

FERNANDA DANIELE DE ALMEIDA

PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Eucalyptus cloeziana* F.
Muell. 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
2006

FERNANDA DANIELE DE ALMEIDA

PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Eucalyptus cloeziana* F.
Muell. 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 EM: 26 de junho de 2006

Prof. Haroldo Nogueira de Paiva
(Co-orientador)

Prof. José Maria Moreira Dias
(Co-orientador)

Prof. Ismael Eleotério Pires

Pesq. Miranda Titon

Prof. Aloisio Xavier
(Orientador)

DEDICO:

À Deus, pelo dom da vida.

Aos meus pais, Custódio e Carmem, e meus irmãos, Fabiano e Fabíola, pelo apoio, dedicação, incentivo, amor incomparável e todo sacrifício para a realização dos meus sonhos.

Ao meu noivo Juninho, pela dedicação e compreensão nas horas mais difíceis e, por todo amor.

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de vida, amor e sabedoria, por tudo.

Aos meus pais, Custódio e Carmem, pelo carinho, amor, compreensão, apoio e por todo sacrifício para a realização dos meus sonhos.

Aos meus irmãos, Fabiano e Fabíola, e toda a minha família, pelo carinho, amor, compreensão e por todo apoio.

Ao meu noivo Junio, pelo amor, compreensão, companheirismo e incentivo, durante todos os momentos da minha vida.

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

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

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

À Companhia Agrícola e Florestal Santa Bárbara (CAF), pela oportunidade da realização deste trabalho nas dependências de sua Empresa, em especial ao Coordenador de Pesquisas da CAF, o Engenheiro Florestal Anderson Piacezzi, ao encarregado Gilson Brandão e ao técnico Eusébio, pela disponibilização do material experimental e estrutural na condução da pesquisa e pela oportunidade de convivência agradável e troca de experiências durante a realização do trabalho.

Aos meus conselheiros, o Professor José Maria Moreira Dias e o Professor Haroldo Nogueira Paiva, pelas sugestões, críticas, amizade e toda a ajuda durante a realização deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora pelas críticas e sugestões.

Ao Professor Hélio Garcia Leite e, em especial, ao estudante de doutorado Márcio Leles pela grande e valiosa ajuda nas análises estatísticas, além da grande amizade demonstrada.

Aos amigos do Laboratório de Cultura de Tecidos II do Instituto de Biotecnologia Aplicado a Agropecuária (BIOAGRO), especialmente ao Professor Wagner Campos Otoni e à Elisonete R. G. Lani, pela oportunidade de convívio e pelo valioso auxílio na condução dos experimentos.

Aos amigos do Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento em Silvicultura Clonal (GSC) Elisa, Fabiana, Silvano, Patrícia, Rogério e Lívia, por toda ajuda, troca de experiências e companheirismo.

As minhas grandes e queridas amigas Talyta, Dani e Michelle, pela oportunidade de convivência agradável durante toda a graduação e pós, pela amizade incomparável, pela ajuda, conselhos e por todo carinho e apoio.

Às funcionárias do Viveiro da CAF Islene, Rosa e Domingos pelo auxílio na instalação dos experimentos e coleta de dados.

Foram tantas as dificuldades enfrentadas que só puderam ser vencidas com a ajuda de todos aqueles que me tem algum carinho. A todas as pessoas que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho, o meu Muito Obrigada.

BIOGRAFIA

FERNANDA DANIELE DE ALMEIDA, filha de Custódio Jesus de Almeida e Maria do Carmo Aparecida Reis de Almeida, nasceu em 07 de novembro de 1980, em Viçosa, MG.

Em 1995, concluiu o 1º grau na Escola Estadual Effie Rolfs e, em 1998 concluiu o 2º grau na mesma escola em Viçosa, MG.

Em janeiro de 2004, graduou-se em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

Em março de 2004, 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, submetendo-se à defesa de tese em junho de 2006.

CONTEÚDO

| | |
|--|----|
| RESUMO..... | ix |
| ABSTRACT..... | xi |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL..... | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1. <i>Eucalyptus cloeziana</i> F. Muell..... | 3 |
| 2.2. Silvicultura clonal de <i>Eucalyptus</i> | 4 |
| 2.2.1. Seleção de clones..... | 4 |
| 2.2.2. Resgate de árvores selecionadas..... | 5 |
| 2.3. Propagação clonal de <i>Eucalyptus</i> | 10 |
| 2.3.1. Estaquia..... | 10 |
| 2.3.2. Microestaquia..... | 11 |
| 2.3.3. Miniestaquia..... | 12 |
| 2.4. Fatores que afetam o enraizamento de estacas..... | 13 |
| 2.4.1. Maturação/juvenildade dos propágulos..... | 14 |
| 2.4.2. Uso de Aditivos/cofatores no enraizamento..... | 15 |
| 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 25 |
| | |
| PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ÁRVORES SELECIONADAS DE <i>Eucalyptus cloeziana</i> F. Muell. POR ESTAQUIA | 32 |
| RESUMO..... | 32 |
| ABSTRACT..... | 32 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 33 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 35 |
| 2.1. Material experimental..... | 35 |
| 2.2. Metodologia..... | 35 |
| 2.2.1. Resgate de árvores selecionadas de <i>Eucalyptus cloeziana</i> por brotações de cepas..... | 35 |
| 2.2.2. Resgate de árvores selecionadas de <i>Eucalyptus cloeziana</i> por anelamento de caule..... | 36 |
| 2.2.3. Resgate de árvores selecionadas de <i>Eucalyptus cloeziana</i> por galhos podados..... | 37 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 38 |
| 3.1. Resgate por brotações de cepas..... | 38 |
| 3.2. Resgate por galhos podados e anelamento de caule..... | 41 |

| | |
|------------------------------------|----|
| 4. CONCLUSÃO..... | 42 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 43 |

**EFICIÊNCIA DAS AUXINAS AIB E ANA NO ENRAIZAMENTO DE
MINIESTACAS DE CLONES DE *Eucalyptus cloeziana* F. Muell.**

| | |
|---|----|
| RESUMO..... | 45 |
| ABSTRACT..... | 45 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 46 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 47 |
| 2.1. Material experimental..... | 47 |
| 2.2. Metodologia..... | 48 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 49 |
| 3.1 Eficiência do AIB no enraizamento..... | 49 |
| 3.2. Eficiência do ANA no enraizamento..... | 54 |
| 4. CONCLUSÃO..... | 56 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 57 |

**EFEITO DOS COFATORES FLOROGLUCINOL E PVP NO
ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE CLONES DE *Eucalyptus cloeziana*
F. Muell.**

| | |
|--|----|
| RESUMO..... | 59 |
| ABSTRACT..... | 59 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 60 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 61 |
| 2.1. Material experimental..... | 61 |
| 2.2. Metodologia..... | 62 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 63 |
| 3.1 Eficiência do floroglucinol no enraizamento..... | 63 |
| 3.2 Eficiência do PVP no enraizamento..... | 67 |
| 4. CONCLUSÃO..... | 71 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 72 |

| | |
|---------------------------|----|
| 4. CONCLUSÕES FINAIS..... | 74 |
|---------------------------|----|

RESUMO

ALMEIDA, Fernanda Daniele de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2006.
Propagação vegetativa de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. por estaquia e miniestaquia. Orientador: Aloisio Xavier. Co-orientadores: Haroldo Nogueira de Paiva e José Maria Moreira Dias.

O presente trabalho teve por objetivos: a) avaliar a eficiência do enraizamento adventício de estacas confeccionadas a partir de brotações obtidas por meio da decepa da árvore, anelamento de caule e indução de brotações epicórmicas em galhos podados em árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana*; b) avaliar a eficiência dos reguladores de crescimento AIB e ANA no enraizamento adventício de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana*; c) avaliar a eficiência dos cofatores PVP e floroglucinol no enraizamento adventício de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana*. Para a obtenção de brotações por meio da decepa da árvore foram selecionadas 3 e 5 matrizes de 5 e 15 anos de idade, respectivamente. O anelamento de caule foi realizada em árvores de 5, 15 e 20 anos de idade e os galhos foram retirados de árvores de 20 anos de idade. Para a avaliação dos reguladores de crescimento e dos cofatores foram utilizados clones de *E. cloeziana* provenientes do minijardim clonal da CAF. As avaliações constaram da eficiência das formas de indução de brotações, da sobrevivência das estacas/miniestacas na saída da casa de vegetação, enraizamento na saída da casa de sombra, sobrevivência e altura das mudas aos 90 dias de idade, submetidas aos tratamentos, com os reguladores de crescimento e cofatores. No experimento em que se avaliou diferentes formas de indução de brotações epicórmicas, todas as formas testadas obtiveram sucesso na indução de brotações, porém, somente as estacas confeccionadas a partir de brotações de cepas, obtiveram resposta ao enraizamento adventício. Na avaliação do efeito dos reguladores de

crescimento AIB e ANA no enraizamento das miniestacas, pode-se perceber que os clones com maior potencial de enraizamento responderam melhor ao enraizamento adventício nas dosagens mais baixas de AIB, independentemente da forma de aplicação do regulador (líquido ou pó). No uso de regulador de crescimento ANA, pode-se observar, para a maioria dos clones estudados, que este regulador não influenciou no enraizamento. Em relação aos cofatores floroglucinol e PVP, pode-se concluir que ambos apresentaram efeito benéfico na maioria das características analisadas para os dois clones de *Eucalyptus cloeziana*. De forma geral, com base nos objetivos do trabalho, nos tratamentos aplicados e material genético utilizado, os resultados obtidos indicam potencialidade de enraizamento das miniestacas dos clones de *Eucalyptus cloeziana* estudados, permitindo sua propagação clonal de forma satisfatória.

ABSTRACT

ALMEIDA, Fernanda Daniele de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, June 2006.
Vegetative propagation of *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. through cuttings and minicuttings techniques. Adviser: Aloisio Xavier. Co-adviser: Haroldo Nogueira de Paiva and José Maria Moreira Dias.

The present work aimed at: a) evaluating rooting efficiency of adventitious cuttings made from shoots obtained through tree severance, stem ringing and epicormical shoot induction on pruned branches of selected *Eucalyptus cloeziana* trees; b) evaluating efficiency of growth regulators IBA and NAA in adventitious rooting of minicuttings of *Eucalyptus cloeziana* clones; c) evaluating efficiency of co-factors PVP and phloroglucinol in adventitious rooting of minicuttings of *Eucalyptus cloeziana* clones. To obtain shoots through tree severance, 3 and 5 matrices, respectively 5 and 15 years old, were selected. Stem ringing was realized in trees of 5, 15 and 20 years old and branches were cut of trees of 20 years old. To evaluate the growth regulators and co-factors, *E. cloeziana* clones, originating from the CAF miniclonal hedge, were used. Evaluations verified the efficiency of the root induction methods, survival of the cuttings/minicuttings on leaving greenhouse, rooting on leaving the shade house, survival and height of the cuttings at the age of 90 days, submitted to treatments with growth regulators and co-factors. In the experiment, which evaluated different forms of epicormical shoot induction, all methods were successful at shoot induction. However, only cuttings made of stump shoots resulted in adventitious rooting. Evaluation of the effect of growth regulators IBA and NAA on the rooting of minicuttings showed that clones with the highest rooting potential responded better at adventitious rooting at lowest IBA doses, independent of regulator appliance

forms used (liquid or powder). Use of the growth regulator NAA showed no influence on rooting with the majority of the clones studied. In relation to co-factors phloroglucinol and PVP can be concluded that both showed beneficial effects for the majority of the characteristics analysed for the two clones of *E. cloeziana*. In a general way, based on the objectives of this work, on the applied treatments and on the genetic material used, the obtained results indicate rooting potential of minicuttings techniques of the *E. cloeziana* clones studied, permitting their clonal propagation in a satisfactory way.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Para a formação de uma floresta clonal, com alto padrão de qualidade e produtividade, todas as etapas da silvicultura clonal devem ser realizadas de forma criteriosa, as quais incluem desde a seleção da planta matriz, seguida dos processos de clonagem, até a obtenção da floresta.

Tendo em vista que a seleção de clones é, na maioria das vezes, realizada na fase adulta, a propagação vegetativa encontrou limitações, principalmente no que se refere à variação de genótipos entre e dentro das espécies florestais, em função da redução gradual da capacidade de enraizamento de estacas, associada ao envelhecimento ontogênico (ASSIS, 1997).

Sabe-se que, em algumas espécies de plantas, especialmente as lenhosas, existe um gradiente de juvenilidade em direção à base da árvore, que é variável entre espécies (ZOBEL e TALBERT, 1984; ELDRIDGE et al., 1994). Segundo estes autores, isto traduz o aumento da maturação em função da maior proximidade com o meristema apical. De acordo com Hartmann et al. (2002), a maior juvenilidade da região basal deve-se ao fato de que os meristemas basais da plantas formaram-se em épocas mais próximas à germinação da semente que os das regiões terminais.

A adoção de técnicas de propagação vegetativa tem proporcionado inúmeros benefícios ao setor florestal, principalmente pela formação de plantios clonais produtivos, aliada à melhoria da qualidade da madeira e derivados (BANDEIRA, 2004). Apesar de o enraizamento de estacas ter se tornado a técnica de propagação vegetativa mais difundida, o mesmo apresenta limitações em relação ao seu uso, requerendo mais estudos que visem ao aprimoramento das técnicas de propagação vegetativa, de modo a solucionar problemas técnicos e operacionais apresentados pela estaquia. Isto tem resultado em maior

eficiência do processo de produção de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. Nesse contexto, em relação ao processo de produção de mudas clonais de eucalipto, consideráveis avanços, principalmente em relação ao percentual e à qualidade do enraizamento adventício, assim como, redução do tempo para formação da muda, foram obtidos nos últimos anos com o desenvolvimento das técnicas de microestaquia (ASSIS et al., 1992; XAVIER e COMÉRIO, 1996) e miniestaquia (XAVIER e WENDLING, 1998; HIGASHI et al., 2000; WENDLING et al., 2000).

Apesar dos avanços nas técnicas de propagação vegetativa ocorridos nos últimos anos, o enraizamento adventício de estacas, ainda, constitui fator limitante para a propagação massal de algumas espécies, como, por exemplo, o *Eucalyptus cloeziana*.

