

**POLIANA COQUEIRO DIAS**

**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ANGICO-VERMELHO  
(*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) POR ESTAQUIA E  
MINIESTAQUIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2011

**POLIANA COQUEIRO DIAS**

**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ANGICO-VERMELHO**  
**(*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) POR ESTAQUIA E**  
**MINIESTAQUIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 13 de julho de 2011

---

Prof. Haroldo Nogueira de Paiva  
(Coorientador)

---

Prof. Ismael Eleotério Pires  
(Coorientador)

---

Prof<sup>a</sup>. Maria Catarina Megumi Kasuya

---

Prof. Aloisio Xavier  
(Orientador)

*À minha família, especialmente aos meus pais:  
José da Silva Dias ( meu herói) e  
Evânia Pinheiro Coqueiro Dias (mulher de aço e de flor).*

*Às minhas irmãs/filhas  
Renata Coqueiro Dias e Jouse Eliane Coqueiro Dias.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, Pai misericordioso e Senhor de todas as coisas.

À minha família, pelo apoio, pelo amor, pela compreensão e por ser meu porto e minha âncora.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, pela oportunidade de realização deste treinamento.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Professor Aloisio Xavier, pela orientação e por todos os ensinamentos transmitidos.

Ao Professor Haroldo Nogueira de Paiva, pelo apoio constante e palavras de sabedoria expressas em meio ao seu silêncio.

À Professora Maria Catarina Megumi Kasuya pelo apoio constante, dedicação e abraço acolhedor.

Ao Professor Ismael Eleotério Pires, pela colaboração na realização do trabalho.

Aos funcionários e amigos do Viveiro de Pesquisas Florestais do Departamento de Engenharia Florestal da UFV, Alex, Lucas, Eduardo e em especial Sebastião (meu pai em Viçosa) pelo auxílio nos experimentos e na coleta de dados.

Aos integrantes do grupo de Pesquisa e Desenvolvimento em Silvicultura Clonal: William, Anne, Leandro, Cibele, Tiago, Julyana, Gleidson, Giovani e Vicente, pela ajuda e troca de experiências.

Aos meus amigos: Djair, William, Leandro, Luiz Marcos, Danilo, Aninha, Robertinha e Anne pelo companheirismo, conselhos, momentos descontraídos e felizes.

Às minhas intercessoras Fátima e Isabel, presentes em todos os momentos com carinho de mãe, enxugando minhas lágrimas e acalmando meu coração.

À Leandro pelo carinho, afeto, paciência, amor e dedicação em todos os momentos, durante todo o tempo da nossa caminhada juntos.

Às minhas amigas de república: Aninha, Andreia, Carol, Robertinha e Vanis pelo convívio agradável, pelas lágrimas enxugadas e por todos os momentos felizes.

A todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

POLIANA COQUEIRO DIAS, filha de José da Silva Dias e Evânia Pinheiro Coqueiro Dias, nasceu em 09 de agosto de 1986, na Fazenda Gameleira, Aracatu, BA.

Em 1991, mesmo sem cadeira e lousa, foi alfabetizada por sua mãe na Escola Municipal Cantinho Feliz, na Fazenda Umburanas, Aracatu, BA.

Em 2004, concluiu o 2<sup>o</sup> grau na Escola Estadual Luiz Eduardo Magalhães, em Vitória da Conquista, BA.

Em 2009, diplomou-se Engenheira Florestal pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em Vitória da Conquista, BA.

Em Julho de 2009, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de mestrado, em Ciência Florestal, na área de Concentração em Silvicultura, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, defendendo a dissertação em julho de 2011.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	xi
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1. Propagação vegetativa .....	4
2.2. Propagação vegetativa em espécies lenhosas nativas .....	5
2.2.1. Estaquia .....	5
2.2.2. Miniestaquia .....	8
2.3. Características gerais e formas de propagação do angico-vermelho .....	12
2.4. Resgate de árvores selecionadas .....	14
2.5. Rizóbio e fungo micorrízico arbuscular na produção de mudas .....	16
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	20
<b>PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE PROGÊNIES DE MEIO-IRMÃOS DE ANGICO-VERMELHO (<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth) Brenan) POR MINIESTAQUIA .....</b>	<b>27</b>
RESUMO .....	27
1. INTRODUÇÃO .....	28
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	29
2.1. Material experimental .....	29
2.2. Estabelecimento e manejo do minijardim clonal .....	30
2.3. Obtenção e enraizamento de miniestacas .....	30
2.4. Condução e avaliações experimentais .....	31
2.4.1. Sobrevivência e produção das minicepas .....	31
2.4.2. Influência do AIB e do tipo de miniestaca .....	31
2.4.3. Velocidade de enraizamento das miniestacas .....	32
3. RESULTADOS .....	33
3.1. Sobrevivência e produção das minicepas .....	33
3.2. Influência do AIB e do tipo de miniestaca .....	34
3.3. Velocidade de enraizamento das miniestacas .....	40
4. DISCUSSÃO .....	42
4.1. Sobrevivência e produção das minicepas .....	42
4.2. Influência do AIB e do tipo de miniestaca .....	43
4.3. Velocidade de enraizamento das miniestacas .....	45
5. CONCLUSÕES .....	46
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	477
<b>TIPO DE MINIESTACA E SUBSTRATO NA PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ANGICO-VERMELHO (<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan) .....</b>	<b>50</b>
RESUMO .....	50
1. INTRODUÇÃO .....	51
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	52
2.1. Material experimental .....	52
2.2. Instalação e manejo do minijardim clonal .....	53
2.3. Obtenção e enraizamento das miniestacas .....	53
2.4. Condução e avaliações experimentais .....	54

2.4.1. Experimento 1: Efeito do substrato e tipo de miniestacas.....	54
2.4.2. Experimento 2: Tipos de miniestacas.....	55
3. RESULTADOS.....	55
3.1. Experimento 1: Efeito do substrato e tipo de miniestacas.....	55
3.2. Experimento 2: Tipos de miniestacas.....	59
4. DISCUSSÃO.....	61
4.1. Experimento 1: Efeito do substrato e tipo de miniestacas.....	61
4.2. Experimento 2: Tipos de miniestacas.....	63
5. CONCLUSÕES.....	65
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65

**RIZÓBIO E FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR NO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS E CRESCIMENTO DAS MUDAS DE ANGICO-VERMELHO.....**

RESUMO.....	68
1. INTRODUÇÃO.....	69
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	71
2.1. Material experimental.....	71
2.2. Estabelecimento e manejo do minijardim clonal.....	71
2.3. Obtenção e enraizamento de miniestacas.....	72
2.4. Condução e avaliações experimentais.....	72
3. RESULTADOS.....	73
4. DISCUSSÃO.....	79
5. CONCLUSÕES.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b> 84
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84

**RESGATE VEGETATIVO DE ÁRVORES DE ANGICO-VERMELHO (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan).....**

RESUMO:.....	88
1. INTRODUÇÃO.....	81
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	83
2.1. Material experimental.....	83
2.2. Resgate vegetativo das árvores de <i>Anadenanthera macrocarpa</i> .....	83
2.3. Propagação vegetativa pela estaquia.....	84
2.3.1. Delineamento e avaliações experimentais.....	84
3. RESULTADOS.....	85
4. DISCUSSÃO.....	87
5. CONCLUSÕES.....	90
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	911

CONCLUSÕES GERAIS.....	93
------------------------	----



## RESUMO

DIAS, Poliana Coqueiro, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2011. **Propagação vegetativa de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) por estaquia e miniestaquia.** Orientador: Aloisio Xavier. Coorientadores: Haroldo Nogueira de Paiva e Ismael Eleotério Pires.

Objetivou-se com o presente estudo o desenvolvimento da propagação vegetativa de seis progênies de meio-irmãos de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan via miniestaquia e o resgate vegetativo de material adulto em campo, analisando-se: 1) a produção de brotações e sobrevivência das minicepas, além do enraizamento das miniestacas apicais e intermediárias tratadas com doses de AIB (0; 2000; 4000 e 6000 mg L<sup>-1</sup>) e da velocidade de enraizamento em cada progênie; 2) a influência do tipo de miniestaca (apical com 10 cm de comprimento, contendo de um a dois pares de folhas, reduzidas a 25% de seu tamanho original; intermediária com 5 cm de comprimento, contendo de um a dois pares de folhas, reduzidas a 25% de seu tamanho original; apical com 5 cm de comprimento, contendo de um a dois pares de folhas, reduzidas a 25% de seu tamanho original e apical com 10 cm de comprimento e com a folha inteira) e do substrato (composto orgânico e vermiculita) no enraizamento e crescimento das mudas; 3) a influência dos fungos micorrízicos arbusculares e dos rizóbios no enraizamento de miniestacas e no crescimento das mudas; 4) o resgate vegetativo de árvores pelo enraizamento de estacas provenientes da indução de brotações decorrentes da decepta e anelamento basal. O minijardim foi constituído de minicepas obtidas pela propagação via seminal de seis progênies de *A. macrocarpa*, enquanto para o resgate por brotação de cepas e anelamento do caule foram utilizadas

brotações de 16 árvores com 3 a 5 anos de idade. O enraizamento das estacas e miniestacas foi realizado utilizando um período de permanência do material vegetal na casa de vegetação de 60 e 30 dias, respectivamente, com a aclimação em casa de sombra por 10 dias, seguida da transferência para a área de pleno sol, onde procedeu-se a avaliação final para as estacas e miniestacas aos 100 e 70 dias, respectivamente. As avaliações foram realizadas na saída da casa de vegetação e da casa de sombra quanto à sobrevivência e exposição de raízes na extremidade inferior do tubete. Na fase de crescimento a pleno sol foi avaliado o percentual de sobrevivência, enraizamento, altura, diâmetro de colo, número de raízes e massa seca da parte aérea e da raiz das miniestacas enraizadas. Os resultados demonstraram comportamento diferenciado das progênies quanto às variáveis analisadas nos experimentos. O sistema semi-hidropônico utilizado permitiu a obtenção de altos índices de produtividade e sobrevivência das minicepas. A aplicação do AIB nas miniestacas não teve efeito sobre as características avaliadas. As avaliações indicaram velocidades diferenciadas entre as progênies quanto ao processo de enraizamento. Em relação ao enraizamento constatou-se, de modo geral, superioridade das estacas apicais em relação às intermediárias, sendo indicada a miniestaca apical com 10 cm de comprimento e folha inteira para a propagação da espécie. No geral, o substrato à base de vermiculita proporcionou melhores médias para as características observadas. O uso de fungo micorrízico arbuscular e de rizóbio não influenciam diretamente na formação de raízes adventícias até 30 dias em casa de vegetação e 40 dias em casa de sombra. Entretanto, as avaliações das características de crescimento, realizadas após 140 dias do estaqueamento, principalmente com relação à sobrevivência, permitem concluir que a associação simbiótica com rizóbio e/ou FMA é viável para a produção de mudas via miniestaquia de *A. macrocarpa*. Quanto ao resgate observou-se eficiência na indução de brotações basais pelas técnicas de decepta e anelamento do caule, sendo possível a produção de mudas via estaquia, principalmente quando utilizadas estacas com diâmetro inferior a 4 mm.

## ABSTRACT

DIAS, Poliana Coqueiro, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2011. **Vegetative propagation of angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) through cuttings and mini-cuttings techniques.** Adviser: Aloisio Xavier. Co-advisers: Haroldo Nogueira de Paiva and Ismael Eleotério Pires.

The aim of this paper was the propagation vegetative development of six progenies of half-sib *Anadenanthera macrocarpa* (Benth). Brenan via mini-cutting and the vegetative rescue of adult material in field, analyzing: 1) the stump sprouts production and the mini-stump survive, furthermore the rooting of the apical and intermediaries mini-cutting treats with AIB (0; 2000; 4000 e 6000 mg L<sup>-1</sup>) doses and the rooting velocity in each progeny; 2) the type influence of mini-cutting (apical with 10 cm length, containing one to two pairs of leafs, reduced to 25% from it original size; intermediary with 5 cm of length, containing one to two pairs of leafs, reduced to 25% from it original size; apical with 5 cm of length, containing one to two pairs of leafs, reduced to 25% from it original size; and apical with 10 cm of length and full leaf) and the substrate (organic compost and vermiculite) in the rooting and the seedling growth; 3) the fungi influence arbuscular mycorrhizae and the rhizobia in the rooting of mini-cutting and in the seedling growth; 4) the vegetative rescue of trees by the rooting of cutting providing form the induces of sprout resulting of the stump and the basal anealing. The mini-clonal hedge was constituted of mini-stump obtained from the propagation via seminal of six progenies *Anadenanthera macrocarpa*, while to rescue from stump sprouts and stem girdling were used stump sprouts of 16 trees with 3 to 5 year old. The cutting and mini-cutting rooting were realized using a permanency period

of the vegetative material in the 60 and 30 vegetation house, respectively, with acclimation in the shadow house for 10 days, follow by the transfer to the plain sun area, where was realized the final evaluation to cutting and mini-cutting in the 100 and 70 days, respectively. The evaluation was realized in the exit of vegetation house and the shadow house, in relation to the roots survive and survive in the cartridge extremity inferior. In the growth stage to plain sun was evaluating the survive percent, the rooting, height, diameter lap, roots and draw mass number of the air part and the rooting roots if mini-cutting. The results showed behaviors differentiate of the progenies in relation to the varieties analyzed in the experiments. The system semi-hydroponic used allowed to obtained the high indices of productivity and the survive of mini-stump. The AIB application in the mini-cutting did not have effect in the evaluated characteristics. The evaluated indicated different velocities between the progenies relates to the rooting process. In relation to the rooting found, altogether, superiority apical mini-cutting in relation to the intermediaries, being indicated the apical mini-cutting with 10 cm length and leaf in original size to the specie propagation. Generally, the substrate based in the vermiculite provided better averages to the observed characteristic. The arbuscular mycorrhizae fungi and rhizobia used do not influenced directly in the adventitia roots to 30 days in vegetation house and 10 days in shadow house. In relation to the rescue, observed the efficiency in the basal budding from the stalk chops and anealing, being possible the seedling via cutting production, especially when the stakes are with 4 mm inferior diameter. It's possible to conclude that the mini-cutting of youth material and the vegetative rescue by adult material cutting are viable the *Anadenanthera macrocarpa* propagation.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A exploração de espécies nativas para suprir a demanda de produtos derivados da madeira vem causando pressão cada vez maior sobre as florestas brasileiras. A preocupação com o abastecimento de matéria-prima para carvão, celulose e madeira, assim como a obrigatoriedade da reposição florestal e as preocupações ambientais em relação à perda de material genético de grande valor e importância econômica e ecológica, tem conduzido aos estudos de espécies potenciais para a utilização em plantios puros, recuperação de áreas degradadas e conservação de germoplasma.

Dentre as espécies lenhosas nativas potenciais destaca-se o angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan), por ser uma árvore que apresenta madeira apreciada no mercado interno, especialmente pelo emprego na construção rural, civil e na produção de lenha e carvão (CARVALHO, 2003).

A maioria dos estudos quanto a propagação do angico-vermelho estão relacionados a propagação sexuada, pela própria ausência de informações silviculturais da espécie e pelo maior domínio operacional dessa técnica. Porém, o uso dessa forma de propagação tem limitado a produção comercial de mudas, visto as sementes do angico-vermelho serem recalcitrantes (CARVALHO, 2003). Além disso, outros fatores também complicam a propagação sexuada de espécies florestais em viveiros, como a definição da época ideal da colheita das sementes, bem como do ponto de maturidade do fruto compatível com a maturidade da semente (SIMÃO et al., 2007). Alia-se a isso, a elevada taxa de fecundação cruzada apresentada pelas espécies florestais devido à sua natureza heterozigótica, resulta em grande variabilidade genética entre e dentro da progênie (FERRARI et al., 2004).

Diante disso, a propagação do angico-vermelho por sementes resulta em mudas desuniformes e sujeitas à baixa qualidade em virtude da grande variação genotípica, o que pode ser prejudicial à uniformidade e produtividade dos plantios. Já a propagação vegetativa, permite a fixação de genótipos selecionados, evitando a variabilidade genética, proporcionando inúmeros benefícios ao setor florestal, principalmente pela formação de plantios clonais produtivos, aliado a melhoria da qualidade da madeira e derivados (BANDEIRA, 2004; XAVIER et al., 2009).

Assim, as técnicas de propagação vegetativa, entre elas a estaquia e miniestaquia, vem de encontro aos objetivos de superação das dificuldades na propagação de espécies nativas, podendo ser utilizadas para fins comerciais, assim como auxiliar a conservação de recursos genéticos florestais.

A estaquia é uma técnica de propagação vegetativa amplamente empregada em espécies de valor comercial tais como o eucalipto, podendo ser viável para propagar espécies nativas. Em relação ao processo de produção de mudas clonais de *Eucalyptus*, consideráveis avanços foram obtidos nos últimos anos com o desenvolvimento da técnica de miniestaquia, principalmente em relação ao percentual e a qualidade do enraizamento adventício, assim como, redução do tempo para formação da muda (XAVIER e WENDLING, 1998; XAVIER et al., 2009).

Para o gênero *Eucalyptus*, a miniestaquia se encontra bem estabelecida, porém, informações sobre a aplicabilidade dessa tecnologia em espécies nativas são poucas, sendo necessárias mais informações sobre a capacidade de enraizamento de estacas de espécies importantes no setor madeireiro como também na recuperação de áreas degradadas e de preservação.

A propagação vegetativa do angico-vermelho, por estaquia e miniestaquia, tem sido limitada por uma série de fatores como a falta de métodos eficientes de rejuvenescimento de material adulto, técnicas de manejo do ambiente de propagação e a escassez de estudos enfatizando fatores relevantes ao enraizamento como: aplicações de reguladores de crescimento; tipo de estaca utilizada (FACHINELLO et al., 2005); assim como as propriedades físicas, químicas e biológicas do substrato de enraizamento que afetam diretamente o enraizamento e o desenvolvimento da muda produzida (HIGASHI et al. 2000).

Este trabalho teve como objetivo geral o estudo da propagação vegetativa de *Anadenanthera macrocarpa* via estaquia e miniestaquia e como objetivos específicos:

- Avaliar a produção de brotações e sobrevivência de minicepas, bem como o enraizamento das miniestacas de progênies de meio-irmãos de *Anadenanthera macrocarpa* tratadas com diferentes doses de AIB;
- Avaliar a influência do tipo de miniestaca e do substrato na propagação vegetativa de progênies de meio-irmãos de *Anadenanthera macrocarpa*;
- Avaliar a influência da associação simbiótica com fungo micorrízico arbuscular e rizóbio na produção de mudas de progênies de meio-irmãos de *Anadenanthera macrocarpa* propagadas via miniestaquia;
- Avaliar o resgate vegetativo de árvores selecionadas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) pelo enraizamento de estacas provenientes da indução de brotações decorrentes da decepta e anelamento basal.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Propagação vegetativa

Dentre as técnicas de propagação vegetativa a estaquia e a miniestaquia são amplamente utilizadas na produção de mudas de *Eucalyptus* (HIGASHI et al., 2000; GOULART, 2006; BRONDANI et al., 2008; MELO, 2009; BORGES, 2009). Para espécies deste gênero, os resultados obtidos com a miniestaquia têm apontado diversas vantagens em relação à estaquia convencional na produção de mudas, como a redução da área necessária para a formação do minijardim clonal, redução dos custos com transporte e coleta das brotações, maior eficiência das atividades de manejo, maior eficiência na propagação de clones recalcitrantes ao enraizamento, além de proporcionar maior porcentual de enraizamento, qualidade do sistema radicular e velocidade de emissão das raízes (XAVIER et al., 2003a; XAVIER, et al., 2009).

Os fatores de destaque envolvidos no enraizamento de estacas e miniestacas são a ocorrência de injúrias, o balanço hormonal, a constituição genética da planta matriz (potencial e variabilidade genética dentro da espécie), o nível endógeno de inibidores, as condições nutricionais e hídricas da planta doadora de propágulos (ALFENAS et al., 2009; XAVIER et al., 2009), as reações de oxidação (WENDLING et al., 2002), a maturação/juvenildade dos propágulos, época do ano de coleta, fatores externos como temperatura, luz, umidade, uso de reguladores de crescimento e a qualidade do substrato (XAVIER et al., 2009).

As auxinas, normalmente, são consideradas as principais substâncias indutoras do enraizamento adventício, principalmente em espécies de difícil enraizamento. Dentre



as auxinas, a mais utilizada e a que tem apresentado melhores resultados para a maioria das espécies florestais é o ácido indol-3-butírico (AIB), no que tange ao enraizamento adventício de estacas e/ou miniestacas (WENDLING et al., 2005; PESCADOR et al., 2007; CUNHA et al., 2008; VALMORBIDA et al., 2008). Para algumas espécies lenhosas, principalmente as leguminosas, as associações mutualistas com micorrizas e rizóbios também podem ajudar no crescimento maior e mais rápido das mudas.

Para as espécies em que ainda não estão estabelecidas as técnicas de propagação vegetativa em larga escala, os estudos tem sido direcionados quanto à adequação desses métodos já utilizados amplamente na clonagem de *Eucalyptus*.

## **2.2. Propagação vegetativa em espécies lenhosas nativas**

Diante das vantagens apresentadas pela estaquia e miniestaquia na produção de mudas de *Eucalyptus*, despertou-se o interesse na aplicabilidade destas técnicas na produção de mudas de espécies nativas, como possibilidade de multiplicação de genótipos importantes quando a disponibilidade de sementes de uma matriz é baixa ou apresenta dificuldade no armazenamento e na germinação.

Frente à necessidade da recuperação de ecossistemas degradados, matas ciliares e reservas legais ou para fins comerciais tem-se a demanda crescente de mudas de espécies nativas (INOUE e PUTTON, 2007). Assim, a técnica de propagação vegetativa via estaquia, microestaquia e miniestaquia constituem em opções importantes para a produção de mudas de espécies florestais nativas.

### **2.2.1. Estaquia**

A técnica de multiplicação vegetativa mais comumente utilizada para a clonagem de plantas lenhosas tem sido o enraizamento de estacas (XAVIER et al., 2009). A viabilidade da propagação comercial por estaquia depende da capacidade de enraizamento de cada espécie, da qualidade do sistema radicular formado e do desenvolvimento posterior da planta (NEVES et al., 2006). Segundo Pio et al. (2003), vários fatores podem influenciar o enraizamento das estacas, tanto intrínsecos, relacionados à própria planta, quanto extrínsecos, ligados às condições ambientais.

Entre os fatores internos destaca-se a concentração do regulador de crescimento que varia de acordo com a espécie, cultivar e tipo de estaca. As estacas possuem certa quantidade endógena de hormônios promotores ou inibidores de enraizamento, mas é necessário que haja um balanceamento adequado entre auxinas, giberelinas, citocininas e co-fatores de enraizamento para que haja enraizamento (HARTMANN et al., 2002).

Desse modo, o fornecimento de auxina exógena pode promover alteração hormonal, favorecendo ou não o enraizamento.

Valmorbida et al. (2008), objetivando enraizar estacas de ramos lenhosos de *Trichilia catigua* A. Juss, utilizaram as auxinas ácido indol-3-butírico (AIB), ácido naftalenoacético (ANA) e ácido 3-indolacético (AIA), em diferentes dosagens e concluíram que independente do tipo de estaca o AIB na concentração de 5.000 mg L<sup>-1</sup> resultou nas maiores porcentagens de estacas enraizadas (41,67%). Já, em *Luehea divaricata*, Nazaro et al. (2007) utilizando estacas obtidas de ramos de árvores adultas e de regeneração natural, preparadas com 10 cm de comprimento e um par de folhas cortadas ao meio, após 85 dias em casa de vegetação, observaram que a sobrevivência média na saída da casa de sombra foi de 29,2 %, com superioridade das estacas tratadas com 4000 mg L<sup>-1</sup> de AIB (42,5 %) e, a pleno sol, média de 19,8 % de sobrevivência, com superioridade das estacas tratadas com 2000 mg L<sup>-1</sup> de AIB (26,5 %).

Em estudos de propagação vegetativa via estaquia de espécies nativas, mesmo com o uso de reguladores de crescimento é possível observar grandes variações nos valores de enraizamento. Em estacas de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), Endres et al. (2007) obtiveram enraizamento de 15 % utilizando AIB e 16% utilizando ANA, na concentração de 5.000 mg L<sup>-1</sup> via líquida, aos 120 dias após a estaquia. Na estaquia de pau-de-leite (*Sapium glandulatum* (Vell.) Pax.), o melhor desempenho ao enraizamento foi observado em estacas tratadas com 6000 mg L<sup>-1</sup> de AIB, com média de 52% (CUNHA et al., 2004).

Além da concentração do regulador de crescimento, outros fatores podem interferir no processo de formação de raízes, a exemplo da baixa capacidade genética das árvores matrizes para a formação de raízes adventícias, uso de propágulos com tamanho inadequado e com idade fisiológica desfavorável ao enraizamento, além de propágulos maduros com baixo grau de juvenildade (XAVIER et al., 2009). Assim, as auxinas podem auxiliar no enraizamento de estacas de diversas espécies, contudo, é necessário que haja um adequado balanço hormonal nos tecidos das estacas, sendo este específico para cada genótipo.

No trabalho realizado com *Cordia trichotoma*, Herberle (2010), utilizando duas concentrações de AIB (0 e 8000 mg L<sup>-1</sup>) e dois tipos de estacas (estacas basais com 0,7 cm de diâmetro e apicais com 0,4 cm de diâmetro), desprovidas de folhas e confeccionadas com 12 cm de comprimento, após 80 dias de permanência em casa de vegetação, encontrou 100% de mortalidade. Castro (2011) estudando a propagação vegetativa de jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) e de pau-jacaré

(*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr.) por meio da técnica de estaquia de material juvenil, concluiu que a propagação vegetativa das espécies é possível quando se utiliza estacas apicais com 15 cm de comprimento, sendo que para estacas intermediárias e basais o AIB na concentração de 6000 mg L<sup>-1</sup> mostrou ser superior às demais concentrações para o enraizamento.

Leandro e Yuyama (2008) estudando a propagação vegetativa de *Coupeia edulis* via estaquia, concluíram que estacas herbáceas com folhas inteiras e folhas reduzidas à metade apresentaram maiores percentuais de enraizamento sem o uso de AIB. Posteriormente, no trabalho realizado com *Tibouchina fothergillae*, César et al. (2009) aplicando três concentrações de AIB (0, 500 e 1000 mg L<sup>-1</sup>), em estacas caulinares confeccionadas com 10 cm de comprimento, e um par de folhas, após 20 dias em casa de vegetação, observou 100% de enraizamento em todos os tratamentos.

Segundo Borges Junior e Martins-Corder (2002), a idade da planta-matriz é de fundamental importância, uma vez que, em muitas espécies arbóreas, o processo de maturidade possui correlação negativa com o potencial de formação de raízes adventícias. Hartmann et al. (2002) afirmaram que estacas herbáceas e semilenhosas geralmente enraízam com maior facilidade e rapidez que as lenhosas, pois a menor lignificação dos tecidos facilita a passagem das raízes formadas no periciclo. Neves et al. (2006) estudando a propagação vegetativa de *Erythrina falcata*, utilizando estacas caulinares provenientes de árvores adultas (estacas herbáceas, semilenhosas e de rebrota) e plantas com 1 ano de idade, concluíram que as estacas oriundas de material juvenil apresentaram maior porcentual de enraizamento

A baixa porcentagem de enraizamento de estacas oriundas de árvores adultas pode ocorrer em razão da diminuição da capacidade de formar raízes com o aumento da idade, pois, ramos maduros tendem a ter menor concentração de auxina em virtude da maior idade ontogenética (XAVIER et al., 2009). Em estacas de *Erythrina crista-galli* L., Gratieri-Sossella et al. (2008) avaliando doses do regulador de crescimento ácido indolbutírico (0, 1000, 2000, 3000 e 4000 mg L<sup>-1</sup>), em diferentes tipos de estacas (lenhosas, semilenhosas, herbáceas e foliares), obtiveram baixa capacidade de enraizamento (1,5 % a 5% de enraizamento) para estacas lenhosas e semilenhosas mesmo com o uso do AIB. Já a estaquia de material herbáceo (miniestacas), retirado de plantas jovens, com 1 ano de idade, apresentou, após 26 dias em casa de vegetação, porcentagens de enraizamento que variaram de 75% a 100%.

Estaca muito tenra pode apresentar baixo enraizamento em virtude da multiplicação das células rizogênicas dependerem, entre outros fatores, da biossíntese

de proteínas e ácidos nucléicos (FACHINELLO et al., 1995). Esse processo só é possível quando existe disponibilidade de energia e carbono estrutural para formação de novas células (RAPAKA et al., 2007). Pacheco e Franco (2008), objetivando avaliar o efeito do ácido indolbutírico e do diâmetro da estaca para *Luehea divaricata*, concluíram que a maior sobrevivência, enraizamento, número e comprimento radicial, foi encontrado em estacas médias e grossas, imersas em 5.000 mg L<sup>-1</sup> de solução hidroalcoólica de AIB.

As propriedades físicas, químicas e biológicas do substrato, também afetam diretamente o enraizamento e o desenvolvimento da muda produzida (Higashi et al. 2000). Pescador et al. (2007) avaliando o efeito de quatro concentrações de AIB (0, 500, 1000 e 1500 mg L<sup>-1</sup>) e dois substratos (areia e vermiculita) na estaquia de *Piper mikianium*, sugeriram que estacas cultivadas no substrato constituído por vermiculita são capazes de formar maior número de folhas, raízes e brotações, cujos valores são proporcionais ao aumento da concentração de AIB. No entanto, CASTRO (2011) comparando o composto orgânico e a vermiculita no enraizamento de estacas de pau-jacaré, observou que o composto orgânico apresentou valores superiores para o enraizamento.

### **2.2.2. Miniestaquia**

Para Santos (2002) a aplicabilidade da miniestaquia em espécies nativas é uma opção para a propagação vegetativa de algumas espécies que têm as sementes com baixo potencial de germinação, dificuldade de armazenamento e/ou são insumo limitante. Estudos revelam que esta técnica é viável para o enraizamento de miniestacas coletadas de minicepas produzidas por sementes em espécies nativas como o jequitibá-rosa, cedro-rosa, mogno, sete-cascas (SANTOS et al., 2000; SANTOS, 2002; XAVIER et al., 2003a).

Cunha et al. (2008) objetivando avaliar a técnica de miniestaquia como método de propagação vegetativa de corticeira-do-mato (*Erythrina falcata* Benth.) comparou dois sistemas de manejo na formação do minijardim clonal: o sistema hidropônico em canaletão de areia e em tubetes, os autores concluíram que a técnica de miniestaquia, partindo de material seminal, mostrou-se eficiente na propagação vegetativa de corticeira-do-mato (*Erythrina falcata*), podendo ser conseguidas mudas aptas para o plantio definitivo com 4 a 5 meses de idade. Nesse estudo o sistema hidropônico produziu maior quantidade de miniestacas (2,9 miniestacas por minicepa por coleta),

sendo, dessa forma, mais promissor do que o sistema em tubetes (1,3 miniestacas por minicepa por coleta).

Para outras espécies nativas essa média não varia muito. A exemplo de Santos (2002) que utilizou sistemas de minijardim clonal em tubetes de 200 cm<sup>3</sup> de capacidade, com coletas a cada 30 dias obtendo as seguintes produções de miniestacas por minicepa: 1,3 para cedro-rosa; 1,1 para mogno; 1,6 para angico-vermelho e 3,8 para jequitibá-rosa. Ferreira et al. (2010) trabalhando com *Sapium glandulatum*, observaram que a produção de miniestacas/minicepa/coleta variou de 1,4 a 2,2 em recipientes contendo 205 cm<sup>3</sup> de substrato. Ferriani (2006) obteve para a *Piptocarpha angustifolia* variação de 1,1 a 2,5 miniestacas/minicepa/coleta, porém utilizando recipientes de 1700 cm<sup>3</sup> de substrato. Xavier et al. (2003a), utilizando tubetes de 200 cm<sup>3</sup> de capacidade, obtiveram média de 1,3 miniestacas/minicepa/ coleta para *Cedrela fissilis*.

