processo de enraizamento estacas caulinares (*Coffea arabica* L., "Mundo Novo"). *Vegetalia*, São José do Rio Preto, n.27, p. 11-16, 1993.
- ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; PINHO, S.Z. Interações entre auxina e ácido bórico, no enraizamento estacas caulinares de café (*Coffea arabica* L., "Mundo Novo"). *Science Agriculture*. Piracicaba, v.49, n.1, p. 29-35, 1992.
- ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; RODRIGUES, S.D. Interações entre auxina e boro no enraizamento de estacas de camélia. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, São Carlos, v.4, n.2, p. 107-112, 1992.
- PÁDUA, T. Propagação de árvores frutíferas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.9, n.101, p.11-19, maio 1983.
- PARISH, R.W. In vitro studies on the relationship between boron and peroxidase. *Enzymologia*, Dordrecht, v.35, p. 239-252, 1968.
- PEREIRA, A.B.; RESENDE, E.; RIBEIRO, L.S.; PASQUAL, M.; MENDES, A.N.G. 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. *Resumos...* Rio de Janeiro: MARA/PROCAFÉ, 1998. p.200-202.
- PEREIRA, J.E.; MATIELO, J.B.; MIGUEL, A E. Fontes e modos de aplicação de zinco e boro na adubação do cafeeiro em latossolo vermelho amarelo distrófico húmico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS

- CAFEEIRAS, 3., 1975, Curitiba. Resumos... Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1975. p. 203-205.
- PURUSHOTHAM, K.; SULLADMATH, U.V.; RAMAIAH, P. K. Seasonal changes biochemical constituents and relations to rooting of coffee (*Coffea canephora* Pierre) sucher cuttings. **Journal Coffes Research**, Karnataka State, v.14, p. 117-130, 1984.
- REZENDE, R.A. Efeito de fitoreguladores, antioxidante e defensivos na propagação vegetativa "In vivo" e "In vitro" de *Coffea arabica* L. Lavras: UFLA, 1996. 51p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- RIBEIRO, L.S.; PASQUAL, M.; MENDES, A.N.G.; PEREIRA, A.B.; MACIEL, A.L.R.; ALVES, J.M.C. Influência da posição da estaca no ramo ortotrópico, para o enraizamento de estacas caulinares de *Coffea arabica* L. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25., 1999, Franca. Resumos... Rio de Janeiro: MARA/PROCAFÉ, 1999. p. 150-151.
- SALAMI, A.U.; KENEFICK, D.G. Stimulation of growth in zinc-deficient corn seedlings by the addition of triptofan. **Crop Science**, Madison, v.10, p. 291-294, 1970.
- SINGH, M. Effect of zinc, phosphorus and nitrogen on tryptophan concentration in rice grains grown on limed and unlimed soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.62, n.2, p. 305-308, 1981.
- SKOK, J. Role of boron in the plant cell. In: LAMB, C.A.; BENTLEY, O.G.; BEATTIE, J.M. Trace elements. New York: Academic Press, 1958. p. 227-243.
- SKOOG, F. Relationships between zinc and auxin in the growth in higher plants. **American Journal of Botany**, Lancaster, v.27, p. 939-961, 1940.
- SONDAHL, M.R.; SONDAHL, C.N.; GONÇALVES, W. Custo comparativo de diferentes técnicas de clonagem. IN: INTERNATIONAL SEMINAR ON BIOTECHNOLOGY IN THE COFFEE AGROINDUSTRY, 3., 1999, Londrina. **Proceedings...** Londrina: IAPAR/IRD, 2000. p. 59-65.
- SPURR, S.H.; BARNES, B.Y. **Forest ecology**. New York: The Ronald Press, 1973. 571p.

- SVENSON, S.E.; DAVIS JUNIOR, F.T. Change in tissue mineral elemental concentration during root initiation and development of poinsettia cuttings. *HortScience*, Alexandria, v.30, n.3, p. 617-619, 1974.
- TANADA, T. Boron-key element in the actions of photochrome and gravity? *Planta*, New York, v.143, p. 109, 1995.
- TOLEDO, A.R.M. de. Efeito de substrato na formação de mudas de laranjeira (*Citrus sinensis*, L.) Osbeck cv. Pera-rio em vaso. Lavras: UFLA, 1992. 88p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- TOMASZEWSK, M.; THIMAN, K.V. Interaction of phenolic acids, metallic ions and chelating agents on auxin-induced growth. *Plant Physiology*, Bethesda, v.41, p. 1433-1454, 1966.
- WALKEY, D.G. Production of apple plantlets from axillary-bud meristems. *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, v.52, p. 1085-1087, 1972.