Segundo Boland et al. (1984), o *Eucalyptus cloeziana* apresenta ótima qualidade para a produção de carvão, tábuas, postes, mourões e uso na construção civil. Porém, segundo Rotundo (1993) e Alfenas et al. (2004), até o presente momento, esta espécie tem sido considerada de difícil enraizamento. Segundo estes mesmos autores, a importância que o *Eucalyptus cloeziana* representa para vários segmentos da atividade industrial requer o desenvolvimento de sistemas funcionais de propagação clonal.

Diante da importância desta espécie para o setor florestal e dada a carência de estudos envolvendo formas de propagação clonal de *Eucalyptus cloeziana*, o presente trabalho teve por objetivo:

- Avaliar a eficiência de diferentes formas de resgate de propágulos vegetativos de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* de diferentes idades e sua multiplicação vegetativa pela estaquia;
- Avaliar o efeito do ácido indolbutírico (AIB) e do ácido naftalenoacético (ANA) no enraizamento adventício de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana*, e;
- Estudar o efeito dos cofatores polivinilpirrolidona (PVP) e floroglucinol no enraizamento adventício de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *Eucalyptus cloeziana* F. Muell.

De acordo com Boland et al. (1984), o *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. é uma árvore perenifólia, de 30-40 m de altura, originária da Austrália, de tronco ereto, com casca persistente, brandamente sulcada, de cor marrom-escura, escamosa, de 50-70 cm de diâmetro à altura do peito. Possui inflorescência em panículas axilares densas, dispostas na região inferior dos ramos, formando um denso emaranhado que facilmente identifica a espécie. Segundo os mesmos autores, possui flores brancas, pequenas, com estames brancos, formando botões globosos de opérculo indistinto. O fruto é do tipo cápsula, globoso, de cerca de 10 mm de diâmetro, com 3-4 valvas levemente salientes, contendo sementes escuras.

Esta espécie tem alto valor comercial, possuindo várias utilidades, tais como, construção civil, dormentes, postes, entre outras, principalmente pelo fato de possuir madeira dura e durável (BOLAND et al., 1984; BOLAND et al, 1991). É uma espécie rústica e de rápido crescimento, adequada para reflorestamentos destinados à produção de madeira para diversos usos. No Brasil, tem-se observado melhor desenvolvimento desta espécie em regiões subtropicais como o sudeste e o sul (LORENZI et al, 2003).

De acordo com Rotundo (1993) e Passador (1994), o *E. cloeziana* tem se destacado nos programas de reflorestamento no sudeste da Bahia, visando à produção de carvão vegetal, uma vez que possui madeira de elevada densidade ($0,60 \text{ g cm}^{-3}$). Segundo estes mesmos autores, esta espécie apresenta índice de rebrota próximo a 100%, além de elevada resistência ao cancro. Porém, apresenta-se muito susceptível à ferrugem causada por *Puccinia psidii* (ALFENAS et al., 2004). Incidência severa de ferrugem causada por este

fungo tem sido verificada nos plantios de *E. cloeziana* no sul da Bahia, com até seis a oito meses de idade (MORAES et al., 1982). Esta enfermidade incide sobre partes jovens da planta, tais como primórdios foliares, pecíolos, ápices dos ramos e na haste principal de mudas no viveiro; e ataca da mesma forma, brotações de cepas (RUIZ et al., 1987), limitando o plantio de *E. cloeziana* em regiões sujeitas a esta enfermidade.

2.2. Silvicultura clonal de *Eucalyptus*

2.2.1. Seleção de clones

O processo de seleção da árvore matriz, a qual vai constituir o futuro clone, constitui-se numa etapa de fundamental importância para se alcançar a meta desejada na silvicultura clonal. As árvores matrizes devem agregar os atributos silviculturais desejáveis, portanto, uma planta de padrão superior. A correta escolha das árvores superiores a serem clonadas deve ser feita de maneira criteriosa, de forma prática e baseando-se em fundamentos científicos, os quais são variáveis em função da metodologia de seleção, da espécie, disponibilidade de material genético, tempo, estruturas de apoio e, principalmente, com os objetivos almejados com o processo seletivo (XAVIER, 2003).

De modo geral, a seleção da árvore superior pode ser realizada em áreas de plantios comerciais e em áreas experimentais, como os testes de progênies. Quanto ao processo de seleção em plantios comerciais, implantados com uma mesma espécie, em espaçamento regular e com árvores em uma mesma idade, o processo torna-se mais preciso, principalmente, dada a possibilidade comparativa entre as árvores superiores e da maior frequência das árvores com as características desejadas (XAVIER, 2003). Desta forma, nos programas iniciais de clonagem de eucalipto, a seleção de árvores superiores tem sido realizada, principalmente, em plantios comerciais, devido à grande variabilidade genética encontrada, necessidade de resultados a curto prazo, operacionalidade e eficiência nos processos seletivos.

A possibilidade de uso de testes de progênies para a seleção de árvores superiores, visando à clonagem, tem sido considerada a forma mais adequada e de maior eficiência, principalmente, nas situações em que o programa clonal baseia-se em características de baixa herdabilidade. Os testes de progênies instalados em locais representativos fornecem informações sobre a performance e o valor genético das famílias, permitindo selecionar indivíduos dentro das famílias mais produtivas. Porém, a seleção de árvores superiores em

testes de progênies e, ou, com controle genético, acarretam maiores investimentos em testes de campo, maior tempo e necessidade de recursos humanos na condução experimental, limitando a sua operacionalidade em grande escala (XAVIER, 2003).

2.2.2. Resgate de árvores selecionadas

Após a seleção das matrizes no campo, estas são multiplicadas assexuadamente, processo este, conhecido como resgate de material superior (ALFENAS et al., 2004). De acordo com estes mesmos autores, o primeiro passo, após a seleção de árvores superiores à idade de corte, é a obtenção de brotações fisiologicamente juvenis, e, por conseqüência, mais aptas ao enraizamento. A forma mais comumente utilizada pelas empresas florestais, para o resgate de árvores selecionadas no campo, tem sido a decepa da árvore para a emissão de brotações basais. Porém, existem outras formas de resgate que podem ser utilizadas em diversas situações, principalmente no caso da decepa da árvore não ser possível, como, por exemplo, anelamento de caule, indução de brotações em galhos podados, aplicação do fogo, resgate por enxertia, ou micropropagação.

Resgate pela decepa da árvore

A forma mais simples de obtenção de brotações juvenis em árvores de eucalipto é a indução de brotos basais, mediante a decepa da árvore. As brotações emitidas nas cepas têm 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., 2004).

Em se tratando de espécies do gênero *Eucalyptus*, as técnicas de resgate de material selecionado já estão bem estabelecidas com a utilização da decepa da árvore para a emissão de brotações juvenis, as quais são utilizadas para a propagação vegetativa por estaquia. Entretanto, este procedimento é restrito às espécies com alto potencial de rebrota das cepas, limitando sua aplicação àquelas que apresentam dificuldade de rebrota ou restrições ao corte (XAVIER, 2003).

Resgate pelo anelamento do caule

De acordo com Alfenas et al. (2004), esta técnica é de fácil execução e, na maioria dos casos, surte bons resultados. Em plantas de eucalipto no campo, faz-se a incisão de cerca de 1-2 cm de espessura em torno da circunferência do caule, na base da árvore a cerca de 10-15 cm de altura em relação ao solo. O anelamento é feito a uma profundidade suficiente, para que não danifique o lenho, e, após aproximadamente 20 dias, é possível observar brotações sendo emitidas abaixo da incisão, e aos 45-50 dias é possível coletar estas brotações para a extração das estacas.

O princípio fisiológico do método de anelamento consiste na alteração dos níveis endógenos dos componentes químicos envolvidos, dentre outros processos, no enraizamento adventício, sendo eles, principalmente, os reguladores de crescimento (auxina/citocinina). As auxinas que são biossintetizadas em regiões de crescimento ativo como primórdios foliares e folhas jovens, além das sementes em desenvolvimento (FACHINELLO et al., 1995; RAVEN et al., 1996), apresentam um movimento basípeto até o coleto da planta e acrópeto do coleto até o ápice das raízes. Por sua vez, as citocininas, que são biossintetizadas, principalmente nas raízes, apresentam um movimento basípeto até o coleto e acrópeto até o ápice dos ramos (TAIZ et al., 2006). Assim, a aplicação do anelamento aumenta a concentração de substâncias promotoras de brotações como as citocininas, imediatamente, após o anel de casca retirado, acompanhado pela redução da concentração de auxina neste ponto, uma vez que seu transporte via floema é interrompido pela retirada do anel de casca, causando um desbalanço auxina/citocinina favorável à emissão de brotações (ZIMMERMANN e BROWN, 1974). Segundo estes mesmos autores, a mudança abrupta de concentração de auxina e citocinina leva a uma atividade do meristema apical causando o alongamento das gemas dormentes abaixo do anelamento.

A prática do anelamento da planta antes da retirada da estaca é uma forma de condicionamento que pode trazer aumentos significativos na percentagem de estacas enraizadas, pois o anelamento promove um bloqueamento do movimento descendente de carboidratos e os demais cofatores envolvidos no processo de enraizamento (FACHINELLO, 1986).

Resgate pelo uso do fogo

Para a execução desta técnica em árvores de eucalipto, folhas e galhos secos destas árvores são amontoados na base do tronco e protegidos com um abafador metálico em formato de dois semicírculos justapostos e unidos, contendo uma abertura lateral do tipo fornalha, por onde se acende o fogo. O tratamento dura de 10-20 minutos em temperatura de 70 °C. Após cerca de 20 dias, brotações epicórmicas começam a surgir na base da árvore, nas proximidades do coleto e, aos 45-50 dias, são colhidas para enraizamento (ALFENAS et al., 2004). O fogo aplicado na base das árvores frequentemente mata os tecidos do câmbio, interferindo na translocação de carboidratos e auxinas pelo floema, causando efeito semelhante ao observado no anelamento do caule. Outra explicação à produção de brotações epicórmicas deve-se ao fato da destruição da folhagem causada pelo fogo induzir quebra da dominância apical, levando, então, à quebra da dormência de gemas que sobrevivem abaixo da casca ou à formação de gemas adventícias que desenvolvem das brotações (KOZLOWISKI e PALLARDY, 1997).

O desenvolvimento deste método baseou-se em observações de campo, onde é comum a emissão de brotações epicórmicas ao longo do caule de plantas de eucalipto após incêndio (ALFENAS et al., 2004).

Resgate pelo uso de galhos podados

Outro método que pode ser utilizado no resgate de árvores selecionadas no campo, principalmente em casos onde a decepa da árvore não é permitida, é a utilização de brotações epicórmicas formadas nos galhos.

Galhos de aproximadamente 1 m de comprimento, coletados da árvore selecionada, são colocados sobre areia lavada ou diretamente sobre uma tela em casa de vegetação sob nebulização intermitente. Alternativamente, as extremidades dos galhos podem ser parafinadas e colocadas em ambiente úmido, com elevada incidência de luz. Após cerca de 45-60 dias, as brotações epicórmicas formadas nos galhos são utilizadas para a extração de estacas para enraizamento (ALFENAS et al., 2004). Segundo estes autores, o princípio fisiológico do método também está baseado na alteração do equilíbrio entre os reguladores de crescimento (auxina/citocinina) em favorecimento da emissão de brotações epicórmicas. É importante ressaltar que devido ao maior grau de juvenilidade dos galhos situados na

porção mais baixa da árvore, estes tendem a emitir brotações juvenis, portanto aptas ao enraizamento.

Resgate por enxertia

No resgate de árvores selecionadas pela técnica de enxertia, brotações colhidas na copa da árvore selecionada são utilizadas como fonte de propágulos (garfos), os quais são enxertados sobre porta-enxertos produzidos a partir de sementes. Uma vez obtida a planta pela enxertia, sua parte aérea vai constituir-se em fonte de brotações para a extração de estacas, as quais, pelo enraizamento adventício, vão formar as mudas clonais. Estas constituirão as plantas matrizes, destinadas ao processo de clonagem daquela árvore selecionada (XAVIER, 2003).

A enxertia de ramos colhidos da planta matriz em sua própria progênie ou em mudas clonadas da própria matriz tem sido amplamente utilizada nos programas de melhoramento genético do eucalipto. No entanto, a preferência pelo porta-enxerto formado a partir de semente deve-se ao fato de este ser juvenil, o qual irá induzir juvenildade no enxerto, proporcionando, assim, maior resposta das brotações no processo de propagação vegetativa da árvore selecionada (XAVIER, 2003).

Resgate por micropropagação

Embora não sendo uma condição exclusiva, a propagação vegetativa *in vitro*, ao utilizar propágulos de reduzido tamanho, é denominada de micropropagação. Segundo Grattapaglia e Machado (1998), a propagação vegetativa *in vitro* pode ser considerada a aplicação mais prática da cultura de tecidos e aquela de maior impacto. De acordo com Hartmann et al. (2002), a micropropagação compreende o cultivo asséptico de partes das plantas em condições controladas de nutrição, umidade, luz e temperatura.

Segundo Ferreira et al. (1998), a micropropagação consiste na produção de plantas idênticas à planta mãe pela capacidade natural de multiplicação vegetativa das espécies. Baseia-se no fato de qualquer célula ou organismo ser totipotente, isto é, encerrar no seu núcleo toda a informação genética necessária à regeneração de uma planta completa, estando, portanto, apta a dar origem, por si só, a uma nova planta, quando submetida a condições apropriadas (KERBAUY, 1999).

As técnicas de cultivo de tecidos e órgãos podem constituir alternativa econômica e adequada em relação aos métodos clássicos de propagação vegetativa de eucalipto, pois, além de oferecerem a possibilidade de propagação de árvores selecionadas de todas as idades, possibilitam a limpeza clonal e, em razão da alta taxa de multiplicação, aceleram os programas de propagação vegetativa, aspecto este de grande valia para a propagação vegetativa de híbridos de *Eucalyptus* de alto valor e de difícil enraizamento pelos métodos convencionais (CHAPERON, 1987; GRATTAPAGLIA e MACHADO, 1998).