Segundo Wendling et al. (2007) a produção média de miniestacas de erva-mate, por minicepa no sistema de canaletão de areia, foi de 4,4 a cada 39 dias. Este resultado foi significativamente superior ao observado por Wendling e Souza Júnior (2003), para minicepas de erva-mate em sacos de plástico de 15x10 cm, com produção média de 2,2 miniestacas por minicepa a cada 35 dias.

Segundo Antunes et al. (1996) além da porcentagem de enraizamento, o número e comprimento de raízes formadas nas estacas são as variáveis mais relevantes na produção de mudas. Uma melhor resposta para estas variáveis indica que as mudas posteriormente formadas possuirão um melhor desenvolvimento, uma vez que mudas com melhor sistema radicial terão maiores chances de sobrevivência quando transplantadas para vaso ou campo (REIS et al., 2000). Assim, a juvenildade do material vegetativo pode ser suficiente para induzir a formação de raízes adventícias com bom vigor, não sendo necessário o uso de reguladores vegetais.

Segundo Eldridge et al. (1994) uma das mais consistentes expressões da maturação em plantas lenhosas tem sido a transição da alta para a baixa capacidade de enraizamento de estacas caulinares e foliares. Para algumas espécies lenhosas, estacas de mudas provenientes de sementes, enraízam facilmente, enquanto outras provenientes de plantas mais velhas enraízam esporadicamente, ou definitivamente não enraízam.

Os resultados obtidos por Rêgo et al. (2003) com estaquia de material adulto de *Erythrina falcata* não foram satisfatórios, tendo em vista que a aplicação de reguladores de crescimento nas doses de 0; 3000; 6000 e 9000 mg L<sup>-1</sup>, não promoveram enraizamento das estacas. No entanto, Cunha et al. (2008) em miniestacas provenientes de material seminal de *Erythrina falcata*, obtiveram altos índices de enraizamento das

miniestacas com média geral de 85,5%, indicando que o uso de miniestacas provenientes de material seminal para essa espécie apresenta boa aptidão natural ao enraizamento.

Resultados obtidos por Wendling e Souza Júnior (2003) para enraizamento de miniestacas de erva-mate mostraram média de 75% de sobrevivência das mudas. Resultados semelhantes foram obtidos por Santos (2002), que observou boa percentagem de sobrevivência das mudas, com média geral de 82,5% de enraizamento de miniestacas, sem a aplicação de ácido indol-3-butírico, para mogno (*Swietenia macrophylla*).

Xavier et al. (2003b), obtiveram cerca de 100% de miniestacas caulinares enraizadas de *Cedrela fissilis* sem a aplicação de regulador vegetal. Também Wendling et al. (2005), estudando a produção de mudas de *Erythrina falcata* por miniestaquia com utilização de propágulos juvenis oriundos de mudas produzidas por semente, relatam que para o enraizamento das miniestacas, não é necessário o uso de reguladores vegetais. Ferreira et al. (2010) obtiveram 80,56% de enraizamento adventício em miniestacas de *Sapium glandulatum* sem a aplicação dos reguladores vegetais. Souza et al. (2009a) estudando *Toona ciliata* M. Roemer, também, conseguiu 100% de enraizamento das miniestacas, independente da aplicação de AIB em três sucessivas coletas de miniestacas, provenientes do banco de estacas de origem seminal.

Em *Calophyllum brasiliense*, Silva et al. (2010) observaram que o índice de enraizamento (>85%) não apresentou alteração em função do tipo de miniestacas (apical e intermediária) e da aplicação de AIB, com exceção das estacas apicais tratadas com 8000 mg L<sup>-1</sup>, as quais mostraram queda no enraizamento, indicando que a aplicação de AIB é desnecessária para *Calophyllum brasiliense*.

A sobrevivência e a produção de miniestacas em coletas sucessivas indicam a viabilidade técnica do sistema para produção contínua de propágulos visando à produção de mudas (XAVIER et al., 2009). Assim, pode-se observar que a miniestaquia é uma técnica que apresenta alto potencial para a produção de mudas devido à baixa mortalidade apresentada para diferentes espécies.

Ferriani (2006) obteve para *Piptocarpha angustifolia*, a mortalidade de apenas 2,3% de minicepas, após 5 coletas de miniestacas em intervalos médios de 35 dias. Ferreira et al. (2010) obtiveram 5 % de mortalidade das minicepas de *Sapium glandulatum*. Souza et al. (2009a) trabalhando com um banco de estacas de *Toona ciliata* M. Roemer de origem seminal em tubetes, obtiveram 100% de sobrevivência das minicepas, após três coletas sucessivas de estacas. Wendling et al. (2007) encontram

taxa de sobrevivência superior a 90% das minicepas de *Ilex paraguariensis* em todas as coletas, o que indica a manutenção da viabilidade das minicepas com o decorrer das coletas.

O período de enraizamento varia de acordo com a espécie estudada não havendo um período ótimo comum. Oliveira et al. (2001) trabalhando com espécies nativas de mata de galeria, encontraram uma variação de 2 a 4 meses para a formação do sistema radicular. Wendling et al. (2007) observaram que o enraizamento de estacas providas de minijardim clonal em sistema semi-hidropônico de *Ilex paraguariensis* ocorreu em 60 dias estando as mudas em casa de vegetação. Para algumas espécies (*Sapium glandulatum*, *Erythrina falcata*) o período necessário ao enraizamento foi inferior ou equivalente a 30 dias (CUNHA et al., 2004; CUNHA et al., 2008).

As propriedades físicas, químicas e biológicas do substrato de enraizamento das miniestacas também afetam diretamente o enraizamento e o desenvolvimento da muda produzida (Higashi et al. 2000). Entretanto, são poucos os estudos que comparam tipos de substratos para a produção de mudas via miniestaquia de espécies nativas. Como exemplo tem-se o trabalho realizado por Silva et al. (2010), que verificando o efeito dos diferentes substratos (substrato agrícola, casca de arroz carbonizada e vermiculita) na produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* por miniestaquia, concluíram que o substrato a base de vermiculita influenciou diretamente na velocidade do enraizamento das miniestacas, com um enraizamento médio de 95,8% aos 60 dias de permanência na casa de vegetação. O melhor comportamento do substrato vermiculita pode ser atribuído à suas propriedades físicas que favorecem a aeração do sistema radicular (GOMES, 2001).

A escolha da miniestaca apropriada (consistência, posição e tamanho) deve ser feita com base na facilidade de enraizamento da espécie, no padrão de muda desejada, de acordo com a infraestrutura física, técnica, pessoal e orçamentária. Para *Erythrina falcata*, Cunha et al. (2008), utilizaram miniestacas confeccionadas com comprimento entre 3 e 5 cm, com um par de folhas recortadas em 1/3 de sua área original. Semelhante ao utilizado por Ferreira et al. (2010) na confecção de miniestacas de *Sapium glandulatum*, confeccionadas com comprimento de 3,0 a 5,0 cm, mantendo-se duas folhas reduzidas pela metade no ápice. Tamanho semelhante ao utilizado por Souza et al. (2009a) em miniestacas de *Toona ciliata* preparadas com comprimento de 4 a 6 cm e 2 folhas, cortadas em 50% de sua área.

Diante do exposto, é possível afirmar que a miniestaquia é uma técnica com alto potencial para a propagação de espécies florestais nativas, no entanto pouco se conhece

sobre a técnica de propagação vegetativa quando aplicada em nível comercial para espécies florestais nativas, apesar de existirem diversas espécies com múltiplos usos no mercado madeireiro. A *Anadenanthera macrocarpa* faz parte do grupo das espécies com alto potencial comercial, necessitando de estudo quanto a sua propagação vegetativa.

### **2.3. Características gerais e formas de propagação do angico-vermelho**

*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan também conhecida como angico-vermelho pertence à família Mimosaceae (Leguminosae – Mimosoideae), possui como sinonímia botânica a *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* e *Piptadenia macrocarpa* Bentham var. *cebil*. Seus ramos novos podem se apresentar espinhentos, as folhas são bipinadas, com 30 pares de folíolos opostos e 60 a 80 pares de foliólulos, o pecíolo possui glândula preta elipsóide, localizada junto à inserção da folha. As flores são hermafroditas e o fruto é um folículo achatado contendo de 8 a 15 sementes, as quais são de coloração marrom-escura, tendendo para preto, possuindo de 6500 a 8000 mil sementes por quilo. O início da reprodução começa normalmente após o terceiro ano de idade da planta (CARVALHO, 2003).

*Anadenanthera macrocarpa* é a espécie de angico com maior abrangência geográfica, ocorrendo desde o sul da Bolívia até o norte da Argentina; no Brasil, sua ocorrência vai desde o Nordeste do país até São Paulo e Mato Grosso do Sul, considerada na região do Cariri paraibano, espécie em extinção (CORDEIRO e TROVÃO, 2000). É uma espécie de crescimento rápido, ocorrendo indiferentemente em solos secos e úmidos, podendo tolerar solos rasos, compactados de textura média a argilosa (CARVALHO, 2003). Pertence, no estudo de sucessão, ao grupo das secundárias iniciais (NAVES et al., 1997, citados por CARVALHO, 2003). É uma espécie heliófila, e sua regeneração natural é expressiva, ocorrendo basicamente por meio de sementes (CARVALHO, 2003).

O crescimento do angico é moderado a rápido, podendo atingir 8 a 20 m de altura e 30 a 50 cm de DAP, sendo que a produtividade pode chegar a  $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  aos 8 anos de idade, no espaçamento  $2 \times 2 \text{ m}$  (CARVALHO, 2003). Essa espécie pode ser cortada a partir de 5 anos para lenha (dimensões de 8 a 12 cm de diâmetro), 8 anos para mourão, e entre 20 a 25 anos para madeira na região do cerrado. Possui madeira densa ( $0,84 \text{ a } 1,10 \text{ g cm}^{-3}$ ), com massa específica básica em torno de  $0,62 \text{ t m}^{-3}$ . Sua madeira é de grande durabilidade sob condições naturais, sendo que a vida média pode variar de 15 a 20 anos (ROCHA et al., 2000).



A madeira é própria para construção civil, rural e naval, confecção de dormentes e carpintaria, a casca é muito usada em curtume em função da presença de grande quantidade de tanino. Apresenta rápido crescimento, podendo ser aproveitada com sucesso para reflorestamentos de áreas degradadas e restauração de matas ciliares, em locais sem inundações. A espécie possui, ainda, outras utilidades: 1) servindo para produção de carvão e lenha de boa qualidade devido ao alto teor de lignina; 2) utilização em sistemas agroflorestais; 3) suas flores são consideradas apícolas; 4) o tanino e a resina presentes nos frutos e nas cascas possuem uso medicinal, etc. (LORENZI, 2002).

Apesar da árvore produzir anualmente grande quantidade de sementes viáveis, em virtude do comportamento recalcitrante com relação ao armazenamento, essas perdem a viabilidade em curto período de tempo, mesmo quando armazenadas sob condições de umidade elevada (CARVALHO, 2003), limitando sua propagação via sexuada.

Diante deste fato, a propagação via assexuada tem sido estimulada como opção para a produção de mudas de angico. Com o intuito de realizar estudos voltados à propagação vegetativa do angico, Silva (1982) já realizava trabalhos voltados à propagação do angico por enxertia, através do método da garfagem em fenda cheia, apresentando, aos 30 dias, 100% de pegamento. Posteriormente, Candido e Gomes (1996) realizaram a propagação assexuada de angico via estaquia observando que a espécie é tão rústica que se pode fazer plantio por estacas diretamente no terreno, ou em balaios com estacas de 30 cm de comprimento por 1 ou 2 cm de grossura. Outra possibilidade relatada pelos autores é a utilização de estacas provenientes de brotação da cepa.

Silveira e Paula (1998), com o objetivo de estabelecer um protocolo para a micropropagação de *Anadenanthera macrocarpa*, concluíram que é possível a micropropagação desta espécie utilizando sementes germinadas *in vitro*, sendo que a utilização de material adulto em condições de campo não foi viável em virtude da contaminação com fungos e oxidação dos explantes. Santos (2002), objetivando avaliar a miniestaquia na propagação vegetativa do angico-vermelho, a partir de minicepas de origem seminal e mantidas em tubetes, obteve 50% de sobrevivência aos 90 dias de idade das mudas no tratamento utilizando 2000 mg L<sup>-1</sup> de AIB, apresentando uma alternativa viável para a produção de mudas dessa espécie.

Inoue e Putton (2007) investigando o potencial de propagação vegetativa de algumas espécies florestais ameaçadas de extinção e outras de importância econômica e/ou ecológica, estudaram a propagação vegetativa do angico via estaquia. Como

material para a obtenção das estacas, deu-se preferência aos ramos e brotações epicórmicas basais. As estacas foram preparadas com aproximadamente 10 cm de comprimento, contendo, no mínimo, dois pares de folhas, tendo seus limbos reduzidos à metade de seu tamanho, sendo tratadas com AIB a  $3000 \text{ mg kg}^{-1}$ . Após um período médio de 80 dias de permanência em casa de vegetação, foi possível observar que o angico apresentou baixo percentual de enraizamento (em média 27%), independente da concentração de AIB.

Diante dos múltiplos usos, da facilidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e da carência de estudos voltados para o aprimoramento da silvicultura clonal do angico-vermelho, o desenvolvimento de um programa de melhoramento embasado na seleção clonal, considerando características genótípicas e fenotípicas é de fundamental importância. Como a propagação vegetativa é parte integrante de um programa de melhoramento, tornam-se imprescindíveis estudos voltados para o resgate e multiplicação vegetativa de matrizes selecionadas.

#### **2.4. Resgate de árvores selecionadas**

Em programas de estabelecimento de bancos de germoplasma ou de melhoramento genético, a juvenilidade do material vegetal pode ser a chave do sucesso (HIGASHI et al., 2000), principalmente ao se trabalhar com espécies lenhosas, pois a aptidão à propagação vegetativa está associada ao grau de maturação do material utilizado (HARTMANN et al., 2002).

O fator juvenilidade dos propágulos exerce grande influência no enraizamento de estacas, uma vez que a formação de raízes adventícias diminui à medida que avança a idade da planta matriz fornecedora dos propágulos (HARTMANN et al., 2002). Possivelmente, esse fato esteja relacionado com a avançada idade ontogenética, o aumento no teor de inibidores e com a diminuição no teor de co-fatores de enraizamento, à medida que aumenta a idade da planta (FACHINELLO et al., 2005). Assim, de acordo com Alfenas et al. (2009), o primeiro passo, após a seleção de árvores superiores é a obtenção de brotações fisiologicamente e ontogeneticamente juvenis, e por consequência, mais aptas ao enraizamento.

Em virtude de os meristemas mais próximos da base da planta se formarem em épocas mais próximas à germinação do que aqueles das regiões terminais (HARTMANN et al., 2002), há um gradiente de juvenilidade em direção à porção basal e maior maturidade dos tecidos em função da maior proximidade com o meristema apical (HIGASHI et al., 2000). Assim, as estacas provenientes de plantas matrizes

adultas fornecem material vegetativo com maior dificuldade de enraizamento (HARTMANN et al., 2002), manifestando com mais frequência em espécies de difícil enraizamento.

Esse fato tem limitado a propagação de diversas espécies florestais por estaquia, fazendo-se muitas vezes necessário o uso de métodos capazes de reverter as plantas do estado maduro ao juvenil, resgatando as condições favoráveis ao enraizamento (HIGASHI et al., 2000).

A forma mais comumente utilizada pelas empresas florestais, para o resgate de árvores selecionadas no campo, tem sido a de cepa da árvore para a emissão de brotações basais. Esse processo consiste em decepar a árvore selecionada, buscando propiciar a emissão de brotações na cepa, as quais são posteriormente enraizadas. O objetivo é a obtenção de brotações com maior grau de juvenilidade, já que, em espécies florestais há um gradiente de maturação em virtude da maior proximidade com o meristema apical em decorrência do envelhecimento ontogenético (XAVIER et al., 2009). Assim, as brotações emitidas nas cepas tem características morfológicas e fisiológicas de plantas juvenis, o que é fundamental para a recuperação da competência ao enraizamento e para assegurar todo o potencial genético da árvore selecionada (ALFENAS et al., 2009).

Para as espécies do gênero *Eucalyptus*, as técnicas de resgate de material selecionado já estão bem estabelecidas com a utilização da de cepa da árvore para a emissão de brotações juvenis, as quais são utilizadas para a propagação vegetativa por estaquia. Como pode ser observado no trabalho de Almeida et al. (2007) que objetivando avaliar a eficiência do enraizamento adventício em estacas extraídas de brotações obtidas por meio da de cepa da árvore, anelamento do caule e indução de brotações epicórmicas em galhos podados de *Eucalyptus cloeziana*, constataram que de forma geral, o resgate por brotações de cepas mostrou-se mais viável em relação as demais técnicas estudadas, tanto pelo número de brotações emitidas quanto pela sua capacidade de enraizamento.

Em espécies nativas são poucos os estudos contendo informações a respeito de resgate de árvores selecionadas. As poucas exceções tratam de espécies com fins comerciais já bem explorados. A exemplo da araucária onde Wendling et al. (2009) estudando a de cepa como método para indução de brotações epicórmicas em matrizes adultas observaram a viabilidade desse método para o resgate de matrizes, proporcionando 60% de matrizes com brotações entre 5 e 37 cm de altura, variando de 7 a 59 brotos por matriz.

Entretanto, a decepa é um procedimento restrito às espécies com alto potencial de rebrota das cepas, limitando sua aplicação àquelas que apresentam dificuldade de rebrota ou restrições ao corte (XAVIER et al., 2009). Kratz et al. (2010), avaliando a indução de brotações epicórmicas em cepas e as técnicas de estaquia e enxertia no resgate de árvores adultas de *Cupressus lusitanica*, observaram que a indução de brotações de cepas apresentou baixa viabilidade e apresentou difícil enraizamento para as estacas coletadas, tendo a enxertia apresentado os melhores resultados para o resgate de material em campo.

Em vista da grande importância da técnica de enxertia como ferramenta para o resgate de árvores adultas em campo e o seu rejuvenescimento, Domingos e Wendling (2006) avaliaram a adaptação da erva-mate na enxertia diretamente a campo como forma de resgate de árvores adultas. No estudo os autores observaram que a enxertia é uma técnica viável no resgate de árvores selecionadas de erva-mate.

Existem casos em que a decepa das plantas não é autorizada em virtude de serem espécies protegidas por Lei. Para tanto, existem técnicas de resgate, em que a planta selecionada é mantida intacta em sua condição de campo. O anelamento na base do tronco é uma técnica possível de utilização na indução de brotações basais onde a planta não é submetida ao corte e as brotações que ocorrem abaixo do ponto de anelamento são utilizadas na propagação clonal pela estaquia. Entretanto, a eficiência desse método é dependente da espécie/genótipo, da época do ano, das condições ambientais e fisiológicas da planta, assim como da intensidade e praticidade do anelamento realizado (XAVIER et al., 2009).

Santin et al. (2008), objetivando avaliar a eficiência do anelamento da casca na indução de brotações na base de árvores adultas de *Ilex paraguariensis*, constataram a viabilidade dessa técnica no resgate de material adulto em campo.

Em leguminosas são poucos os estudos que enfocam o resgate de material adulto em campo, a exemplo do realizado por Silva (2007) que estudando a estaquia caulinar de *Ateleia glazioveana* a partir de brotações de cepas de árvores com dois e dez anos de idade, com aplicação de AIB, concluíram que plantas matrizes velhas forneceram estacas com maiores condições de enraizar e que a aplicação de AIB (5000 mg L<sup>-1</sup>) gerou as maiores médias de enraizamento (23,8%).

## **2.5. Rizóbio e fungo micorrízico arbuscular na produção de mudas**

Entre as espécies pioneiras, as leguminosas despertam grande interesse, já que em sua maioria, são lenhosas, perenes e formam simbiose com rizóbio, que fixa

nitrogênio do ar (MARTÍNEZ, 2009). Essas espécies, quando associadas a fungos micorrízicos, aproveitam melhor o fósforo e outros nutrientes do solo. Atualmente, são reconhecidos seis tipos de associações micorrízicas, sendo as micorrizas arbusculares as mais estudadas devido a sua ampla ocorrência, podendo chegar a mais de 80 % das plantas (BERBARA et al., 2006).

Os rizóbios são bactérias fixadoras de nitrogênio que são capazes de associar-se simbioticamente com espécies leguminosas, formando estruturas altamente especializadas, os nódulos radiculares (MARTÍNEZ, 2009). Estas bactérias fixam nitrogênio pela redução do nitrogênio atmosférico à amônia. Em troca a planta supre a bactéria com fontes de energia e carbono para sua manutenção (ALLEN e ALLEN, 1981; HARLEY e SMITH, 1983)

Segundo Martínez (2009) os nódulos existentes em leguminosas são provavelmente o resultado da co-evolução das plantas com o rizóbio, demonstrando a alta dependência da simbiose entre rizóbio e leguminosa, principalmente em condições estressantes com baixa disponibilidade de nitrogênio.

Micorrizas arbusculares (MA) são associações mutualistas entre fungos da ordem Glomelales e raízes das plantas terrestres, nas quais as hifas dos fungos conferem superfície extra de absorção, funcionando como extensões do sistema de absorção das plantas (BERBARA et al, 2006). Nessa associação o fungo transfere nutrientes à planta, em especial o fósforo, e esta lhe fornece fotossintatos (HATA et al., 2010). Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) estão envolvidos com o estado vegetativo das plantas micotróficas (CARRENHO et al., 2001; HATA et al., 2010), definem seus nichos ecológicos, influenciam na composição das comunidades vegetais, no estado nutricional das plantas e na ciclagem de nutrientes (JEFFRIES et al., 2003; KHADE e RODRIGUES, 2009; HATA et al., 2010).

A produção de mudas com alta qualidade morfofisiológica é um dos fatores mais importantes para o sucesso de povoamentos florestais. Os programas de recuperação ambiental podem ser prejudicados pela baixa sobrevivência e desenvolvimento das mudas após o plantio, em consequência de seu baixo padrão de qualidade ou de limitações nutricionais do solo (FAYE et al., 2009; CHAER et al., 2011).

A inclusão da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e rizóbio pode contribuir no aumento da qualidade das mudas, pois esses simbiotes promovem maior tolerância a estresses diversos, favorecem a absorção de P, Mo, Zn que chegam até as raízes pelo processo de difusão e, no caso das leguminosas, a fixação biológica do N<sub>2</sub> atmosférico (BERBARA et al, 2006; FAYE et al., 2009; CHAER et al., 2011).

Na fase de produção de mudas, a utilização de FMA tem demonstrado ser de grande potencial para o maior crescimento e desenvolvimento mais eficiente das plantas, minimizando o uso de fertilizantes e antecipando o tempo de transplante ao campo (MIRANDA e MIRANDA, 2001). Rocha et al. (2006) avaliando a resposta de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) a espécies de fungos micorrízicos arbusculares, verificaram elevado grau de dependência micorrízica e, portanto, a inoculação de FMA é um procedimento que deve ser considerado na fase de viveiro, para garantir o sucesso do estabelecimento e crescimento em campo.

Schiavo e Martins (2003), em trabalho com produção de mudas de *Acacia mangium* Willd, em substrato proveniente da indústria açucareira (torta de filtro), com elevado teor de P, observaram efeito positivo da inoculação dos FMAs sobre a nodulação e o crescimento das plantas. Visando ainda otimizar a produção de mudas conduziram experimento para avaliar o efeito de fungos micorrízicos arbusculares no crescimento de mudas de acácia (*Acacia mangium* Willd.), sesbânia (*Sesbania virgata* (Cav.) Pers.) e eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) em casa-de-vegetação, Schiavo et al. (2010) observaram que na fase de casa-de-vegetação, os FMAs proporcionaram maior crescimento das mudas, contribuindo para sua qualidade e podendo ser incorporados ao processo de produção das mesmas.

Souza et al. (2009b) em seus estudos com inoculação das mudas de *Schinus terebinthifolius* com fungos micorrízicos arbusculares, observaram que estes microorganismos não proporcionaram benefícios às plantas, provavelmente devido ao elevado teor de nutrientes nos substratos testados. Assim, quando se utiliza rizóbios e fungos micorrízicos arbusculares deve-se ter cautela quanto aos níveis de fertilizantes nitrogenados e fosfatados, pois em elevadas concentrações desses nutrientes pode haver inibição das associações simbióticas em virtude da ótima nutrição (BERBARA et al., 2006).

As micorrizas arbusculares e os rizóbios são de longa data conhecidos e explorados devido à importância ecológica e aos efeitos no crescimento e na nutrição das plantas. Silva et al. (2009) identificando a ocorrência e o tipo de associação micorrízica em treze espécies florestais da região central do Rio Grande do Sul não detectaram a presença de associação ectomicorriza para o angico-vermelho em ambiente natural, porém foi possível observar a existência de micorrizas arbusculares. Entretanto, Carneiro et al. (1998) já haviam relatado a ocorrência de micorriza arbuscular em ambiente natural no angico-vermelho na região Sudeste brasileira.

Pereira et al. (1994) avaliaram a resposta de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina*) a adubação nitrogenada e inoculação com *Glomus etunicatum*, verificando que para a altura de plantas, o peso de matéria seca, o diâmetro de caule e a colonização houveram efeitos significativos. Posteriormente, Pereira et al. (1996) avaliando a influência de micorriza arbuscular e do suprimento de fósforo na resposta de angico vermelho à adubação nitrogenada, observaram que além de efeitos diretos na nutrição fosfatada, a micorriza se mostrou importante para a nutrição nitrogenada da espécie.

Chaves et al. (2006), testaram dois componentes (bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro de usina açucareira – 3:2; V:V) na formulação de um substrato para avaliação do crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), com sementes inoculadas com/sem rizóbio. Além disto, foram realizados dois tratamentos com adição de doses de uréia e sulfato de amônio ao substrato. Os autores concluíram, baseados nas características biométricas, que o substrato utilizado é viável para produção de mudas de angico e que a inoculação com rizóbio foi suficiente, não sendo necessária nenhuma fonte externa de N.

Santos et al. (2008) conduziram um experimento para avaliar o desempenho da inoculação com rizóbio nativo e/ou fungo micorrízico arbuscular (FMA) sobre o crescimento inicial do angico-vermelho. Esses autores concluíram que o teor de N e o P de mudas de angico-vermelho foram incrementados, assim como o crescimento das mudas, pela inoculação do fungo micorrízico arbuscular (*G. etunicatum*) e rizóbios nativos quanto presentes individualmente no substrato, não havendo interação positiva entre os microsimbiontes.

É evidente que a presença de fungos micorrízicos e rizóbios no substrato pode auxiliar no desenvolvimento das mudas e no estabelecimento e manutenção destas após o transplante no campo. No entanto, na literatura consultada não foram observadas pesquisas que abordam a ação dos rizóbios e fungos micorrízicos arbusculares em plantas de *Anadenanthera macrocarpa* propagadas vegetativamente.

Também, fica evidente que em espécies lenhosas a maioria dos estudos com relação ao uso de reguladores de crescimento, qualidade do substrato e a ação dos cofatores de enraizamento na propagação vegetativa são direcionados para as espécies exóticas de alta produtividade. No Brasil, as técnicas de propagação vegetativa de espécies nativas, ainda, encontra-se em fase inicial de pesquisa (XAVIER et al., 2009). No entanto, já se percebe a importância e o interesse que vem sendo despertados para essa área perante o potencial representado por estas espécies.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2009. 500p.

ALLEN, O.N.; ALLEN, E.K. **The leguminosae. A source book of characteristics, uses and nodulation**. Madison: The University of Wisconsin Press, 1981. 812p.

ALMEIDA, F. D. de; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M. Propagação vegetativa de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. por estaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 445-453, 2007.

ANTUNES, L. E. C.; HOFFMANN, A.; RAMOS, J. D.; CHALFUN, N. N. J.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. F. de. Efeito do método de aplicação e de concentrações do ácido indol butírico no enraizamento de estacas semilenhosas de *Pyrus calleryana*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 18, n. 3, p. 371-376, 1996.

BANDEIRA, F. S. **Enxertia in vitro de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis***. 2004, 65f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

BERBARA, R. L. L., de SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos Micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição. In "Nutrição Mineral de Plantas" (M. S. Fernandes, ed.), p. 53-88. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, Brasil, 2006.

BORGES JUNIOR, N.; MARTINS-CORDER, M. P. Efeito do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 223-227, 2002.

BORGES, S. R. **Micropropagação e enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus glóbulos***. 2009, 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; ARAUJO, M. A.; PIRES, P. P. Ácido indolbutírico em gel para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii*



Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 153-158, 2008.

CANDIDO, J. F.; GOMES, J. M. **Angico-vermelho**. Viçosa: UFV, 1996. 90p. (Boletim de extensão, 5).

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; CARVALHO, S. A. B.; JUNIOR, O. J. S. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no sudeste do Brasil. **CERNE**, Lavras, v.4, n.1, p.129-145, 1998.

CARRENHO, R.; TRUFEM, S.F.B.; BONONI, V.L.R. Fungos micorrízicos arbusculares em rizosferas de três espécies de fitobiontes instaladas em área de mata ciliar revegetada. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 15, n.1, p.115-124, 2001.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Colombo: Embrapa-CNPQ; Brasília, D.F.: Embrapa-SPI, 2003. 1039p.

CASTRO, W. H. **Propagação vegetativa do jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) e do pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr.) por estaquia**. 2011, 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

CÉZAR, T. M.; SOUZA, F. C. de; MACIEL, R. T.; DEMBISKI, W.; ZUFFELLATO – RIBAS, K. C.; RIBAS, L. L. F.; KOEHLER, H. S. Estaquia e alporquia de *Tibouchina fothersgillae* (D.C.) Cogn. (Melastomataceae) com a aplicação de ácido naftaleno acético. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.6, p.463-468, 2009.

CHAER, G. M.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F.; FARIA, S. M. de; BODDEY, R. M. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. **Tree Physiology**, Oxford, v. 31, p. 139-149, 2011.

CHAVES, L. L. B.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G. Crescimento de mudas de angico vermelho produzidas em substrato fertilizado, constituído de resíduos agro-industriais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 72, p. 49 – 56, 2006.

CORDEIRO, A. M.; TROVÃO, D. M. de B. M. Espécies ameaçadas de extinção no Cariri Paraibano: uma visão etnobotânica. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 51., 2000, Brasília. **Resumos...** Brasília: Sociedade Botânica do Brasil. 2000. p. 203.

CUNHA, A. C. M. C. M. da; WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Influência da concentração do regulador de crescimento para enraizamento AIB na formação de mudas de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax por estaquia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 49, p. 17-29, 2004.

CUNHA, A. C. M. C. M. da; WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Miniestaquia em sistema de hidroponia e em tubetes de corticeira-do-mato. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 85-92, 2008.

DOMINGOS, D. M.; WENDLING, I. Sobrevivência e vigor vegetativo de plantas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.- Hil.) enxertadas diretamente a campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 107, 2006.

- ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARDWIID, C.; Van WYK, G. **Eucalypt domestication and breeding**. Oxford: Clarendon Press, 1994. 246 p.
- FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R. de L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. 2. ed. Pelotas: Ufpel, 1995. 178p.
- FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C.. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2005. 221p.
- FAYE, A.; KRASOVA-WADE, T.; THIAO, M.; THIOULOUSE, J.; NEYRA, M.; PRIN, Y.; GALIANA, A.; NDOYE, I.; DREYFUS, B.; DUPONNOIS, R. Controlled ectomycorrhization of an exotic legume tree species *Acacia holosericea* affects the structure of root nodule bacteria community and their symbiotic effectiveness on *Faidherbia albida*, a native Sahelian Acacia. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 41, p.1245-1252, 2009.
- FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. 1 ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 22 p.
- FERREIRA, B. G. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S.; NOGUEIRA, A. C. Miniestaquia de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax com o uso de ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 19-31, 2010.
- FERRIANI, A. P. **Estaquia de vassourão-branco (*Piptocarpha angustifolia* Dusén) com uso de ácido indol butírico**. 2006. 99f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Produção Vegetal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2006.
- GOMES, J.M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e de dosagens de NPK**. 2001. 166f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) –, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.
- GOULART, P. B. **Influência do acondicionamento, antioxidantes, auxinas e seus cofatores no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* X *E. urophylla***. 2006, 125f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
- GRATIERI-SOSSELLA, A.; PETRY, C.; NIENOW, A. A. Propagação da corticeira do banhado (*Erythrina crista-galli* L.) (FABACEAE) pelo processo de estaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.1, p. 163-171, 2008.
- HARLEY, J.L.; SMITH, S.E. **Mycorrhizal symbiosis**. New York: Academic Press, 1983. 483p.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, J. R. R. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 7.ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880p.
- HATA, S.; KOBAYASHI, Y.; BANBA, M. Interactions between plants and arbuscular mycorrhizal fungi. **International Review of Cell and Molecular Biology**, Tennessee, v. 81, p. 1-48, 2010.