A micropropagação pode ser usada tanto no resgate, quanto no rejuvenescimento de árvores adultas (BONGA e VON ADERKAS, 1992; HACKETT e MURRAY, 1993; ALFENAS et al., 2004). Estudos indicam que as características relacionadas à maturação podem ser modificadas por meio do cultivo *in vitro* realizado de forma seriada (BONGA e VAN ADERKAS, 1992).

No resgate de árvores adultas de *Eucalyptus*, segundo Chaperon (1987), a micropropagação deve ser usada, quando, em determinadas espécies, outras técnicas de propagação vegetativa não apresentam resultados satisfatórios, ou bem, quando a árvore selecionada não pode ser rejuvenescida por meio da promoção de brotações basais ou quando se deseja aumentar a taxa de multiplicação e reduzir o tempo para seu uso comercial. No entanto, esta técnica apresenta algumas limitações, como o alto custo da muda em comparação com outras técnicas de propagação pela dependência de laboratório e mão-de-obra especializada (BONGA E VON ADERKAS, 1992). Assim, na busca da otimização do processo de micropropagação, a eliminação da etapa de enraizamento *in vitro* é altamente desejável sob o ponto de vista econômico e de qualidade do sistema radicular formado pela planta (XAVIER e COMÉRIO, 1997; XAVIER et al., 2001; TITON et al., 2002).

Com o surgimento da microestaquia na década de 90, a micropropagação passou a ser recomendada na clonagem de *Eucalyptus*, visto ser eficiente no processo de reversão à juvenilidade (GUIMARÃES et al., 1997; XAVIER et al., 1997). Segundo Wendling (2002), a microestaquia passou a ter uma aplicação direta da micropropagação na área florestal, a qual é baseada no máximo de aproveitamento da juvenilidade dos tecidos vegetais, cujo desenvolvimento e aplicação em eucalipto tiveram como origem os trabalhos realizados por Assis et al. (1992). A técnica da microestaquia possibilitou consideráveis ganhos, principalmente quanto ao aumento nos percentuais e qualidade de enraizamento e à redução no tempo de formação da muda (TITON et al., 2002; 2003).

De acordo Hartmann et al. (2002), o rejuvenescimento pela cultura de tecidos tem um grande potencial para incrementar o enraizamento de gemas alongadas *in vitro*, principalmente devido aos recentes avanços com plantas transgênicas, embriogênese somática e a tecnologia de sementes sintéticas usadas para restaurar a condição juvenil de plantas fisiologicamente maduras.

2.3. Propagação clonal de *Eucalyptus*

2.3.1. Estaquia

Dentre as técnicas de propagação vegetativa de *Eucalyptus* desenvolvidas em escala comercial, a estaquia, cujos princípios já são bem conhecidos, tem tido ampla adoção na clonagem de árvores deste gênero, o que permitiu o desenvolvimento da silvicultura clonal de forma intensiva em diversas partes do mundo (XAVIER, 2002).

A estaquia consiste em promover o enraizamento de partes da planta, podendo ser ramos, raízes, folhas e até mesmo fascículos, no caso de *Pinus* (WENDLING, 1999). De acordo com Paiva e Gomes (1995), a estaquia consiste em obter da planta um órgão, ramo, uma folha ou raiz e colocá-los em um meio adequado à formação do sistema radicular e, ou, desenvolvimento da parte aérea. Envolve a regeneração de meristemas adventícios radiculares diretamente a partir dos tecidos associados com o tecido vascular ou a partir do tecido caloso na base da estaca (MALAVASI, 1994).

Segundo Assis (1996), os trabalhos de propagação vegetativa de árvores do gênero *Eucalyptus* tiveram início nos anos 50, no Marrocos. No Brasil, os trabalhos pioneiros com sucesso no enraizamento de estacas de eucalipto remontam ao ano de 1975, conforme Ikemori (1975), sendo a técnica adotada em escala comercial quatro anos mais tarde.

Quanto ao processo da estaquia, as brotações podem ser colhidas no campo, no caso de árvores selecionadas, ou no jardim clonal, que seria a segunda etapa do processo. As estacas permanecem em casa de vegetação por um período de 20 a 45 dias, dependendo da espécie, da região e da época do ano. Após o enraizamento na casa de vegetação, estas são aclimatizadas em casa de sombra por um período de aproximadamente 7 dias, dependendo da espécie e, em seguida, transferidas para o pleno sol, onde completarão sua rustificação e receberão os tratamentos finais, antes de serem plantadas no campo. As mudas produzidas pelo enraizamento de estacas estarão aptas para o plantio no campo quando atingirem 90 a 120 dias de idade (WENDLING, 1999; TITON, 2001).

A propagação vegetativa por enraizamento de estacas representa um dos maiores avanços tecnológicos na área florestal (HARTMANN et al., 2002); entretanto, devido às dificuldades de propagação vegetativa apresentadas por algumas espécies, principalmente no que envolve material adulto e variação entre genótipos (ASSIS, 1997), esta técnica foi aperfeiçoada e incrementada, sendo hoje a miniestaquia e a microestaquia as técnicas aplicadas na propagação massal de clones de *Eucalyptus* spp.

2.3.2. Microestaquia

Com base no rejuvenescimento de clones de eucalipto, por meio da micropropagação, desenvolveu-se a técnica da microestaquia, buscando aproveitamento máximo da juvenilidade dos propágulos vegetativos, visando maximizar o enraizamento das microestacas no processo de propagação vegetativa (XAVIER et al., 2001).

De acordo com Assis (1997), a microestaquia caracteriza-se primordialmente pela utilização de plantas rejuvenescidas *in vitro* como fontes de propágulos vegetativos. Ápices caulinares destas plantas são extraídos e utilizados como microestacas, as quais são colocadas para enraizar em ambiente de casa de vegetação, com controle de umidade e temperatura.

Neste processo, o laboratório funciona como um local de rejuvenescimento de clones selecionados, para a produção de plantas que visam a formação do microjardim clonal, localizado no viveiro. Este jardim é constituído de microcepas que fornecerão as microestacas para o processo de produção de mudas que é dependente das estruturas de casa de vegetação, casa de sombra e área de pleno sol, onde serão realizadas as fases de enraizamento, aclimatização e rustificação das mudas, respectivamente (XAVIER e COMÉRIO, 1996).

Quando comparada com o método tradicional de enraizamento de estacas, a microestaquia oferece uma série de vantagens, promovendo benefícios operacionais, técnicos, econômicos, ambientais e de qualidade (ASSIS, 1996). Dentre estas vantagens, pode-se citar os maiores índices de enraizamento, melhor qualidade do sistema radicular; redução das atividades operacionais; redução dos investimentos, principalmente em casa de vegetação, em razão do menor tempo de permanência para enraizamento; e, a não necessidade da aplicação de reguladores de crescimento para enraizamento (COMÉRIO et al., 1996; XAVIER e COMÉRIO, 1996; ASSIS, 1997).

Quanto aos níveis de enraizamento, Assis (1997) relata que os ganhos obtidos são tanto maiores, quanto menores forem os índices de enraizamento de estacas dos clones pelo método da estaquia convencional, podendo superar os 40 %, em alguns casos. Esta superioridade pode estar relacionada ao maior grau de juvenilidade das microestacas, que melhora sua predisposição ao enraizamento e também a prontidão da iniciação radicular, que conseqüentemente promoverá uma menor exposição dos tecidos da base da microestaca à entrada de fungos apodrecedores.

Titon et al. (2002), avaliando a eficiência da propagação vegetativa de quatro clones de *Eucalyptus grandis* por meio das técnicas de microestaquia e miniestaquia, observou resultados superiores da microestaquia em relação à miniestaquia, em termos de sobrevivência na saída da casa de vegetação, enraizamento na saída da casa de sombra e sobrevivência das mudas aos 50 dias. Estes resultados foram mais pronunciados em clones com maior dificuldade de enraizamento, indicando, nestes casos, possível efeito de rejuvenescimento dos clones com o uso da microestaquia.

Porém, uma das limitações da técnica de microestaquia é a dependência das mudas, rejuvenescidas pela micropropagação, de um laboratório de culturas de tecidos, o que onera a produção de mudas, além de limitar a sua utilização por causa das dificuldades de rejuvenescimento de algumas espécies/clones (ASSIS, 1997).

2.3.3. Miniestaquia

Devido às limitações impostas pela microestaquia na propagação vegetativa de clones de eucalipto, surgiu a miniestaquia, que foi desenvolvida, seguindo a filosofia da técnica de microestaquia no processo de produção de mudas, porém, sem a fase de rejuvenescimento por micropropagação (XAVIER e WENDLING, 1998).

A técnica de miniestaquia constitui-se da utilização de brotações de plantas propagadas pelo método da estaquia convencional, como fontes de propágulos vegetativos para formação do minijardim clonal, sem prévio rejuvenescimento *in vitro* e sendo as demais etapas semelhantes à técnica de microestaquia. Assim, basicamente a microestaquia diferencia-se da miniestaquia pela origem do material que compõe o microjardim clonal: na microestaquia, as microcepas originam-se de mudas micropropagadas e na miniestaquia as minicepas iniciais são formadas de mudas propagadas pela estaquia convencional (XAVIER et al., 2001).

Em síntese, a técnica da miniestaquia consiste na utilização de brotações de plantas propagadas pelo método da estaquia convencional como fontes de propágulos vegetativos, onde, inicialmente faz-se a poda do ápice da brotação da estaca enraizada (muda com aproximadamente 60 dias) e em intervalos de 10 a 25 dias (variáveis em função da época do ano, clone/espécie, das condições nutricionais, entre outras) ela emite brotações que serão coletadas e postas para enraizar. A parte basal da brotação da estaca podada constitui uma minicepa. Esta fornecerá as brotações (miniesticas) para a formação das futuras mudas. O conjunto de minicepas forma o minijardim clonal (WENDLING, 1999; WENDLING et al., 2000; XAVIER et al., 2001).

Segundo Xavier e Wendling (1998), para alguns clones de fácil propagação vegetativa, os procedimentos mais simples e menos onerosos, como a miniestaquia, podem ser eficientes para atender ao processo de produção massal de mudas de eucalipto, em virtude de não haver necessidade de estruturas de laboratório de micropropagação, como no caso da microestaquia. Diante destas circunstâncias, atualmente a miniestaquia é a técnica mais utilizada pelas empresas florestais na propagação vegetativa de eucalipto, devido à sua aplicabilidade e operacionalidade.

2.4. Fatores que afetam o enraizamento de estacas

A formação de raízes em estacas é um processo anatômico e fisiológico complexo, associado à desdiferenciação e ao redirecionamento do desenvolvimento de células vegetais totipotentes para a formação de meristemas que darão origem a raízes adventícias. O enraizamento de estacas pode ser influenciado por injúrias, pelo balanço hormonal, pela constituição genética da matriz, pela presença de inibidores e pelas condições nutricionais e hídricas da planta doadora de propágulos (ALFENAS et al., 2004), além de ser fortemente influenciada pela maturação/juvenildade dos propágulos e pelas condições ambientais de enraizamento de estacas (WENDLING, 1999).

Segundo Alfenas et al. (2004), apesar da evolução das técnicas para maximizar o enraizamento de *Eucalyptus*, os fundamentos biológicos da formação de raízes adventícias são pouco conhecidos. Para Titon (2001), o processo de maturação/juvenildade no enraizamento de espécies florestais é pouco esclarecido, necessitando de maiores pesquisas.

2.4.1. Maturação/juvenildade dos propágulos

O ciclo de vida de muitas plantas se relaciona às fases juvenil e adulta, nas quais as características anatômicas, fisiológicas e bioquímicas são distintas. Após a germinação da semente, a planta inicia uma fase de crescimento vegetativo vigoroso durante a qual, a iniciação floral e a floração não podem ser induzidas, mesmo que as condições externas sejam favoráveis (SALISBURY e ROSS, 1978).

De acordo com Hackett (1988), uma característica que tem sido observada em muitas espécies com o aumento da idade é a perda da capacidade de formação de raízes adventícias. O processo de maturação é consequência do desenvolvimento ontogênico e, geralmente, afeta, de modo marcante, espécies lenhosas. Para a clonagem, uma das mais importantes consequências para o envelhecimento ontogênico é a redução ou, até mesmo, a perda da capacidade rizogênica, verificada em plantas adultas. Este fato é relevante na propagação de espécies florestais, em virtude das árvores serem convenientemente avaliadas somente na fase adulta, quando já perderam a capacidade de enraizar (Cresswell e De Fossard, 1974, citados por ASSIS e TEIXEIRA, 1998).

De acordo com Assis e Teixeira (1998), o período decorrido entre a germinação da semente e o ponto em que a planta adquire a capacidade de florescimento é denominado juvenil. E uma vez adquirida a capacidade de florescer, a planta é considerada adulta e reage de maneira diferente em muitos aspectos. Entretanto, as modificações fisiológicas e morfológicas relacionadas a esta mudança de fase não ocorrem repentinamente, mas de maneira gradativa, à medida que se inicia o crescimento das plantas, a partir do início da germinação da semente.

Em algumas plantas, especialmente nas lenhosas, existe um gradiente de juvenildade em direção à base da árvore, que é variável entre espécies. Por isso, é possível verificar um aumento da maturação em função da maior proximidade com o meristema apical (ZOBEL e TALBERT, 1984; ELDRIDGE et al., 1994). De acordo com Hartmann et al. (2002), a maior juvenildade da região basal deve-se ao fato de que os meristemas basais da plantas formaram-se em épocas mais próximas à germinação da semente que os das regiões terminais.

O conhecimento do fenômeno da retenção da juvenildade nos tecidos da base do caule de plantas provenientes de sementes permitiu o estabelecimento do primeiro modelo básico, já amplamente aplicado à clonagem de plantas adultas de difícil enraizamento, como algumas espécies de eucalipto e macieira (ASSIS e TEIXEIRA, 1998). De acordo

com estes mesmos autores, esse modelo consiste na obtenção de propágulos de brotações surgidas na base da planta, principalmente como resultado da utilização de artifícios, tais como injúrias mecânicas nas raízes, anelamento na base do tronco, poda drástica a poucos centímetros do colo e aplicação de substâncias reguladoras de crescimento.