HEBERLE, M. **Propagação *in vitro* e *ex vitro* de louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrabida ex Steudel)**. 2010. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

HIGASHI E.N., SILVEIRA R.L.V.A., GONÇALVES A.N. **Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e a sua evolução no Brasil**. Piracicaba: IPEF, n. 2000. 11 p. (Circular Técnica, 1992)

INOUE, M. T.; PUTTON, V. Macropropagação de 12 espécies arbóreas da floresta ombrófila mista. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 37, n. 1, p. 55-61, 2007.

JEFFRIES, P.; GIANINAZZI, S.; PEROTTO, S.; TURNAU, K.; BAREA, J.M. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. **Biology and Fertility of Soils**, Firenze, n. 37, p. 1-16. 2003.

KHADE, S. W.; RODRIGUES, B. F. Applications of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, Yucatán, v. 10, p. 337 – 354, 2009.

KRATZ, D.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. E.; DUTRA, L. F. Propagação assexuada de *Cupressus lusitanica*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 62, p. 161-164, 2010.

LEANDRO, R. C.; YUYAMA, K. Enraizamento de estacas de castanha-de-cutia com uso de ácido indolbutírico. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n.4, p. 421-430, 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação de plantas arbóreas do Brasil**. 4 ed. Nova Odessa: Plantarum, 2002, 290p.

MARTÍNEZ, E. R. Coevolution in Rhizobium-legume symbiosis?. **DNA Cell Biol**, San Diego, v.28, p. 60-70, 2009.

MELO, L. A. de. **Armazenamento, aplicação de antioxidantes e otimização do tempo em casa de vegetação no enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus grandis***. 2009, 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

MIRANDA, J. C. C. de; MIRANDA L. N. de. Produção de mudas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em viveiros. **Embrapa Cerrados**, Planaltina, n. 24, p. 1-2, 2001.

NAZARO, P.; WENDLING, I.; SOUZA, L. P. de. Enraizamento de estacas de *Luehea divaricata* sob diferentes concentrações de ácido indolbutírico. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.54, p.139-143, 2007.

NEVES, T. S. et al. Enraizamento de corticeira-da-serra em função do tipo de estaca e variações sazonais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 12, p.1699-1705, 2006.

OLIVEIRA, M. C. de; RIBEIRO, J. F.; RIOS, M. N. da S. **Enraizamento de estacas para a produção de mudas de espécies nativas de mata de galeria**. Brasília: EMBRAPA, 2001. 4 p. (Recomendação Técnica, 41)

PACHECO, J. P.; FRANCO, E. T. H. Ácido indolbutírico em diferentes diâmetros na estaquia de *Luehea divaricata*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.6, p.1624-1629, 2008.

PEREIRA, E. G.; SIGUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; PURCINO, A. A. C. Efeitos da micorriza e do suprimento de fósforo na atividade enzimática e na resposta de espécies arbóreas ao nitrogênio. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.8, n.1, p. 59-65,1996.

PEREIRA, E.G.; SIQUEIRA, J.O., VALE, F.R.; CURI, N. ; MOREIRA, F.M.S. respostas de Leguminosas arbóreas nativas da região dos Campos das vertentes (MG) à adubação nitrogenada e fungos endomicarrizicos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 1994. **Resumos...** Londrina: SBMS,1994b 162p. 1994. p. 99-100.

PESCADOR, R.; VOLTONI, A. C.; GIRARDI, C. G.; ROSA, F. A. F. da. Estaquia de Pariparoba-do-Rio Grande do Sul sob efeito do ácido indol-butírico em dois substratos. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 391-398, 2007.

PIO, R. et al. Enraizamento de estacas apicais de figueira tratadas com sacarose e ácido indolbutírico por imersão rápida. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 1, p. 35-38, 2003.

RAPAKA, V.K. et al. Diurnal carbohydrate dynamics affect postharvest ethylene responsiveness in portulaca (*Portulaca grandiflora* 'Yubi Deep Rose') unrooted cuttings. **Postharvest Biology and Technology**, Philippines, v. 44, p. 293-299, 2007.

RÊGO, G. M.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; SILVA, C. A. de. Enraizamento de estacas caulinares da corticeira-do-mato (*Erythrina falcata* (Benth) – Fabaceae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 13., 2003, Gramado. **Anais...** Gramado: ABRATES. 2003. p.65.

REIS, J. M. R. *et al.* Efeito do estiolamento e do ácido indol butírico no enraizamento de estacas do porta-enxerto *Pyrus calleryana* Dcne. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 931-938, 2000.

ROCHA, F. S.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. da; LIMA, W. L. de. Dependência e resposta de mudas de cedro a fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.1, p.77-84, 2006.

ROCHA, F. T.; LOPEZ, G. A. C.; SPEGEORIN, L.; YOKOMIZO, N. K. S.; MONTAGNA, R. G.; FLORSHEIM, S. M. B. Durabilidade natural de madeiras em contato com o solo: V – avaliação final (20 anos). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 59-66, 2000.

SANTIN, D.; WENDLING, I.; BENEDETTI, E. L.; BRONDANI, G. E.; REISSMANN, D. M.; ROVEDA, L. F. Poda e anelamento em erva-mate (*Ilex paraguariensis*) visando à indução de brotações basais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 56, p. 97-104, 2008.

SANTOS, D. R. dos; COSTA, M. da C. S.; MIRANDA, J. R. P. de; SANTOS, R. V. Micorriza e rizóbio no crescimento e nutrição em N e P de mudas de angico-vermelho. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.21, n.1, p.76-82, 2008.

SANTOS, G. A. **Propagação vegetativa de mogno, cedro rosa, jequitibá rosa e angico vermelho por miniestaquia**. 2002. 75f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2002.

SANTOS, G. A.; XAVIER, A.; WENDLING, I.; OLIVEIRA, M. L. Enraizamento de miniestacas de Jequitibá rosa, Sete cascas e Mogno (Resultados Preliminares). In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10., 2000, Viçosa, MG. **Anais ...** Viçosa, MG: UFV, 2000. p. 63.

SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A. Produção de mudas de acácia colonizadas com micorrizas e rizóbio em diferentes recipientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 173-178, 2003.

SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A.; RODRIGUES, L. A. Crescimento de mudas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis*, inoculadas com fungos micorrízicos, em casa de vegetação e em cava-de-extração de argila. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 171-178, 2010.

SILVA, A. A. da. Propagação vegetativa de essências florestais nativas. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 16, p.934-947. Edição de Congresso Nacional sobre Essências Florestais Nativas, Campos do Jordão, SP, 1982.

SILVA, M. O. C. B. da. **Estaquia caulinar de *Ateleia glazioveana* Baillon, Leguminosae – Papilionoideae**. 2007, 108f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2007.

SILVA, R. F. da; ANTONIOLLI, Z. I.; LEAL, L.; SILVA, A. S. da. Ocorrência de fungos micorrízicos em espécies florestais na região central do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.15, n.1-4, p.65-70, 2009.

SILVA, R. L.; OLIVEIRA, M. L. de; MONTE, M. A. XAVIER, A. Propagação clonal de guanandi (*Calophyllum brasiliense*) por miniestaquia. **Agronomía Costarricense**, San José, v. 34, n. 1, p. 99-104, 2010.

SILVEIRA, C. E. PAULA, D. P. Micropropagação de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan (angico). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 49., 1998, Salvador. **Resumos...** Salvador: Sociedade Brasileira de Botânica. 1998. p.100.

SIMÃO, E.; NAKAMURA, A.T.; TAKAKI, M. Época de colheita e capacidade germinativa de sementes de *Tibouchina mutabilis* (Vell.) Cogn. (Melastomataceae). **Biota Neotropica**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 67-73, 2007.

SOUZA, J. C. A. V. de; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. de A.; TEIXEIRA, S. L.; BALBINOT, E. Propagação vegetativa de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 205-213, 2009a.

SOUZA, R. C. de; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, E. M. R. da S.; MENEZES, L. F. T. de. Produção de mudas micorrizadas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. em diferentes substratos. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 1, p. 197-206, 2009b.

VALMORBIDA, J.; BOARO, C. S. F.; LESSA, A. O.; SALERNO, A. R. Enraizamento de estacas de *Trichilia catigua* A. Juss (catigua) em diferentes estações do ano. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 435-442, 2008.

WENDLING, I. **Propagação vegetativa de Erva Mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): estado da arte e tendências futuras**. Colombo, PR: EMBRAPA Florestas, 2003. 45 p.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. Produção e sobrevivência de miniestacas e minicepas de erva-mate cultivadas em sistema semi-hidropônico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.2, p.289-292, 2007.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; HOFFMANN, H. A.; BETTIO, G.; HANSEL, F. Indução de brotações epicórmicas ortotrópicas para a propagação vegetativa de árvores adultas de *Araucaria angustifolia*. **Agronomia Costarricense**, San José, v. 33, p. 309-320, 2009.

WENDLING, I.; FERRARI, M.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de corticeira-domato (*Erythrina falcata* Bentham) por miniestaquia a partir de propágulos juvenis**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. p. 130. (Comunicado técnico, 6).

WENDLING, I.; GATTO, A.; PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. **Substratos, Adubação e Irrigação na Produção de Mudanças**. Viçosa, MG: Editora Aprenda Fácil, v. 2, 2002. 145 p.

WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) por miniestaquia de material juvenil. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE. 3., 2003, Chapecó. **Anais...** Chapecó, SC: Epagri, 2003. p.60

XAVIER, A.; SANTOS, G. A.; OLIVEIRA, M. L. Enraizamento de miniestaca caulinar e foliar na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 351-356, 2003b.

XAVIER, A.; SANTOS, G.A.; WENDLING, I; OLIVEIRA, M.L. Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 139-143, 2003a.

XAVIER, A.; WENDLING, I. **Miniestaquia na clonagem de *Eucalyptus***. Viçosa, MG: SIF, 1998. 10 p. (Informativo Técnico, 11).

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal - princípios e técnicas**. Viçosa: UFV, 2009. 272p.

ENDRES, L.; MARROQUIM, P. M. G.; SANTOS, C. M.; SOUZA, N. N. F. Enraizamento de estacas de Pau-Brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) tratadas com ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.3, 2007.

**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE PROGÊNIES DE MEIO-IRMÃOS DE  
ANGICO-VERMELHO (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) POR  
MINIESTAQUIA**

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da técnica de miniestaquia na propagação vegetativa de progênies de meio-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan), por meio da produção de brotações e sobrevivência das minicepas, enraizamento das miniestacas apicais e intermediárias tratadas com diferentes doses do AIB (0; 2000; 4000 e 6000 m L<sup>-1</sup>), assim como determinação da velocidade de enraizamento em casa de vegetação. As minicepas foram obtidas a partir de mudas produzidas via sementes de seis progênies de meio-irmãos de angico-vermelho, nas quais se promoveram podas e coletas sucessivas de miniestacas, sendo avaliada a produção de brotações e a sobrevivência das minicepas em sistema semi-hidropônico a cada 26 dias. As avaliações do efeito do AIB foram realizadas na saída da casa de vegetação (30 dias) e da casa de sombra (40 dias) para sobrevivência e exposição de raízes na extremidade inferior do tubete. Na fase de crescimento, a pleno sol aos 70 dias após o estaqueamento, foi avaliado o percentual de sobrevivência, enraizamento, altura, diâmetro de colo, número de raízes e massa seca da parte aérea e da raiz das miniestacas enraizadas. Na velocidade de enraizamento foi quantificada: a porcentagem de miniestacas com algum grau de modificação, a porcentagem de miniestacas enraizadas e a porcentagem de miniestacas com raízes maiores que 10 cm de comprimento. As minicepas apresentaram produtividade de 1,2 a 3,7 miniestacas/minicepa/coleta e sobrevivência de 84% a 98% ao longo das seis coletas realizadas. As miniestacas apicais foram superiores em relação às intermediárias, com maior predisposição ao enraizamento, no entanto o AIB não teve efeito significativo sobre o enraizamento das progênies estudadas. Quanto à velocidade de enraizamento os resultados indicaram variação entre as progênies. Conclui-se, que a miniestaquia demonstra ser viável tecnicamente para a propagação vegetativa de progênies de meio-irmãos de *Anadenanthera macrocarpa*.

**Palavras-chave:** Propagação de plantas; enraizamento; silvicultura clonal.

## 1. INTRODUÇÃO

O angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) é a espécie de angico com maior abrangência geográfica no Brasil. É uma árvore da família Mimosaceae (Leguminosae – Mimosoideae) e apresenta expressiva regeneração natural, ocorrendo indiferentemente em solos secos e úmidos, apresentando crescimento de moderado a rápido (CARVALHO, 2003). De acordo com Lorenzi (2002), a característica de rápido crescimento a torna interessante para ser aproveitada em reflorestamentos de áreas degradadas, bem como para a produção de lenha e carvão de alta qualidade.

Apesar da grande exploração do angico-vermelho para suprir a demanda de produtos derivados da madeira, ainda não existe na literatura um programa de silvicultura clonal específico para a espécie. No entanto, devido às pressões ambientais e a necessidade de produtos madeireiros para o mercado consumidor, estudos relacionados à silvicultura de espécies potenciais para a utilização em plantios puros, recuperação de áreas degradadas e conservação de germoplasma estão sendo realizados gradualmente (WENDLING et al., 2005; PESCADOR et al., 2007; CUNHA et al., 2008; CÉSAR et al., 2009; FERREIRA et al., 2010).

A propagação do angico-vermelho atualmente é realizada por via sexuada, porém, o uso dessa forma de propagação limita a produção comercial de mudas, visto que as sementes são recalcitrantes (CARVALHO, 2003), além de outros fatores que complicam a propagação sexuada de espécies florestais nativas em viveiros, como a definição da época ideal da colheita das sementes, ponto de maturidade do fruto compatível com a maturidade da semente (SIMÃO et al., 2007). Alia-se, também, a elevada taxa de fecundação cruzada apresentada pelas espécies florestais, devido sua natureza heterozigótica, resultando em grande variabilidade genética entre e dentro da progênie (FERRARI et al., 2004).

Diante disso, as técnicas de propagação vegetativa vem de encontro aos objetivos de superação das dificuldades na propagação de espécies nativas, podendo ser utilizadas para diversos fins comerciais e auxiliar a conservação de recursos genéticos florestais. Dentre as técnicas de propagação vegetativa, a miniestaquia vem sendo utilizada com sucesso na maximização da propagação clonal em *Eucalyptus* (GOULART, 2006; BRONDANI et al., 2008; MELO, 2009; BORGES, 2009), a qual surgiu a partir do aprimoramento da estaquia, visando contornar as dificuldades de



enraizamento de alguns clones (XAVIER et al., 2009), sendo as minicepas oriundas de estacas ou de mudas provenientes de sementes (WENDLING et al., 2003).

O número de miniestacas obtidas varia em função da espécie/clone, sistema e manejo do minijardim, condições ambientais e vigor fisiológico das minicepas. No entanto, existem alguns fatores que podem maximizar a eficácia da miniestaquia, a exemplo do uso de reguladores de crescimento que pode aumentar o enraizamento de propágulos vegetativos, sendo o ácido indol-3-butírico (AIB) o mais utilizado (BRONDANI et al., 2008). Outro fator que afeta o enraizamento é o tipo da estaca utilizada, pois há uma variação fisiológica ao longo do ramo, uma vez que estacas provenientes de diferentes porções do mesmo ramo tendem a diferir quanto ao enraizamento (FACHINELLO et al., 2005).

Pouco ou quase nada se conhece sobre a miniestaquia, como técnica de propagação vegetativa aplicada a espécies florestais nativas. Mas, existem trabalhos que apontam a viabilidade desta técnica para a produção de mudas, a exemplo dos trabalhos realizados com *Ilex paraguariensis* (WENDLING et al., 2007), *Erythrina falcata* (CUNHA et al., 2008), *Sapium glandulatum* (FERREIRA et al., 2010), *Calophyllum brasiliense* (SILVA et al., 2010).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da técnica de miniestaquia na propagação vegetativa de progênies de meio-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan), por meio da produção de brotações, sobrevivência das minicepas, enraizamento das miniestacas apicais e intermediárias tratadas com diferentes doses do AIB e da velocidade de enraizamento.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Material experimental**

Foram utilizadas como minicepas mudas originadas a partir da propagação via seminal, utilizando-se sementes de seis progênies de meio-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), procedentes de seis municípios da Zona da Mata Mineira (P1-Porto Firme, P12-Piranga, P17-Cajuri, P35-Santa Bárbara do Tugúrio, P45-Rio Pomba e P60-Guaraciaba). A seleção das matrizes e a coleta das sementes foram realizadas pela Sociedade de Investigação Florestal – SIF/UFV. As mudas e o estabelecimento do minijardim clonal foram feitos no Viveiro de Pesquisas do

Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa - UFV, no município de Viçosa - MG.

## **2.2. Estabelecimento e manejo do minijardim clonal**

Conforme a técnica de miniestaquia descrita em XAVIER et al. (2009) o minijardim clonal foi constituído de minicepas, obtidas pela propagação via seminal das seis progênes de *Anadenanthera macrocarpa*. As mudas foram produzidas em tubetes plásticos de 55 cm<sup>3</sup> de capacidade, contendo como substrato o composto orgânico comercial Mecplant<sup>®</sup>, sendo adicionado a cada m<sup>3</sup> do substrato 8 kg de superfosfato simples e 300 g de osmocote (na formulação 16-06-10). Foram semeadas três sementes por tubete e o raleio (aos 30 dias) foi efetuado onde houve a germinação de mais de uma semente. Ao atingirem altura média de 15 cm as mudas foram transferidas para o canaletão de areia e após 50 dias (período de adaptação e crescimento das mudas) tiveram seus ápices podados à altura de 10 cm da base, visando estimular a ocorrência de brotações nas minicepas, as quais forneceram as miniestacas para realização dos experimentos.

O minijardim foi estabelecido em sistema semi-hidrônico utilizando canteiro suspenso, sob cobertura com plástico transparente de polietileno. O canaletão constituiu de uma calha de cimento-amianto, com 7,5 m de comprimento e 0,8 m de largura, contendo no seu interior areia para a sustentação das minicepas. Estas foram alocadas no espaçamento de 10 x 10 cm, contendo um total de 96 minicepas por progênie. A nutrição mineral das minicepas constituiu-se de fertirrigação por gotejamento distribuída quatro vezes ao dia, numa vazão total diária de 4 L m<sup>-2</sup>.

A solução nutritiva utilizada na fertirrigação foi constituída pelas seguintes concentrações dos sais: nitrato de cálcio (0,920 g L<sup>-1</sup>), cloreto de potássio (0,240 g L<sup>-1</sup>), nitrato de potássio (0,140 g L<sup>-1</sup>), monoamônio fosfato (0,096 g L<sup>-1</sup>), sulfato de magnésio (0,364 g L<sup>-1</sup>), hidroferro (0,040 g L<sup>-1</sup>), ácido bórico (2,800 mg L<sup>-1</sup>), sulfato de zinco (0,480 mg L<sup>-1</sup>), sulfato de manganês (1,120 mg L<sup>-1</sup>), sulfato de cobre (0,100 mg L<sup>-1</sup>) e molibdato de sódio (0,040 mg L<sup>-1</sup>). A condutividade elétrica da solução nutritiva foi mantida em 2,0 mS m<sup>-2</sup>, a 25 °C.

## **2.3. Obtenção e enraizamento de miniestacas**

A partir das minicepas, em períodos regulares de 26 dias, foram obtidas miniestacas com comprimento entre 5 e 10 cm. Imediatamente após coletadas e preparadas, as miniestacas foram estaqueadas em casa de vegetação climatizada (com

umidade relativa do ar superior a 85% e temperatura entre 20 e 30 °C). Como recipientes, foram utilizados tubetes plásticos de 55 cm<sup>3</sup> de capacidade, contendo substrato comercial BioPlant<sup>®</sup>. A nutrição mineral de base utilizada no substrato foi composta de 8 kg m<sup>-3</sup> de superfosfato simples e 0,3 kg m<sup>-3</sup> de osmocote da formulação NPK (16-06-10).

O tempo de permanência das miniestacas em casa de vegetação foi de 30 dias, sendo posteriormente aclimatadas em casa de sombra com 50% de sombreamento durante 10 dias e transferidas para área de pleno sol para crescimento até completarem 70 dias. Na saída de casa de vegetação, foi feita uma adubação de cobertura aplicando-se 2 mL muda<sup>-1</sup> de fosfato monoamônico (2,0 g L<sup>-1</sup>), e na saída da casa de sombra aplicou-se 5 mL muda<sup>-1</sup> do formulado NPK (10-05-30) (6 g L<sup>-1</sup>).

## **2.4. Condução e avaliações experimentais**

### **2.4.1. Sobrevivência e produção das minicepas**

A cada 26 dias, época determinada em função da existência de brotações com tamanho mínimo para a confecção de miniestacas, as avaliações de sobrevivência e produção nas minicepas foi realizada observando-se o número de brotações por minicepa e o número de minicepas sobreviventes de cada progênie em função de seis podas sucessivas. Para tanto, utilizou como tratamentos seis progênies distribuídas no delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições de vinte minicepas cada. Os dados foram submetidos a análise de variância e teste de médias (Teste de Tukey a 5% de probabilidade), utilizando-se o software Estatística 8.0 (Statsoft inc. 2008).

### **2.4.2. Influência do AIB e do tipo de miniestaca**

Para avaliar a influência do regulador de crescimento AIB no enraizamento de miniestacas de angico-vermelho foram utilizados dois tipos de miniestacas, sendo um da porção apical com 10 cm de comprimento e outro da parte intermediária com 5 cm de comprimento, ambos contendo de um a dois pares de folhas, reduzidas a 25% de seu tamanho original.

Após o preparo das miniestacas apicais e intermediárias, essas tiveram suas bases (2 cm) mergulhadas na solução de AIB por um período de 10 segundos, antes de serem estaqueadas no substrato. Foi utilizado AIB (Sigma Co.) nas concentrações de 0;

2000; 4000 e 6000 mg L<sup>-1</sup>, na formulação líquida, dissolvido em hidróxido de potássio (KOH) a 1 mol L<sup>-1</sup> e diluído em água deionizada.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em arranjo fatorial 2 x 4 x 6, constituído de dois tipos de miniestacas (apicais e intermediárias), quatro doses de AIB ( 0; 2000; 4000 e 6000 mg L<sup>-1</sup>) e seis progênies, com quatro repetições compostas de 10 miniestacas por parcela. Os dados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância e teste de médias (Teste de Tukey a 5% de probabilidade), utilizando-se o software Estatística 8.0 (Statsoft inc. 2008).

Foram realizadas avaliações na saída da casa de vegetação (30 dias) e da casa de sombra (40 dias) para sobrevivência e a exposição de raízes na extremidade inferior do tubete. Aos 70 dias de idade foi avaliado o percentual de sobrevivência, enraizamento, altura, diâmetro de colo, número de raízes, e massa seca da parte aérea e da raiz das miniestacas enraizadas.

Para efeito das avaliações, foram consideradas enraizadas as miniestacas com raízes maiores ou iguais a 0,5 cm e com emissão de brotações na parte aérea. Para a contagem do número de raízes, foram consideradas as raízes emitidas diretamente da base das miniestacas. Na medição da altura e do diâmetro de colo foram consideradas as miniestacas com presença de raiz e de brotações, sendo a altura determinada com uma régua milimetrada, a partir do nível do substrato até a ponta da última folha, e o diâmetro de colo foi determinado ao nível do substrato, por um paquímetro de precisão. Para a obtenção da massa seca, a parte aérea foi individualizada da parte radicular e mantidas em estufa à temperatura de 55°C até peso constante.

### **2.4.3. Velocidade de enraizamento das miniestacas**

O ensaio para investigar a velocidade de enraizamento foi realizado conforme metodologia definida por Melo (2009), sendo quantificada em cada avaliação: a porcentagem de miniestacas com algum grau de modificação, a porcentagem de miniestacas enraizadas (raízes maiores ou iguais a 0,5 cm) e a porcentagem de miniestacas com raízes maiores que 10 cm de comprimento (estacas com raízes expostas na extremidade inferior do tubete). As miniestacas foram consideradas modificadas quando apresentavam alterações aparentes e possuíam uma predisposição ao enraizamento propriamente dito, tais como presença de pontos translúcidos, intumescimento da base da estaca, formação de calo e pontos de iniciação de raízes.

As avaliações foram feitas a cada 8 dias, a contar da data de estaqueamento até o 32º dia, sendo que durante este período as estacas permaneceram em casa de vegetação.

O experimento foi instalado no delineamento de blocos ao acaso, constituído por seis progênies, com quatro repetições de 40 miniestacas por parcela, sendo analisados 10 indivíduos por repetição.

Adicionalmente, foi feita avaliação qualitativa do comportamento das miniestacas durante o período em estudo. Nesta avaliação, características como a presença de reações de oxidação na base e formação de calos foram observados.

Os dados obtidos referentes à porcentagem de estacas com algum grau de modificação, enraizamento e raiz maior que 10 cm foram utilizados para o ajuste da melhor função que representasse a distribuição dos dados. As equações foram obtidas através do programa CurveExpert 1.3.

### **3 . RESULTADOS**

#### **3.1. Sobrevivência e produção das minicepas**

No geral, as minicepas apresentaram alta sobrevivência no decorrer das coletas, variando de 84% para a progênie 60 a 98% para a progênie P12, desde a primeira até a sexta coleta (Tabela 1). Com relação ao número de miniestacas por minicepa por coleta, observa-se aumento gradativo da produtividade de miniestacas da primeira até a terceira coleta, com posterior estabilização até a sexta (Tabela 1).

O número médio de miniestacas produzidas variou de 1,2 (para a progênie P60 na coleta 1) a 3,7 (para a progênie P12 na coleta 5), sendo a produtividade média das minicepas por m<sup>2</sup> do minijardim de 220 miniestacas por coleta. Nota-se a existência de variação na produtividade de miniestaca/minicepa/coleta nas progênies estudadas, indicando possível diferença genética entre as mesmas quanto a capacidade de emissão de brotações.

**Tabela 1** – Sobrevivência (SOB) e número de miniestacas coletadas por minicepa nas seis progênies (Prog.) de meio-irmãos de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan, em função da coleta sucessiva.

Característica	Prog.	COLETAS											
		1		2		3		4		5		6	
SOB (%)	P1	94,8	aA*	94,8	abA	94,8	abA	94,8	abA	94,8	abA	93,9	abA
	P12	97,9	aA	97,9	aA	97,9	aA	97,9	aA	97,9	aA	97,9	aA
	P17	90,8	abA	90,8	abA	90,8	abA	90,8	abA	90,8	abA	90,8	abA
	P35	93,8	abB	93,8	aA	93,8	aA	93,8	aA	93,8	aA	93,8	aA
	P45	96,9	aA	96,9	aA	96,9	aA	96,9	aA	96,9	aA	96,9	aA
	P60	84,4	bA	84,4	bA	84,4	bA	84,4	bA	84,4	bA	84,4	bA
Nº de miniestacas /minicepa	P1	1,3	abB	1,4	aB	2,0	bA	2,2	cA	2,5	bA	2,3	bA
	P12	1,5	abB	1,5	aB	2,6	aA	3,1	aA	3,7	aA	3,6	aA
	P17	1,3	abB	1,8	aB	2,4	abB	2,8	abA	3,1	abA	2,6	bAB
	P35	1,4	abB	1,4	aB	2,0	bA	2,3	cA	2,5	bA	2,3	bA
	P45	1,6	aB	1,5	aB	2,7	aA	2,4	bcA	2,6	bA	2,4	bA
	P60	1,2	bB	1,8	aB	2,1	bAB	2,3	cA	2,8	bA	2,4	bA

\*Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na coluna dentro de uma mesma coleta e médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na linha dentro de uma mesma progênie, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.2. Influência do AIB e do tipo de miniestaca

Foi observado que a interação entre doses de AIB, tipo de miniestaca e progênies não foi significativa ( $F > 0,05$ ), assim como para o fator AIB, não foi observada significância para nenhuma variável. Entretanto, observou-se que a interação entre tipo de miniestacas e as progênies das matrizes selecionadas foi significativa para quase todas as características avaliadas, com exceção para a altura e o diâmetro de colo (Tabela 2). Com exceção da massa seca da parte aérea, observa-se a existência de respostas diferenciadas entre as progênies para as características analisadas, (Tabela 2), sugerindo a existência de variabilidade genética entre as mesmas quanto ao enraizamento adventício.

A interação entre tipo de miniestaca e progênie (Tabela 3), demonstrou que independente da progênie e da variável analisada, a miniestaca apical apresenta médias superiores à miniestaca intermediária para a sobrevivência, raiz observada na extremidade inferior do tubete na saída da casa de vegetação e da casa de sombra. Este resultado se manteve para número de raízes, massa seca da parte aérea e da raiz. Quanto ao enraizamento final, a pleno sol, foram observados valores variando de 66,7% a 85,5% para miniestacas apicais e 45,8% a 73,6% para miniestacas intermediárias.

**TABELA 2** – Análise de variância das características de sobrevivência (SOB), raiz observada na extremidade inferior do tubete (ROEIT), enraizamento (ENR), altura (ALT), diâmetro de colo (DC), número de raízes (NR), massa seca da parte aérea (PA) e da raiz (PR), observadas no enraizamento de miniestacas de progênies de meio-irmãos (Prog.) de *Anadenanthera macrocarpa*, após 30 dias de permanência em casa de vegetação, 10 dias na casa de sombra e 30 dias a pleno sol, em função do tipo de miniestaca (TM) e doses de AIB (AIB).

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado médio									
		Casa de vegetação		Casa de sombra		Pleno sol					
		SOB	RET	SOB	ROEIT	ENR	ALT <sup>(1)</sup>	DC	NR	PA <sup>(1)</sup>	PR <sup>(1)</sup>
Bloco	3	33,0 <sup>ns</sup>	623,6 <sup>ns</sup>	140,0 <sup>ns</sup>	79,0 <sup>ns</sup>	78,1 <sup>ns</sup>	0,011 <sup>ns</sup>	0,1765 <sup>ns</sup>	1,493 <sup>ns</sup>	0,0017 <sup>ns</sup>	0,0063 <sup>ns</sup>
TM	1	416,0*	11524,3*	14963,7*	6918,0*	11915,2*	0,324*	0,9921*	26,442*	0,0246 <sup>ns</sup>	0,1181*
Prog.	5	685,0*	6562,9*	1706,1*	1607,0*	1960,2*	0,019 <sup>ns</sup>	0,8851*	16,086*	0,1968*	0,0801*
AIB	3	309,0 <sup>ns</sup>	161,4 <sup>ns</sup>	79,5 <sup>ns</sup>	479,0 <sup>ns</sup>	445,7 <sup>ns</sup>	0,028 <sup>ns</sup>	0,8968 <sup>ns</sup>	7,576 <sup>ns</sup>	0,0047 <sup>ns</sup>	0,0126 <sup>ns</sup>
AIB x TM	3	35,0 <sup>ns</sup>	22,5 <sup>ns</sup>	50,5 <sup>ns</sup>	20,0 <sup>ns</sup>	74,6 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	0,0956 <sup>ns</sup>	0,242 <sup>ns</sup>	0,0122 <sup>ns</sup>	0,0327 <sup>ns</sup>
AIB x Prog.	15	51,0 <sup>ns</sup>	297,0 <sup>ns</sup>	96,1 <sup>ns</sup>	294,0 <sup>ns</sup>	233,3 <sup>ns</sup>	0,026 <sup>ns</sup>	0,1076 <sup>ns</sup>	2,049 <sup>ns</sup>	0,0128 <sup>ns</sup>	0,0202 <sup>ns</sup>
TM x Prog.	5	249,0*	303,1*	100,1*	76,0*	300,1*	0,004 <sup>ns</sup>	0,0399 <sup>ns</sup>	2,100*	0,0062*	0,0647*
AIB x TM x Prog.	15	82,0 <sup>ns</sup>	303,9 <sup>ns</sup>	53,6 <sup>ns</sup>	89,0 <sup>ns</sup>	114,8 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	0,0494 <sup>ns</sup>	1,063 <sup>ns</sup>	0,0069 <sup>ns</sup>	0,0185 <sup>ns</sup>
Resíduo	141	60,0	239,7	137,8	118,0	180,1	0,010	0,0957	1,471	0,0081	0,0164
Média	-	94,0	55,0	62,0	79,0	61,78	2,37	1,85	4,45	0,27	0,25
CV <sub>exp</sub> (%)	-	8,24	18,15	18,93	13,75	21,72	4,22	16,72	3,26	13,33	21,22

ns e \*: não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; CV<sub>exp.</sub> coeficiente de variação experimental. <sup>(1)</sup> dados transformados por  $\sqrt{(x+0,5)}$  em virtude de não apresentarem normalidade pelo teste de Lilliefors a 5% de probabilidade.