O rejuvenescimento pode ser considerado como a forma de reverter as plantas do estágio maduro para o juvenil. Em geral, algumas características relacionadas à maturação mostram-se mais fáceis de serem revertidas do que outras e os respectivos tratamentos para promoção do rejuvenescimento influenciam de forma diferenciada essas características, o que leva à conclusão de que o rejuvenescimento ocorre em termos relativos e não absolutos (HACKETT e MURRAY, 1993). Dentre as formas de reverter ou manter a juvenilidade, pode-se citar a propagação vegetativa de forma seriada (como a micropropagação, enxertia seriada e estaquia seriada) e podas drásticas (CHAPERON, 1987; GRATAPAGLIA e MACHADO, 1998; TITON, 2001).

2.4.2. Uso de aditivos/cofatores no enraizamento

No contexto da produção de mudas, algumas técnicas destinadas à propagação vegetativa de plantas têm sido desenvolvidas, porém o êxito das mesmas depende basicamente do potencial rizogênico dos propágulos (HARTMANN et al., 2002). Sendo assim, os avanços no conhecimento e identificação dos processos que acompanham e controlam a rizogênese são de vital importância, uma vez que poderiam levar à identificação de compostos que possibilitem a seleção precoce de material apto para enraizar (WENDLING, 2002).

Consideram-se cofatores do enraizamento, todos os fatores físicos e químicos que atuam direta e indiretamente no processo de enraizamento adventício (DAVIS e HAISSIG, 1989). Segundo Dias (2006)¹, cofatores são substâncias químicas que atuam sinergicamente às auxinas, aumentando o espectro de ação destas. Para este autor, os cofatores parecem atuar inativando substâncias inibidoras, por exemplo, aquelas que oxidam as auxinas. Os cofatores agem, portanto, como protetores das auxinas. Além disso, parecem ter uma função antioxidante, se ligando a radicais livres, impedindo, assim, que tais radicais fiquem disponíveis para se oxidarem e, com isto, formarem substâncias tóxicas que afetam negativamente o processo de enraizamento adventício. Este autor menciona, ainda, que aditivos são compostos químicos que, embora não exercendo efeito

⁽¹⁾ Comunicação pessoal

direto no processo de enraizamento, são capazes de melhorá-lo, possivelmente, por participar de alguma rota metabólica secundária do processo de enraizamento adventício.

Auxinas

A propriedade dos promotores específicos do enraizamento foi aplicada às auxinas naturais e sintéticas, tendo este grupo de substâncias papel crucial no processo de enraizamento adventício de estacas (GASPAR e HOFINGER, 1988; HARTMANN et al., 2002).

De acordo com Hartmann et al. (2002), antes do uso de reguladores de crescimento para promover o enraizamento adventício, muitas substâncias químicas foram utilizadas, porém com sucesso limitado. Segundo estes autores, a descoberta da auxina natural ácido indol acético (AIA) e das auxinas sintéticas, como o ácido indolbutírico (AIB) e o ácido naftaleno acético (ANA) estimulou a maior produção de enraizamento adventício em estacas caulinares e foliares e foi um marco na história da propagação vegetativa de plantas. Além destas, outras auxinas sintéticas têm sido utilizadas com êxito no enraizamento de estacas como o 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) e o ácido naftoixiacético (NOA).

Segundo Bandel (1979), citado por Lima (1998), o efeito das auxinas sobre o enraizamento não é devido meramente à sua ação sobre a expansão celular, mas ao estímulo que exerce sobre a divisão das células, fazendo com que grupos delas se desdiferenciem e se determinem para desencadear o processo rizogênico.

De acordo com Gaspar e Hofinger (1988), para certas espécies de plantas, o enraizamento adventício tem sido descrito por ocorrer em seis fases interdependentes, sendo elas: indução (período que precede a divisão celular), divisão transversal das células do periciclo, divisão longitudinal das células filhas, continuação da divisão celular sem o aumento brusco das células meristemáticas, aumento das células meristemáticas e uma fase que seria a liberação da raiz.

Segundo estes mesmos autores, existe uma relação positiva entre os níveis endógenos de auxinas e o percentual de estacas enraizadas, quando o nível de auxina é alto no momento do preparo das estacas. Outra observação é que o aumento de auxinas livres próximas às zonas de enraizamento eleva os níveis de enraizamento nas estacas e a diminuição de auxinas antes da iniciação radicular coincide com a formação de conjugados com o AIA.

As auxinas são sintetizadas em regiões de crescimento ativo como primórdios foliares e folhas jovens, além das sementes em desenvolvimento (FACHINELLO et al., 1995; RAVEN et al., 1996) translocando-se, basipetamente, até o coleto da planta, e, acropetamente daí até o ápice das raízes. Vale ressaltar que, na região do coleto, encontram-se os tecidos cronologicamente mais velhos e fisiologicamente mais jovens.

Misturas de diferentes substâncias podem promover, de maneira mais efetiva, o enraizamento de estacas do que se estes compostos fossem utilizados separadamente (HARTMANN et al., 2002). Segundo estes mesmos autores, partes iguais de AIB e ANA aplicadas em estacas de diferentes espécies têm induzido maior percentual de estacas enraizadas e maior número de raízes por estaca, do que com o uso destas auxinas separadas. Anteriormente, já havia sido mencionado que as auxinas em associação com determinadas substâncias químicas (cofatores) têm seu espectro de ação aumentado no processo de enraizamento.

Aplicações de auxina proporcionam maior porcentagem, velocidade, qualidade e uniformidade de enraizamento (HARTMANN et al., 2002). As concentrações do produto ativo variam com a espécie (WILSON, 1994), o clone (CHUANG e LEE, 1994), o estado de maturação do propágulo (GOMES, 1987) e a forma de aplicação, que pode ser via líquido ou via talco (pó) (BLAZICH, 1987).

Titon et al. (2003), avaliando o efeito de diferentes concentrações de AIB (0, 1000, 2000 e 4000 mg L⁻¹) no enraizamento de miniestacas e microestacas de quatro clones de *Eucalyptus grandis*, observaram que as dosagens de 1000 e 2000 mg L⁻¹ de AIB proporcionaram os melhores resultados de enraizamento e sobrevivência para as miniestacas na maioria dos clones estudados. Porém, para as microestacas, a não aplicação do AIB proporcionou respostas iguais ou superiores às obtidas na miniestaca, o que indica maior potencial de enraizamento das microestacas em relação às miniestacas, provavelmente decorrente do rejuvenescimento obtido pela micropropagação.

Citocininas

As citocininas têm sido citadas como compostos que, em presença de níveis ótimos de auxinas, são capazes de induzir divisões celulares; porém, seus efeitos não estão limitados apenas a divisões. Estes reguladores têm mostrado papel importante em outras fases do desenvolvimento das plantas como, por exemplo, alongação das células, diferenciação e fluxo de assimilados e nutrientes pela planta (VAN STANDEN e HARTY,

1988). Entretanto, com relação à formação de raízes adventícias, as citocininas têm se mostrado inibidoras do processo.

O equilíbrio entre auxinas e citocininas é frequentemente necessário para a formação de gemas adventícias e meristemas de raiz. As concentrações necessárias para cada tipo regulador diferem bastante, de acordo com a planta cultivada, as condições culturais e os compostos utilizados (GEORGE e SHERRINGTON, 1984). Geralmente, altos níveis de auxinas e baixa taxa de citocininas favorecem a formação de raízes adventícias e o contrário, ou seja, baixos níveis de auxinas e altas taxas de citocininas favorecem a formação de brotações laterais (HARTMANN et al., 2002). De acordo com estes mesmos autores, estacas de espécies com altos níveis de citocininas naturais apresentam maiores dificuldades na formação de raízes adventícias em relação àquelas que apresentam baixos níveis da mesma.

Segundo Bollmark e Eleasson (1990), a formação do primórdio de raiz é geralmente promovida por auxinas e inibida por citocininas, quando estes hormônios são supridos exogenamente. De acordo com os mesmos autores, pouco se sabe do efeito de citocininas endógenas na formação de raízes.

Giberelinas

Outras substâncias reguladoras do crescimento ocorrem naturalmente nas plantas e, quando aplicadas, podem promover ou inibir o enraizamento adventício, dependendo da espécie, estado de maturação e outros fatores (DAVIS e HAISSIG, 1988).

As giberelinas constituem um grupo de fitoreguladores que, dentre outras funções, promovem a alongação do sistema caulinar (TAIZ e ZEIGER, 2006). Elas são produzidas pelas plantas superiores e são muito importantes nos processos de crescimento e desenvolvimento. Altas concentrações de giberelinas têm inibido o enraizamento adventício (HARTMANN et al., 2002).

Segundo Hansen (1988), as giberelinas ocorrem naturalmente nas plantas, sendo a GA₃ a primeira delas a ser isolada. Experimentos comparando o efeito da GA₃ e de auxinas no enraizamento de estacas mostraram que o enraizamento adventício é induzido por auxinas, porém, inibido por GA₃.

Etileno e Ácido Abscísico

O etileno conhecido por promover senescência, abscisão e amadurecimento de frutos é citado, por Mudge (1988), como promotor da iniciação e subsequente desenvolvimento do sistema radicular. Segundo este mesmo autor, o efeito do etileno na formação do enraizamento adventício é altamente variável, dependendo da espécie e das condições ambientais e fisiológicas da planta. A promoção do enraizamento pelo etileno está sendo mais estudada em plantas intactas do que em estacas, em plantas herbáceas do que lenhosas e em plantas que tenham um sistema radicular pré-formado do que em estacas sem o primórdio radicular, porém os resultados obtidos são bastante conflitantes.

O etileno pode aumentar, reduzir ou não ter nenhum efeito no enraizamento adventício. Segundo Hartmann et al. (2002), estudos mostraram que a aplicação de etileno de aproximadamente 10 mg L^{-1} leva à formação de raízes adventícias em estacas caulinares e foliares.

Na literatura revisada, nenhum trabalho relata uma ação concreta do ácido abscísico no processo de enraizamento adventício. Apenas Hartmann et al. (2002) relatam seu antagonismo frente às giberelinas e às citocininas (inibidoras do processo) e sua influência na habilidade das estacas em resistir ao estresse da água durante a propagação.

Compostos fenólicos

Um problema freqüentemente encontrado, por exemplo, no cultivo *in vitro*, principalmente de espécies lenhosas é o escurecimento dos tecidos lesados do explante, causado pela oxidação de compostos polifenólicos (GEORGE e SHERRINGTON, 1984). Oxidação esta que prejudica o crescimento dos explantes, além de ser um fator de redução da taxa de multiplicação. Em determinadas espécies, quando da preparação do explante, ocorre a liberação de compostos fenólicos, principalmente dos vacúolos. Estas substâncias misturam-se com o conteúdo dos plastídeos e outras organelas, oxidando-se em contato com enzimas, como, por exemplo, a polifenoloxidase, aparecendo a coloração negra ou marrom, que se difunde para o meio de cultivo (GRATTAPAGLIA e MACHADO, 1998; DIAS, 2002).

Muitos mono, di e trihidroxifenóis e seus muitos derivados são encontrados naturalmente nas células das plantas e são fortes agentes redutores que servem de substratos para as enzimas oxidativas (GEORGE, 1993).

A oxidação de fenóis tem importante função no enraizamento, devido à ação de enzimas polifenases que oxidam as substâncias fenólicas, transformando-as em quinonas que são altamente ativas, sofrendo também oxidação e resultando em compostos tóxicos que causam escurecimento da base da estaca (GEORGE e SHERRINGTON, 1984).

Este problema é particularmente sério em espécies lenhosas, uma vez que os tecidos destas espécies são ricos em compostos fenólicos, precursores da lignina (GRATTAPAGLIA e MACHADO, 1998), além de flavonóides, que são, dentre outras funções, responsáveis pela pigmentação, defesa da planta e polinização, como por exemplo, a antocianina, que tem papel importante na atração de polinizadores; taninos, que são encontrados em muitos frutos e são responsáveis por aumentar a resistência ao calor, defesa contra herbivoria e micróbios etc (TAIZ e ZEIGER, 2006).

Segundo Ibrahim (1987), citado por Paiva et al. (2000), as plantas superiores, em condições adequadas, produzem várias substâncias denominadas metabólitos secundários, os quais, em sua maioria, são de natureza fenólica.

Nas plantas lenhosas, principalmente, acumulam-se polifenóis e produtos de oxidação, como melanina, suberina, lignina (SATO, 2001), cutina e calose em torno da superfície excisada, os quais dificultam a absorção de metabólitos (ANDRADE et al., 2000).

A ocorrência de compostos fenólicos pode estar ligada a processos de regulação de crescimento, especialmente com as auxinas que, dependendo da concentração endógena no tecido, resulta na indução desses compostos (THOMAS e RAVINDRA, 1997).

A habilidade dos tecidos das plantas para a formação de raízes adventícias depende da interação entre diferentes fatores endógenos e exógenos. Dentre eles, destacam-se as auxinas e alguns compostos fenólicos. Cofatores específicos também são produzidos em folhas jovens e gemas, sendo translocados para regiões de enraizamento, onde juntamente com as auxinas e polifenoloxidasas, aumentam o complexo que estimula a iniciação radicular (Nemeth, 1981, citado por LIMA, 1998). Segundo esta mesma autora, os efeitos positivos dos compostos fenólicos no enraizamento *in vitro* se devem à inibição, pelos mesmos, da AIA-oxidase, prevenindo assim a destruição da auxina.

Zanol et al. (1997) constataram um aumento da atividade da peroxidase, em presença de AIB, durante o enraizamento de explantes de macieira, sendo esta atividade ainda mais pronunciada na presença de luz.

Em relação ao enraizamento adventício, pode-se dizer que os polifenóis têm uma ação sinérgica às auxinas, aumentando o espectro de ação das mesmas, tendo os mono e

difenóis um papel contrário. Segundo Wilson (1994), os polifenóis são supostos inibidores da oxidação do AIA e, por isso, protetores da auxina.