**Tabela 3** – Sobrevivência (SOB), raiz observada na extremidade inferior do tubete (ROEIT), enraizamento (ENR), altura (ALT), diâmetro de colo (DC), número de raízes (NR), e massa seca da parte aérea (PA) e do sistema radicular (PR) de progênies (Prog.) de *Anadenanthera macrocarpa*, na saída da casa de vegetação (CV), casa de sombra (CS) e pleno sol (PS), em função do tipo de miniestaca (apical e intermediária) sem aplicação de AIB.

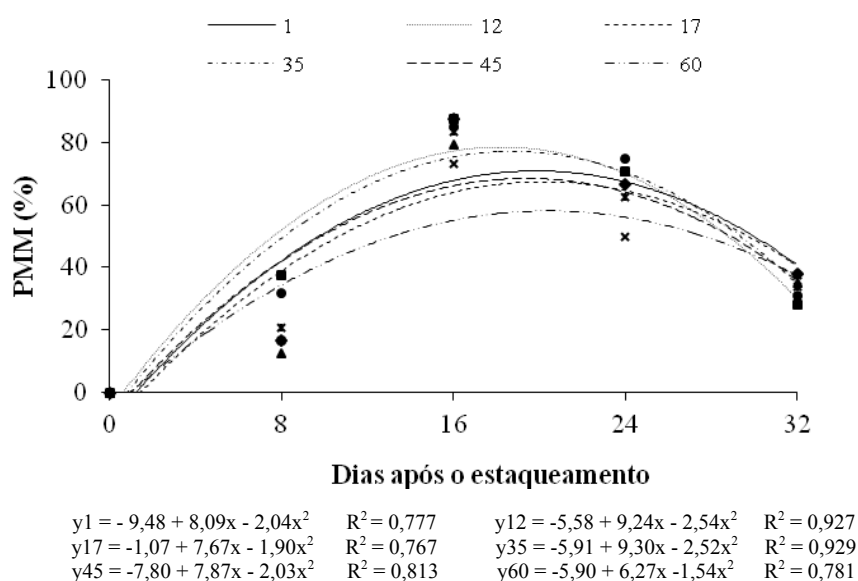
Prog.	Tipo	CV (30 dias)				CS (40 dias)				PS (70 dias)											
		SOB (%)		RET (%)		SOB (%)		ROEIT (%)		ENR (%)		ALT (cm)		DC (mm)		NR		PA (g)		PR (g)	
P1	Apical	96,9	aA*	70,0	aA	84,4	aB	75,0	aA	66,7	aB	10,5	aA	1,5	aA	4,2	aA	0,4	aA	0,2	aB
	Intermediária	96,9	aA	40,6	bB	75,0	bA	53,1	bB	62,5	bB	9,5	aA	2,1	aA	3,4	bB	0,2	bB	0,2	aB
P12	Apical	96,9	aA	66,0	aB	87,5	aA	78,1	aA	82,3	aA	10,0	aA	2,0	aA	5,6	aA	0,4	aA	0,3	aA
	Intermediária	93,8	bAB	56,3	bB	78,1	bA	59,4	bA	70,8	bA	9,0	aA	2,2	aA	4,6	bA	0,3	bA	0,3	aA
P17	Apical	90,6	aB	55,0	aC	71,9	aB	62,3	aB	75,0	aB	9,8	aA	1,5	aA	4,3	aA	0,3	aB	0,2	aB
	Intermediária	90,6	aB	50,0	bB	68,8	bAB	53,1	bB	62,5	bB	8,6	aA	1,9	aA	3,9	bB	0,2	bB	0,2	aB
P35	Apical	100,0	aA	74,0	aA	91,0	aA	76,0	aA	79,2	aAB	10,5	aA	1,8	aA	4,0	aA	0,4	aA	0,3	aA
	Intermediária	93,8	bAB	56,3	bAB	78,1	bA	58,0	bAB	68,5	bAB	9,4	aA	2,0	aA	4,5	aA	0,3	bA	0,2	bB
P45	Apical	100,0	aA	78,1	aA	90,6	aA	81,3	aA	85,5	aA	10,7	aA	1,8	aA	5,0	aA	0,4	aA	0,3	aA
	Intermediária	100,0	aA	75,0	bA	78,1	bA	65,6	bA	73,6	bA	9,0	aA	1,8	aA	2,9	bB	0,3	bA	0,2	bB
P60	Apical	93,8	aAB	48,0	aC	74,6	aB	65,6	aB	66,7	aB	10,0	aA	1,6	aA	5,1	aA	0,3	aB	0,3	aA
	Intermediária	85,7	bC	30,0	bC	59,4	bB	43,8	bC	45,8	bC	9,0	aA	1,5	aA	3,8	bB	0,2	bB	0,2	bB

\*Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, entre progênies e um mesmo tipo de miniestaca, e as seguidas de uma mesma letra minúscula dentro de uma mesma progênie não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



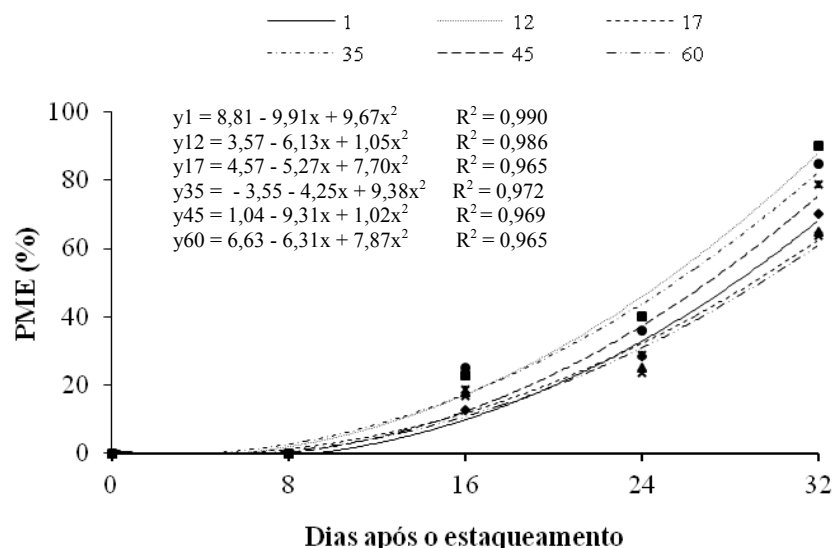
### 3.3.Velocidade de enraizamento das miniestacas

Segundo a tendência de distribuição dos dados de porcentagem de miniestacas com algum grau de modificação, o modelo que melhor representou a distribuição dos dados foi do tipo  $y = a + bx + x^2$  (Figura 1), em que  $y$  = porcentual de miniestacas modificadas e  $x$  = número de dias após o estaqueamento. Observa-se que há diferença para as progênes quanto à quantidade de miniestacas modificadas ao longo do tempo, sendo as progênes P12 e P35 as que apresentaram o maior porcentual de miniestacas com algum grau de modificação, enquanto a progênie P60 apresentou menor porcentual de miniestacas com algum grau de modificação ao longo do tempo.



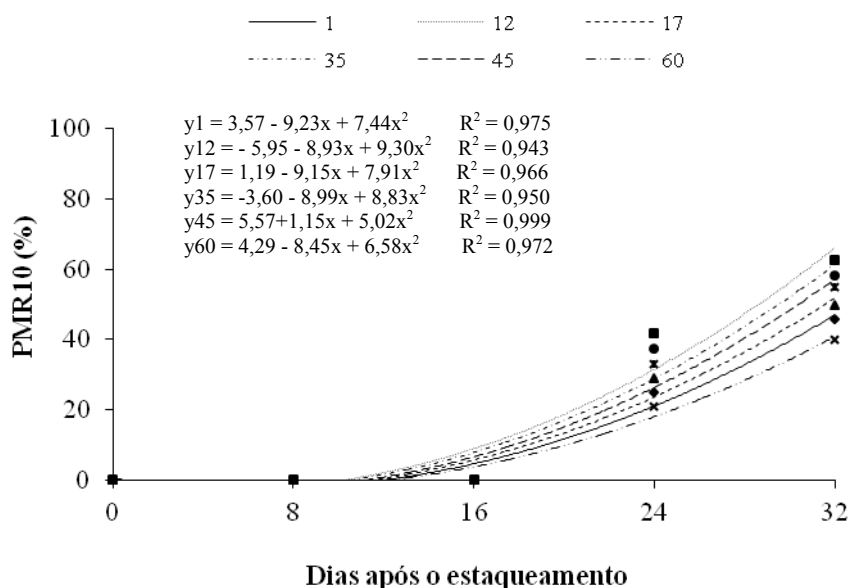
**Figura 1** – Porcentagem de miniestacas modificadas (PMM), em seis progênes de meio-irmãos de *Anadenanthera macrocarpa*, em função do tempo após o estaqueamento.

Com relação aos dados de enraizamento (Figura 2), o modelo que apresentou o melhor ajuste para a distribuição dos dados foi do tipo  $y = a + bx + x^2$ , em que  $y$  = porcentual de miniestacas enraizadas e  $x$  = número de dias após o estaqueamento. Para todas as progênes os gráficos apresentaram a mesma tendência, iniciando o enraizamento aproximadamente em 12 dias, com o máximo de enraizamento observado aos 32 dias. Dentre as progênes, observa-se que a progênie P12 apresenta enraizamento superior às demais, com 90 % de miniestacas enraizadas aos 32 dias após o estaqueamento.



**Figura 2** – Porcentagem de miniestacas enraizadas (PME), em seis progênies de meio-irmãos de *Anadenanthera macrocarpa*, em função do tempo após o estaqueamento.

Para os dados de raízes maiores que 10 cm, o modelo que apresentou o melhor ajuste para as progênies foi do tipo  $y = a + bx + x^2$ , em que  $y$  = porcentual de miniestacas com raízes maiores que 10 cm e  $x$  = número de dias após o estaqueamento. Em geral, observa-se que as progênies apresentaram comportamento semelhante, com o máximo de raízes maiores que 10 cm aos 32 dias, no entanto, com relação a quantidade de miniestacas com raízes maiores que 10 cm existem distinções entre as progênies, sendo a P12 a que apresenta maior porcentual, seguida da P35 (Figura 3).



**Figura 3** - Porcentagem de miniestacas com raízes maiores que 10 cm (PMM10), em seis progênies de meio-irmãos de *Anadenanthera macrocarpa*, em função do tempo após o estaqueamento.

Observa-se para porcentagem de miniestacas enraizadas e porcentagem de miniestacas com raízes maiores que 10 cm (Figura 2 e 3) tendência de aumento com o tempo, indicando que o enraizamento e o crescimento das raízes continuam após a saída das miniestacas da casa de vegetação.

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. Sobrevivência e produção das minicepas

A alta taxa de sobrevivência das minicepas no minijardim, ao longo das 6 coletas, evidencia que o método adotado no presente estudo, quanto à condução do minijardim clonal é tecnicamente viável, o qual possibilitou a produção de miniestacas de angico-vermelho em sucessivas coletas. Além disso, segundo Xavier et al. (2009), as condições de alto vigor fisiológico das miniestacas, resultantes do sistema de manejo adotado no minijardim clonal, também constituem fator de grande importância na propagação vegetativa.

Outros trabalhos com espécies florestais nativas, também, demonstram altos índices de sobrevivência das minicepas ao longo das coletas em sistema de minijardim, a exemplo de Xavier et al. (2003), que trabalhando com *Cedrela fissilis* não observaram mortalidade durante o período da experimentação. Ferriani (2006), também obteve para *Piptocarpha angustifolia*, taxa de mortalidade de apenas 2,3% de minicepas, após 5 coletas de miniestacas em intervalos médios de 35 dias. Cunha et al. (2008) obtiveram média de sobrevivência de 98,7% após oito coletas em minicepas de *Erythrina falcata*. Assim como em *Sapium glandulatum*, Ferreira et al. (2010), obtiverem sobrevivência média de 95%.

A mortalidade e menor produtividade observadas na primeira coleta, podem ter ocorrido em função da dificuldade inicial de adaptação da espécie ao sistema de condução semi-hidropônico, além da adaptação das minicepas à quebra de dominância apical após a primeira poda e a reorganização do sistema de crescimento ortotrópico para um sistema plagiotrópico. Deste modo, após a primeira coleta, as gemas dormentes tornaram-se ativas, resultando em maior estímulo ao crescimento (WENDLING e SOUZA JÚNIOR, 2003). Estes resultados corroboram com os encontrados em *Ilex paraguariensis* por Wendling et al. (2007), que observaram na primeira coleta os menores valores para a sobrevivência e produtividade das minicepas.

O número de brotos por minicepa variou entre as progênies, o que pode ser explicado em função dos diferentes genótipos. No geral, as progênies apresentaram

elevado potencial para emissão de brotações, superando em média, os resultados obtidos por Santos (2002) com angico-vermelho em sistema de jardim miniclinal em tubetes de 200 cm<sup>3</sup> de capacidade, com coletas a cada 30 dias, com média de 1,6 brotações por minicepa.

O número de brotações obtidas pode estar relacionado a utilização da fertirrigação, contendo solução de macro e micronutrientes favorável ao bom estado nutricional das minicepas assim como maior espaço físico explorado pelo sistema radicular, possibilitando boa produtividade de brotações durante o período experimental. A condição nutricional causa alterações nas condições fisiológicas da planta matriz contribuindo para o acúmulo de reservas, que podem incrementar o crescimento dos propágulos (PAIVA e GOMES, 1993).

O número de brotações obtidas ao longo das coletas, apresenta média semelhante às obtidas para outras espécies florestais nativas. Estudo de Ferriani (2006), por exemplo obteve para *Piptocarpha angustifolia* variação de 1,1 a 2,5 miniestacas/minicepa/coleta. Resultados semelhantes foram encontrados por Ferreira et al. (2010) em *Sapium glandulatum*, onde a produção de miniestacas por minicepa a cada coleta variou de 1,4 a 2,2. Em concordância, Cunha et al. (2008) obtiveram médias para a produção de brotação nas minicepas de *Erythrina falcata*, de 2,9 miniestacas/minicepa/coleta.

Em termos gerais, observou-se índices de sobrevivência e produtividade concordantes aos encontrados na literatura, demonstrando que o sistema semi-hidropônico adotado é tecnicamente viável, o qual possibilitou a coleta contínua de miniestacas visando a produção de mudas de *Anadenanthera macrocarpa*, via miniestaquia.

#### **4.2. Influência do AIB e do tipo de miniestaca**

Observou-se que as doses de AIB não influenciaram nas características avaliadas para o enraizamento adventício, resultado esse explicado, de maneira geral, pelo fato do material de estudo ser juvenil, com balanço hormonal endógeno favorável ao enraizamento. Assim, a juvenilidade do material vegetativo de *Anadenanthera macrocarpa* foi suficiente para induzir a formação de raízes adventícias com bom vigor, não sendo necessário o uso de reguladores vegetais, concordando com Hartmann et al. (2002) que declararam que a juvenilidade do material utilizado reúne condições favoráveis ao enraizamento.

Como relatado por Xavier et al. (2009) os ganhos advindos da aplicação dos reguladores de crescimento têm sido mais frequentes em materiais com maior dificuldade de enraizamento, seja por questões genéticas ou em função do estágio de maturação dos propágulos.

Assim como neste experimento, algumas espécies não necessitam de auxinas para o estímulo ao enraizamento de estacas e, ou, miniestacas, conforme constatado em Xavier et al. (2003), onde obtiveram 100% de miniestacas caulinares de *Cedrela fissilis* enraizadas sem a aplicação de regulador de crescimento. Também Wendling et al. (2005), estudando a produção de mudas de *Erythrina falcata*, Ferreira et al. (2010) estudando a miniestaquia de *Sapium glandulatum* e Silva et al. (2010) estudando a propagação de *Calophyllum brasiliense* por miniestaquia, utilizando propágulos juvenis oriundos de mudas produzidas por sementes, relatam que para o enraizamento das miniestacas, não foi necessário o uso de reguladores vegetais.

Desta forma, considerando as condições experimentais e o tipo de propágulo utilizado, tem-se a indicação de que *Anadenanthera macrocarpa* apresenta aptidão natural ao enraizamento de miniestacas, não justificando a aplicação de reguladores de crescimento para a indução de raízes adventícias.

Observou-se para o tipo de miniestaca, que as estacas apicais demonstraram ser mais responsivas ao enraizamento adventício que as miniestacas intermediárias, em função de apresentarem maior juvenilidade dos propágulos, havendo a formação mais rápida de raízes e de mudas com o sistema radicular bem mais estruturado.

Segundo Xavier et al. (2009), a estaca apical possui grau de maturação fisiológica e de lignificação menor do que a intermediária, sendo mais propensa à formação de raízes. Acrescenta-se que as auxinas são sintetizadas principalmente em regiões de crescimento ativo, como gemas terminais e primórdios foliares, o que contribuiria para a elevação dos níveis endógenos desse fitorregulador nas estacas apicais, refletindo em maior potencial de enraizamento (BORGES, 2009).

A variação observada entre progênies na formação de raízes adventícias pode ter ocorrido em função da diferença genética entre as progênies, possuindo controle genético ou mesmo devido a diferenças entre ritmos endógenos da planta relacionados a fatores fisiológicos e morfológicos. Segundo Mankessi et al. (2009) flutuações na capacidade rizogênica é capaz de ocorrer mesmo entre genótipos estreitamente aparentados, de acordo com um determinismo endógeno.

Em geral, a propagação vegetativa, via miniestaquia, de progênies de meio-irmãos de *Anadenanthera macrocarpa* utilizando miniestacas apicais provenientes de

minicepas de material juvenil, independente da progênie, demonstrou ser viável, não necessitando do uso de auxinas para induzir o enraizamento adventício.

#### **4.3. Velocidade de enraizamento das miniestacas**

Os dados obtidos demonstram que o grau de modificação das miniestacas reflete diretamente no enraizamento, sendo as progênies P12 e P35 as que apresentaram maior grau de modificação e maior enraizamento. Por outro lado, as progênies P60 e P01 apresentaram baixo grau de modificação e menor porcentual de miniestacas enraizadas. Segundo Hartmann et al. (2002) o processo de rizogênese necessita que os tecidos se desdiferenciem, com a reaquisição das células das propriedades meristemáticas e posterior rediferenciação em raízes adventícias. Portanto, quanto maior o grau de modificação na base da miniestaca e mais acelerado for este processo maior a possibilidade do enraizamento adventício da espécie.

A formação de raízes adventícias em estacas e miniestacas caulinares, sob o ponto de vista anatômico, envolve a formação de grupos de células meristemáticas (as iniciais da raiz), a diferenciação desses grupos de células em primórdios de raiz reconhecíveis e o desenvolvimento e a emergência das novas raízes, incluindo a ruptura de outros tecidos do caule e a formação de conexões vasculares com os tecidos condutores da estaca, refletindo em modificações na base das estacas (HARTMANN et al., 2002). Além disto, somente a partir da formação de primórdios radiculares reconhecíveis é possível observar o surgimento de raízes.

Com relação ao enraizamento, observou-se diferença entre as progênies quanto ao número de miniestacas enraizadas ao longo do tempo, no entanto observa-se que as progênies iniciam a emissão de raízes e chegam ao máximo de enraizamento na mesma época, diferindo apenas em quantidade de miniestacas enraizadas. Comparando o enraizamento do angico-vermelho com o de outras espécies a exemplo do *Eucalyptus* spp. (TITON et al., 2002; FERREIRA et al., 2004), observa-se que o angico-vermelho necessita de maior tempo em casa de vegetação em função do número de miniestacas enraizadas e do maior tempo para enraizamento.

Os resultados quanto ao percentual de raízes maiores que 10 cm, evidenciam que após o enraizamento, o crescimento das raízes é rápido atingindo em curto espaço de tempo a extremidade inferior do tubete. Esse crescimento acelerado das raízes pode ser em função do estado nutricional da planta, demonstrando que as miniestacas são capazes de oferecer carboidratos, hormônios e outras substâncias necessárias ao alongamento das raízes. Segundo Taiz e Zeiger (2006) quanto mais bem nutrida a planta

maior é o número de células produzidas pelos meristemas e mais longo será o eixo de crescimento.

No decorrer do experimento, independente da progênie, observou-se baixa incidência de oxidação e de calos na base das miniestacas, sendo constatada a emergência da maioria das raízes diretamente das miniestacas, sem a formação de calo. No entanto, Santos (2002) sugere em seu estudo que o baixo percentual de enraizamento das miniestacas de *Anadenanthera macrocarpa* ocorreu em função da produção de compostos fenólicos, causando a oxidação da base das miniestacas. A não oxidação da base das miniestacas no presente estudo pode ter ocorrido em função do alto vigor vegetativo das minicepas.

Constatou-se que existe diferença na velocidade de enraizamento das progênies de *Anadenanthera macrocarpa* estudadas, indicando que o tempo de permanência das miniestacas na casa de enraizamento também seja diferente. Portanto, o conhecimento da velocidade do enraizamento das miniestacas otimiza o uso das estruturas de propagação, visto estas serem retiradas no momento mais adequado, além de proporcionar melhor conhecimento na formação e crescimento do sistema radicular.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos para as progênies de *Anadenanthera macrocarpa* permitem concluir que:

- As progênies apresentaram diferentes resposta para as características analisadas, mostrando potencial quanto à regeneração vegetativa das minicepas, permitindo coletas sucessivas de brotações juvenis;
- A propagação vegetativa, via miniestaquia, de progênies de *Anadenanthera macrocarpa*, utilizando material juvenil, demonstra ser viável tecnicamente, não necessitando o uso de AIB no enraizamento das miniestacas;
- A velocidade de enraizamento das miniestacas indica diferenças entre as progênies quanto ao processo rizogênico, refletindo em diferença no tempo de permanência das miniestacas na casa de enraizamento.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORGES, S. R. **Micropropagação e enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus glóbulos***. 2009, 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.
- BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; ARAUJO, M. A.; PIRES, P. P. Ácido indolbutírico em gel para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 153-158, 2008.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa-CNPQ; Brasília, D.F.: Embrapa-SPI, 2003. 1039p.
- CÉZAR, T. M.; SOUZA, F. C. de; MACIEL, R. T.; DEMBISKI, W.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RIBAS, L. L.; KOEHLER, H. S. Estaquia e alporquia de *Tibouchina fothersgillae* (D.C.) Cogn. (Melastomataceae) com a aplicação de ácido naftaleno acético. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.6, p.463-468, 2009.
- CUNHA, A. C. M. C. M. da; WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Miniestaquia em sistema de hidroponia e em tubetes de corticeira-do-mato. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 85-92, 2008.
- FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C.. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2005. 221p.
- FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 22 p.
- FERREIRA, B. G. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S.; NOGUEIRA, A. C. Miniestaquia de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax com o uso de ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 19-31, 2010.
- FERREIRA, E. M.; ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G.; LEITE, H. G.; SARTORIO, R. C.; PENCHEL FILHO, R. M. Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.2, p.183-187, 2004.
- FERRIANI, A. P. **Estaquia de vassourão-branco (*Piptocarpha angustifolia* Dusén) com uso de ácido indol butírico**. 2006. 99f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Produção Vegetal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- GOULART, P. B. **Influência do acondicionamento, antioxidantes, auxinas e seus cofatores no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* X *E. urophylla***. 2006, 125f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, J. R. R. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 7.ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação de plantas arbóreas do Brasil**. 1 v., 4 ed. Nova Odessa: Plantarum, 2002, 290p.



MANKESSI, F.; SAYA, A.; BAPTISTE, C.; NOURISSIER-MOUNTOU, S.; MONTEUUIS, O. *In vitro* rooting of genetically related *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* clones in relation to the time spent in culture. **Trees**, Berlin, v. 23, n.5, p: 931-940, 2009.

MELO, L. A. de. **Armazenamento, aplicação de antioxidantes e otimização do tempo em casa de vegetação no enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus grandis***. 2009, 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 40 p.

PESCADOR, R.; VOLTONI, A. C.; GIRARDI, C. G.; ROSA, F. A. F. da. Estaquia de Pariparoba-do-Rio Grande do Sul sob efeito do ácido indol-butírico em dois substratos. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 391-398, 2007.

SANTOS, G. A. **Propagação vegetativa de mogno, cedro rosa, jequitibá rosa e angico vermelho por miniestaquia**. 2002. 75f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2002.

SILVA, R. L.; OLIVEIRA, M. L. de; MONTE, M. A. XAVIER, A. Propagação clonal de guanandi (*Calophyllum brasiliense*) por miniestaquia. **Agronomía Costarricense**, San José, v. 34, n. 1, p. 99-104, 2010.

SIMÃO, E.; NAKAMURA, A.T.; TAKAKI, M. Época de colheita e capacidade germinativa de sementes de *Tibouchina mutabilis* (Vell.) Cogn. (Melastomataceae). **Biota Neotropica**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 67-73, 2007.

SOUZA, J. C. A. V. de; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. de A.; TEIXEIRA, S. L.; BALBINOT, E. Propagação vegetativa de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 205-213, 2009.

STATSOFT INC. Statistica data analysis system version 8.0. Tulsa: Statsoft Inc., 2008.

TAIZ L.; E. ZEIGER. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2006, 690p.

TITON, M.; XAVIER, A.; OTONI, W. C. Dinâmica do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 665-673, 2002.

WENDLING, I. **Propagação vegetativa de Erva Mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): estado da Arte e Tendências Futuras**. Colombo, PR: EMBRAPA Florestas, 2003. 45 p.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. Produção e sobrevivência de miniestacas e minicepas de erva-mate cultivadas em sistema semi-hidropônico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.2, p.289-292, 2007.

WENDLING, I.; FERRARI, M.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de corticeira-do-mato (*Erythrina falcata* Benth) por miniestaquia a partir de propágulos juvenis**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. p. 130. Comunicado técnico.

WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) por miniestaquia de material juvenil. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE. 3., 2003, Chapecó. **Anais...** Chapecó, SC: Epagri, 2003. 60p.

XAVIER, A.; SANTOS, G.A.; WENDLING, I.; OLIVEIRA, M.L. Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, p.139-143, 2003

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal - princípios e técnicas**. Viçosa: UFV, 2009. 272p.

## **TIPO DE MINIESTACA E SUBSTRATO NA PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ANGICO-VERMELHO (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan)**

**RESUMO:** Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o comportamento de diferentes miniestacas (apical com 10 cm de comprimento, contendo de um a dois pares de folhas, reduzidas a 25% de seu tamanho original; intermediária com 5 cm de comprimento, contendo de um a dois pares de folhas, reduzidas a 25% de seu tamanho original; apical com 5 cm de comprimento, contendo de um a dois pares de folhas, reduzidas a 25% de seu tamanho original e apical com 10 cm de comprimento e com a folha inteira) e de diferentes substratos (vermiculita e substrato orgânico) no enraizamento de seis progênies de meio-irmãos de *Anadenanthera macrocarpa* pela miniestaquia a partir de minicepas de origem seminal. As avaliações foram realizadas na saída da casa de vegetação (30 dias) e da casa de sombra (40 dias) para sobrevivência e exposição de raízes na extremidade inferior do tubete. Na fase de crescimento a pleno sol aos 70 dias após o estaqueamento foi avaliado o percentual de sobrevivência, enraizamento, altura, diâmetro de colo, número de raízes, e massa seca da parte aérea e da raiz das miniestacas enraizadas. Observou-se para tipo de substrato e tipo de miniestacas diferença entre as progênies quanto as características analisadas. O substrato a base de vermiculita proporcionou melhores médias quanto à sobrevivência, enraizamento, altura, diâmetro do colo e peso de massa seca de raiz. De modo geral, para sobrevivência, enraizamento, número de raízes e massa seca da parte aérea e da raiz observou-se que independente da progênie a miniestaca apical com 10 cm de comprimento e com a folha inteira apresentou maiores médias. Conclui-se que a vermiculita e a miniestaca apical com 10 cm de comprimento e folha inteira mostraram-se mais adequadas à propagação vegetativa de *Anadenanthera macrocarpa* por miniestaquia, a partir de material seminal.

**Palavras-chave:** propagação de plantas; miniestaquia; enraizamento; silvicultura clonal.

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos a floresta nativa vem sendo fornecedora de produtos madeireiros para o comércio tanto interno quanto externo e, com a falta de reposição das áreas exploradas, houve significativa diminuição da oferta, principalmente das espécies de maior interesse madeireiro. A preocupação com o abastecimento de matéria-prima para carvão, e outros produtos derivados da madeira, assim como a obrigatoriedade da reposição florestal e as preocupações ambientais em relação à perda de material genético de grande valor e importância econômica e ecológica, tem conduzido aos estudos de espécies nativas potenciais para a utilização em plantios puros, recuperação de áreas degradadas e conservação de germoplasma.

Dentre as espécies nativas potenciais, destaca-se o angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan), uma árvore que apresenta madeira muito apreciada no mercado interno, especialmente pelo emprego na construção rural, civil e na produção de lenha e carvão (CARVALHO, 2003). No entanto, a produção comercial de mudas desta espécie ao longo do ano via seminífera tem sido limitada em razão das sementes apresentarem recalcitrância (CARVALHO, 2003).

Diante deste fato, a propagação assexuada tem sido uma opção para a produção de mudas de angico-vermelho, sendo os estudos com métodos de propagação vegetativa para a espécie, ainda, bastante superficiais e insuficientes.

Dentre as técnicas de propagação vegetativa, a miniestaquia destaca-se como método economicamente viável de produção de mudas clonais de *Eucalyptus* o qual tem permitido a uniformização dos plantios, maximização dos ganhos em produtividade e qualidade da madeira, além de proporcionar alto percentual de enraizamento (XAVIER et al., 2009).

Em plantas do gênero *Eucalyptus*, a miniestaquia se encontra bem estabelecida, no entanto, em se tratando de outras espécies florestais, principalmente as nativas brasileiras, são poucos os estudos utilizando a miniestaquia. Na literatura, exemplos de aplicação da miniestaquia foram realizados com *Ilex paraguariensis* (WENDLING et al., 2007), *Erythrina falcata* (CUNHA et al., 2008), *Toona ciliata* (SOUZA et al., 2009), *Sapium glandulatum* (FERREIRA et al., 2010), *Calophyllum brasiliense* (SILVA et al., 2010).

Segundo Xavier et al. (2009), entre os fatores que exercem influência no enraizamento de miniestacas estão o tipo de substrato e o tipo de miniestaca utilizado. De acordo com Fachinello et al. (2005), o tipo de estaca utilizado vai influenciar no

enraizamento, pois há uma variação fisiológica ao longo do ramo, principalmente, no teor de carboidratos e de substâncias promotoras e inibidoras do enraizamento, assim estacas obtidas de diferentes porções do ramo tendem a diferir quanto ao potencial de enraizamento num processo de produção de mudas.

Dentro do tipo de miniestaca deve-se observar a presença e o número de folhas, pois essas constituem fonte de auxinas e carboidratos importantes no processo de enraizamento (HARTMANN et al., 2002). Entretanto, as folhas podem, em alguns casos, prejudicar o enraizamento, devido à perda de água por transpiração e à presença de compostos inibidores do enraizamento provindos da área foliar (ASSIS e TEIXEIRA, 1998).

Outro fator que pode influenciar o enraizamento é o substrato, devido esse possuir as funções de sustentação das estacas durante o período de enraizamento e aeração adequada ao desenvolvimento das raízes, bem como proporcionar condições de umidade e nutrição para o crescimento do sistema radicial (XAVIER et al., 2009).