Haissig (1974) relatou que a formação de primórdios radiculares necessita de conjugados AIA-fenóis, sintetizados com a participação de enzimas, como peroxidase e polifenol oxidases. Segundo Debergh e Read (1991), um grupo especial de compostos fenólicos é protetor das auxinas por atuar como antioxidante, inibindo a oxidação das mesmas.

Outros estudos têm indicado que os monofenóis e m-difenóis estimulam a oxidação do AIA, enquanto o-difenóis, p-difenóis e polifenóis inibem esta reação (LEE et al., 1982), promovendo, então, a indução do enraizamento adventício. Entretanto, pode-se dizer que os polifenóis são importantes na promoção do enraizamento adventício, quando a atividade da polifenoloxidase está em alta, uma vez que esta enzima irá converter os polifenóis em cofatores capazes de proteger às auxinas, como os mono e difenóis, aumentando o espectro de ação da mesma (DIAS, 2006)².

Como prováveis modos de ação dos compostos fenólicos, Haissig (1974) menciona alguns, tais como, proteção da oxidação da auxina; participação na síntese das auxinas; atuação nos dois primeiros estágios hipotéticos na formação de raízes; ação diretamente com a auxina. Este mesmo autor conclui também, que o-difenóis reagem diretamente com as auxinas para formar um ou mais conjugados auxina-fenólicos, criando predisposição para a formação de raízes.

Lima (1998), avaliando o efeito do uso do regulador de crescimento AIB e de aditivos do enraizamento, sendo eles fenóis (floroglucinol, ácido cafeico, resorcina, hidroquinona e ácido clorogênico) e aminoácidos (fenilalanina, prolina e triptofano) na rizogênese de plântulas de *Eucalyptus grandis in vitro*, observou que o uso de fenóis induziu enraizamento em um maior número de plântulas. Segundo esta mesma autora, o floroglucinol foi o composto fenólico que mostrou maior indução no número de raízes de explantes de *Eucalyptus grandis in vitro*.

O floroglucinol provavelmente aumenta o enraizamento pela influência no metabolismo de auxina ou, alternativamente, pela manutenção do potencial redox do tecido em seu estado reduzido (WILSON e VAN STANDEN, 1990).

Existem alguns trabalhos que relatam a influência do floroglucinol no enraizamento de espécies frutíferas, tais como os de Vaz e Negueroles (1979), Rodrigues et al. (1993), Zanol et al. (1998) e Rufato et al. (2001).

² Comunicação pessoal

Vaz e Negueroles (1979), avaliando a micropropagação e a influência do tempo de permanência em meio contendo floroglucinol, no enraizamento de brotos apicais de pessegueiro e macieira, observaram efeito estimulante do floroglucinol na formação de raízes destas espécies *in vitro* num período de cinco dias em contato com o meio, não necessitando de maior tempo de permanência.

Segundo Rodrigues et al. (1993), o floroglucinol foi eficiente na inibição da formação de calos em explantes de macieira *in vitro* e, conseqüentemente, facilitou o enraizamento destes explantes. Esta mesma redução do número de calos e aumento de raízes foi observada também por Fortes e Leite (1993) em explantes da mesma espécie de rosácea.

Zanol et al. (1998), objetivando avaliar o efeito do ácido indolbutírico e do floroglucinol sobre o enraizamento e a atividade da peroxidase durante o enraizamento *in vitro* de brotações de porta enxerto de macieira, verificaram que a presença dos mencionados compostos químicos antecipou e aumentou o enraizamento, impedindo a formação de calo, apresentando uma percentagem de enraizamento em torno dos 90 % aos 10 dias de incubação. Na ausência de floroglucinol, o enraizamento máximo foi observado aos 15 dias.

Resultados opostos foram observados por Rufato et al. (2001), em relação ao enraizamento de estacas de marmeleiro tratadas com floroglucinol. Segundo estes mesmos autores, independentemente das concentrações utilizadas, o floroglucinol não promoveu a indução do enraizamento em estacas lenhosas de marmeleiro.

Agentes antioxidantes

Como mencionado anteriormente, os compostos fenólicos podem ser benéficos ou não ao enraizamento adventício, a depender de diversos fatores como época de coleta da estaca, estados nutricional e fitossanitário da planta doadora de propágulos, condições ambientais, entre outros.

Alguns tratamentos são recomendados para a remoção das substâncias fenólicas das estacas, como por exemplo, lavagem em água corrente, redução dos danos mecânicos e químicos causados à estaca, uso de substâncias que funcionam como agentes redutores ou antioxidantes (polivinilpirrolidona, ácido ascórbico, ácido cítrico, carvão ativado, L-cisteína, ditiotreitól, tiuréia, água de coco e albumina de soro bovino) (TEIXEIRA, 2004) entre outros.

O efeito do antioxidante consiste na inativação dos radicais livres, na complexação de íons metabólicos ou na redução dos peróxidos para produtos incapazes de formar radicais livres com potencial de se oxidar (ARAÚJO, 1995).

O polivinilpirrolidona (PVP) é uma poliamida utilizada em cromatografia de separação de ácidos aromáticos, aldeídos e fenóis pela sua função adsorvente, funcionando como uma substância antioxidante que impede que os radicais livres dos fenóis fiquem disponíveis para se oxidarem (TEIXEIRA, 2004). Segundo este mesmo autor, os fenóis são adsorvidos pelo PVP por meio de ligações de hidrogênio, o que previne a oxidação e polimerização, além de adsorver os produtos da oxidação fenólica, ou seja, as quinonas.

Wendling et al. (2001), visando avaliar a influência do PVP no enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus grandis*, observaram, que para os clones estudados, nas condições de manejo adotadas, foram encontradas respostas positivas à aplicação do antioxidante PVP, juntamente com 25 mg L⁻¹ de AIB. Porém, em plantas do gênero *Eucalyptus*, registros na literatura da utilização do antioxidante PVP são mais frequentes na propagação *in vitro*.

A maioria dos cofatores de enraizamento que se tem notícia na literatura está relacionada com as condições *in vitro*. Portanto, os relatos que seguem referem-se ao efeito do uso de antioxidantes e cofatores do enraizamento em explantes *in vitro*.

O PVP reage com os compostos oxidantes e de acordo com Cordeiro (2002), o efeito principal do PVP no meio de cultura está relacionado com a capacidade de inibir a liberação de compostos fenólicos. Os ácidos cítrico e ascórbico reagem com os metais presentes no meio de cultura, evitando que os mesmos fiquem disponíveis para se oxidarem (ARAÚJO, 1995; TAIZ e ZEIGER, 2006). De acordo com Ziv e Halevy (1983), o ácido ascórbico e o ácido cítrico, em solução aquosa, reduzem a oxidação em explantes de *Strelitzia*.

A água de coco tem sido utilizada como agente antioxidante, pelo fato de possuir compostos que tem capacidade de se complexar com os polifenóis, quando estes são liberados no meio de cultivo. Dentre estas substâncias, pode-se citar as vitaminas do complexo B, que são macromoléculas, de elevado peso molecular, capazes de complexar os radicais livres das toxinas, impedindo que os mesmos fiquem livres para se oxidarem e tornarem-se tóxicos ao explante. O mesmo ocorre com a adenina, que é um dos mais importantes constituintes da água de coco, precursor das citocininas, que também tem a capacidade de complexar estas toxinas.

Melo et al. (2001), avaliando, em condições de escuro, diferentes antioxidantes (ácido ascórbico, ácido cítrico e PVP) no controle da oxidação, germinação e desenvolvimento de plântulas a partir de cultura *in vitro* de embriões zigóticos da guarirobeira *Syagrus oleracea* (Mart.) Becc., demonstraram ser o ácido ascórbico mais eficiente no controle da oxidação destes embriões (3,37 % de oxidação), seguido pelo carvão ativado (7,09 %), além de ser o que proporcionou a maior porcentagem de germinação dos embriões zigóticos destas plantas.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV, 2004. 442 p.

ANDRADE, M. W. et al. Micropropagação de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All). **Ciência agrotécnica**, Lavras, v.24, n.1, p.174-180, jan. /mar., 2000.

ARAÚJO, J.M.A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa: UFV, 1995. 355p.

ASSIS, T. F. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, v. 18, n. 185, p. 35-51, 1996.

ASSIS, T. F. Propagação vegetativa de *Eucalyptus* por microestaquia. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OS EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA, 1997. v. 1, p. 300-304.

ASSIS, T. F.; ROSA, O. P.; GONÇALVES, S. I. Propagação por microestaquia. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., 1992, Nova Prata. **Anais...** Santa Maria, RS: UFSM, 1992. p. 824-836.

ASSIS, T. F.; TEIXEIRA, S. L. Enraizamento de plantas lenhosas. In: TORRES, A. C., CALDAS, L. S., BUSO, J. A. (Eds.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CNPQ, 1998. p. 261-296.

BANDEIRA, F. S. **Enxertia in vitro de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis***. 2002. 65 f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

BLAZICH, F. A. Chemical and formulations used to promote adventitious rooting. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. (Eds.). **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Press, 1987. p. 132-149. (Advances in Plant Sciences Series, 2).

BOLAND, D. J. et al. **Forest Trees of Australia**. Australia: Modgraphihic Pty Ltda., Adelaide, SA, 1984. 687 p.

BOLAND, D. J. et al. ***Eucalyptus* Leaf Oils**. Austrália: Ed. Inkata Press Sizeru, 1991. 251p.

BOLLMARK, M.; ELEASSON, L. A rooting inhibitor present in Norway spruce seedling grown at high irradiance – a putative cytokinin. **Physiologia Plantarum**, v. 80, p. 527-533, 1990.

BONGA, J. M.; VON ADERKAS, P. **In vitro culture of trees**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1992. 236 p.

CHAPERON, H. Vegetative propagation of Eucalyptus. In: SIMPOSIO SOBRE SILVICULTURA Y MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ESPÉCIES FORESTALES, 1987, Buenos Aires, Argentina. **Anales...** (S.l.): AFOCEL, 1987. p. 215-232.

CHUANG, D. Y.; LEE, K. J. Effects of clones, ortet age, crow position, and rooting substance upon the rooting of cuttings of Japanese larch (*Larix leptolepis* S. et Z. Gordon). **Forestry Genetics Research Institute**, v. 83, n. 2, p. 205-210, 1994. (CD-ROM. Abstract).

COMÉRIO, J.; XAVIER, A.; IANELLI, C. M. Microestaquia: um novo sistema de produção de mudas de *Eucalyptus* na Champion. In: ENCONTRO TÉCNICO FLORESTAL, 7., 1996, Belo Horizonte. **Anais...** Piracicaba, SP: ABRACAVE, 1996. 6p.

CORDEIRO, I. M. C. C. **Respostas morfo genéticas in vitro de Paricá** (*Shizolobium amazonicum* Huber Ex Ducke). 2002. 61f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, Pará.

DAVIS, T.D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. **Adventitious root formation in cuttings**. Portland, Oregon: Dioscorides Press, 1988. 315 p.

DEBERGH, P. C.; READ, P. E. Micropropagation. In: DEBERGH, P. C.; ZIMMERMAN, R. H. (Eds). **Micropropagation technology and application**. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1991. p. 486.

DIAS, J. M. M. **Cultura de células e tecidos vegetais: Propagação de plantas a partir da organogênese in vitro**, 2002. 46f. Notas de aula.

ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J. HARDWIID, C.; VAN WYK, G. **Eucalypt domestication and breeding**. Oxford: Clarendon Press, 1994. p. 228-246.

FACHINELLO, J. C. **Efeito morfofisiológicos do anelamento no enraizamento de estacas lenhosas de macieira cultivar malling-merton 106**. 1986. 93 f.. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E.; FORTES, G.R.L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: UFPEL, 1995. 178p.

FERREIRA, M. E.; CALDAS, L. S.; PEREIRA, E. A. Aplicações da cultura de tecidos no melhoramento de plantas. In: TORRES, A.C.; CALDAS, L.N.; BUSO, J. A (Eds.). **Cultura de Tecidos e transformação Genética de Plantas**, Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPq, 1998. p.21-43.

- FORTES, G. R. L.; LEITE, D. L. Enraizamento *in vitro* de brotações adventícias de macieira (*Malus domestica*, Borkh). 1- Pré condicionamento ao escuro e presença de floroglucinol. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 5, n. 1, p. 101, 1993.
- GASPAR, T.; HOFINGER, M. Auxin metabolism during adventitious rooting. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E. (Eds.). **Adventitious root formation in cuttings**. Portland, Oregon: Dioscorides Press, 1988. p. 117-131.
- GEORGE, E. F. **Plant propagation by tissue culture: The technology**. 6. ed. England: Exegetics Limited, 1993. v.1. 575p.
- GEORGE, E.F.; SHERRINGTON, P.D. **Plant propagation by tissue culture**. Hants: Exegetics Limited, 1984. 709p.
- GOMES, A. L. **Propagação clonal: princípios e particularidades**. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1987. 69 p. (Série Didáctica, Ciências Aplicadas, 1).
- GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M. A. Micropropagação. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Eds.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: EMBRAPA – SPI/EMBRAPA-CMPH, 1998. p. 183-260.
- GUIMARÃES, M. P.; CORREIA, F.; COUCEL, F. Integração de um laboratório de micropropagação de *Eucalyptus globulus* no viveiro de uma empresa do setor papelero português. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA, 1997. v. 4, p.79.
- HACKETT, W. P. Donnor plant maturation. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E. (Eds.). **Adventitious root formation in cuttings**. Portland, Oregon: Dioscorides Press, 1988. p. 11-28.
- HACKETT, W. P.; MURRAY, J. R. Maturation and rejuvenation in woody species. In: AHUJA, M. R. (Ed.). **Micropropagation of woody plants**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p. 93-105.
- HAISSIG, B. E. Influences of auxins and auxins synergists on adventitious root primordium initiation and development. **New Zealand Journal on Forestry Science**, v. 4, p. 311-323, 1974.
- HANSEN, J. Influence of gibberellins on adventitious root formation. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E. (Eds.). **Adventitious root formation in cuttings**. Portland, Oregon: Dioscorides Press, 1988. p. 162-173.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 6. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 770 p.
- HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. A.; GONÇALVES, A. N. **Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e sua evolução no Brasil**. Piracicaba: IPEF, 2000. 14p. (Circular Técnica, 192).

HUANG, L. C. et al. Rejuvenation of trees and other perennials for restoration of plant regeneration competence. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S. (Eds.). **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos e plantas**. Brasília: ABCTP/EMBRAPA-CNPq, 1999. p. 252-264.

IKEMORI, Y. K. **Resultados preliminares sobre enraizamento de estacas de *Eucalyptus spp.*** Aracruz: Aracruz Celulose, 1975. 12p.

KERBAUY, G. B. Competência e determinação celular em cultura de células e tecidos de plantas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Eds.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: EMBRAPA, 1999. v. 2. p. 519-531.

KOZLOWISKI, T. T.; PALLARDY, S. G. **Growth control in woody plants**. San Diego, Califórnia: Academic Press, 1997. 641 p.

LEE, T. T.; STARRATT, A. N.; JEVNIKAR, J. J. Regulation of enzymic oxidation of indole-3-acetic acid b phenols: structure-activity relationships. **Phytochemistry**, v.21, p. 517-523, 1982.

LIMA, C. C. M. **Uso de aditivos e cofatores na rizogênese de plântulas de *Eucalyptus grandis* Hill. *in vitro***. 1998. 99 f.. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo.

LORENZI, H. et al. **Árvores exóticas no Brasil**. Nova Odessa, São Paulo: Ed. Instituto Plantarum, 2003. 384 p.

MALAVASI, U. C. Macropropagação vegetativa de coníferas – perspectivas biológicas e operacionais. **Floresta e Ambiente**, v. 1, n. 1, p. 131-135, 1994.

MELO, B. et al. Diferentes antioxidantes no controle da oxidação, germinação e desenvolvimento de plântulas na cultura *in vitro* de embriões de guarirobeira [*Syagrus oleracea* (MART.) BECC.]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.6, p.1301-1306, 2001.

MORAES, T. S. A.; GONÇALVES, E. L.; RESENDE, G. C.; MENDES, J.; SUITER, F. W. **Evolução da ferrugem causada pela *Puccinia psidii* WINTER, em *Eucalyptus spp.*** Dados preliminares. Piracicaba: IPEF, 1982. 12p. (Circular Técnica, 144).

MUDGE, K. W. Effect of ethylene o roonting. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E. (Eds.). **Adventitious root formation in cuttings**. Portland, Oregon: Dioscorides Press, 1988. p. 150-161.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 40 p. (Boletim, 322).

PAIVA, P. D. O.; CARDOSO, M. G.; PASQUAL, M.; PAIVA, R. Identificação de compostos liberados no meio de cultura pelo processo de oxidação em cultivo *in vitro* estrelícia (*Strelitzia reginae* Ait.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24 (Edição Especial), p.50-55, dez. 2000.

PASSADOR, G. C. **Resistência a ferrugem e análise de isoenzimas em procedência e progênies de *Eucalyptus cloeziana***. 1994. 69 f.. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1996. 728 p.

RIOS, L. D.; SÁNCHEZ-OLATE, M.; DECARLI, N. F. D. e RODRIGUEZ, F. R. Bases moleculares del enraizamiento. In: SÁNCHEZ-OLATE, M. E. e RÍOS L., D. (Eds.). **Biotecnología vegetal en especies leñosas de interes forestal**. Concepción, Chile: Imprenta Austral, 2005. p. 79-93.

RODRIGUES, A. C.; ANGRA, D. C.; SANTOS, R. R.; FORTES, G. R. L.; FILHO, B. G. S. Influência do ácido indol butírico e floroglucinol no enraizamento *in vitro* de brotações de macieira (*Malus domestica*, Borkh). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 5, n. 1, p. 101. 1993.

RODRIGUES, A. C.; DINIZ, A. C.; FACHINELLO, J. C.; SILVA, J. B.; FARIA, J. L. C. Peroxidase e fenóis totais em tecidos de porta-enxertos de *Prunus sp.* nos períodos de crescimento vegetativo e de dormência. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 4, p. 559-564, 2002.

ROTUNDO, C. C. **Efeitos de concentrações de nitrato de amônio na multiplicação e no enraizamento “in vitro” de clones *Eucalyptus cloeziana* F. Muell e *Eucalyptus citriodora* Hook**. 1993. 74 f.. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo.

RUFATO, L.; MEYER, G.A.; BIANCHI, V. J.; FACHINELLO, J. C. Enraizamento de estacas lenhosas de cultivares de marmeleiro (*Cydonia oblonga*) tratadas com floroglucinol. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v. 23, n. 3, p. 742-744, dez. 2001.

RUIZ, R.A.; ALFENA, A. C.; FERREIRA, F. A.; ZAMBOLIM, L. Fungicidas protetores e sistêmicos para o controle da ferrugem do eucalipto, causada por *Puccinis psidii*. **Revista Árvore**, v. 11, n.1, p. 56-65, 1987.

SALISBURY, F. B.; ROSS, F. B. **Plant physiology**. 2.ed. Califórnia: Wadsworth Publishing Company, 1978. 422 p.

SATO, A.Y. Micropropagação de *Celtis sp*: controle da contaminação e oxidação. **CERNE**, v.7, n.2, p.117-123, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2. ed. Massachusetts: Publish Sunderland Editora Sinauer Associades: 2006. p.719.

TEIXEIRA, J. B. **Limitações ao processo de cultivo *in vitro* de espécies lenhosas**. Disponível em: <<<http://www.redbio.org.br>>> Acesso em: 22 abril de 2004.

THOMAS, P.; RAVINDRA, M. B. Shoot tip culture in mango: influence of medium, genotype, explant factors, season and decontamination treatments on phenolic exudation,

explant survival and axemic culture establishment. **Journal of Horticultural Science**, Bangalore, v.72, n.5, p. 713- 722, Sept. 1997.

TITON, M. **Propagação clonal de *Eucalyptus grandis* por miniestaquia e microestaquia**. 2001. 65 f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

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

TITON, M.; XAVIER, A.; OTONI, W.C. Efeito do AIB no enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, v.27, n.1, p.1-7, 2003.

VAN STANDEN, J. e HARTY, A. R. Cytokinins and adventitious root formation. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E. (Eds.). **Adventitious root formation in cuttings**. Portland, Oregon: Dioscorides Press, 1988. p. 185-201.

VAZ, R. L.; NEGUEROLES, J. **Micropropagação e influência do tempo de permanência em meio contendo floroglucinol no enraizamento de brotos apicais de pessegueiro e macieira**. Goiânia, GO: EGOPA, 1979. 6p. (Comunicado Técnico, 17).

WENDLING, I. **Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus spp.* por miniestaquia**. 1999. 70f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

WENDLING, I. **Rejuvenescimento de clones de *Eucalyptus grandis* por miniestaquia seriada e micropropagação**. 2002. 96 f.. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

WENDLING, I.; TITON, M.; XAVIER, A.; SANTOS, G. A.; OLIVEIRA, M. L. **Influência do antioxidante polivinilpirrolidona (PVP) no enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus grandis***. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL, 1, 2001, Santa Maria-RS (CD – ROM, p. 16-29, 2001).

WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 187 – 194, jan/dez. 2001.

WENDLING, I.; XAVIER, A.; GOMES, J. M.; PIRES, I. E.; ANDRADE, H. B. Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus spp.* por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 24, n.2, p.181-186, 2000.

WILSON, P. J.; VAN STANDEN, J. Rhizocaline, rooting co-factors and the concept os promoters and inhibitors of adventitious rootings – a review. **Annals of Botany**, v. 66, n.4, p. 479-490, Oct. 1990.

WILSON, P. J. The concept of a limiting rooting morphogen in woody stem cuttings. **Journal of Horticultural Science**, v. 9, n. 4, p. 391-400, 1994.

- XAVIER, A. **Silvicultura clonal I: Princípios e técnicas de propagação vegetativa**. Viçosa:UFV. 2002. 64p. (Cadernos Didáticos).
- XAVIER, A. **Silvicultura clonal III: Seleção e manejo dos clones**. Curso de Silvicultura Clonal, outubro de 2003. 56 f. (Notas de aula).
- XAVIER, A.; ANDRADE, H. B.; OLIVEIRA, M. L.; WENDLING, I. Desempenho do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 25, n. 4, p. 403-411, 2001.
- XAVIER, A.; COMÉRIO, J. Microestaquia: uma maximização da micropropagação de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v. 20, n.1, p. 9-16, 1996.
- XAVIER, A.; COMÉRIO, J. Enraizamento *ex vitro* de gemas de *Eucalyptus* spp. multiplicadas e alongadas *in vitro*. **Scientia Forestalis**, n. 51, p. 29-39, 1997.
- XAVIER, A.; COMÉRIO, J.; IANNELLI, C. M. Eficiência da microestaquia e da micropropagação na clonagem de *Eucalyptus* spp. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Proceedings...**Colombo, PR: EMBRAPA, 1997. v. 4, p.40-45.
- XAVIER, A.; WENDLING, I. **Miniestaquia na clonagem de *Eucalyptus***. Viçosa, MG: SIF, 1998. 10 p. (Informativo Técnico SIF, 11).
- ZANOL, G. C. **Enraizamento *in vitro* do porta-enxerto Marubakaido (*Malus prunifolia*) influenciado pela exposição de períodos de escuro, concentrações de ácido indolbutírico e floroglucinol**. 1996. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciência, Fruticultura de clima temperado) – Faculdade de Agronomia Eliseu, Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul.
- ZANOL, G. C.; FORTES, G. R. L.; SILVA, J. B.; CAMPOS, A. D.; CENTELHAS, A. Q.; MULLER, N. T.; GOTTINARE, R. A. Escuro e ácido indolbutírico no enraizamento *in vitro* e atividade da peroxidase de porta-enxerto de macieira, cv. marubakaido (*Malus prunifolia*). **Revista Brasileira de Agrociência**, v.3, n.1, p.23-30, 1997.
- ZANOL, G. C.; FORTES, G. R. L.; CAMPOS, A. D.; SILVA, J. B.; CENTELLAS, A. Q. Enraizamento *in vitro* e atividade da peroxidase do porta enxerto de macieira Marubakaido tratado com ácido indolbutírico e floroglucinol. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 10, n. 1, p. 65-68, 1998.
- ZIMMERMANN, M.; BROWN, C. L. **Trees structure and function**. New York: Spring Verlag, 1974. 336 p.
- ZIV, M.; HALEVY, A.H. Control of oxidative browning and *in vitro* propagation of *Strelitzia reginae*. **HortScience**, vol. 18, p.434-436, 1983.
- ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York: North Carolina State University, 1984. 505 p.

PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ÁRVORES SELECIONADAS DE *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. POR ESTAQUIA

RESUMO – O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do enraizamento adventício em estacas extraídas de brotações obtidas por meio da decepa da árvore, anelamento de caule e indução de brotações epicórmicas em galhos podados de árvores de *Eucalyptus cloeziana* e a influência do AIB no enraizamento adventício destas estacas. Foram utilizadas brotações de cepas de 3 e 5 árvores de 5 e 15 anos de idade, respectivamente, para o resgate por brotações de cepas. Para o anelamento do caule, foram utilizadas árvores de 5, 15 e 20 anos de idade e para o resgate por galhos podados as árvores utilizadas eram de 20 anos de idade. A indução de brotações em cepas mostrou melhores resultados para as árvores selecionadas com 5 anos de idade, em relação àquelas com 15 anos. Para as estacas advindas das árvores de 5 anos de idade a não utilização de AIB proporcionou melhores respostas, enquanto para as de 15 anos de idade a utilização de AIB apresentou melhor enraizamento. Quanto à formação de brotos induzidos em galhos podados e anelamento de caule, estas técnicas se mostraram eficientes na indução de brotações; porém, as estacas obtidas não apresentaram resposta ao enraizamento adventício. De forma geral, o resgate por brotações de cepas mostra-se mais viável em relação às demais técnicas estudadas, tanto pelo maior número de brotações emitidas quanto pela capacidade de enraizamento destas.

Palavras-chave: clonagem, enraizamento de estacas, propagação clonal e silvicultura clonal

VEGETATIVE PROPAGATION OF SELECTED TREES OF *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. THROUGH CUTTING TECHNIQUE

ABSTRACT – The present work had at its aim evaluating the efficiency of adventitious rooting of cuttings of shoots obtained by means of tree severance, stem ringing and induction of epicormical shoots on pruned branches of *Eucalyptus cloeziana* trees, and the influence of IBA on the adventitious rooting of these cuttings. Stump shoots were used of 3 and 5 trees, of 5 and 15 years old respectively. For the stem ringing were used trees of 5, 15 and 20 years old and for the delivery by means of pruned branches 20 year old trees were used. Induction of stump shoots showed better results for the selected 5 year old trees than for the 15 year old ones. Cuttings originating from the 5 year old trees, gave better results without the use of IBA, while those coming from the 15 year old trees presented better rooting when IBA was used. Shoot formation induced on pruned branches and through stem ringing showed efficient techniques for shoot induction. The obtained cuttings, however, did not produce adventitious rooting. In a general way, delivery by stump shoots showed to be more viable compared to the other techniques studied, both by the higher number of shoots emitted as by their superior rooting capacity.

Key words: cloning, rooting of cuttings, clonal propagation and clonal forestry.

1. INTRODUÇÃO

Dentre os métodos de propagação vegetativa, a estaquia constitui-se em uma das técnicas cujos princípios já estão bem conhecidos para espécies de *Eucalyptus*, tendo, portanto, ampla adoção na clonagem de árvores desta espécie, o que permitiu o desenvolvimento da silvicultura clonal de forma intensiva em diversas partes do mundo (XAVIER, 2002). A estaquia é, ainda, a técnica da qual se tem o maior domínio e conhecimento científico, representando um dos maiores avanços tecnológicos na área florestal. No entanto, esta técnica apresenta algumas limitações no que se refere à propagação de materiais adultos, devido ao grau de maturação dos propágulos, levando à redução da competência ao enraizamento adventício em alguns clones (ASSIS, 1997). Este problema é particularmente sério em espécies que já apresentam baixa predisposição ao enraizamento, como o *Eucalyptus cloeziana* (ROTUNDO, 1993; ALFENAS et al., 2004).