O substrato ideal para o enraizamento depende da espécie, do tipo de estaca, da época, do sistema de propagação, do custo e da disponibilidade de seus componentes (HARTMANN et al., 2002). Segundo Xavier et al. (2009), diversas são as opções de tipos de substrato, sendo os mais comuns nos viveiros de produção de mudas a areia, turfa, a serragem semidecomposta, casca de arroz carbonizada, o composto orgânico, a terra de subsolo, as fibras de coco, vermiculita, e a mistura entre estes.

Diante da importância do tipo de miniestaca e do substrato para o enraizamento, objetivou-se com o presente trabalho estudar o comportamento de tipos de miniestacas e substratos no enraizamento de progênies de meio-irmãos de angico-vermelho.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Material experimental**

Foram utilizadas como minicepas mudas originadas a partir da propagação via seminal, utilizando-se sementes de seis progênies de meio-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), procedentes de seis municípios da Zona da Mata Mineira (P1-Porto Firme, P12-Piranga, P17-Cajuri, P35-Santa Bárbara do Tugúrio, P45-Rio Pomba e P60-Guaraciaba). A seleção das matrizes e a coleta das sementes foram realizadas pela Sociedade de Investigação Florestal – SIF/UFV. As mudas e o estabelecimento do minijardim clonal foram feitos no Viveiro de Pesquisas do

Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa - UFV, no município de Viçosa - MG.

## **2.2. Instalação e manejo do minijardim clonal**

Conforme a técnica de miniestaquia descrita em XAVIER et al. (2009) o minijardim clonal foi constituído de minicepas, obtidas pela propagação via seminal de seis progênes de *Anadenanthera macrocarpa*. As mudas foram produzidas em tubetes plásticos de 55 cm<sup>3</sup> de capacidade, contendo como substrato Bioplant<sup>®</sup>, sendo adicionado 8 kg de superfosfato simples e 300 g de osmocote<sup>®</sup> (na formulação 16-06-10) por m<sup>3</sup> de substrato. Foram semeadas três sementes por tubete e o raleio (aos 30 dias) efetuado onde houve a germinação de mais de uma semente. Ao atingirem uma altura média de 15 cm (40 dias) as mudas foram transferidas para o canaletão de areia e, após 50 dias (período de adaptação e crescimento das mudas) tiveram seus ápices podados à altura de 10 cm da base, visando estimular a ocorrência de brotações nas minicepas, as quais forneceram as miniestacas para realização dos estudos.

O minijardim foi estabelecido em sistema semi-hidróponico utilizando canteiro suspenso, sob cobertura com plástico transparente de polietileno, sendo o canaletão composto por uma calha de cimento-amianto, com 7,5 m de comprimento e 0,8 m de largura, contendo no seu interior areia para a sustentação das minicepas. Utilizou-se 96 minicepas por progênie de cada matriz selecionada, alocadas no espaçamento de 10 x 10 cm, e com fertirrigação por gotejamento distribuída quatro vezes ao dia, numa vazão total diária de 4 L m<sup>-2</sup>.

A solução nutritiva utilizada na fertirrigação foi constituída pelas seguintes concentrações dos sais: nitrato de cálcio (0,920 g L<sup>-1</sup>), cloreto de potássio (0,240 g L<sup>-1</sup>), nitrato de potássio (0,140 g L<sup>-1</sup>), monoamônio fosfato (0,096 g L<sup>-1</sup>), sulfato de magnésio (0,364 g L<sup>-1</sup>), hidroferro (0,040 g L<sup>-1</sup>), ácido bórico (2,800 mg L<sup>-1</sup>), sulfato de zinco (0,480 mg L<sup>-1</sup>), sulfato de manganês (1,120 mg L<sup>-1</sup>), sulfato de cobre (0,100 mg L<sup>-1</sup>) e molibdato de sódio (0,040 mg L<sup>-1</sup>). A condutividade elétrica da solução nutritiva foi mantida em 2,0 mS m<sup>-2</sup>, a 25 °C.

## **2.3. Obtenção e enraizamento das miniestacas**

Em períodos regulares de 26 dias, as minicepas proporcionaram miniestacas com comprimento entre 5 e 10 cm, contendo de um a dois pares de folhas, reduzidas a 25% de seu tamanho original. Imediatamente após coletadas e preparadas, as miniestacas foram estaqueadas em casa de vegetação climatizada (com umidade relativa do ar

superior a 85% e temperatura média de 25 °C), utilizando como recipientes, tubetes plásticos de 55 cm<sup>3</sup> de capacidade preenchidos com substrato (vermiculita ou composto orgânico) e com adubação de base composta por 8 kg m<sup>-3</sup> de superfosfato simples e 300 g de osmocote (NPK – 16-06-10).

O tempo de permanência das miniestacas em casa de vegetação foi de 40 dias, sendo posteriormente aclimatadas em casa de sombra com 50% de sombreamento durante dez dias e transferidas para área de pleno sol para crescimento até completarem 80 dias. Na saída da casa de vegetação, foi feita adubação de cobertura aplicando-se 2 mL muda<sup>-1</sup> de fosfato monoamônico (2,0 g L<sup>-1</sup>), e na saída da casa de sombra aplicou-se 5 mL muda<sup>-1</sup> do formulado NPK (10-05-30) (6 g L<sup>-1</sup>).

## **2.4. Condução e avaliações experimentais**

### **2.4.1. Experimento 1: Efeito do substrato e tipo de miniestacas**

Foram utilizados os substratos vermiculita e substrato orgânico e dois tipos de miniestacas (apical e intermediária), no enraizamento adventício das progênies de angico-vermelho, em delineamento de blocos ao acaso, em arranjo fatorial 2 x 2 x 6, constituído dos dois tipos de miniestacas, dois tipos de substrato e seis progênies, com quatro repetições e 10 miniestacas por parcela. O tipo de recipiente, adubação e manejo das mudas foram conduzidos conforme especificado no item 2.3.

As avaliações realizadas na saída da casa de vegetação (40 dias) e da casa de sombra (50 dias) foram para sobrevivência e raízes observadas na extremidade inferior do tubete. Aos 80 dias de idade foi avaliado o porcentual de sobrevivência, altura, o diâmetro de colo, número de raízes e a massa seca da parte aérea e da raiz das miniestacas enraizadas. Os dados foram avaliados por meio de análise de variância e teste de médias (Teste de Tukey a 5% de probabilidade), utilizando-se o software Estatística 8.0 (Statsoft inc. 2008).

Para efeito das avaliações, foram consideradas enraizadas as miniestacas com raízes maiores ou iguais a 0,5 cm e com emissão de brotações na parte aérea. Para a contagem do número de raízes, foram consideradas as raízes emitidas diretamente da base das miniestacas. Na medição da altura e do diâmetro de colo foram consideradas as miniestacas com presença de raiz e de brotações, sendo a altura determinada com uma régua milimetrada, a partir do nível do substrato até a ponta da última folha, e o diâmetro de colo foi determinado ao nível do substrato, por um paquímetro de precisão.

Para a obtenção da massa seca, a parte aérea foi individualizada da parte radicular e mantidas em estufa à temperatura de 55°C até peso constante.

#### **2.4.2. Experimento 2: Tipos de miniestacas**

A partir das minicepas foram obtidas miniestacas com comprimento variando entre 5 e 10 cm, constituindo os seguintes tipos: MA10: apical com 10 cm de comprimento, contendo de um a dois pares de folhas, reduzidas a 25% de seu tamanho original; MI5: intermediária com 5 cm de comprimento, contendo de um a dois pares de folhas, reduzidas a 25% de seu tamanho original; MA5 apical com 5 cm de comprimento, contendo de um a dois pares de folhas, reduzidas a 25% de seu tamanho original e MA10i: apical com 10 cm de comprimento e com a folha inteira. Utilizou-se o substrato orgânico, sendo o tipo de recipiente, adubação e manejo das mudas conduzidas conforme especificado no item 2.3.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em arranjo fatorial 4 x 6, constituído de quatro tipos de miniestacas (MA10; MI5; MA5 e MA10i), e seis progênies, com quatro repetições compostas de 10 miniestacas por parcela.

As avaliações realizadas na saída da casa de vegetação (30 dias) e da casa de sombra (40 dias) foram quanto à porcentagem de sobrevivência e de raízes observadas na extremidade inferior do tubete. Aos 70 dias de idade foi avaliado o percentual de sobrevivência, altura, o diâmetro de colo, número de raízes e a massa seca da parte aérea e da raiz das miniestacas enraizadas. Os dados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância e teste de média (Teste de Tukey a 5% de probabilidade), utilizando-se o software Estatística 8.0 (Statsoft inc. 2008).

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Experimento 1: Efeito do substrato e tipo de miniestacas**

Foi observado que a interação entre tipo de substrato, tipo de miniestaca e progênie não foi significativa ( $F > 0,05$ ) (Tabela 1). Na saída da casa de vegetação e casa de sombra houve significância para os fatores tipo de miniestaca e progênie, de forma independente. Em pleno sol, houve significância para a interação entre progênie e tipo de substrato, e para o fator tipo de miniestaca independentemente (Tabela 1).



**Tabela 1** – Análise de variância das características de sobrevivência (SOB), raiz observada na extremidade inferior do tubete (ROEIT), enraizamento (ENR), altura (ALT), diâmetro de colo (DC), número de raízes (NR), massa seca da parte aérea (PA) e da raiz (PR), observadas no enraizamento de miniestacas de seis progênies de *Anadenantera macrocarpa*, após 40 dias de permanência em casa de vegetação, 10 dias na casa de sombra e 30 dias a pleno sol, em função do tipo de miniestaca (TM) e substrato (S).

Fonte de variação	GL	Quadrado médio									
		Casa de vegetação		Casa de sombra		Pleno sol					
		SOB	RET	SOB	ROEIT	ENR	ALT	DC	Nº raízes	PA	PR <sup>(1)</sup>
Bloco (B)	3	0,0095*	0,3229*	0,0199*	0,2263*	3,344 <sup>ns</sup>	1,297 <sup>ns</sup>	0,0268 <sup>ns</sup>	1,409 <sup>ns</sup>	0,0024 <sup>ns</sup>	0,1697 <sup>ns</sup>
Substrato (S)	1	0,0069 <sup>ns</sup>	0,0364 <sup>ns</sup>	0,0253 <sup>ns</sup>	0,0093 <sup>ns</sup>	4,029 <sup>ns</sup>	10,473*	1,3364*	0,080 <sup>ns</sup>	0,5701 <sup>ns</sup>	0,0028 <sup>ns</sup>
TM	1	0,0023*	1,6168*	0,0048*	0,4547*	43,336*	132,550*	0,8464*	5,934*	0,0519*	0,2350*
Progênie (P)	5	0,0264*	0,8637*	0,0423*	0,6351*	18,512*	13,268*	0,6392*	7,062*	0,0316*	0,3254 <sup>ns</sup>
S x TM	1	0,0004 <sup>ns</sup>	0,0072 <sup>ns</sup>	0,0011 <sup>ns</sup>	0,0097 <sup>ns</sup>	3,313 <sup>ns</sup>	5,802 <sup>ns</sup>	0,3209 <sup>ns</sup>	13,876 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>	0,4147 <sup>ns</sup>
S x P	5	0,0033 <sup>ns</sup>	0,0772 <sup>ns</sup>	0,0097 <sup>ns</sup>	0,0136 <sup>ns</sup>	8,234*	6,504*	0,1210*	12,477*	0,0123*	0,4372*
TM x P	5	0,0002 <sup>ns</sup>	0,1134 <sup>ns</sup>	0,0013 <sup>ns</sup>	0,0217 <sup>ns</sup>	4,397 <sup>ns</sup>	2,694 <sup>ns</sup>	0,0975 <sup>ns</sup>	1,422 <sup>ns</sup>	0,0065 <sup>ns</sup>	0,4477 <sup>ns</sup>
S x TM x P	5	0,0010 <sup>ns</sup>	0,0482 <sup>ns</sup>	0,0045 <sup>ns</sup>	0,0189 <sup>ns</sup>	0,457 <sup>ns</sup>	3,130 <sup>ns</sup>	0,0560 <sup>ns</sup>	1,878 <sup>ns</sup>	0,0054 <sup>ns</sup>	0,3368 <sup>ns</sup>
Resíduo	69	0,0023	0,0794	0,0035	0,0371	2,712	1,513	0,0499	1,095	0,0109	0,1564
Média	-	1,97	1,55	1,94	1,74	5,87	8,84	2,16	4,49	0,431	0,9816
CV <sub>exp</sub> (%)	-	0,16	18,2	3,1	11,1	23,05	13,91	10,34	23,31	24,22	20,29

“ns” e “\*”: não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; CV<sub>exp</sub>: coeficiente de variação experimental. (1) dados transformados por  $\sqrt{(x+0,5)}$  em virtude de não apresentarem normalidade pelo teste de Lilliefors a 5% de probabilidade.

Na saída da casa de vegetação e da casa de sombra não foram observadas diferenças entre os tipos de substratos quanto à sobrevivência e raiz observada na extremidade inferior do tubete. No entanto, foram observadas diferenças entre as progênies e os tipos de miniestacas quanto às variáveis analisadas (Tabela 2 e 3).

Na tabela 2, observa-se que existe diferença entre as progênies para as variáveis analisadas na saída da casa de vegetação e da casa de sombra. Na saída da casa de vegetação as médias para a sobrevivência variaram de 66,2 % (progênie P60) a 95,8 % (progênie P12). Já para raiz observada na extremidade inferior do tubete as médias variaram de 18,8 % (progênie P60) a 50,5 % (progênie P45). Na saída da casa de sombra, as médias para a sobrevivência variaram de 58,3 % (progênie P60) a 90,6 % (progênie P12), enquanto para raízes observadas na extremidade inferior do tubete essa variação das médias foi de 24,5 % (progênie P60) a 62,5 % (progênie P45).

**Tabela 2** – Sobrevivência (SOB) e raízes observadas na extremidade inferior do tubete (RET) de miniestacas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), em função da progênie, na saída da casa de vegetação e casa de sombra.

Progênie	Casa de vegetação		Casa de sombra	
	SOB (%)	RET (%)	SOB (%)	RET (%)
P1	87,5 ab*	27,1 bc	80,2 a	39,6 b
P12	95,8 a	37,5 ab	90,6 a	62,0 a
P17	88,0 ab	42,7 a	80,7 a	58,9 a
P35	82,8 b	45,3 a	78,7 a	55,2 a
P45	90,6 ab	50,5 a	86,5 a	62,5 a
P60	66,2 c	18,8 c	58,3 b	24,5 c

\*Médias seguidas da mesma letra entre as progênies, em uma mesma condição de avaliação, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao tipo de miniestaca (Tabela 3), observou-se que não houve diferença para a sobrevivência na saída da casa de vegetação e da casa de sombra, no entanto, a pleno sol a miniestaca apical foi superior à intermediária (64,5 % e 52 %, respectivamente). Observou-se superioridade da miniestaca apical em relação à intermediária para o enraizamento (64,5 % e 52 %, respectivamente), altura (11,0 cm e 8,7 cm, respectivamente), número de raízes (4,7 e 4,2, respectivamente) e massa seca da parte aérea (0,8 g e 0,5 g, respectivamente), no entanto, em relação ao diâmetro de colo a estaca intermediária foi superior à apical (2,5 mm e 2,1 mm, respectivamente), enquanto para o peso de massa seca de raiz não se observou diferença entre os tipos de miniestacas.

**Tabela 3** – Sobrevivência (SOB), raízes observadas na extremidade inferior do tubete (RET), enraizamento (ENR), altura, diâmetro de colo (DC), número de raízes, e peso da matéria seca da parte aérea (PA) e do sistema radicular (PR) de progênies de seis matrizes selecionadas de *Anadenanthera macrocarpa*, na saída da casa de vegetação, casa de sombra e pleno sol, em função do tipo de miniestaca (apical e intermediária).

Condição de avaliação	Tipo de miniestaca	SOB (%)	RET (%)	ENR (%)	Altura (cm)	DC (mm)	Nº raízes	Massa seca (g)	
								PA	PR
Casa de vegetação (40 dias)	Apical	85,3 a*	45,3 a	-	-	-	-	-	-
	Intermediária	85,1 a	28,7 b	-	-	-	-	-	-
Casa de sombra (10 dias)	Apical	80,5 a	56,0 a	-	-	-	-	-	-
	Intermediária	77,8 a	43,9 b	-	-	-	-	-	-
Pleno sol (30 dias)	Apical	65,4 a	-	65,4 a	11,0 a	2,1 b	4,7 a	0,8 a	0,6 a
	Intermediária	52,0 b	-	52,0 b	8,7 b	2,5 a	4,2 b	0,5 b	0,4 a

\*Médias seguidas de uma mesma letra entre tipos de miniestacas e em uma mesma condição de avaliação, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com os resultados das características analisadas a pleno sol é possível observar, independente da característica analisada e do tipo de substrato, a existência de diferença entre as progênies, sendo que, em média, a progênie P12 apresentou resultados superiores às demais progênies (Tabela 4). Com relação ao tipo de substrato (Tabela 4), no geral, observa-se maiores médias para o substrato vermiculita quanto à sobrevivência (entre 63,7 % e 72,5 %), enraizamento (entre 63,7 % e 72,5 %), altura (entre 9,2 cm e 11,8 cm), diâmetro do colo (entre 2,1 mm e 2,6 mm) e peso de massa seca de raiz (entre 0,3 g e 0,6 g). De maneira geral, o substrato orgânico apresentou superioridade em relação à vermiculita para o número de raízes (entre 3,3 e 5,5), no entanto, para massa seca da parte aérea não há diferença entre os tipos de substratos.

**Tabela 4** - Sobrevivência (SOB), enraizamento (ENR), altura (ALT), diâmetro de colo (DC), número de raízes (NR) e peso da matéria seca da parte aérea (PA) e do sistema radicular (PR), em condições de pleno sol, de miniestacas de seis progênies (Prog.) de *Anadenanthera macrocarpa* aos 80 dias, em função do tipo de substrato (composto orgânico - CO e vermiculita - Verm.).

Prog.	Substrato	SOB (%)		ENR (%)		ALT (cm)		DC (mm)		NR		Massa seca (g)			
												PA	PR		
P1	CO	46,7	Cb *	46,7	Cb	8,9	Bb	2,0	ABb	4,4	ABCa	0,3	Aa	0,3	Ab
	Verm.	63,7	ABa	63,7	ABa	9,7	ABa	2,6	Aa	3,5	Bb	0,5	Aa	0,5	Aa
P12	CO	63,8	ABb	63,8	ABb	10,5	ABa	2,5	Aa	5,5	Aa	0,4	Aa	0,2	Ab
	Verm.	72,5	Aa	72,5	Aa	10,8	ABa	2,6	Aa	4,1	Bb	0,6	Aa	0,6	Aa
P17	CO	78,8	Aa	78,8	Aa	7,8	Bb	1,9	Ba	3,3	Ca	0,4	Aa	0,3	Ab
	Verm.	62,5	Ab	62,5	Ab	9,2	Ba	2,1	Ba	3,7	Ba	0,6	Aa	0,6	Aa
P35	CO	42,5	Bb	42,5	Bb	9,4	Bb	1,8	Cb	3,7	BCb	0,4	Aa	0,2	Ab
	Verm.	67,9	Aa	67,9	Aa	11,8	Aa	2,2	Ba	6,0	Aa	0,4	Aa	0,5	Aa
P45	CO	49,2	Bb	49,2	Bb	11,3	Aa	1,9	Bb	5,1	ABa	0,3	Aa	0,2	Ab
	Verm.	68,8	Aa	68,8	Aa	9,9	ABb	2,4	ABa	4,1	Bb	0,5	Aa	0,3	Ba
P60	CO	62,5	ABa	62,5	ABa	9,8	ABa	2,1	ABb	5,3	Aa	0,4	Aa	0,4	Aa
	Verm.	64,7	ABa	64,7	ABa	9,7	ABa	2,5	Aa	4,0	Ba	0,4	Aa	0,4	ABa

\* Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, entre as progênies e um mesmo tipo de substrato, e as seguidas de uma mesma letra minúscula dentro de cada progênie não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.2. Experimento 2: Tipos de miniestacas

Para as variáveis analisadas na saída da casa de vegetação e da casa de sombra não houve interação entre os fatores tipo de miniestacas e progênies, havendo significância ( $F < 0,05$ ) somente dos fatores independentes. Entretanto, para as variáveis analisadas a pleno sol foi observada interação significativa ( $F < 0,05$ ) entre tipo de miniestacas e progênies.

Na tabela 5 são apresentados os resultados de sobrevivência e de raízes observadas na extremidade inferior do tubete. Avaliando a sobrevivência constata-se que não houve diferença entre os tratamentos quanto a esta variável na saída da casa de vegetação e da casa de sombra. Em relação à porcentagem de raízes observadas na extremidade inferior do tubete entre as progênies, observa-se que a progênie da matriz 60 apresentou média inferior (31,3% e 42,5% na saída da casa de vegetação e da casa de sombra, respectivamente) às demais.

Observou-se quanto ao tipo de miniestacas que as apicais de 10 cm de comprimento com folha inteira e as apicais com 10 cm de comprimento e folha cortada 25% do seu tamanho original foram superiores às demais para a porcentagem de raízes observadas na extremidade inferior do tubete na saída da casa de vegetação e da casa de sombra (Tabela 5).

**Tabela 5** – Sobrevivência (SOB) e raízes observadas na extremidade inferior do tubete (ROEIT) de miniestacas de *Anadenanthera macrocarpa*, na saída da casa de vegetação e da casa de sombra, em função da progênie e do tipo de miniestaca (MA10; MI5; MA5; MA10i\*\*).

		Casa de vegetação		Casa de sombra	
		SOB (%)	ROEIT (%)	SOB (%)	ROEIT (%)
<b>Progênie</b>	P1	92,5 a*	54,4 a	91,3 a	72,5 a
	P12	99,4 a	71,9 a	97,5 a	86,9 a
	P17	92,5 a	70,0 a	90,6 a	74,4 a
	P35	95,6 a	81,3 a	95,0 a	86,3 a
	P45	97,5 a	73,1 a	90,6 a	76,9 a
	P60	95,6 a	31,3 b	89,4 a	42,5 b
<b>Tipo de miniestaca</b>	MA10**	95,8 a	68,3 a	90,8 a	75,8 ab
	MI5	96,3 a	43,3 b	91,7 a	59,6 c
	MA5	93,8 a	63,3 ab	90,0 a	69,6 bc
	MA10i	96,3 a	79,6 a	97,1 a	87,9 a

\*Médias seguidas de uma mesma letra entre progênies ou tipo de miniestacas e em uma mesma condição de avaliação, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*\* MA10: apical com 10 cm de tamanho, contendo de um a dois pares de folhas, reduzidas a 25% de seu tamanho original; MI5: intermediária com 5 cm de tamanho, contendo de um a dois pares de folhas, reduzidas a 25% de seu tamanho original; MA5 apical com 5 cm de tamanho, contendo de um a dois pares de folhas, reduzidas a 25% de seu tamanho original e MA10i: apical com 10 cm de tamanho e com a folha inteira.

Na condição de pleno sol, observa-se diferença entre as progênies dentro de cada tipo de miniestaca (Tabela 6) e, independente da variável analisada e do tipo de miniestaca, em geral, a progênie P12 apresentou médias superiores às demais. Analisando o tipo de miniestacas dentro de cada progênie, observa-se para a variável altura que independente da progênie as miniestacas apicais com 10 cm de comprimento e com a folha inteira e, apicais com 10 cm de comprimento, contendo de um a dois pares de folhas, reduzidas a 25% de seu tamanho original foram superiores às demais.

Observa-se que independente da progênie a miniestaca apical com 10 cm de comprimento e com a folha inteira apresentou maiores médias (Tabela 6) para sobrevivência (entre 63,3 % e 100 %), enraizamento (entre 63,3 % e 100 %), número de raízes (entre 5,2 e 8,1) e massa seca da parte aérea (entre 0,2 g e 0,5 g) e da raiz (entre 0,4 e 0,9). Para o diâmetro de colo, as miniestacas intermediárias com 5 cm de comprimento, contendo de um a dois pares de folhas, reduzidas a 25% de seu tamanho original e a apical com 10 cm de comprimento e com a folha inteira apresentaram médias superiores.

**Tabela 6** – Sobrevivência (SOB), enraizamento (ENR), altura (ALT), diâmetro de colo (DC), número de raízes (NR) e peso da matéria seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSPR), em condições de pleno sol, de seis progênies (P) de *Anadenanthera macrocarpa* aos 70 dias, em função do tipo de miniestaca (MA10; MI5; MA5; MA10i\*\*).

Prog.	Tipo	SOB (%)	ENR (%)	ALT (cm)	DC (mm)	NR	Massa seca (g)	
							PA	PR
P1	MA10	76,7 Ba*	76,7 Ba	12,8 Aba	2,3 ABbc	3,8 Ab	0,2 Bb	0,3 Ab
	MI5	65,0 Bab	65,0 Bab	8,4 Ab	2,6 Aab	2,5 Bb	0,3 ABa	0,2 Abc
	MA5	53,3 Cb	53,3 Cb	8,8 ABb	1,9 Ac	3,3 ABb	0,2 Bb	0,2 Cc
	MA10i	73,3 Ba	73,3 Ba	12,9 Aa	2,7 Aba	6,5 ABa	0,2 Cb	0,7 ABa
P12	MA10	95,0 Aa	95,0 Aa	13,1 ABa	2,4 Aab	4,9 Ab	0,4 Aab	0,4 Ab
	MI5	86,7 Ab	86,7 Ab	9,1 Ac	2,7 Aa	2,9 ABc	0,4 Aab	0,3 Ac
	MA5	83,3 Ab	83,3 Ab	10,0 Ab	2,3 Ab	4,2 Abc	0,3 Ab	0,3 Ac
	MA10i	100,0 Aa	100,0 Aa	13,9 Aa	2,8 Aa	7,2 Aba	0,5 Aa	0,9 Aa
P17	MA10	90,0 Aa	90,0 Aa	13,3 Aba	2,3 ABb	4,1 Ab	0,3 ABa	0,4 Aab
	MI5	50,0 Cc	50,0 Cc	8,1 Ab	2,7 Aa	2,4 Bc	0,3 ABa	0,2 Ac
	MA5	50,0 Cc	50,0 Cc	8,9 ABb	2,1 Ab	2,9 Bbc	0,2 Bb	0,2 BCc
	MA10i	76,7 Bb	76,7 Bb	12,9 Aa	2,3 Bb	5,7 Ba	0,3 Ba	0,4 Ba
P35	MA10	83,3 Aa	83,3 Aa	14,1 Aa	2,4 Ab	4,6 Ab	0,3 ABa	0,4 Ab
	MI5	73,3 ABb	73,3 ABb	8,5 Ab	2,5 Aab	4,2 Ab	0,2 Bb	0,2 Ac
	MA5	63,3 Bb	63,3 Bb	8,8 ABb	1,9 Ac	3,6 ABb	0,2 Bb	0,2 BCc
	MA10i	100,0 Aa	100,0 Aa	13,9 Aa	2,7 ABa	8,1 Aa	0,3 Ba	0,8 Aa
P45	MA10	83,3 Aa	83,3 Aa	13,1 ABa	2,2 ABab	3,8 Ab	0,3 ABb	0,4 Aab
	MI5	63,3 Ba	63,3 Ba	8,5 Ab	2,5 Aab	3,3 ABb	0,2 Bc	0,3 Ab
	MA5	70,0 ABab	70,0 ABab	9,7 Ab	2,1 Ab	3,9 ABb	0,3 Ab	0,3 ABab
	MA10i	86,7 ABa	86,7 ABa	14,1 Aa	2,7 ABa	7,5 Aba	0,5 Aa	0,6 ABa
P60	MA10	53,3 Cab	53,3 Cab	12,5 Ba	2,1 Ba	4,2 Aab	0,3 ABa	0,4 Aa
	MI5	46,7 Cb	46,7 Cb	9,1 Ab	2,5 Aa	3,5 ABb	0,2 Bb	0,2 Ab
	MA5	45,0 Cb	45,0 Cb	8,3 Bb	2,1 Aa	2,8 Bb	0,2 Bb	0,2 BCb
	MA10i	63,3 Ca	63,3 Ca	13,2 Aa	2,5 ABa	5,6 Ba	0,3 Ba	0,4 Ba

\*Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, entre as progênies e um mesmo tipo de miniestaca, e as seguidas de uma mesma letra minúscula dentro de cada progênie não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*\* MA10: apical com 10 cm de tamanho, contendo de um a dois pares de folhas, reduzidas a 25% de seu tamanho original; MI5: intermediária com 5 cm de tamanho, contendo de um a dois pares de folhas, reduzidas a 25% de seu tamanho original; MA5 apical com 5 cm de tamanho, contendo de um a dois pares de folhas, reduzidas a 25% de seu tamanho original e MA10i: apical com 10 cm de tamanho e com a folha inteira.

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. Experimento 1: Efeito do substrato e tipo de miniestacas

A diferença entre as progênies com relação às características avaliadas pode ser devido ao genótipo, concordando com Baiyeri e Aba (2005) que também observaram diferentes taxas de sobrevivência na macropropagação de *Musa sp.*, em função do genótipo. No entanto, Tracz et al. (2009) não observaram diferenças entre as progênies

quanto o enraizamento na estaquia de *Bactris gasipaes*. De acordo com Hartman et al. (2002), existe grande diferença na capacidade de enraizamento de estacas de plantas entre as progênies e dentro da progênie.

A diferença quanto ao tipo de miniestaca (apical e intermediária) em função do tipo de substrato e das diferentes progênies, são heterogêneas, sendo que as miniestacas apicais apresentaram médias superiores às intermediárias. As miniestacas intermediárias são mais lignificadas o que pode ter dificultado a capacidade dos tecidos em iniciar o processo de rizogênese em virtude da maior determinação celular, implicando em menor competência de retomar as condições meristemáticas (desdiferenciar) e iniciar a formação de raízes adventícias (rediferenciação) (DAVIS et al., 1986).

Com relação ao substrato, independente da progênie, observa-se que a vermiculita apresentou, em geral, médias superiores ao composto orgânico (BIOPLANT<sup>®</sup>) para as variáveis analisadas a pleno sol. O melhor comportamento do substrato à base de vermiculita pode ser atribuído às suas propriedades físicas que favorecem a aeração do sistema radicular (GOMES, 2001). Gonçalves e Minami (1994), Fachinello et al. (2005) comentam que a vermiculita é cada vez mais utilizada como substrato para o enraizamento de estacas herbáceas e semi-lenhosas devido à elevada porosidade e pela boa retenção de umidade, características altamente desejáveis no processo de enraizamento adventício.

Além disto, Vazques e Mesquita (2003) afirmam que o uso de vermiculita proporcionou uma melhor distribuição e conformação de raízes de *Ixora coceina*. O que também foi observado para as miniestacas das progênies de *Anadenanthera macrocarpa*, através da expressiva massa seca de raiz obtida no substrato à base de vermiculita. Vale ressaltar que o peso da massa seca de raiz está diretamente correlacionado com o volume e quantidade de raízes, que é um fator primordial para o melhor desenvolvimento das mudas após o transplantio a campo.

Silva et al. (2010) avaliando a eficiência da técnica de miniestaquia para a propagação clonal de *Calophyllum brasiliense*, observaram que o substrato a base de vermiculita proporcionou redução no tempo de permanência das miniestacas em casa de vegetação. Tracz et al. (2009), observaram na propagação vegetativa de *Bactris gasipaes* que os substratos contendo vermiculita em sua composição apresentaram médias de sobrevivência e enraizamento superiores aos substratos orgânicos sozinhos.

Entretanto, Castro (2011), encontrou para estacas de *Piptadenia gonoacantha* maiores médias de sobrevivência e enraizamento no substrato composto por material orgânico, sendo que a vermiculita obteve menores médias. Este fato pode estar

relacionado ao maior tempo de permanência em casa de vegetação (60 dias para o referido experimento) que aliado a alta retenção de água pela vermiculita, pode ter proporcionado maior umidade do substrato dificultando o enraizamento e a sobrevivência das estacas.

Assim, fica evidente que o substrato não é um fator que age isolado, sendo que esse depende de outros fatores externos, a exemplo da umidade do ambiente de propagação e da habilidade do material genético para o enraizamento.