Em programa de silvicultura clonal, geralmente, a seleção da árvore superior é realizada na fase adulta. Nessa seleção, o primeiro passo constitui-se pela obtenção de brotações com maior aptidão ao enraizamento adventício. Sendo assim, Bonga e Von Aderkas (1992) consideraram que, dentro de uma mesma árvore, existem zonas que mantêm por mais tempo a juvenilidade e são susceptíveis de serem estimuladas para a produção de material vegetativo fisiologicamente juvenil. Segundo Zobel e Talbert (1987), estas zonas com maior juvenilidade são aquelas situadas mais próximas à base da árvore, aumentando-se o grau de maturação à medida que se aproxima do ápice da planta.

O conhecimento do fenômeno da retenção da juvenilidade nos tecidos da base do caule de plantas provenientes de sementes permitiu o estabelecimento do primeiro modelo básico, já amplamente aplicado à clonagem de plantas adultas de difícil enraizamento, como algumas espécies de *Eucalyptus* e macieira (ASSIS e TEIXEIRA, 1998). Segundo estes mesmos autores, esse modelo consiste na obtenção de propágulos de brotações surgidas na base da planta, principalmente como resultado da utilização de artifícios, tais como injúrias mecânicas nas raízes, anelamento na base do caule, poda drástica a poucos centímetros do colo, aplicação de substâncias reguladoras de crescimento, entre outras.

Dentre as formas de resgate para a clonagem de árvores adultas, a mais comumente utilizada pelas empresas florestais é a decepa da árvore para a indução de brotações basais. As brotações emitidas nas cepas possuem características morfológicas e fisiológicas de

plantas juvenis, o que é de fundamental importância para a recuperação da competência ao enraizamento adventício (ALFENAS et al., 2004).

Outras formas de indução de brotações em árvores para a clonagem podem ser eficientes na obtenção de estacas mais aptas ao enraizamento, como o anelamento de caule e o uso do fogo, desde que aplicados em zonas com maior retenção da juvenilidade. A indução de brotações epicórmicas a partir de galhos podados e a enxertia constituem-se também em alternativas na obtenção de brotações destinadas ao resgate vegetativo de árvores selecionadas, porém devem ser utilizadas de forma criteriosa, uma vez que utilizam tecidos que, devido à sua posição na árvore, podem estar fisiologicamente maduros, comprometendo o enraizamento adventício da brotação emitida, além da influência no comportamento silvicultural do clone no plantio futuro.

Quanto à micropropagação, esta técnica tem sido aplicada, principalmente, no rejuvenescimento de clones de interesse comercial, principalmente os com maiores dificuldades de propagação clonal devido ao grau de maturação dos propágulos utilizados (ASSIS, et al., 1992; BONGA e VON ADERKAS, 1992; HACKETT e MURRAY, 1993; XAVIER e COMÉRIO, 1996; XAVIER et al., 2001; TITON et al., 2002). Rotundo (1993), por exemplo, estudou esta técnica para *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus cloeziana*, consideradas, por este autor, de difícil propagação vegetativa, em que visava otimizar a multiplicação e o enraizamento *in vitro*, bem como reduzir cada etapa do processo de micropropagação.

Apesar dos poucos trabalhos existentes na literatura com o *Eucalyptus cloeziana*, esta é considerada uma espécie de difícil propagação pelo enraizamento de estacas, porém de grande importância para vários segmentos da atividade florestal. Sendo assim, o desenvolvimento de sistemas funcionais de propagação deve ser buscado pelas empresas florestais e pelas instituições de pesquisa, a fim de se obter o domínio da técnica de propagação vegetativa para esta espécie.

Desta forma, este trabalho objetivou avaliar a eficiência da decepta da árvore, anelamento de caule e indução de brotações epicórmicas a partir de galhos podados, na obtenção de brotações em árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* de diferentes idades, e a utilização de diferentes dosagens de AIB no enraizamento de estacas, visando à propagação vegetativa desta espécie pela estaquia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material experimental

O presente experimento foi conduzido no Viveiro de Produção de Mudanças e em plantios comerciais de *Eucalyptus cloeziana* da Companhia Agrícola e Florestal Santa Bárbara - CAF, no Município de Bom Despacho, MG. O município de Bom Despacho está localizado na região Centro Oeste, na Zona do Alto São Francisco, no estado de Minas Gerais, a uma altitude média de 768,1 m. Apresenta clima do tipo Cwa (subtropical, chuvoso e mesotérmico), segundo a classificação de Köppen, latitude de 19°44'11" S e longitude de 45°15'08" W. A precipitação média anual da cidade é de 1230 mm, com temperatura média anual de 22,1 °C, sendo a máxima de 29,2 °C e mínima de 16,4 °C.

Foram utilizadas estacas obtidas a partir de brotações de cepas, de anelamento de caule e de galhos podados de árvores selecionadas em plantio comercial de *Eucalyptus cloeziana* localizadas em Bom Despacho, MG, conforme metodologia descrita a seguir.

2.2. Metodologia

2.2.1. Resgate de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* por brotações de cepas

Árvores de *Eucalyptus cloeziana* de 5 e 15 anos de idade foram selecionadas e decepadas para proporcionar a emissão de brotações e, posteriormente, utilizá-las na obtenção de estacas (Figura 1). Foram utilizadas 3 (5C1, 5C2 e 5C3) e 5 (15C3, 15C4, 15C5, 15C6 e 15C7) matrizes de 5 e 15 anos de idade, respectivamente.

Após a coleta das estacas provenientes das brotações das cepas das árvores selecionadas, foram avaliados os efeitos das dosagens de 0, 1500, 3000 e 6000 mg L⁻¹, do regulador de crescimento ácido indolbutírico (AIB) em pó (dissolvido em álcool e solubilizado em talco inerte), no enraizamento de estacas de *E. cloeziana* de 15 anos de idade e as dosagens de 0 e 6000 mg L⁻¹ de AIB para as árvores de 5 anos de idade.

As estacas de 8 a 10 cm de tamanho tiveram aproximadamente 1 cm de sua base imersas no pó auxínico e foram, imediatamente, estaqueadas em tubetes contendo substrato. O substrato utilizado foi composto por 35 % de casca de *Pinus* decomposta, 35 % de vermiculita e 30 % de casca de arroz carbonizada. Para cada 200 litros desta mistura de substratos, foram aplicados 3 litros de uma solução com a seguinte constituição:

superfosfato simples (6 kg m^{-3}), sulfato de amônio ($0,6 \text{ kg m}^{-3}$), cloreto de potássio ($0,25 \text{ kg m}^{-3}$) e pela solução de sulfato de zinco ($18,75 \text{ g m}^{-3}$), sulfato de cobre ($5,63 \text{ g m}^{-3}$), ácido bórico ($5,63 \text{ g m}^{-3}$), sulfato de manganês ($11,25 \text{ g m}^{-3}$), fetrilon ($20,7 \text{ g m}^{-3}$) e molibdato de sódio ($0,75 \text{ g m}^{-3}$).

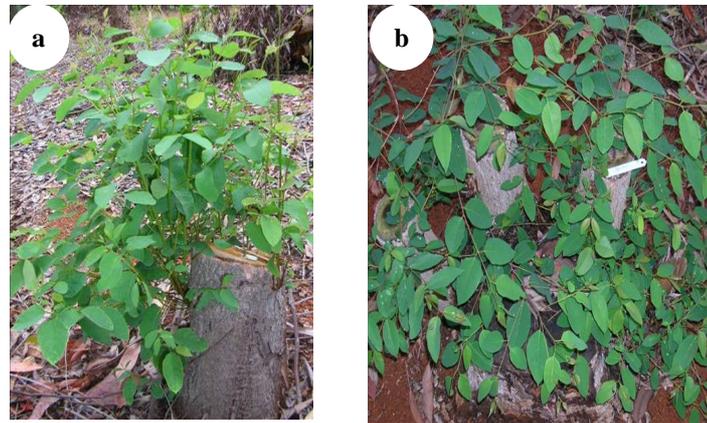


Figura 1 – Brotações de cepas com 40 dias após o corte de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* aos 5 (a) e 15 (b) anos de idade.

Após inseridas no substrato, as estacas permaneceram 30 dias na casa de vegetação; em seguida, foram transferidas para a casa de sombra por um período de 10 dias e, por último, transferidas para o pátio de rustificação em pleno sol. As práticas culturais referentes a irrigação, nutrição e controle fitossanitário foram aquelas adotadas pela empresa no seu processo de produção de mudas de clones comerciais, objetivando à obtenção de mudas vigorosas.

O experimento foi instalado, seguindo o delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições, sendo cada parcela composta por 10 estacas. As avaliações constaram da sobrevivência das estacas na saída da casa de vegetação (SCV), percentual de enraizamento na saída da casa de sombra (ECS) e sobrevivência (SOB90) e altura (ALT90) das mudas aos 90 dias de idade.

2.2.2. Resgate de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* por anelamento de caule

Para a avaliação do resgate de árvores selecionadas de *E. cloeziana* no campo por anelamento de caule, foram selecionadas árvores de 5, 15 e 20 anos de idade, sendo o anelamento realizado em seis matrizes de cada idade. O anelamento consistiu-se na retirada de um anel de casca em torno da circunferência do tronco de aproximadamente 2

cm de largura a uma altura de 15 cm do solo, até o rompimento da casca sem, contudo, danificar o lenho.

A partir das árvores que emitiram brotações, foram coletados ramos e destes obtidas estacas para avaliação do enraizamento adventício. As avaliações constaram da capacidade de emissão de brotações nas matrizes aneladas em cada idade e da capacidade de enraizamento das estacas obtidas a partir das brotações emitidas, conforme tratamentos apresentados no item 2.2.1.

2.2.3. Resgate de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* por galhos podados

Para a avaliação do resgate de árvores selecionadas de *E. cloeziana* no campo, por indução de brotações em galhos podados, foram utilizados galhos provenientes de árvores de 20 anos de idade. Os galhos retirados foram aqueles situados na posição mais baixa da copa, para minimizar os efeitos da idade ontogenética.

Os galhos podados foram seccionados para um tamanho de, aproximadamente, um metro de comprimento, tendo suas extremidades protegidas com saco plástico para evitar perda de água e colocados em condições de casa de vegetação sobre um suporte para a indução de brotações epicórmicas (Figura 2).

As brotações emitidas foram coletadas para a confecção de estacas e colocadas para enraizamento adventício. As avaliações constaram da capacidade de emissão de brotações nos galhos podados e da capacidade de enraizamento das brotações emitidas, utilizando os mesmos tratamentos apresentados no item 2.2.1. Os dados obtidos foram analisados por meio do desvio padrão da média, análise de variância e curvas de tendência.



Figura 2 – Galhos podados de árvores de *E. cloeziana* acondicionados em condições de casa de vegetação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Resgate por brotações de cepas

Em relação ao resgate por brotações de cepas em árvores de *Eucalyptus cloeziana* de 5 anos de idade, os resultados observados para sobrevivência das estacas na saída da casa de vegetação, enraizamento na saída da casa de sombra, sobrevivência e altura das mudas aos 90 dias de idade encontram-se no Quadro 1.

Quadro 1 – Valores de sobrevivência das estacas na saída da casa de vegetação (SCV), enraizamento na saída da casa de sombra (ECS), sobrevivência (SOB90) e altura (ALT90) das mudas aos 90 dias de idade em função da aplicação de ácido indolbutírico (AIB) em estacas de três árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana*, com 5 anos de idade.

| Árvore selecionada | Dosagem de AIB (mg L ⁻¹) | Características avaliadas | | | |
|--------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------|-------------|------------|
| | | SCV (%) | ECS (%) | SOB90 (%) | ALT90 (cm) |
| 5C1 | 0 | 100,0 (0) | 97,5 (5,0) | 82,5 (9,6) | 5,8 (1,5) |
| | 6000 | 100,0 (0) | 90,0 (14,1) | 65,0 (25,2) | 4,6 (1,1) |
| 5C2 | 0 | 100,0 (0) | 100,0 (0) | 87,5 (9,6) | 9,4 (1,2) |
| | 6000 | 100,0 (0) | 97,5 (5,0) | 90,0 (14,2) | 10,7 (1,1) |
| 5C3 | 0 | 100,0 (0) | 100,0 (0) | 92,5 (5,0) | 8,9 (1,5) |
| | 6000 | 100,0 (0) | 97,5 (5,0) | 85,0 (12,9) | 8,0 (1,3) |

OBS.: Valores entre parênteses representam o desvio padrão dos dados em torno da média.

Pode-se perceber, independentemente das dosagens de AIB estudadas, uma sobrevivência máxima das estacas na saída da casa de vegetação, indicando um bom vigor fisiológico das mesmas. Com relação ao enraizamento na saída da casa de sombra, pode-se observar alto índice de enraizamento adventício das estacas, sendo estes superiores a 90%.

Ao observar os dados referentes à sobrevivência das mudas aos 90 dias de idade, apesar da diminuição dos valores obtidos na saída da casa de sombra, verifica-se que nestas condições estudadas, para estes materiais genéticos, as três árvores apresentaram bom potencial de enraizamento.

Em relação aos dados de altura das mudas aos 90 dias de idade, observou-se diferença somente em relação às árvores estudadas, o que reforça a importância do efeito do material genético na propagação vegetativa (CHALFUN, 1989; ZOBEL, 1993).

Em relação ao resgate de árvores de 15 anos de idade, nos resultados da análise de variância das características de sobrevivência das estacas na saída da casa de vegetação, enraizamento na saída da casa de sombra, sobrevivência e altura das mudas aos 90 dias de idade observou-se efeito significativo, pelo teste F ($P < 0,05$) da interação AS x AIB, sobre todas as características analisadas (Quadro 2).