#### **4.2. Experimento 2: Tipos de miniestacas**

As diferenças observadas entre as progênes podem ser explicadas devido a variabilidade genética. Segundo Xavier et al. (2009), as variações fenotípicas entre plantas propagadas via assexuada resultam da interação entre os efeitos genotípicos, efeitos ambientais e da interação “genótipo x ambiente”. Como no experimento as progênes estavam todas sobre uma mesma condição ambiental, possivelmente as variações observadas nas características avaliadas advém da diferença entre os genótipos ou em função da diferenças entre ritmos endógenos da planta relacionados a fatores fisiológicos e morfológicos (MANKESSI et al., 2009).

Com relação ao tipo de miniestaca, independente da condição de avaliação e da variável estudada, a miniestaca apical com 10 cm de comprimento e com a folha inteira apresentou médias superiores aos demais tipos de miniestacas. Desta forma, é recomendável que não se reduza a área foliar para miniestacas de *Anadenanthera macrocarpa*, pois estacas com a folha inteira permitiram um desenvolvimento semelhante ou superior às miniestacas com folha reduzida, além de não causar estresse nas miniestacas em virtude do corte foliar.

Além disso, estaca com folha inteira reduz o risco de contaminação por microrganismos em função da não existência de lesões nas folhas, bem como proporciona aumento no rendimento do trabalho operacional de preparo das miniestacas. Resultado semelhante foi encontrado por Santana et al. (2010) ao avaliar o efeito da redução da área foliar na produção de mudas de oito clones de eucalipto, demonstrando que o nível de 0 % de redução foliar pode ser adotado para a maioria dos clones avaliados.

Segundo Santana et al. (2010), a redução da área foliar tem sido utilizada como premissa para minimizar a incidência de patógenos, aumentar a eficiência da irrigação em virtude do efeito guarda-chuva, evitar a seca das miniestacas por transpiração excessiva e diminuir a flexão das miniestacas em virtude do peso da lâmina de água



sobre a folha. Entretanto, estes problemas não foram observados no presente trabalho, devido à espécie possuir folhas recompostas, tornando viável a utilização de miniestacas apicais com 100% da área foliar.

A superioridade das miniestacas apicais com 10 cm de comprimento e folha inteira, principalmente com relação ao enraizamento, também pode estar relacionada com a produção de substâncias favoráveis ao enraizamento. De acordo com Hartmann et al. (2002), a presença de 100% da área foliar ou mesmo de folhas cortadas é uma condição prévia para a produção de auxinas e cofatores de enraizamento que são translocados para a base da miniestaca, favorecendo a rizogênese. Segundo estes autores diferentes materiais genéticos podem ter diferentes respostas ao enraizamento em função da presença de folhas inteiras ou parte destas.

No presente estudo, observou-se que as miniestacas apicais com 10 cm de comprimento, independente da área foliar, apresentaram médias, para as características avaliadas, superiores às miniestacas com 5 cm de comprimento. Este resultado pode estar relacionado com a lignificação dos tecidos, já que as miniestacas com 5 cm estão muito tenras, necessitando de maior controle das condições ambientais durante o enraizamento, para evitar a desidratação dos tecidos (XAVIER et al., 2009).

As médias inferiores para as miniestacas intermediárias quanto às características avaliadas, podem ser devido à síntese de auxinas indutoras da rizogênese ser realizada principalmente em regiões de crescimento ativo, como gemas terminais e primórdios foliares, o que contribuiria para a elevação dos níveis endógenos desse fitorregulador nas estacas apicais, refletindo em maior potencial de enraizamento (XAVIER et al., 2003, HARTMANN et al., 2002; BORGES, 2009).

Outro fator que pode ter influência nas características avaliadas é a maior lignificação dos tecidos das estacas intermediárias. Segundo Hartmann et al. (2002), a lignificação dos tecidos pode funcionar como barreira física para emissão de raízes, além de estar relacionado, negativamente, com o nível de auxina, visto que a peroxidase, enzima responsável pela síntese de lignina degrada a auxina.

Resultados semelhantes ao encontrado neste trabalho foram observados por Xavier et al. (2003), avaliando o enraizamento de cinco tipos de miniestaca (caulinar, caulinar apical, caulinar intermediária, caulinar apical desfolhada e foliar), na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis*) por miniestaquia. Estes autores observaram que a miniestaca caulinar foi, em média, superior aos demais tipos de miniestacas para as características avaliadas. Para o gênero *Eucalyptus spp.*, também

tem-se observado que as estacas apicais, em geral, apresentam maior predisposição ao enraizamento em comparação às intermediárias (BORGES, 2009; OLIVEIRA 2011).

Em função dos valores de porcentuais de enraizamento obtido pelas miniestacas apicais, a miniestaquia de *Anadenanthera macrocarpa*, a partir de material de origem seminal, indica ser tecnicamente viável, tornando-se uma alternativa para produção de mudas dessa espécie durante todo o ano, principalmente nas situações em que a semente é insumo limitante.

## 5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados encontrados, conclui-se:

- Há diferença de resposta ao enraizamento para tipos de substratos e tipos de miniestacas, quanto às variáveis analisadas, entre as progênes de *Anadenanthera macrocarpa* estudadas;
- A miniestaca apical e o substrato a base de vermiculita proporcionaram melhores resultados no enraizamento adventício de progênes de *Anadenanthera macrocarpa* por miniestaquia;
- A miniestaca apical com 10 cm de comprimento e com folha inteira mostrou-se mais adequada à propagação vegetativa de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) por miniestaquia, a partir de material seminal.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, T.A.; TEIXEIRA, S.L. Enraizamento de plantas lenhosas. In: TORRES, A.C. et al. (Ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa, 1998. v. 1, p. 261-297.

BAIYERI, K. P.; ABA. S. C. Response of *Musa* species to macropropagation . I. Genetic and initiation media effects on number, quality and survival of plants at nursery and early nursery stages. **African Journal of Biotechnology**, South Africa, v. 4, n. 3, p. 223-228, 2005.

BORGES, S. R. **Micropropagação e enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*** 2009. 72f. . Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa-CNPQ; Brasília, D.F.: Embrapa-SPI, 2003. 1039p.

CASTRO, W. H. **propagação vegetativa do jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) e do pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr.) por estaquia**. 2011. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

CUNHA, A. C. M. C. M. da; WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Miniestaquia em sistema de hidroponia e em tubetes de corticeira-do-mato. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 85-92, 2008.

DAVIS T.D., HAISSIG B.E., SANKHLA N. **Adventitious root formation in cuttings**. Oregon: Dioscorides Press, 1986. 315 p.

FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília. Embrapa: Informação Tecnológica. 2005. 221 p.

FERREIRA, B. G. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S.; NOGUEIRA, A. C. Miniestaquia de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax com o uso de ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 19-31, 2010.

GOMES, J.M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e de dosagens de NPK**. 2001. 166f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) –, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

GONÇALVES, A.L.; MINAMI, K. Efeito de substrato artificial no enraizamento de estacas de calanchoe (*Kalanchoe x blossfeldiana* cv. Singapur, Crassulaceae). **Revista Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 2, 1994.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, J. R. R. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 7.ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880p.

MANKESSI, F.; SAYA, A.; BAPTISTE, C.; NOURISSIER-MOUNTOU, S.; MONTEUUIS, O. *In vitro* rooting of genetically related *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* clones in relation to the time spent in culture. **Trees**, Berlin, v. 23, n.5, p: 931-940, 2009.

OLIVEIRA, L. S. de. **Micropropagação, microestaquia e miniestaquia de clones híbridos de *Eucalyptus globulus***. 2011. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

SANTANA, R. C.; DUTRA, T. R.; CARVALHO NETO, J. P.; NOGUEIRA, G. S.; GRAZZIOTTI, P. H.; BARROS FILHO, N. F. de. Influence of leaf area reduction on clonal production of *Eucalyptus* seedling. **Revista Cerne**, Lavras, v. 16, n. 3, p. 251-257, 2010.

SILVA, R. L.; OLIVEIRA, M. L. de; MONTE, M. A. XAVIER, A. Propagação clonal de guanandi (*Calophyllum brasiliense*) por miniestaquia. **Agronomía Costarricense**, San José, v. 34, n. 1, p. 99-104, 2010.

SOUZA, J. C. A. V. de; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. de A.; TEIXEIRA, S. L.; BALBINOT, E. Propagação vegetativa de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 205-213, 2009.

TRACZ, A. L.; WENDLING, I.; KALIL FILHO, A. N.; SANTOS, A. F. dos; QUOIRIN, M. G. G. enraizamento de perfilhos de pupunheira (*Bactris gasipaes*). **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 58, p. 67-73, 2009.

VAZQUES, G. H.; MESQUITA, K. A. C. 2003. Avaliação de diferentes substratos e doses de hormônio no enraizamento de estacas de ixora (*Ixora coccínea* L. inn compacta). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS E 1º CONGRESSO BRASILEIRO DE CULTURA DE TECIDOS DE PLANTAS, 14., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2001. p. 101.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. Produção e sobrevivência de miniestacas e minicepas de erva-mate cultivadas em sistema semi-hidropônico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.2, p.289-292, 2007.

XAVIER, A.; SANTOS, G. A. dos; OLIVEIRA, M. L. de. Enraizamento de miniestaca caulinar e foliar na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 351-356, 2003.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal - Princípios e Técnicas**. Viçosa: UFV, 2009. 272p.

STATSOFT INC. Statistica data analysis system version 8.0. Tulsa: Statsoft Inc., 2008.

## **RIZÓBIO E FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR NO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS E CRESCIMENTO DAS MUDAS DE ANGICO- VERMELHO**

**RESUMO:** o presente estudo teve como objetivos avaliar a influência da inoculação dos fungos micorrizicos arbusculares (FMAs) e de rizóbio no enraizamento e no crescimento das mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) propagadas via miniestaquia. Utilizou-se seis progênes, das quais foram confeccionadas miniestacas com 10 cm de comprimento e um par de folha inteira. Foram testados quatro tratamentos: T1: 8 kg m<sup>-3</sup> de superfosfato simples (SS) misturados ao substrato de enraizamento, sem adição de microrganismos; T2: 4 kg m<sup>-3</sup> de SS misturados ao substrato de enraizamento, sem adição de microrganismos; T3: 4 kg m<sup>-3</sup> de SS misturado ao substrato de enraizamento, sendo adicionado em cada tubete, a 2 cm da superfície, uma amostra de 5 mL de solução salina contendo rizóbio; e T4: 4 kg m<sup>-3</sup> de SS, sendo adicionado em cada tubete, a 2 cm da superfície, uma amostra de 5 mL de solução salina contendo rizóbio e 5 g de solo contendo esporos e raízes colonizadas com os FMAs. Não houve interação entre os tratamentos para sobrevivência e raízes observadas na extremidade inferior do tubete nas avaliações realizadas na saída da casa de vegetação (30 dias) e da casa de sombra (40 dias após o estaqueamento), provavelmente em função do sistema radicular ainda estar em formação. Com os resultados obtidos ficou evidente a existência de diferença genética entre as progênes estudadas. As avaliações realizadas aos 140 dias (pleno sol) das características de crescimento das miniestacas enraizadas, principalmente com relação à sobrevivência, permitem concluir que a associação simbiótica com rizóbio e/ou FMA proporcionaram melhores resultados na produção de mudas via miniestaquia de *A. macrocarpa*.

**Palavras-chave:** Propagação vegetativa, estaquia e propagação de plantas.

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de espécies nativas para reflorestamento ou recomposição florística de áreas desmatadas é de grande importância para reduzir o impacto ambiental e conservar a biodiversidade. O conhecimento das exigências nutricionais e das relações ecológicas das espécies facilitam o desenvolvimento de tecnologias para obtenção de mudas saudáveis destinadas a programas de recomposição florestal, bem como a utilização econômica das espécies nativas para diversos fins.

Entre os sistemas biológicos envolvendo planta e microrganismos, destacam-se as simbioses leguminosas-rizóbio, de maior expressão econômica, e leguminosas-fungos micorrízicos arbusculares (FMA). Segundo Siviero et al. (2008), a dupla inoculação é capaz de reduzir os custos com fertilizantes nitrogenados e fosfatados, além de conferir às plantas maior capacidade de absorção de nutrientes, induzindo ao aumento da produtividade.

As micorrizas arbusculares e os rizóbios são de longa data conhecidos e explorados devido à importância ecológica e aos efeitos no crescimento e na nutrição das plantas. Na fase de produção de mudas, a utilização de FMAs tem demonstrado ser de grande potencial para o maior crescimento e desenvolvimento mais eficiente de mudas propagadas via seminal, minimizando o uso de fertilizantes e antecipando o tempo de transplante ao campo (MIRANDA e MIRANDA, 2001).

Diversas são as opções de tipos de substratos, sendo os mais utilizados para a produção de mudas em escala comercial os compostos orgânicos que devem ser livres de organismos fitopatogênicos (XAVIER et al., 2009). No entanto, durante o processo de eliminação dos microrganismos patogênicos, também são eliminados organismos que podem favorecer o crescimento e estabelecimento das mudas após o transplante, como os fungos que formam as micorrizas arbusculares e as bactérias que formam os nódulos e são capazes de realizar a fixação biológica de nitrogênio (CARNEIRO, 1995). Essas associações mutualistas constituem uma importante ligação entre os componentes bióticos e abióticos do solo, desempenhando papel fundamental na sobrevivência, no crescimento e desenvolvimento das plantas (BERBARA et al., 2006).

A inoculação de FMA e rizóbio no substrato pode contribuir no aumento da qualidade das mudas, visto as micorrizas ajudarem no crescimento da planta, pela melhoria na absorção de nutrientes, especialmente o P, pelo aumento do volume de solo explorado e pelo aumento da tolerância a estresses bióticos e abióticos (GUILLEMIN et al., 1994; KHADE e RODRIGUES, 2009; CHAER et al., 2011) e, no caso das

leguminosas, os rizóbios vão atuar na fixação biológica do nitrogênio (MARTÍNEZ, 2009).

O uso de microrganismos com a finalidade de melhorar a disponibilidade de nutrientes às plantas é uma prática de grande importância e necessária para diversas espécies. O angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) é uma leguminosa com reconhecida simbiose com as micorrizas e os rizóbios (PEREIRA et al., 1994; 1996), sendo os benefícios destes microrganismos na produção dessa espécie já comprovados em alguns estudos. Santos et al. (2008) por exemplo, observaram que o teor de N e P de mudas de angico-vermelho foram incrementados, assim como o crescimento das mudas, pela inoculação do FMA e rizóbios nativos. Pereira et al. (1996) observaram que além de efeitos diretos na nutrição fosfatada, a micorriza mostrou-se importante para a nutrição nitrogenada da espécie. Também Chaves et al. (2006), usando bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro de usina açucareira (3:2; V:V), concluíram que a inoculação com rizóbio foi suficiente, não sendo necessária nenhuma fonte externa de N.

A literatura tem evidenciado que a presença de FMA e rizóbios no substrato pode auxiliar no desenvolvimento, estabelecimento e manutenção das mudas de angico-vermelho produzidas via seminal, porém, o uso dessa forma de propagação limita a produção comercial de mudas, já que as sementes do angico-vermelho são recalcitrantes (CARVALHO, 2003). Desta forma, as técnicas de propagação vegetativa, entre elas a miniestaquia, vem de encontro aos objetivos de superação das dificuldades na produção de mudas, podendo ser utilizada para fins comerciais (XAVIER et al., 2009), assim como auxiliar a conservação de recursos genéticos florestais.

Para espécies do gênero *Eucalyptus* existem alguns estudos relacionando à utilização de rizobactérias no substrato com o aumento do enraizamento de miniestacas e no crescimento destas após enraizamento (MAFIA et al., 2005; ALFENAS et al., 2009; MAFIA et al., 2009). No entanto, para espécies nativas, estudos que abordam a ação dos rizóbios e FMA em plantas propagadas vegetativamente, ainda necessitam de estudos que relacionem a produção de mudas via propagação vegetativa e as relações simbiotes.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo estudar a influência dos fungos micorrizicos arbusculares e dos rizóbios no enraizamento de miniestacas e no crescimento das mudas de progênies de meio-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) propagadas via miniestaquia.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Material experimental

Foram utilizadas como minicepas mudas originadas a partir da propagação via seminal, utilizando-se sementes de seis progênies de meio-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), procedentes de seis municípios da Zona da Mata Mineira (P1-Porto Firme, P12-Piranga, P17-Cajuri, P35-Santa Bárbara do Tugúrio, P45-Rio Pomba e P60-Guaraciaba). A seleção das matrizes e a coleta das sementes foram realizadas pela Sociedade de Investigação Florestal – SIF/UFV. As mudas e o estabelecimento do minijardim clonal foram feitos no Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa - UFV, no município de Viçosa - MG.

### 2.2. Estabelecimento e manejo do minijardim clonal

Conforme a técnica de miniestaquia descrita em XAVIER et al. (2009), o minijardim clonal foi constituído de minicepas, obtidas pela propagação via seminal das seis progênies de *A. macrocarpa*. As mudas foram produzidas em tubetes plásticos de 55 cm<sup>3</sup> de capacidade, contendo como substrato o composto orgânico comercial Mecplant<sup>®</sup>, sendo adicionado a cada m<sup>3</sup> do substrato 8 kg de superfosfato simples e 300 g de osmocote (N-P-K, 16-06-10). Foram semeadas três sementes por tubete e o raleio (aos 30 dias) foi efetuado onde houve a germinação de mais de uma semente. Ao atingirem altura média de 15 cm as mudas foram transferidas para o canaletão de areia e após 50 dias (período de adaptação e crescimento das mudas) tiveram seus ápices podados à altura de 10 cm da base, visando estimular a ocorrência de brotações nas minicepas, as quais forneceram as miniestacas para realização dos experimentos.

O minijardim clonal foi estabelecido em sistema semi-hidrônico utilizando canteiro suspenso, sob cobertura com plástico transparente de polietileno. O canaletão constituiu de uma calha de cimento-amianto, com 7,5 m de comprimento e 0,8 m de largura, contendo no seu interior areia para a sustentação das minicepas. Estas foram alocadas no espaçamento de 10 x 10 cm, contendo um total de 96 minicepas por progênie. A nutrição mineral das minicepas constituiu-se de fertirrigação por gotejamento distribuída quatro vezes ao dia, numa vazão total diária de 4 L m<sup>-2</sup>.

A solução nutritiva utilizada na fertirrigação foi constituída pelas seguintes concentrações dos sais: nitrato de cálcio (0,920 g L<sup>-1</sup>), cloreto de potássio (0,240 g L<sup>-1</sup>), nitrato de potássio (0,140 g L<sup>-1</sup>), monoamônio fosfato (0,096 g L<sup>-1</sup>), sulfato de magnésio



(0,364 g L<sup>-1</sup>), hidróferro (0,040 g L<sup>-1</sup>), ácido bórico (2,800 mg L<sup>-1</sup>), sulfato de zinco (0,480 mg L<sup>-1</sup>), sulfato de manganês (1,120 mg L<sup>-1</sup>), sulfato de cobre (0,100 mg L<sup>-1</sup>) e molibdato de sódio (0,040 mg L<sup>-1</sup>). A condutividade elétrica da solução nutritiva foi mantida em 2,0 mS m<sup>-2</sup>, a 25 °C.

### 2.3. Obtenção e enraizamento de miniestacas

A partir das minicepas, em períodos regulares de 26 dias, foram obtidas miniestacas com comprimento entre 5 e 10 cm. Imediatamente após coletadas e preparadas, as miniestacas foram estaqueadas em casa de vegetação climatizada (com umidade relativa do ar superior a 85% e temperatura entre 20 e 30 °C). Como recipientes, foram utilizados tubetes plásticos de 55 cm<sup>3</sup> de capacidade, contendo substrato comercial BioPlant<sup>®</sup>. A nutrição mineral de base utilizada no substrato foi composta de 8 kg m<sup>-3</sup> de superfosfato simples – SS e 0,3 kg m<sup>-3</sup> de osmocote (N-P-K, 16-06-10).

O tempo de permanência das miniestacas em casa de vegetação foi de 30 dias, sendo posteriormente aclimatadas em casa de sombra com 50% de sombreamento durante 10 dias e transferidas para área de pleno sol para crescimento até completarem 140 dias. Na saída de casa de vegetação, foi feita uma adubação de cobertura aplicando-se 2 mL muda<sup>-1</sup> de fosfato monoamônico (2,0 g L<sup>-1</sup>), e na saída da casa de sombra aplicou-se 5 mL muda<sup>-1</sup> do formulado NPK (10-05-30) (6 g L<sup>-1</sup>).

### 2.4. Condução e avaliações experimentais

Para avaliar a influência do rizóbio e do fungo micorrízico arbuscular na produção de mudas de angico-vermelho pelo enraizamento de miniestacas, foram testados quatro tratamentos: T1: composto pela suplementação de 8 kg m<sup>-3</sup> de SS misturados ao substrato de enraizamento, sem adição de microrganismos; T2: composto pela suplementação de 4 kg m<sup>-3</sup> de SS misturados ao substrato de enraizamento sem adição de microrganismos; T3: composto pela suplementação de 4 kg m<sup>-3</sup> de SS misturado ao substrato de enraizamento, sendo adicionado em cada tubete, a 2 cm da superfície, 5 mL de solução salina contendo rizóbio; T4: composto pela suplementação de 4kg.m<sup>-3</sup> de SS, sendo adicionado em cada tubete, a 2 cm da superfície, 5 mL de solução salina contendo rizóbio e 5 g de solo contendo esporos e raízes colonizadas com os FMAs, contendo as espécies de *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em arranjo fatorial 4 x 6 (4 composições do substrato e as seis progênies de meio-irmãos) com

quatro repetições compostas de 12 plantas por parcela. Os dados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância e teste de médias (Teste de Tukey a 5% de probabilidade), utilizando-se o software Estatística 8.0 (Statsoft inc. 2008).

As avaliações realizadas na saída da casa de vegetação (30 dias) e da casa de sombra (40 dias) foram quanto à porcentagem de sobrevivência e de raízes observadas na extremidade inferior do tubete. Aos 140 dias de idade foi avaliado o percentual de sobrevivência, enraizamento, altura, diâmetro de colo, número de raízes, número de estacas com nódulos, número de nódulos, massa seca de nódulos, massa seca da parte aérea e da raiz, porcentagem de raízes colonizadas por FMA e análise foliar analítica para nitrogênio, fósforo e potássio.

Para efeito das avaliações, foram consideradas enraizadas as miniestacas com raízes maiores ou iguais a 0,5 cm e com emissão de brotações na parte aérea. Para a contagem do número de raízes, foram consideradas as raízes emitidas diretamente da base das miniestacas. Na medição da altura e do diâmetro de colo foram consideradas as miniestacas com presença de raiz e de brotações, sendo a altura determinada com uma régua milimetrada, a partir do nível do substrato até a ponta da última folha, e o diâmetro de colo foi determinado ao nível do substrato, por um paquímetro de precisão. Para a obtenção da massa seca a parte aérea foi individualizada da parte radicular e mantidas em estufa à temperatura de 55 °C até peso constante. Nos tratamentos em que havia a presença de rizóbio foi realizada a contagem do número de nódulos em cada raiz, sendo posteriormente individualizados da raiz para obtenção da massa seca.

### 3. RESULTADOS

Não houve interação significativa entre progênie e composição microbiológica do substrato na produção de mudas, propagadas via miniestaquia de *A. macrocarpa* para as características avaliadas na saída da casa de vegetação e da casa de sombra. No entanto, houve respostas diferenciadas entre as progênies para as características analisadas na saída da casa de vegetação e da casa de sombra (Tabela 1), sugerindo diferenças genéticas entre progênies quanto a capacidade de enraizamento adventício das miniestacas.

A sobrevivência na saída da casa de sombra das miniestacas reduziu comparativamente à saída da casa de vegetação (Tabela 1), entretanto, a porcentagem de miniestacas com raízes observadas na extremidade inferior do tubete aumentou. Na saída da casa de vegetação as progênies apresentaram percentuais de sobrevivência e raiz observada na extremidade inferior do tubete superiores a 87,5% e 41,2%,

respectivamente, o baixo percentual de raízes observadas na extremidade inferior do tubete, comparado com a sobrevivência, indica que as estacas apresentavam raízes pequenas e com baixo volume na saída da casa de vegetação. Entretanto, na saída da casa de sombra as progênies apresentaram percentuais de sobrevivência e raiz observada na extremidade inferior do tubete superiores a 78,5% e 60,8%, respectivamente.

**Tabela 1** – Sobrevivência (SOB) e raízes observadas na extremidade inferior do tubete (ROEIT) de miniestacas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), em função das progênies das diferentes matrizes na saída da casa de vegetação e casa de sombra.

Progênie/matriz	Casa de vegetação		Casa de sombra	
	SOB (%)	ROEIT (%)	SOB (%)	ROEIT (%)
P1	92,4 ab	43,5 b	90,2 a	60,8 c
P12	100,0 a	47,9 a	97,9 a	69,4 a
P17	95,1 ab	51,9 a	92,4 a	71,5 a
P35	96,5 a	50,0 a	95,1 a	65,3 ab
P45	87,5 b	42,2 b	78,5 b	62,1 bc
P60	97,2 a	43,5 b	91,0 a	66,4 ab

\*Médias seguidas de uma mesma letra entre progênies e em uma mesma condição de avaliação, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto às características avaliadas aos 140 dias após o estaqueamento, observou-se interação entre progênie e composição microbiológica do substrato na produção de mudas propagadas via miniestaquia de *A. macrocarpa* para altura, diâmetro de colo e massa seca da parte aérea (Tabela 2). Os tratamentos aplicados de forma independente influenciaram na porcentagem de enraizamento, número de raízes, concentração de N e P na parte aérea das mudas (Tabela 2).

Avaliando os tratamentos T3 e T4 quanto a presença de nódulos (indicativo da associação com rizóbio), é possível observar que não existe diferença entre esses tratamentos quanto a presença dos nódulos nas raízes, número de nódulos e massa seca dos nódulos. Entretanto, foi observada resposta diferenciada para número de nódulos nas raízes entre as progênies estudadas (Tabela 2).

Com os resultados das características analisadas a pleno sol (após 140 dias do estaqueamento) é possível observar, para a altura, diâmetro de colo e massa seca da parte aérea, a existência de diferença entre as progênies, sendo que, em média, as progênies P12 e P60 apresentaram resultados superiores às demais progênies (Tabela 3).

**Tabela 2-** Análise de variância das características de altura (ALT), diâmetro de colo (DC), Sobrevivência (SOB), número de raízes (NR), massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR), concentração de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na parte aérea, presença de nódulos na raiz (PN), número de nódulos (NN) e massa seca de nódulos (MSN), observadas 140 dias após o estaqueamento de seis progênes (Prog.) de *Anadenanthera macrocarpa*, em função dos tratamentos referentes a concentração de fósforo e da presença de rizóbio e FMA.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio								
		ALT (cm)	DC <sup>2</sup> (mm)	SOB (%)	NR <sup>1</sup>	MSPA (g)	MSR (g)	N (dag/kg)	P (dag/kg)	K <sup>1</sup> (dag/kg)
Prog.	5	2,62 <sup>ns</sup>	0,009*	3,25 <sup>ns</sup>	0,059 <sup>ns</sup>	0,016 <sup>ns</sup>	0,022 <sup>ns</sup>	0,247 <sup>ns</sup>	0,377 <sup>ns</sup>	0,038 <sup>ns</sup>
Tratamento (T)	3	5,22*	0,003 <sup>ns</sup>	24,42*	0,709*	0,021*	0,015 <sup>ns</sup>	7,046*	0,638*	0,005 <sup>ns</sup>
Prog. x T	15	3,12*	0,005*	2,63 <sup>ns</sup>	0,057 <sup>ns</sup>	0,016*	0,029 <sup>ns</sup>	0,183 <sup>ns</sup>	0,094 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	1,26	0,002	1,46	0,049	0,007	0,025	0,125	0,098	0,006
Total	71	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	-	19,42	1,93	5,99	1,82	0,31	0,47	2,37	1,51	0,79
CV <sub>exp</sub> (%)	-	5,78	2,32	20,17	12,16	26,99	33,64	14,92	20,73	9,81

“ns” e “\*”: não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; “CV<sub>exp</sub>”: coeficiente de variação experimental. “1”: dados transformados utilizando a equação “log x + 1” e “2”: dados transformados por “ $\sqrt{(x+0,5)}$ ” em virtude de não apresentarem normalidade pelo teste de Lilliefors a 5% de probabilidade.

Para o diâmetro do colo observou-se diferença entre os tratamentos somente na progênie P60, tendo o tratamento T3 a maior média (1,99 mm) (Tabela 3). Entretanto, para a altura foi observada diferença entre os tratamentos nas progênes P35 e P45, sendo o tratamento T1 superior aos demais com média de 20,94 cm e 21,25 cm, respectivamente (Tabela 3). Os tratamentos que apresentaram as menores alturas foram o T3 e o T4. Com relação a massa seca da parte aérea houve diferença entre os tratamentos na progênie P35, com maiores médias no tratamento T1 (0,37 g) e na progênie P60, sendo o tratamento T4 superior aos demais com média de 0,41 g de massa seca da parte aérea (Tabela 3).

Em relação à porcentagem de sobrevivência das miniestacas aos 140 dias após o estaqueamento, observa-se que os tratamentos com médias superiores são o T3 e T4 (67,22% e 72,22%, respectivamente) (Tabela 4). Para o número de raízes esses tratamentos apresentam médias de 2,01 e 1,95, sendo superiores aos demais tratamentos (Tabela 4). Entretanto, para a concentração de nitrogênio na parte aérea os tratamentos 3 e 4 apresentaram médias próximas a 1,8 dag kg<sup>-1</sup>, sendo inferiores as médias dos tratamentos 1 e 2 ( 3,14 dag kg<sup>-1</sup> e 2,61 dag kg<sup>-1</sup>, respectivamente) (Tabela 4). Quanto ao teor de fósforo na parte aérea, o tratamento 3 foi inferior aos demais com média de 1,3 dag kg<sup>-1</sup>, tendo os demais tratamentos médias superiores a 1,5 dag kg<sup>-1</sup> (Tabela 4).

**Tabela 3** – Diâmetro de colo (DC), altura (ALT) e massa seca da parte aérea de miniestacas de *Anadenanthera macrocarpa* aos 140 dias após o estaqueamento, em função das progênes (Prog.), e dos tratamentos (Trat.) referentes à concentração de fósforo e da presença de rizóbio e micorriza arbuscular.

P	TRAT. **	DC mm	ALT cm	MSPA g
P1	T1	1,95 Aa*	20,00 Aa	0,39 Aa
	T2	1,95 Aa	18,44 Aa	0,46 Aa
	T3	1,84 Ba	19,44 Aa	0,33 Aa
	T4	1,94 Aa	18,94 Ba	0,24 ABa
P12	T1	1,93 ABa	19,90 Aa	0,37 Aa
	T2	1,84 Aa	18,48 Aa	0,40 Aa
	T3	1,94 Aa	20,24 Aa	0,32 Aa
	T4	1,90 Aa	18,54 Ba	0,29 ABa
P17	T1	1,82 Ca	19,72 Aa	0,31 Aa
	T2	1,88 Aa	18,78 Aa	0,25 Aa
	T3	1,95 Aa	19,57 Aa	0,26 Aa
	T4	1,93 Aa	20,89 Aa	0,27 ABa
P35	T1	1,89 ABa	20,94 Aa	0,37 Aa
	T2	1,91 Aa	20,37 Aab	0,29 Aab
	T3	1,93 Aa	19,36 ABbc	0,21 Ab
	T4	1,93 Aa	19,08 Bc	0,23 Bb
P45	T1	1,93 ABa	21,25 Aa	0,39 Aa
	T2	1,93 Aa	17,40 Abc	0,35 Aa
	T3	1,98 Aa	16,87 Bc	0,29 Aa
	T4	1,98 Aa	19,11 Bb	0,23 ABa
P60	T1	1,96 Aab	19,17 Aa	0,16 Ab
	T2	1,97 Aab	19,78 Aa	0,31 Aab
	T3	1,99 Aa	20,33 Aa	0,27 Aab
	T4	1,94 Ab	19,53 Ba	0,41 Aa

\*Médias seguidas de uma mesma letra minúscula dentro de cada progênie e médias seguidas de uma mesma letra maiúscula dentro do mesmo tratamento entre as progênes não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*\* T1: 8 kg m<sup>-3</sup> de SS misturados ao substrato de enraizamento, sem adição de microrganismos; T2: 4 kg m<sup>-3</sup> de SS misturados ao substrato de enraizamento sem adição de microrganismos; T3: 4 kg m<sup>-3</sup> de SS misturado ao substrato + 5 mL de solução salina contendo rizóbio; T4: 4kg.m<sup>-3</sup> de SS + 5 mL de solução salina contendo rizóbio e 5 g de solo contendo esporos e raízes colonizadas com os FMAs.

**Tabela 4** – Porcentagem de sobrevivência de miniestacas, número de raiz (NR), concentração de nitrogênio (N) e fósforo (P) na parte aérea de miniestacas de seis progênes de *Anadenanthera macrocarpa* aos 140 dias após o estaqueamento, em função dos tratamentos (T1; T2; T3 e T4\*\*) relativos à concentração de fósforo e presença de rizóbio e micorriza arbuscular.

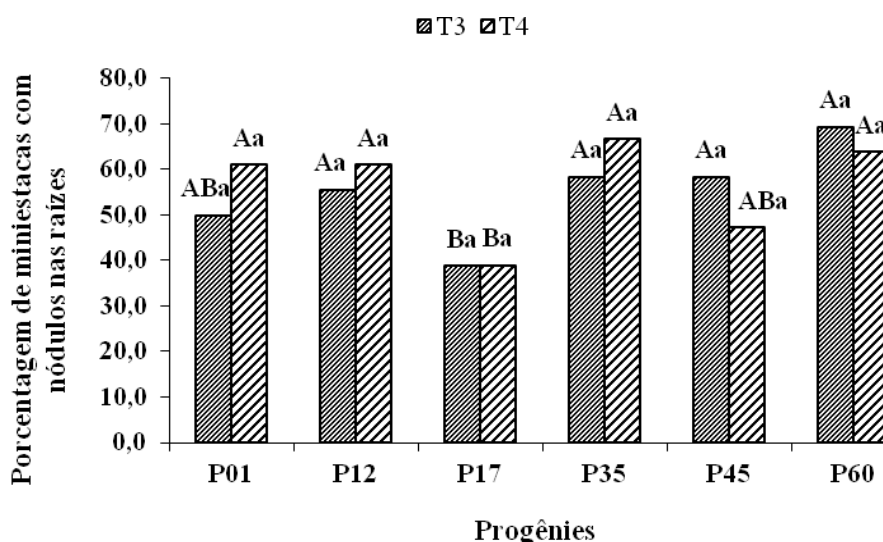
Tratamento	SOB (%)	NR	N (dag/kg)	P (dag/kg)
T1	48,33 b*	1,76 bc	3,14 a	1,76 a
T2	51,67 b	1,57 c	2,61 b	1,53 ab
T3	67,22 a	2,01 a	1,88 c	1,30 b
T4	72,22 a	1,95 ab	1,83 c	1,56 ab

\*Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

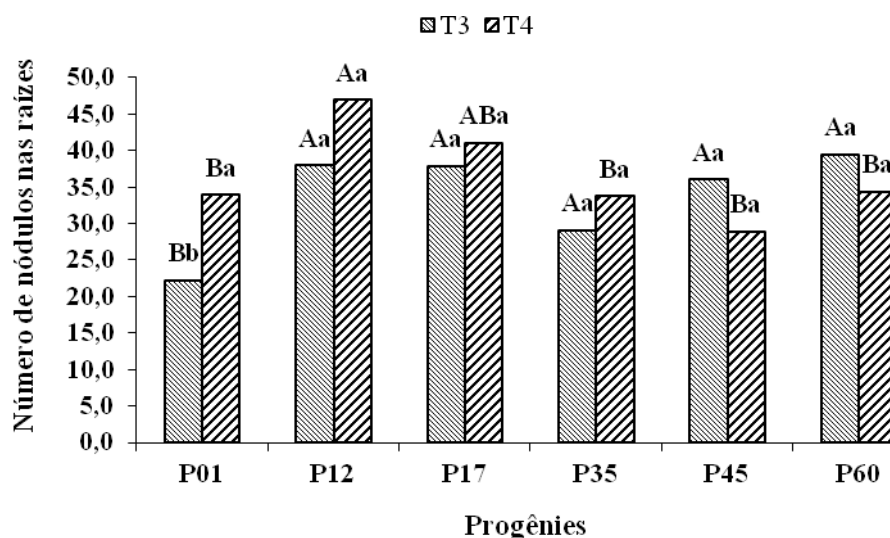
\*\* T1: 8 kg m<sup>-3</sup> de SS misturados ao substrato de enraizamento, sem adição de microrganismos; T2: 4 kg m<sup>-3</sup> de SS misturados ao substrato de enraizamento sem adição de microrganismos; T3: 4 kg m<sup>-3</sup> de SS misturado ao substrato + 5 mL de solução salina contendo rizóbio; T4: 4kg.m<sup>-3</sup> de SS + 5 mL de solução salina contendo rizóbio e 5 g de solo contendo esporos e raízes colonizadas com os FMAs.

A inoculação com rizóbio, em ambos os tratamentos T3 e T4, foi efetiva para a nodulação das raízes (Figura 1). A porcentagem de nodulação nas raízes das miniestacas variou entre as progênes, sendo observados maiores percentuais para as progênes 35 e 60, com 80% e 83,3% respectivamente, e a menor porcentagem para a progênie 17 com 39% das miniestacas apresentando nódulos nas suas raízes. O número de nódulos presentes nas raízes colonizadas foi superior a 29 (Figura 2), sendo observada maior média na progênie P12 (46,99). Para a massa seca dos nódulos os valores variaram de 0,04 a 0,08 g (Figura 3).

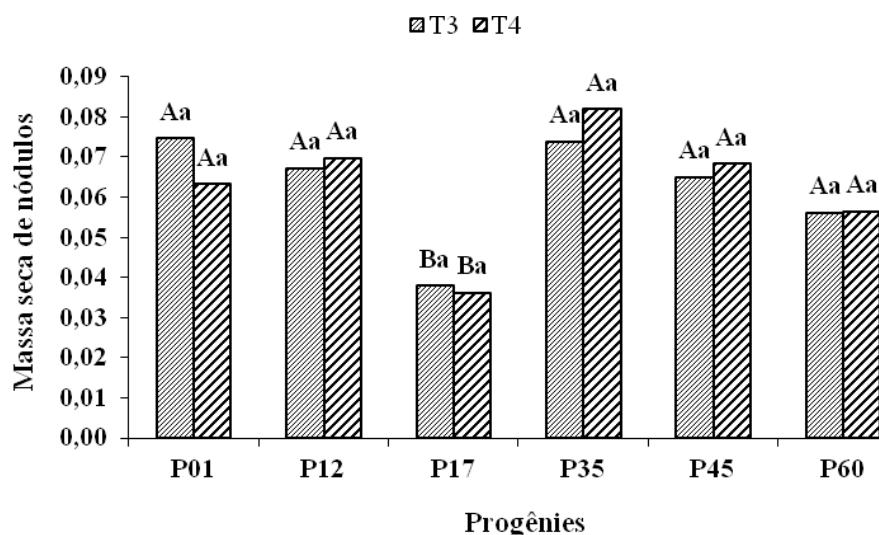
A colonização das raízes das progênes de angico-vermelho por FMA no tratamento T4 variou de 13,16 % a 23,37 % (Figura 4), não havendo diferença entre as progênes quanto a essa característica. Entretanto, ressalta-se a maior colonização observada na progênie P12, indicando uma especificidade do genótipo dessa progênie em realizar a associação micorrízica. Nas plantas não inoculadas com FMA não foi observada colonização micorrízica.



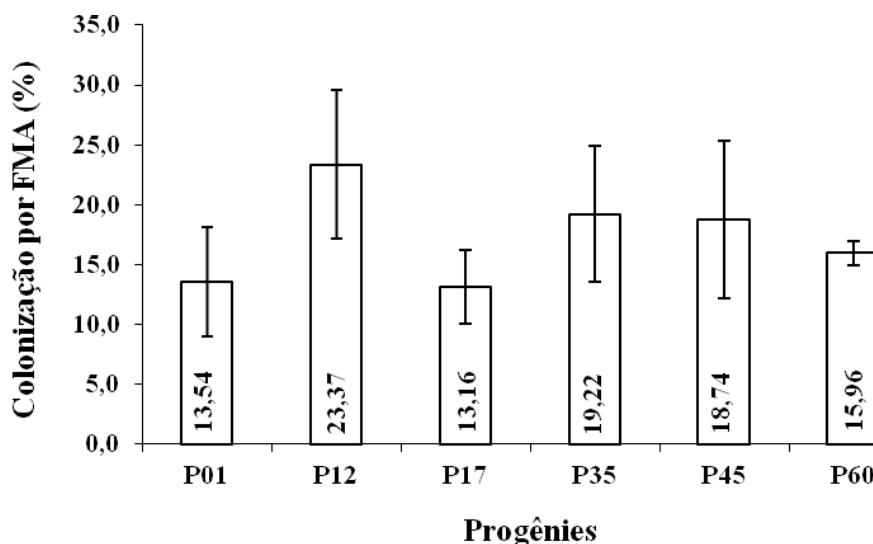
**Figura 1** – Porcentagem de mudas de *Anadenanthera macrocarpa*, propagadas via miniestaquia, com nódulos nas raízes, aos 140 dias após o estaqueamento, em função das progênes avaliada e dos tratamentos T3 (4 kg m<sup>-3</sup> de SS e rizóbio adicionados ao substrato) e T4 (4 kg m<sup>-3</sup> de SS, rizóbio e FMA adicionados ao substrato). Médias seguidas de uma mesma letra minúscula dentro de cada progênie e médias seguidas de uma mesma letra maiúscula entre progênes e no mesmo tratamento não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 2** – Número de nódulos presentes nas raízes de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* propagadas via miniestaquia, aos 140 dias após o estaqueamento, em função das progênie avaliadas e dos tratamentos T3 (4 kg m<sup>-3</sup> de SS e rizóbio adicionados ao substrato) e T4 (4 kg m<sup>-3</sup> de SS, rizóbio e FMA adicionados ao substrato). Médias seguidas de uma mesma letra minúscula dentro de cada progênie e médias seguidas de uma mesma letra maiúscula entre progênie e no mesmo tratamento não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 3** – Massa seca de nódulos presentes nas raízes de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* propagadas via miniestaquia, aos 140 dias após o estaqueamento, em função das progênie avaliadas e dos tratamentos T3 (4 kg m<sup>-3</sup> de SS e rizóbio adicionados ao substrato) e T4 (4 kg m<sup>-3</sup> de SS, rizóbio e FMA adicionados ao substrato). Médias seguidas de uma mesma letra minúscula dentro de cada progênie e médias seguidas de uma mesma letra maiúscula entre progênie e no mesmo tratamento não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 4** – Porcentagem de colonização por FMA nas raízes de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* propagadas via miniestaquia, aos 140 dias após o estaqueamento, em função das progênes avaliadas e do tratamento T4 (4 kg m<sup>-3</sup> de SS, rizóbio e FMA adicionados ao substrato).

#### 4. DISCUSSÃO

A sobrevivência e o enraizamento das miniestacas na saída da casa de vegetação e da casa de sombra não foram influenciados pelo nível de fertilização ou pela inoculação dos microrganismos, provavelmente em função das miniestacas, neste primeiro momento, estarem utilizando reservas internas para a formação do sistema radicular.

A mobilização de nutrientes minerais durante a iniciação radicular é diferente da mobilização que ocorre durante o crescimento e desenvolvimento da raiz, sendo mais acentuada nesta última fase (CUNHA et al., 2009). Assim, a influência da nutrição mineral na iniciação radicular é altamente dependente dos níveis iniciais dentro daquela porção da estaca onde as raízes serão formadas (MALAVASI, 1994). Segundo Haissing (1986), a aplicação de nutrientes minerais na base das estacas geralmente não é necessária durante a fase de indução, visto os nutrientes endógenos serem basicamente transportados a partir dos brotos.

O estado nutricional da planta matriz que fornece os propágulos para o enraizamento de estacas é fator determinante no sucesso da propagação vegetativa pela miniestaquia, tendo em vista que o estado nutricional determinará a quantidade de carboidratos, auxinas, entre outros compostos metabólicos, fundamentais à iniciação radicular e a velocidade com que esta ocorre (MALAVASI, 1994; HIGASHI et al., 2004; XAVIER et al., 2009). Sendo assim, especial atenção deve ser dada à nutrição da planta



matriz, visando atender as exigências nutricionais requeridas no processo de rizogênese adventícia.

Com relação à sobrevivência na saída da casa de sombra, foi observada maior mortalidade das miniestacas nesse ambiente quando comparado à casa de vegetação (Tabela 1). Este fato pode ter ocorrido em função da casa de vegetação proporcionar maior controle das condições ambientais, o que não ocorre na casa de sombra, devido ser um ambiente destinado à aclimatação das miniestacas enraizadas. Assim, as miniestacas sem o sistema radicular ou com sistema radicular incompleto podem não sobreviverem na casa de sombra em virtude do estresse causado pelas condições ambientais adversas (WENDLING e XAVIER, 2005; BRONDANI et al., 2010).

Quanto ao enraizamento, foi observado que na saída da casa de sombra ocorreu um considerável aumento do percentual de miniestacas com raízes observadas na extremidade inferior do tubete (Tabela 1). Tal resposta está provavelmente relacionada ao fato de que a indução do enraizamento ocorreu em casa de vegetação e que após esta etapa ocorreu apenas o crescimento das raízes até a extremidade inferior do tubete. Segundo Ferreira et al. (2004), independentemente dos propágulos estarem na casa de enraizamento ou na casa de sombra, o índice de enraizamento não será alterado em virtude das estacas já estarem com as raízes formadas.

As respostas diferenciadas entre as progênies para as características analisadas na saída da casa de vegetação e da casa de sombra (Tabela 1), provavelmente ocorreram em função de diferenças genéticas existentes entre as progênies. Assim, as diferenças observadas podem advir do controle genético ou mesmo devido a diferenças entre ritmos endógenos da planta relacionados a fatores fisiológicos e morfológicos, pois flutuações na capacidade rizogênica são capazes de ocorrer mesmo entre genótipos estreitamente aparentados, de acordo com um determinismo endógeno (MANKESSI et al., 2009).

Com as avaliações realizadas na saída da casa de vegetação e da casa de sombra, observa-se que os tratamentos utilizados não tiveram influência direta na formação de raízes adventícias nas progênies de *A. macrocarpa* estudadas. No entanto, os resultados das características avaliadas a pleno sol (140 dias após o estaqueamento), em virtude das miniestacas estarem com o sistema radicular formado, bem desenvolvido e necessitando de nutrientes para o crescimento da parte aérea, demonstram que os tratamentos apresentaram importância significativa no crescimento das plantas. Mafia et al. (2005) observaram que isolados de rizobactérias não influenciaram diretamente no enraizamento de estacas de eucalipto, entretanto foi observado pelos autores influência

direta dos isolados rizobacterianos no crescimento das plantas após o enraizamento das estacas.

Os resultados relacionados à presença de nódulos e o número de nódulos, indicam que a inoculação com rizóbio pode ser feita junto com o estaqueamento das miniestacas, sendo que os rizóbios permaneceram ativos até a formação do sistema radicular, não sendo lixiviados com o sistema de irrigação adotado. Todas as plantas, avaliadas aos 140 dias, nos tratamentos onde houve inoculação com rizóbios estavam colonizadas, mostrando a eficiência da inoculação concomitante ao estaqueamento. Resultado semelhante foi observado por Piedra et al. (2005) em mudas de oliveira com a inoculação de micorriza arbuscular.

Quanto à massa seca de raiz e a concentração de potássio na parte aérea não houve diferença entre os tratamentos. Para o diâmetro de colo houve diferença entre os tratamentos somente na progênie P60, a altura teve diferenças entre os tratamentos nas progênies P35 e P45, a massa seca da parte aérea apresentou diferença nas progênies P35 e P60, evidenciando que os tratamentos com microrganismos foram eficientes para essas características avaliadas, apresentando médias semelhantes aos tratamentos onde foram utilizados nitrogênio e fósforo na adubação de cobertura. Resultado semelhante ao encontrado por Patreze e Cordeiro (2004) em *Anadenanthera colubrina*, *Mimosa bimucronata* and *Parapiptadenia rigida*; Zai et al. (2007) em *Prunus marítima*; Siviero et al. (2008) em paricá.

Para a concentração de nitrogênio na parte aérea, os tratamentos utilizando os microrganismos apresentaram médias inferiores, apesar de terem apresentado elevado número de nódulos. Resultado semelhante foi encontrado por Patreze e Cordeiro (2004) em *Parapiptadenia rigida* e *Anadenanthera colubrina*, sendo que nessas espécies os autores observaram poucos nódulos. De acordo com esses autores a baixa concentração de nitrogênio observada nos tecidos pode ser devido a vários fatores, tais como deficiência de P e N ou rizóbio ineficaz. O P é um elemento essencial para melhorar a fixação biológica de nitrogênio, entretanto mesmo na presença do P a ausência ou baixa concentração de N pode inibir a nodulação ou a fixação de nitrogênio mesmo havendo nódulos (SPRENT, 2001; SIVIEIRO et al., 2008). Outro fator a ser considerado quando se discute a atividade e eficiência dos rizóbios é o tamanho e a morfologia dos nódulos (SANCHEZ-DIAZ et al., 1990; PATREZE e CORDEIRO, 2004). Os nódulos encontrados no presente estudo eram pequenos e apresentavam baixo peso seco, o que pode indicar baixa atividade dos rizóbios ou mesmo que a interação entre planta e microrganismo estava no início, tendo pouco aporte de N sendo fixado.

Em relação a porcentagem de sobrevivência e número de raízes avaliadas aos 140 dias, observou-se maiores médias para os tratamentos inoculados com o FMA e/ou o rizóbio, apesar da não constatação da influência dos microrganismos na formação do sistema radicular (avaliações em casa de vegetação e casa de sombra), demonstrando que esses simbioses influenciam diretamente na sobrevivência das plantas após o enraizamento, evidenciando que a associação simbiótica entre *A. macrocarpa* e rizóbio e/ou FMAs é eficiente, quando comparados aos demais tratamentos, na produção de mudas com melhores condições de sobrevivência ao longo do tempo. Resposta semelhante a esse resultado também foi obtida por Tian et al. (2003) em *Robinia pseudoacacia*, segundo esses autores o resultado encontrado pode estar relacionado aos benefícios advindos da simbiose entre planta e microrganismos, principalmente em relação a absorção de nutrientes.

A colonização por FMA encontrada (13,16 % a 23,37 %) está dentro do esperado. Patreze et al. (2004) estudando *A. colubrina* obteve colonização relativamente baixa (0 – 14 % ) quando comparada aos resultados obtidos nesse trabalho. Entretanto, Carneiro et al. (1998) encontrou resultados semelhantes aos apresentados neste estudo, com plantas de *A. falcata* (20 %- 49 % de colonização) em condições de campo, todavia para *A. peregrina* em viveiro os autores observaram de 1 % a 19 % de colonização. Conforme os resultados apresentados, além de fatores nutricionais, a baixa taxa de infecção pode estar associada a especificidade entre planta hospedeira e os fungos, já que para algumas progênies a exemplo da P12 foi observado valor de colonização de 23,37 %, enquanto na progênie 17 esse valor foi de 13,16%.

Os resultados para a concentração de fósforo na parte aérea, evidenciou que os FMAs estão contribuindo para a fixação desse nutriente em função de apresentar médias semelhantes aos tratamentos que receberam adubação suplementar, sendo que no tratamento utilizando somente o rizóbio as plantas apresentam menor nível de fósforo na parte aérea, o que evidencia a importância dos FMAs na absorção do fósforo. Resultado semelhante foi encontrado por Zai et al. (2007) que inoculando FMAs em *Prunus marítima* encontrou altos níveis de fósforo na parte aérea das plantas inoculadas. Em concordância Paron et al. (1997) observaram respostas de crescimento benéfico em *Trema micrantha* inoculadas com FMA. Resultado semelhante foi encontrado por Patreze e Cordeiro (2004) em *Parapiptadenia rigida*.

Durante a fase de desenvolvimento da raiz e crescimento da parte aérea, a planta necessita de maior aporte de nutrientes (CUNHA et al., 2009). Para o crescimento e estabelecimento de diversas espécies arbóreas, a dupla inoculação rizóbio/fungo

micorrízico arbuscular parece ser um procedimento vantajoso, favorecendo, por exemplo, a produção de biomassa em função da maior absorção e fixação de nutrientes (GROSS et al., 2004). No presente estudo, a dupla inoculação rizóbio/fungo micorrízico arbuscular apresentou médias superiores para a porcentagem de enraizamento, diâmetro de colo e massa seca da parte aérea, confirmando o efeito benéfico da dupla inoculação para *A. macrocarpa*. Resultado semelhante foi encontrado por Friori et al. (1999) estudando as famílias Caesalpinioideae, Mimosoideae e Papilionoideae. Em paricá Siviero et al. (2008), também observou que a dupla inoculação rizóbio/fungo micorrízico arbuscular apresentou melhores resultados tanto no viveiro quanto no campo.

As diferenças entre progênies para diâmetro do colo, altura, massa seca da parte aérea e massa seca de nódulos, podem estar relacionadas com certa especificidade tanto do rizóbio quanto do FMA nas progênies estudadas. Alfenas et al. (2007) observou que diferenças no crescimento entre clones ocorreu em função de uma certa especificidade de isolados de rizóbio. Segundo os autores um isolado pode promover o crescimento de uma espécie e ser ineficaz em outras. Tem sido relatadas diferenças na quantidade e qualidade dos exudados radiculares de diferentes espécies vegetais, bem como de cultivares e genótipos da mesma espécie em função da especificidade tanto dos rizóbios quanto dos FMAs (SHISHIDO e CHANWAY, 1999; FRIONI et al., 1999; MATSUMOTO et al., 2005; DRUEGE et al., 2006).

A utilização da associação entre rizóbio/fungo micorrízico arbuscular no crescimento de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* em campo pode ser favorecida em função desta associação ocorrer em condições naturais proporcionando bom desenvolvimento da planta e auxiliando, em muitos casos, a adaptação a ambientes estressantes (PEREIRA et al., 1996; CHAVES et al., 2006; SILVA et al., 2009 ). Assim, a inoculação com rizóbio e fungo micorrízico arbuscular em mudas de *Anadenanthera macrocarpa* no viveiro, pode diminuir gastos com fertilizantes, além de contribuir para um bom desenvolvimento da planta.

## 5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que:

- As progênies testadas apresentam variabilidade de respostas em relação à porcentagem de sobrevivência e enraizamento das miniestacas;
- Os tratamentos utilizando 8 e 4 kg de superfosfato simples por metro cúbico de substrato, bem como o uso de fungo micorrízico arbuscular e de rizóbio não influenciam diretamente na formação de raízes adventícias nas progênies de *Anadenanthera macrocarpa* durante a fase de casa de vegetação (30 dias) e de sombra (40 dias);
- Aos 140 dias após o estaqueamento de *Anadenanthera macrocarpa*, as avaliações quanto à sobrevivência, indicaram que os tratamentos utilizando rizóbio e/ou FMA foram superiores.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2009. 500p.

ANDREAZZA, R.; ANTONIOLLI, Z. I.; OLIVEIRA, V.L. de; LEAL, L. T.; MORO JUNIOR, C. A.; PIENIZ, S. Ocorrência de associação micorrízica em seis essências florestais nativas do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 339-346, 2008.

BERBARA, R. L. L., de SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição. In: FERNANDES, M. S (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 53-88.

BRONDANI, G. E.; GROSSI, F.; WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; ARAUJO, M. A. Aplicação de IBA para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 667-674, 2010

CARNEIRO, J. G de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451p.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; CARVALHO, D.; BOTELHO, S.A.; JUNIOR, O. J. S. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no sudeste do Brasil. **Cerne**, v. 4, n. 1, p. 129-145, 1998.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa-CNPQ; Brasília, D.F.: Embrapa-SPI, 2003. 1039p.

CHAER, G. M.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F.; FARIA, S. M. de; BODDEY, R. M. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. **Tree Physiology**, Oxford, v. 31, p. 139-149, 2011.

CHAVES, L. L. B.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G. Crescimento de mudas de angico vermelho produzidas em substrato fertilizado, constituído de resíduos agro-industriais. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 72, p. 49 – 56, 2006.

CUNHA, A. C. M. C. M. da; PAIVA, H. N. de; XAVIER, A.; OTONI, W. C. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 58, p. 37 – 47, 2009.

Druege, U.; XYLAENDER, M.; ZERCHE, S.; ALTEN, H. Rooting and vitality of poinsettia cuttings was increased by arbuscular mycorrhiza in the donor plants. **Mycorrhiza**, v. 17, p. 67–72, 2006.

FERREIRA, E. M.; ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G.; LEITE, H. G.; SARTORIO, R. C.; PENCHEL FILHO, R. M. determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.2, p.183-187, 2004.

FRIONI, L.; MINASIAN, H.; VOLFOVICZ, R. Arbuscular mycorrhizae and ectomycorrhizae in native tree legumes in Uruguay. **Forest Ecology and Management**, V. 115, p. 41-47, 1999.

GROSS, E.; CORDEIRO, L.; CAETANO, F. H. Nodulação e micorrização em *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* em solo de cerrado autoclavado e não autoclavado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 28, p.95-101, 2004.

GUILLEMIN, J. P.; GIANINAZZI, S.; GIANINAZZIPEARSON, V.; MARCHAL, J. Contribution of endomycorrhizas to biological protection of micropropagated pineapple (*Annanas comosus* (L.) Merr) against *Phytophthora cinnamomi* Rands. **Agricultural Science in Finland**, Helsinki, v. 3, p. 241-251, 1994.

HAISSIG, B. E. Metabolic processes in adventitious rooting of cuttings. In: JACKSON, M. B. (Ed.). **New root formation in plants and cuttings**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1986, p. 141-189.

HARLEY, J.L.; SMITH, S.E. **Mycorrhizal symbiosis**. New York: Academic Press, 1983. 483p.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. Nutritional monitoring and fertilization in clonal macro-, mini-, and microgardens. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETI, V. (Eds.). **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba: IPEF, 2004, p. 195-221.

KHADE, S. W.; RODRIGUES, B. F. Applications of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, Yucatán, v. 10, p. 337 – 354, 2009:

MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; FERREIRA, E. M.; BINOTI, D. H. B.; MAFIA, G. M. V.; MOUNTEER, A. H. Root colonization and interaction among growth promoting rhizobacteria isolates and eucalypts species. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33; n. 1, 2009.

MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; FERREIRA, E. M.; ZARPELON, T. G.; SIQUEIRA, L. de. Crescimento de mudas e produtividade de minijardins clonais de eucalipto

- tratados com rizobactérias selecionadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.6, p.843-851, 2005.
- MALAVASI, U. C. Macropropagação vegetativa de coníferas – perspectivas biológicas e operacionais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.1, n. 1, p. 131-35,1994.
- MANKESSI, F.; SAYA, A.; BAPTISTE, C.; NOURISSIER-MOUNTOU, S.; MONTEUUIS, O. *In vitro* rooting of genetically related *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* clones in relation to the time spent in culture. **Trees**, Berlin, v. 23, n.5, p. 931-940, 2009.
- MARTÍNEZ, E. R. Coevolution in Rhizobium-legume symbiosis?. **DNA Cell Biol**, San Diego, v.28, p. 60-70, 2009.
- MATSUMOTO, L. S.; MARTINES, A. M.; AVANIZ, M. A.; ALBINO, U. B.; BRASIL, C. B.; SARIDAKIS, D. P.; RAMPAZO, L. G. ; ZANGARO, W.; ANDRADE, G. Interactions among functional groups in the cycling of, carbon, nitrogen and phosphorus in the rhizosphere of three successional species of tropical woody trees. **Applied Soil Ecology**, v. 28, p. 57–65, 2005.
- MIRANDA, E. M. de; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. da. Seleção de fungos micorrízicos arbusculares para o amendoim forrageiro consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.9, p.1185-1191, 2008.
- MIRANDA, J. C. C. de; MIRANDA L. N. de. **Produção de mudas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em viveiros**. Planaltina: Embrapa Cerrados, n. 24, p. 1-2, 2001.
- PATREZE, C. M.; CORDEIRO, L. Nitrogen-fixing and vesicular–arbuscular mycorrhizal symbioses in some tropical legume trees of tribe Mimoseae. **Forest Ecology and Management**, v. 196, p. 275–285, 2004.
- PEREIRA, E. G.; SIGUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; PURCINO, A. A. C. Efeitos da micorriza e do suprimento de fósforo na atividade enzimática e na resposta de espécies arbóreas ao nitrogênio. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.8, n.1, p. 59-65,1996.
- PEREIRA, E.G.; SIQUEIRA, J.O., VALE, F.R.; CURI, N. ; MOREIRA, F.M.S. respostas de Leguminosas arbóreas nativas da região dos Campos das vertentes (MG) à adubação nitrogenada e fungos endomicorrízicos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 1994. **Resumos...** Londrina: SBMS,1994b 162p.
- PIEDRA, A. P.; SORIANO, M. L.; SORIANO, A. P.; IZQUIERDO, F. Influence of arbuscular mycorrhizas on the growth rate of mist-propagated olive plantlets. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 3, p. 98-105, 2005.
- SANCHEZ-DIAZ, M.; PARDO, M.; ANTOLIN, M.; PENA, J.; AGUIRREOLA, J. Effect of water stress on photosynthetic activity in the *Medicago-Rhizobium-Glomus* symbiosis. **Plant Sci**, v. 71, p. 215–221, 1990.

SANTOS, D. R. dos; COSTA, M. da C. S.; MIRANDA, J. R. P. de; SANTOS, R. V. Micorriza e rizóbio no crescimento e nutrição em N e P de mudas de angico-vermelho. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.21, n.1, p.76-82, 2008.

SHISHIDO, M.; CHANWAY, C.P. Spruce growth response specificity after treatment with plant growth promoting *Pseudomonas*. **Can. J. Bot.**, v.77, p.22-31, 1999.

SILVA, R. F. da; ANTONIOLLI, Z. I.; LEAL, L.; SILVA, A. S. da. Ocorrência de fungos micorrízicos em espécies florestais na região central do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrocência**, Pelotas, v.15, n.1-4, p.65-70, 2009.

SIVIERO, A. M.; MAREGA, A. M.; LIMA, D. S. L.; BIROLI, R. R.; HUH, S. Y.; SANTINONI, I. A.; MURATE, L. S.; CASTRO, C. M. A.; MIYAUCHI, M. Y. H.; ZANGARO, W.; NOGUEIRA, M. A.; ANDRADE, G. Interaction among N-fixing bacteria and AM fungi in Amazonian legume tree (*Schizolobium amazonicum*) in field conditions. **Applied soil ecology**, v. 39, p. 144 – 152, 2008.

SPRENT, J.I. **Nodulation in Legumes**. Royal Botanic Gardens, Kew, 2001. 146 p.

STATSOFT INC. Statistica data analysis system version 8.0. Tulsa: Statsoft Inc., 2008.

TIAN, C.; HE, X.; ZHONG, Y.; CHEN, J. Effect of inoculation with ecto- and arbuscular mycorrhizae and *Rhizobium* on the growth and nitrogen fixation by black locust, *Robinia pseudoacacia*. **New Forests**, v. 25, p. 125–131, 2003.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Influência do ácido indolbutírico e da miniestaquia seriada no enraizamento e vigor de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 921-930, 2005.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal - princípios e técnicas**. Viçosa: UFV, 2009. 272p.

ZAI, X.; QIN, P.; WAN, S.; ZHAO, F.; WANG, G.; YAN, D.; ZHOU, J. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the rooting and growth of beach plum (*Prunus maritima*) cuttings. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 82, p. 863–866, 2007.



## RESGATE VEGETATIVO DE ÁRVORES DE ANGICO-VERMELHO

(*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan)

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da decepta e anelamento do caule na indução de brotações basais em árvores de *Anadenanthera macrocarpa* em condição de campo, bem como avaliar o enraizamento das estacas obtidas, visando à propagação vegetativa dessa espécie. Foram utilizadas brotações basais advindas de 16 árvores de 3 a 5 anos de idade, as quais foram induzidas pela decepta ou anelamento do caule. As estacas foram separadas em duas classes de diâmetro (A: 1,0 – 4,0 mm e B: 4,1 – 10,6 mm) e confeccionadas com 10 cm de comprimento contendo um par de folhas reduzidas a 25% de seu tamanho original, tendo suas bases (2 cm) mergulhadas por um período de 15 segundos em solução de AIB na concentração de 6000 mg L<sup>-1</sup>, na formulação líquida. Previamente a coleta de brotações (aos 90, 120, 150 e 180 dias após a realização da decepta e anelamento do caule), foi feita a contagem do número de brotos emitidos pelas árvores. As avaliações realizadas na saída da casa de vegetação (60 dias) e da casa de sombra (70 dias) foram quanto à porcentagem de sobrevivência e de raízes observadas na extremidade inferior do tubete. Aos 100 dias de idade foi avaliado o percentual de sobrevivência e enraizamento, altura, o diâmetro de colo, a presença de calo, o número de raízes principais e a massa seca da parte aérea e da raiz das estacas enraizadas. Observou-se que o anelamento do caule e a decepta foram eficientes na indução de brotações basais em árvores de *Anadenanthera macrocarpa*, sendo que a decepta proporcionou maior emissão de brotações (média de 8,3 brotos por coleta). Quanto ao enraizamento adventício não houve diferença entre as brotações induzidas pela decepta e pelo anelamento do caule. As estacas com diâmetros inferiores a 4 mm proporcionaram maior enraizamento adventício (35%). De forma geral, tanto a decepta quanto o anelamento do caule podem ser utilizadas para indução de brotações basais em árvores de *Anadenanthera macrocarpa*, sendo que as estacas herbáceas e semi-herbáceas com diâmetros inferiores a 4 mm apresentaram maior potencial à propagação pela estaquia.

**Palavras-chave:** angico-vermelho; estaquia; propagação vegetativa; silvicultura clonal.

## 1. INTRODUÇÃO

A *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan, angico-vermelho, é uma espécie da família Leguminosae – Mimosoideae, recomendada para o paisagismo, reposição de mata ciliar e, ainda, na recuperação de áreas degradadas e na produção de lenha e carvão de alta qualidade (CARVALHO, 2003). Devido ao uso indiscriminado de sua madeira é considerada na região do Cariri paraibano, espécie em extinção (CORDEIRO e TROVÃO, 2002).

O angico-vermelho é uma espécie considerada importante tanto para a conservação de germoplasma quanto para a silvicultura, o que tem justificado o desenvolvimento de práticas silviculturais abordando um programa de melhoramento genético para fins comerciais quanto à manutenção de genótipos de interesse da conservação.

O resgate vegetativo de material adulto em campo constitui em etapa fundamental tanto para o desenvolvimento de um programa de melhoramento quanto para a conservação de genótipos de interesse. Neste caso, a propagação vegetativa via estaquia tem sido utilizada para a produção de mudas provenientes das brotações advindas das matrizes selecionadas, preservando integralmente o genótipo (WENDLING, 2003).

Assim, o emprego de tecnologias desde a seleção de plantas matrizes até métodos eficientes de produção de mudas pode contribuir de maneira significativa no desenvolvimento da silvicultura do angico-vermelho. Além de constituir em estratégia para a preservação da espécie, auxiliando a formação de bancos de germoplasma.

Com relação ao desenvolvimento da silvicultura clonal para o angico-vermelho, tem-se como base o *Eucalyptus* em que a seleção de indivíduos superiores, associada ao uso de processos capazes de propagá-los vegetativamente, viabilizou técnica e economicamente a produção de mudas clonais. Sendo que, das técnicas de propagação vegetativa indicadas para resgate e multiplicação clonal de árvores selecionadas, o enraizamento de estacas tem sido o mais utilizado na silvicultura clonal, principalmente em se tratando de planta na idade adulta (XAVIER et al., 2009).

Aliado ao desenvolvimento da técnica de estaquia, torna-se igualmente importante o estudo de técnicas de resgate de genótipos adultos, pois quando deseja-se propagar vegetativamente um material com características desejadas, o primeiro passo é o resgate do genótipo em condições de campo e obtenção de brotações com maior aptidão ao enraizamento adventício (WENDLING e XAVIER, 2001) . Em espécies

9lenhosas, a aptidão para o enraizamento de estacas está associada ao grau de maturação, onde tem-se observado que na fase juvenil as plantas apresentam maior potencial de enraizamento que na fase adulta (HARTMANN et al., 2002).

Dentre as formas de resgate para a clonagem de árvores adultas de *Eucalyptus*, a mais comumente utilizada pelas empresas florestais é a de cepa da árvore para a indução de brotações basais. As brotações emitidas nas cepas possuem características morfológicas e fisiológicas com maior grau de juvenilidade, a qual é de fundamental importância para a recuperação da competência ao enraizamento adventício (ALFENAS et al., 2009).

De acordo com Almeida et al. (2007), o resgate por brotações de cepas de árvores de *Eucalyptus cloeziana* mostrou-se mais viável em relação ao anelamento do caule e indução de brotações epicórmicas em galhos podados, tanto pelo maior número de brotações emitidas quanto pela sua capacidade de enraizamento. Em concordância, Wendling et al. (2009) estudando a de cepa como método para indução de brotações epicórmicas de matrizes adultas de araucária, observaram a viabilidade desse método para o resgate de matrizes selecionadas.

O anelamento de caule tem sido utilizado de forma eficiente na indução de brotações na base de árvores, principalmente nas situações em que a espécie é imune ao corte, pois a planta selecionada é mantida intacta em sua condição de campo (XAVIER et al., 2009). Santin et al. (2008), objetivando avaliar a eficiência do anelamento da casca na indução de brotações na base de árvores adultas de *Ilex paraguariensis*, constataram que há viabilidade dessa técnica no resgate de material adulto em campo, em virtude da indução de brotações e da alta sobrevivência das árvores aneladas (90%).

Em leguminosas são poucos os estudos que enfocam o resgate de material adulto em campo, a exemplo do realizado por Silva (2007) em estacas caulinares de *Ateleia glazioveana* Baillon a partir de brotações de cepas de árvores com dois e dez anos de idade, comprovando a viabilidade da de cepa no resgate da espécie.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da de cepa e do anelamento do caule na indução de brotações basais em árvores de *Anadenanthera macrocarpa*, bem como avaliar o enraizamento das estacas obtidas, visando a propagação vegetativa dessa espécie.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Material experimental

Foram selecionadas aleatoriamente 16 matrizes de angico-vermelho com idade variando entre três e cinco anos, no setor de silvicultura no campus da Universidade Federal de Viçosa - UFV, no município de Viçosa – MG. Para indução de brotações basais adotou-se a técnica de anelamento do caule e a de decepta das árvores, as quais foram efetuadas a 20 cm de altura, em outubro de 2010.

A experimentação com enraizamento das estacas foi conduzida no Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa - UFV, no município de Viçosa - MG.

### 2.2. Resgate vegetativo das árvores de *Anadenanthera macrocarpa*

Para a avaliação do resgate vegetativo das árvores de *Anadenanthera macrocarpa* no campo efetuou-se a decepta e o anelamento do caule para a indução de brotações basais. Para tanto, foram selecionadas árvores com idade variando entre três e cinco anos de idade, as quais tinham altura média de 9,8 m e diâmetro a altura do peito (DAP) de 11,5 cm. Como pratica silvicultural, realizou-se uma capina manual da vegetação existente em torno das árvores, em um raio de 50 cm e adubação com 200 g de NPK 10-30-12 em volta de cada matriz na projeção da copa, 15 dias após o corte ou anelamento.

A decepta foi realizada em oito árvores dispersas de forma aleatória, nas quais, utilizando uma motosserra, processou-se o corte a 20 cm de altura acima do solo, sendo cortadas quatro árvores com idade estimada de três anos e quatro com idade estimada de cinco anos. Para a aplicação da técnica de anelamento do caule, também, foram selecionadas oito árvores, sendo quatro com idade estimada de três anos e quatro com idade estimada de cinco anos, nas quais foi retirado um anel de casca de aproximadamente 5 cm de largura em torno da circunferência do tronco, a uma altura de 20 cm do solo, até o rompimento da casca sem, contudo, danificar o lenho.

Previamente a coleta de brotações (aos 90, 120, 150 e 180 dias após a realização da decepta ou anelamento), foi feita a contagem do número de brotos emitidos pelas árvores. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, constituído de dois tratamentos (decepta e anelamento), com oito repetições (árvores).

### **2.3. Propagação vegetativa pela estaquia**

A partir das brotações emitidas nas árvores decepadas e aneladas foram confeccionadas estacas para avaliação do enraizamento adventício, sendo classificadas em herbáceas e semi-herbáceas (A: diâmetro entre 1,0 – 4,0 mm) e semi-lenhosas (B: diâmetro variando de 4,1 – 10,6 mm).

Após a classificação das estacas em classes de diâmetro, estas foram confeccionadas com 10 cm de comprimento contendo um par de folhas reduzidas a 25% de seu tamanho original. As estacas tiveram suas bases (2 cm) mergulhadas por um período de 15 segundos em solução de AIB (Sigma Co.) na concentração de 6000 mg L<sup>-1</sup>, na formulação líquida, dissolvido em hidróxido de potássio (KOH) a 1 mol L<sup>-1</sup> e diluídos em água deionizada. Posteriormente, foram estaqueadas em tubetes de 55 cm<sup>3</sup> de capacidade contendo o substrato comercial Bioplant. A nutrição mineral de base utilizada no substrato foi composta de 8 kg m<sup>-3</sup> de superfosfato simples e 0,3 kg m<sup>-3</sup> de osmocote (NPK – 16-06-10).

O tempo de permanência das estacas em casa de vegetação foi de 60 dias, sendo posteriormente aclimatadas em casa de sombra com 50% de sombreamento durante dez dias e transferidas para área de pleno sol para crescimento até completarem 100 dias. Na saída da casa de vegetação, foi feita uma adubação de cobertura aplicando-se 2 mL muda<sup>-1</sup> de fosfato monoamônico (2,0 g L<sup>-1</sup>), e na saída da casa de sombra aplicou-se 5 mL muda<sup>-1</sup> do formulado NPK (10-05-30) (6 g L<sup>-1</sup>).

#### **2.3.1. Delineamento e avaliações experimentais**

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em arranjo fatorial 2 x 2, constituído de duas técnicas para a indução de brotações basais (anelamento e decepta) e duas classes de diâmetro das estacas (entre 1,0 – 4,0 mm e de 4,1 – 10,6 mm), com quatro repetições compostas de 12 estacas por parcela.

As avaliações realizadas na saída da casa de vegetação (60 dias) e da casa de sombra (70 dias) foram quanto à porcentagem de sobrevivência (SOB) e de raízes observadas na extremidade inferior do tubete (ROEIT). Aos 100 dias de idade foi avaliado o percentual de sobrevivência (SOB) e enraizamento (ENR), altura, o diâmetro de colo, a presença de calo, o número de raízes principais e a massa seca da parte aérea e da raiz das estacas enraizadas.

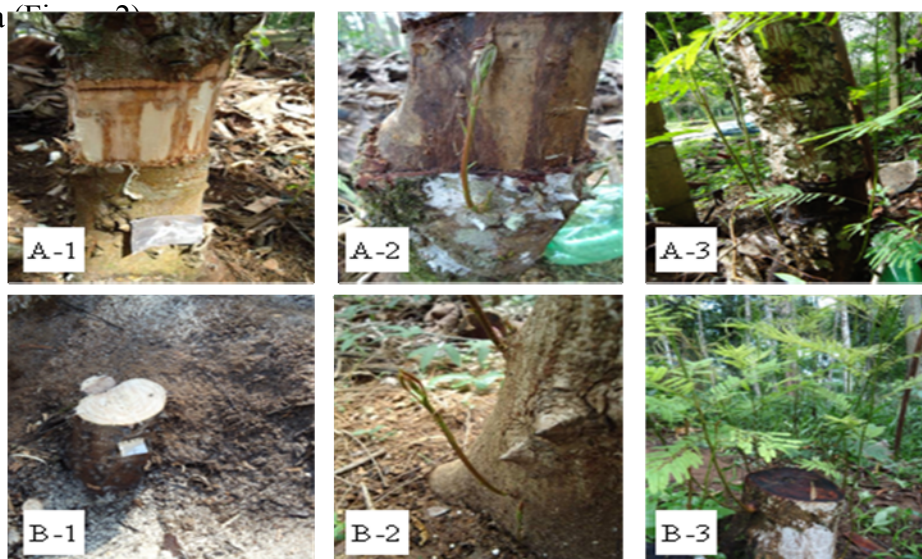
Os dados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância e teste de médias (Teste de Tukey a 5% de probabilidade), utilizando-se o software Estatística 8.0 (Statsoft inc. 2008).

Para efeito das avaliações, foram consideradas enraizadas as miniestacas com raízes maiores ou iguais a 0,5 cm e com emissão de brotações. Para a contagem do número de raízes, foram consideradas as raízes emitidas diretamente da base das miniestacas. Na medição da altura e do diâmetro de colo foram consideradas as miniestacas com presença de raiz e de brotações, sendo a altura determinada com uma régua milimetrada, a partir do nível do substrato até a ponta da última folha, e o diâmetro de colo foi determinado ao nível do substrato, por um paquímetro de precisão. Para a obtenção da massa seca, a parte aérea foi individualizada da parte radicular e mantidas em estufa à temperatura de 55°C até peso constante.

### 3. RESULTADOS

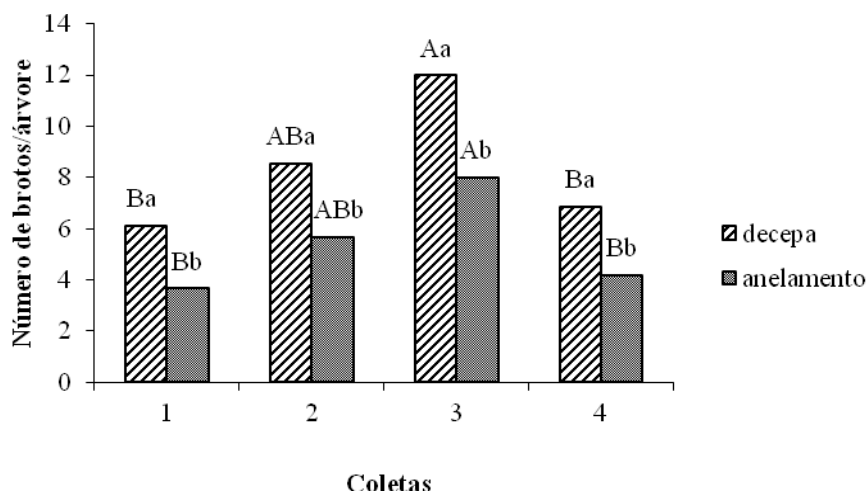
Observou-se nas árvores aneladas e decepadas (Figura 1), a partir do 30<sup>o</sup> dia, uma expressiva emissão e crescimento das brotações, sendo que, somente, aos 90 dias após o anelamento e a decepta, as matrizes apresentaram brotações com condições fisiológicas, tamanho e lignificação consideradas adequadas ao estaqueamento.

Dentre as matrizes apenas 10 % não emitiram brotos, não havendo diferença significativa entre decepta e anelamento do caule quanto a emissão de brotações. No entanto, em média as árvores submetidas a decepta apresentaram maior número de brotos por cepa (Figura 2).



**Figura 1** – Emissão de brotação, no período de 1 – 1 dia; 2 – 30 dias e 3 – 90 dias, em árvores de *Anadenanthera macrocarpa* submetidas ao anelamento (A) e a decepta (B).

Na Figura 2, os dados demonstram que as árvores submetidas a decepta produziram maior número de brotos, em relação as árvores aneladas ao longo das coletas. Sendo observado na terceira coleta o maior número de brotações tanto para a decepta quanto para o anelamento (12 e 8 brotações, respectivamente).



**Figura 2** – Número de brotos emitidos por coleta de cada árvore de *Anadenanthera macrocarpa* submetidas ao anelamento do caule e a decepta. Médias seguidas de uma mesma letra minúscula dentro de cada coleta e médias seguidas de uma mesma letra maiúscula entre coletas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação à propagação vegetativa por estaquia das brotações coletadas, não se observou diferença entre decepta e anelamento do caule para as variáveis analisadas. No entanto, observou-se diferença entre as classes de diâmetro das estacas (Tabela 1). Para sobrevivência tanto na saída da casa de vegetação como da casa de sombra, notou-se que as estacas com diâmetro superiores a 4 mm apresentaram maiores médias (79,2 e 70,1% respectivamente). Entretanto, quanto a porcentagem de raiz observada na extremidade inferior do tubete, as estacas com diâmetro inferior a 4 mm apresentaram médias superiores, com enraizamento na saída da casa de vegetação de 26,7% e na saída da casa de sombra de 32,5%.

Para as características avaliadas aos 100 dias após o estaqueamento (Tabela 1), observa-se que as estacas com diâmetro inferior a 4 mm, independente da origem das brotações, apresentaram médias superiores para a sobrevivência, enraizamento, altura, presença de calo e massa seca de raiz. Com relação a presença de calos é possível observar que todas as estacas vivas, independente do diâmetro, apresentaram calos na base.

**Tabela 1** – Sobrevivência (SOB), raiz observada na extremidade inferior do tubete (ROEIT), enraizamento (ENR.), altura (ALT), diâmetro do colo (DC), estacas com calos (PC), massa seca da parte aérea (PA) e do sistema radicular (PR) de estacas de *Anadenanthera macrocarpa*, na saída da casa de vegetação (CV), saída da casa de sombra (CS) e pleno sol (PS), aos 60, 70 e 100 dias após o estaqueamento respectivamente, em função da classe de diâmetro da estaca (CD) (A: 1,0 – 4,0 mm e B: 4,1 – 10,6 mm).

Origem dos brotos	Classe de diâmetro	CV (60 dias)		CS (70 dias)		PS (100 dias)						
		SOB (%)	ROEIT (%)	SOB (%)	ROEIT (%)	SOB (%)	ENR (%)	ALT (cm)	DC (mm)	PC (%)	Massa seca (g)	
											PA	PR
Decepa	A	65,3b	25,5a	52,5b	32,5a	46,1a	38,5a	12,75a	3,21b	57,1a	0,5a	0,4a
	B	79,2a	11,5b	68,7a	14,5b	44,5b	17,3b	11,58b	6,85a	44,5b	0,7a	0,3b
Anel.	A	63,8b	26,7a	50,7b	30,4a	45,2a	36,5a	12,73a	3,38b	56,2a	0,7 a	0,4a
	B	77,8a	10,4b	70,1a	13,2b	43,7b	15,4b	11,48b	6,77a	43,7b	0,8a	0,2b

\*Médias seguidas de uma mesma letra na coluna dentro de cada origem das brotações, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4. DISCUSSÃO

A decepa bem como o anelamento do caule foram capazes de promover a indução de brotações basais nas árvores de *Anadenanthera macrocarpa* não observando diferença entre as técnicas no estímulo à brotação de base. Esse resultado deve-se provavelmente ao aumento na relação citocinina/auxina e ao impacto estressante que se estabeleceu em virtude da quebra parcial ou total da dominância apical nas árvores aneladas e decepadas, respectivamente.

Quanto a relação citocinina/auxina, segundo Taiz e Zeiger (2004) auxina é o hormônio vegetal que promove o crescimento de regiões apicais e sua biossíntese ocorre principalmente em tecidos com rápida divisão celular e crescimento, especialmente na parte aérea, já a citocinina tem seus principais centros produtores nas raízes das plantas. Assim, a quebra por completa ou parcial da dominância apical gerou alta relação citocinina/auxina o que pode ter favorecido a emissão das brotações basais (HARTMANN et al., 2002).

Além da relação citocinina/auxina, o impacto estressante do anelamento e da decepa podem ter ocasionado distúrbios funcionais nas plantas, as quais, como estratégia de sobrevivência, induziram à emergência de novas brotações. De acordo com Epstein e Bloom (2004) e Taiz e Zeiger (2004), o estresse ocorre em virtude da interrupção do transporte de fotossintetizados e outros metabólicos orgânicos das partes mais altas para as mais baixas na planta, realizado por elementos e células crivadas, situados na região floemática. Em concordância, Santin et al. (2008) afirmam que outro fator a ser considerado no estímulo à indução de novos brotos na base das árvores



submetidas tanto a decepa como ao anelamento, pode estar relacionado ao estresse provocado pela ação da remoção da copa e do anel de casca.

Apesar da decepa e do anelamento do caule terem induzido a emissão de brotações basais nas árvores de *Anadenanthera macrocarpa*, a decepa proporcionou a indução de maior número de brotos. Esse fato possivelmente está relacionado com níveis hormonais na planta, uma vez que, a remoção da parte aérea pela decepa, quebrou a dominância apical e diminuiu o número de gemas apicais e, conseqüentemente, o fluxo de auxina pode ter diminuído, contribuindo assim para o maior estímulo de brotações laterais (RAVEN et al., 2001).

Os dados observados para decepa corroboram com os observados por Wendling et al. (2009) que estudando técnicas para indução de brotações epicórmicas ortotrópicas na propagação vegetativa de árvores adultas de *Araucaria angustifolia*, observaram que a decepa foi o método mais eficiente tecnicamente, proporcionando, um ano após a decepa, maior produção de brotações( 44 brotações por matriz).

No entanto, Kratz et al. (2010) objetivando avaliar a indução de brotações epicórmicas em cepas de *Crupressus lusitanica*, constataram que a indução de brotações em cepas apresentou baixa viabilidade em virtude da mortalidade das cepas provenientes de árvores de 10 anos e a baixa emissão de brotos nas cepas das árvores de 5 anos (1,2 brotações aos 93 dias). Demonstrando que além de fatores hormonais necessita haver predisposição do material genético à formação de brotos basais.

Apesar de o anelamento do caule ter induzido menor número de brotações é uma técnica de grande importância, pois pode ser utilizada quando a decepa não for permitida. Em virtude da *Ilex paraguariensis* ser uma árvore imune ao corte, Santin et al. (2008) avaliaram a eficiência do anelamento da casca e diferentes intensidades de poda da copa na indução de brotações na base de erveiras adultas, observando que a intensidade de poda de 70%, juntamente com o anelamento, foi o tratamento mais eficiente na maximização do número de árvores com brotos e número de brotações por árvore.

Com os dados avaliados, observa-se que a *Anadenanthera macrocarpa* possui predisposição à formação de brotações basais em árvores adultas, no entanto é necessária a aplicação de técnicas para a indução das brotações a exemplo da decepa e do anelamento do caule, as quais demonstraram ser eficientes na indução de brotos basais na espécie.

Quanto ao enraizamento das estacas, de acordo com as variáveis analisadas, não se observou diferença entre as estacas advindas das brotações das árvores submetidas a

decepa e ao anelamento do caule. Pelo fato destas técnicas induzirem brotações em posição semelhante na base das árvores, essas apresentaram características fisiológicas e ontogenéticas semelhantes, resultando em brotações com o mesmo potencial de enraizamento adventício (HARTMANN et al., 2002).

No enraizamento adventício, no entanto, foram observadas diferenças quanto a sobrevivência das estacas de acordo com a sua classe de diâmetro. Na saída da casa de vegetação e da casa de sombra as estacas com diâmetro superior a 4 mm apresentaram maior sobrevivência, o que provavelmente ocorreu em função destas estacas apresentarem maior lignificação dos tecidos, conteúdo de carboidratos, aminoácidos e de outras substâncias, como auxinas, que serviram como reserva energética (HARTMANN et al., 2002).

Com relação aos dados obtidos a pleno sol, observa-se que a sobrevivência das estacas com diâmetro superior a 4 mm diminuiu drasticamente, o que pode ser atribuído ao fato destas estacas não apresentarem raiz ou sistema radicular com desenvolvimento satisfatório, o que as tornam mais sensíveis aos efeitos adversos do ambiente. Por outro lado, as estacas com diâmetro inferior, por terem sistema radicular mais bem formado, foram menos sensíveis aos efeitos do ambiente (XAVIER et al., 2009).

As estacas com diâmetro inferior a 4 mm, também apresentaram médias superiores quanto ao enraizamento. Esta resposta pode ter ocorrido devido às estacas com maior diâmetro apresentarem alto grau de lignificação, dificultando a indução de raiz. Segundo Tofanelli (1999), estacas mais lignificadas apresentam maior dificuldade para enraizar, seja pela presença de um anel de esclerênquima contínuo, que pode constituir uma barreira física à emergência das raízes, ou pela menor habilidade fisiológica em formar primórdios radiculares.

A superioridade no enraizamento das estacas com diâmetro inferior a 4 mm, além da baixa lignificação dos tecidos, também pode ocorrer em função do teor de auxina. De acordo com Hartmann et al. (2002), em um mesmo ramo pode existir diferença quanto ao teor de auxina e lignificação dos tecidos, assim as estacas com menor diâmetro podem apresentar maior quantidade de auxina endógena em virtude de estarem mais próximas das gemas apicais e menor lignificação, assim apresentando maior predisposição ao enraizamento adventício.

Em erva-mate, estacas de matrizes adultas atingiram uma porcentagem média de 26,7% de enraizamento (HORBACH, 2008). Entretanto, Heberle (2010) avaliando o efeito do AIB no enraizamento de estacas basais e apicais de árvores matrizes de louro-pardo (*Cordia trichotoma*) não obteve enraizamento das estacas, pressupondo que o

fator de maior influência nas respostas obtidas, tenha sido o alto grau de lignificação das estacas lenhosas, dificultando a formação de raiz.

As estacas de angico em certas situações brotaram, porém não emitiram raízes o que pode ser explicado pelo fato de que em algumas espécies, o consumo de reservas para a formação de brotos prejudica o enraizamento (HARTMANN et al., 2002). Apesar do baixo enraizamento observado, principalmente nas estacas com diâmetros superiores a 4 mm, a porcentagem de estacas com calos foi alta, demonstrando competência dos tecidos para o processo de diferenciação, embora não suficiente para formação do sistema radicular.

Em *Crupressus lusitanica*, Kratz et al. (2010), também, observaram baixos índices de enraizamento, além de verificarem em todos os experimentos calosidade em algumas estacas. Joshi et al. (1992) associa este fato a independência entre a formação de calos e a formação de raízes, além do balanço endógeno entre auxinas e citocininas pouco favorável à formação de raízes, o que não induz as células meristemáticas do calo a se diferenciarem em células de raiz.

Mesmo com grande número de estacas formando apenas calo, com o enraizamento obtido para as estacas com diâmetro inferior a 4 mm demonstra a possibilidade do resgate de árvores de *Anadenanthera macrocarpa* via estaquia utilizando brotações induzidas pela decepta e pelo anelamento do caule.

## 5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que:

- O anelamento do caule e a decepta são eficientes na indução de brotações basais em árvores de *Anadenanthera macrocarpa*, sendo que a decepta proporciona maior emissão de brotações;
- Não existe diferença entre as brotações induzidas pela decepta e pelo anelamento do caule, quanto ao enraizamento adventício; no entanto, as estacas com diâmetros inferiores a 4 mm, são as mais indicadas para a estaquia de árvores de *Anadenanthera macrocarpa*.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2009. 500p.
- ALMEIDA, F. D. de; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M. Propagação vegetativa de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. por estaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 445-453, 2007.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa-CNPQ; Brasília, D.F.: Embrapa-SPI, 2003. 1039p.
- CORDEIRO, A. M.; TROVÃO, D. M. de B. M. Espécies ameaçadas de extinção no Cariri Paraibano: uma visão etnobotânica. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 51., 2000, Brasília. **Resumos...** Brasília: Sociedade Botânica do Brasil. 2000. p. 203.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**. Princípios e perspectivas. ed. 2. Londrina. 2004. 403 p.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, J. R. R. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 7.ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880p.
- HEBERLE, M. **Propagação in vitro e ex vitro de louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrabida ex Steudel)**. 2010. 76 f. Dissertação ( Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria , Santa Maria, 2010.
- HORBACH, M. A. **Propagação in vitro e ex vitro de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire – Aquifoliaceae)**. 2008. 52 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- JOSHI, N. K.; SHARMA, S.; SHAMET, G. S; DHIMAN, R. C. Studies on the effect of auxin and season on rooting stem cutting of some important shrubs in nursery beds. **Indian Forester**, Dehra Dun, v. 118, n. 12, p. 893-900, 1992.
- KRATZ, D.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. E.; DUTRA, L. F. Propagação assexuada de *Crupressus lusitanica*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 62, p. 161-164, 2010.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 906 p.
- SANTIN, D.; WENDLING, I.; BENEDETTI, E. L.; BRONDANI, G. E.; REISSMANN, D. M.; ROVEDA, L. F. Poda e anelamento em erva-mate (*Ilex paraguariensis*) visando à indução de brotações basais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.56, p.97-104, jan./jun. 2008.
- SILVA, M. O. C. B. da. **Estaquia caulinar de *Ateleia glazioveana* Baillon, Leguminosae – Papilionoideae**. 2007, 108f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2007.
- STATSOFT INC. Statistica data analysis system version 8.0. Tulsa: Statsoft Inc., 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. SANTARÉM, E. R. et al. (Trad.). 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TOFANELLI, M. B. D. **Enraizamento de estacas lenhosas e semilenhosas de cultivares de pessegueiro em diferentes concentrações de ácido indolbutírico**. 1999. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

WENDLING, I. **Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): estado da arte e tendências futuras**. Colombo, PR: EMBRAPA Florestas. 2003. 45 p.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; HOFFMANN, H. A.; BETTIO, G.; HANSEL, F. Indução de brotações epicórmicas ortotrópicas para a propagação vegetativa de árvores adultas de *Araucaria angustifolia*. **Agronomía Costarricense**, San José, v. 33, 2009.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.8, p.187-194, 2001.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal - princípios e técnicas**. Viçosa: UFV, 2009. 272p.

## CONCLUSÕES GERAIS

Com base nas condições estudadas para a propagação vegetativa de *Anadenanthera macrocarpa* por estaquia e miniestaquia, conclui-se que:

1) Em geral, a propagação vegetativa, via miniestaquia, de *Anadenanthera macrocarpa* utilizando propágulos juvenis e miniestacas apicais, independente da progênie, demonstra ser viável tecnicamente, não necessitando do uso de auxinas para induzir a rizogênese. O sistema semi-hidropônico utilizado permite a obtenção de altos índices de produtividade e sobrevivência das minicepas, possibilitando extração contínua de propágulos visando a produção de mudas da espécie. Quanto a velocidade do processo rizogênico das miniestacas, observa-se diferença entre as progênies das matrizes estudadas;

2) O substrato a base de vermiculita e a miniestaca apical com 10 cm de comprimento e folha inteira proporcionam melhores resultados na propagação vegetativa de progênies de *Anadenanthera macrocarpa* por miniestaquia, a partir de material seminal.

3) Foi observada a existência de variação na produtividade de miniestacas/minicepa/coleta e no enraizamento adventício em diferentes tipos de miniestacas e substratos para as progênies das matrizes de *Anadenanthera macrocarpa* estudadas, sugerindo possível variação genética entre as progênies;

4) Os tratamentos utilizando 8 e 4 kg de superfosfato simples por m<sup>-3</sup> de substrato, bem como o uso de fungo micorrízico arbuscular e de rizóbio não influenciam a formação de raízes adventícias nas progênies de *Anadenanthera macrocarpa* durante a fase de casa de vegetação (30 dias) e de sombra (40 dias); Entretanto, as avaliações das características de crescimento realizadas após 140 dias do estaqueamento, principalmente com relação a sobrevivência, permitem concluir que a associação simbiótica com rizóbio e/ou FMA proporcionaram melhores resultados na produção de mudas via miniestaquia de *Anadenanthera macrocarpa*;

5) O anelamento do caule e a decepta foram eficientes na indução de brotações basais em árvores selecionadas de *Anadenanthera macrocarpa*, sendo que a decepta proporciona maior emissão de brotações. Quanto ao enraizamento adventício, não se observa diferença entre as brotações induzidas pela decepta e pelo anelamento do caule, sendo que as estacas com diâmetros inferiores a 4 mm, são indicadas para a estaquia de árvores de *Anadenanthera macrocarpa*.