Quadro 2 – Resultado da análise de variância das características de sobrevivência das estacas na saída da casa de vegetação (SCV), enraizamento na saída da casa de sombra (ECS), sobrevivência (SOB90) e altura (ALT90) das mudas aos 90 dias de idade, para as árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* de 15 anos de idade.

| FV | GL | Quadrado Médio | | | |
|-------------------------|----|----------------|-----------|-----------|--------------------|
| | | SCV (%) | ECS (%) | SOB90 (%) | ALT90 (cm) |
| Árvore selecionada (AS) | 4 | 4531,3** | 22475,0** | 6648,1** | 8,7 ^{ns} |
| AIB | 3 | 1264,6** | 2143,7* | 2823,3** | 18,4 ^{ns} |
| AS x AIB | 12 | 2489,6** | 27325,0** | 1947,3** | 56,9** |
| Resíduo | 60 | 223,8 | 247,1,0 | 467,5 | 8,8 |
| Média Geral | | 78,13 | 75,6 | 33,0 | 4,4 |
| CV _{exp.} (%) | | 19,2 | 20,8 | 65,5 | 67,7 |

ns, * e ** = não significativo a 5% e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Ao observar os dados referentes ao percentual de sobrevivência na casa de vegetação (Figura 3a), nota-se resposta diferenciada dos clones em relação aos tratamentos utilizados. Para o clone 15C4, pode-se perceber uma tendência de resposta mais positiva ao enraizamento com a utilização do regulador de crescimento, uma vez que o percentual mais baixo se deu na ausência do AIB. Para o clone 15C5 e 15C8, o regulador de crescimento não teve grande efeito no enraizamento, uma vez que estes não apresentaram grandes variações nos percentuais de sobrevivência, em relação às dosagens de AIB estudadas. Os clones 15C6 e 15C7 apresentaram valores máximos de sobrevivência das estacas na saída da casa de vegetação, sendo que para o clone 15C6 estes índices ocorreram independentemente das dosagens de AIB aplicadas e para o clone 15C7, os valores máximos se deram com a aplicação do AIB. Estes resultados traduzem que as matrizes de 5 anos de idade apresentaram melhores respostas nos índices de sobrevivência na saída da casa de vegetação, sem a aplicação do regulador de crescimento, em relação às matrizes de 15 anos de idade. Este melhor comportamento dos clones de 5 anos de idade, em relação aos de 15 anos de idade, pode estar principalmente associado aos efeitos da idade ontogenética (WENDLING e XAVIER, 2001), a diferenças do material genético (CHALFUN, 1989; ZOBEL, 1993) e condições ambientais.

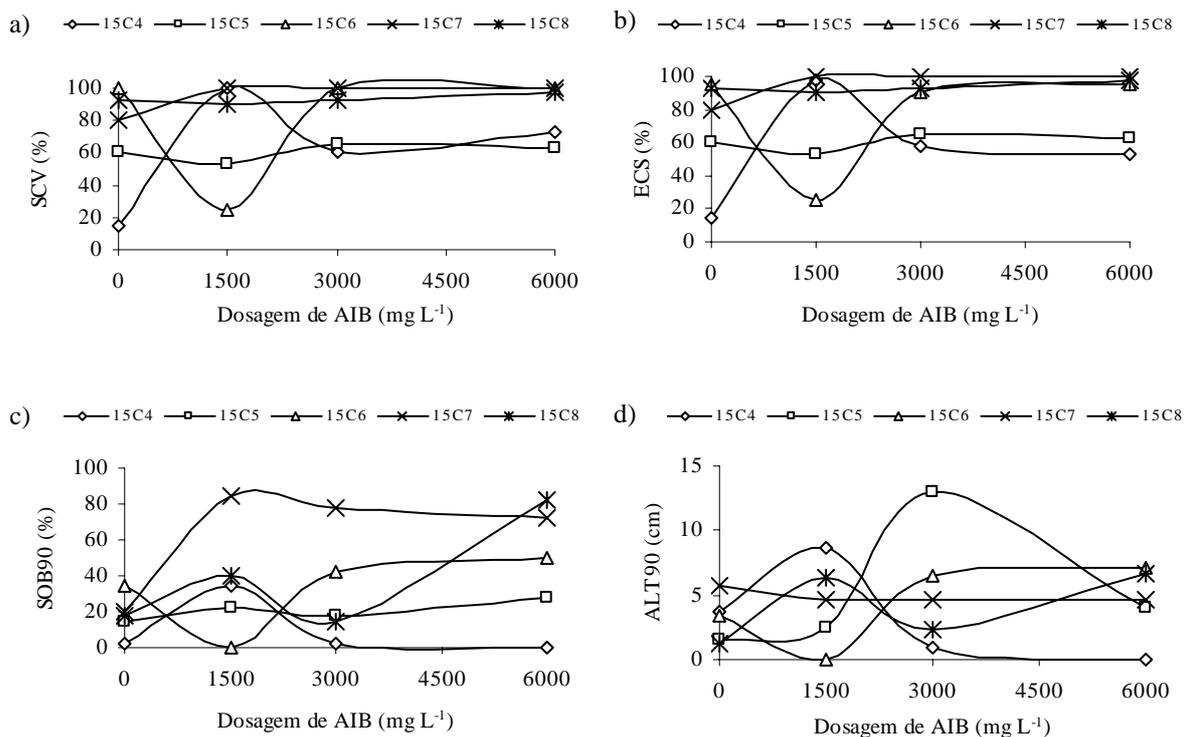


Figura 3 – (a) Sobrevivência das estacas na saída da casa de vegetação (SCV), (b) enraizamento na saída da casa de sombra (ECS), (c) sobrevivência (SOB90) e (d) altura das mudas (ALT90) aos 90 dias de idade em resposta à aplicação de AIB (0, 1500, 3000 e 6000 mg L⁻¹), para as cinco árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* de 15 anos de idade.

Na avaliação da sobrevivência das mudas aos 90 dias de idade (Figura 3c), de modo geral, para alguns clones, houve uma redução acentuada no percentual de enraizamento. O clone 15C4 foi o que apresentou os piores índices de sobrevivência aos 90 dias, tendo seu valor máximo de 35 % de estacas enraizadas com a aplicação de 1500 mg L⁻¹ de AIB, chegando a valores como 2,5 % para AIB 3000 mg L⁻¹ e até a sobrevivência nula na aplicação de AIB 6000 mg L⁻¹. Os melhores percentuais de sobrevivência das mudas, aos 90 dias de idade, foram observados para os clones 15C7 e 15C8. Para o clone 15C7, observou-se respostas positivas das mudas quando as estacas foram tratadas com AIB, chegando a atingir até 85% de sobrevivência no tratamento com AIB 1500 mg L⁻¹. Já o clone 15C8 apresentou o maior percentual de sobrevivência (82,5 %) quando tratado com AIB 6000 mg L⁻¹.

Este pior comportamento dos clones de 15 anos de idade, em relação aos de 5 anos, pode estar relacionado ao envelhecimento ontogenético (ASSIS, 1997), o qual influencia diretamente nos índices de enraizamento adventício. Geralmente, brotações provenientes de árvores mais juvenis apresentam maior facilidade de enraizamento, enquanto que

estacas provenientes de árvores mais velhas o fazem esporadicamente ou, definitivamente, não enraízam (ZOBEL e TALBERT, 1984).

Diante destes resultados, pode-se perceber que houve variação de resposta entre os clones no que se refere ao potencial rizogênico, apresentando alguns clones melhor resposta ao enraizamento quando submetidos a tratamentos com o AIB. Nota-se, também, nítida diferença de comportamento entre os clones de 5 e 15 anos de idade, apresentando os clones de 5 anos maior predisposição ao enraizamento adventício, que os de 15 anos de idade.

3.2. Resgate por galhos podados e anelamento de caule

O resgate por galhos podados mostrou ser uma técnica eficiente na indução de brotações epicórmicas de árvores de *Eucalyptus cloeziana*, uma vez que todos os galhos podados que se encontravam na casa de vegetação, emitiram brotações, após 40 dias de acondicionamento, como pode-se observar na Figura 4. Porém, as estacas extraídas destas brotações não responderam ao enraizamento adventício. Entre os possíveis fatores, o efeito da idade ontogênica e o vigor fisiológico das estacas utilizadas provavelmente foram determinantes, visto que a coleta dos galhos se deu em árvores com 20 anos de idade e, por mais que se priorizasse a retirada de galhos mais baixos nestas árvores, estes foram retirados em alturas acima de 5 metros. Considerando que existe um gradiente de juvenilidade em direção à base da árvore e que a capacidade de enraizamento é uma característica juvenil (ZOBEL e TALBERT, 1987; HACKETT, 1988), os galhos retirados seriam ontogeneticamente adultos e, portanto, com menor capacidade de enraizamento adventício de estacas em relação aos mais juvenis.

Com relação ao anelamento de caule (Figura 5), pode-se observar, nas árvores de 5 e 15 anos de idade, intensa cicatrização da parte anelada como resposta à aplicação do anelamento; porém, não foi observada emissão de brotação epicórmica nesta região. As árvores com 20 anos de idade também mostraram intenso calejamento na região anelada; no entanto, foram observadas brotações epicórmicas em duas das seis árvores aneladas (Figura 5c), sendo que as estacas extraídas destas brotações não responderam ao enraizamento adventício. Segundo Alfenas et al. (2004), a capacidade de brotação da matriz pode variar de acordo com o genótipo da planta, a época do ano, a luminosidade e a espessura e a profundidade do corte, assim como o enraizamento adventício é função de fatores, tais como genéticos e fisiológicos, entre outros.



Figura 4 – Galhos podados de árvores de *Eucalyptus cloeziana* de 20 anos de idade, apresentando emissão de brotações epicórmicas.

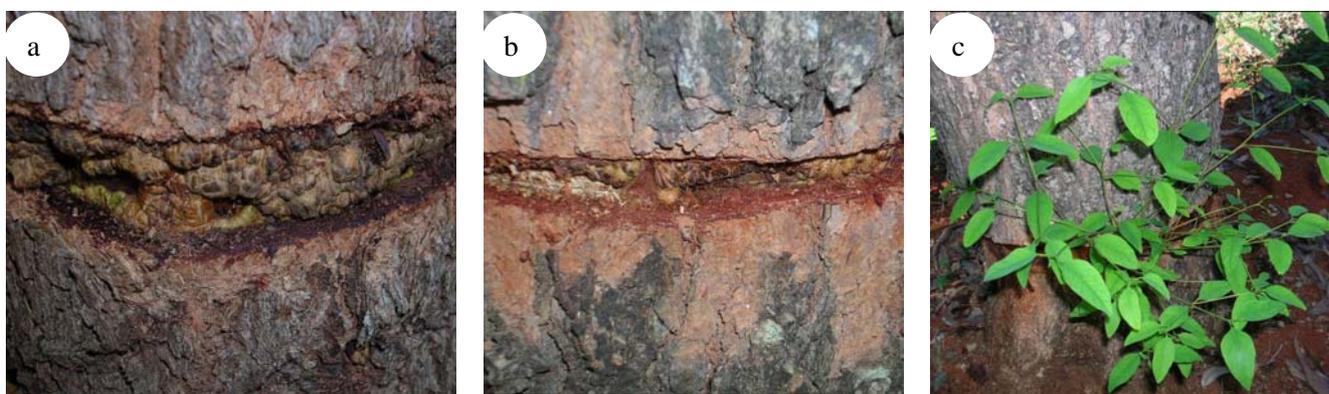


Figura 5 – Respostas de árvores de *Eucalyptus cloeziana* com 5 (a), 15 (b) e 20 (c) anos de idade, após 60 dias da aplicação do anelamento.

As duas técnicas utilizadas para o resgate de árvores selecionadas para a clonagem mostram-se eficientes na emissão de brotações, porém como a formação de raízes adventícias em estacas é um processo complexo, que pode ser influenciado por diversos fatores, tais como idade, estado nutricional e hídrico da planta doadora de propágulos, balanço hormonal, constituição genética, local de coleta dos galhos e de aplicação do anelamento, entre outras, as brotações coletadas para a extração de estacas não apresentaram potencial rizogênico.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostraram que o resgate de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* por brotações de cepas é uma técnica com potencial para a clonagem desta espécie, principalmente para árvores selecionadas em idades mais juvenis.

A avaliação do resgate por anelamento de caule e por indução de brotações epicórmicas, em galhos podados, mostrou que estas duas técnicas apresentam potencial para a indução de brotações, porém o enraizamento adventício das estacas extraídas destas brotações necessita de mais estudos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV, 2004. 442 p.

ASSIS, T. F. Propagação vegetativa de *Eucalyptus* por microestaquia. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Proceedings**... Colombo: EMBRAPA, 1997. v. 1, p. 300-304.

ASSIS, T. F.; ROSA, O. P.; GONÇALVES, S. I. Propagação por microestaquia. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., 1992, Nova Prata. **Anais...** Santa Maria, RS: UFSM, 1992. p. 824-836.

ASSIS, T. F.; TEIXEIRA, S. L. Enraizamento de plantas lenhosas. In: TORRES, A. C., CALDAS, L. S., BUSO, J. A. (Eds.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CNPQ, 1998. p. 261-296.

BONGA, J. M.; VON ADERKAS, P. **In vitro culture of trees**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 1992. 236 p.

CHALFUN, N. N. J. **Fatores bioquímicos e fisiológicos no enraizamento de estacas de *Hibiscus rosa-sinensis* L.** 1989. 85 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FACHINELLO, J. C. **Efeitos morfo-fisiológicos do anelamento no enraizamento de estacas lenhosas de macieira cultivar Malling-Merton 106**. 1986. 93f.. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Universidade de São Paulo.

HACKETT, W. P. Donnor plant maturation. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E. (Eds.). **Adventitious root formation in cuttings**. Portland, Oregon: Dioscorides Press, 1988. p. 11-28.

HACKETT, W. P., MURRAY, J. R. Maturation and rejuvenation in woody species. In: AHUJA, M. R. (Ed.). **Micropropagation of woody plants**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p. 93-105.

ROTUNDO, C. C. **Efeitos de concentrações de nitrato de amônio na multiplicação e no enraizamento “in vitro” de clones *Eucalyptus cloeziana* F. Muell e *Eucalyptus***

citriodora Hook. 1993. 74 f.. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo.

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

WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 187 – 194, jan/dez. 2001.

XAVIER, A. **Silvicultura clonal I: Princípios e técnicas de propagação vegetativa**. Viçosa:UFV. 2002. 64p. (Cadernos Didáticos).

XAVIER, A.; COMÉRIO, J. Microestaquia: uma maximização da micropropagação de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v. 20, n.1, p. 9-16, 1996.

XAVIER, A.; ANDRADE, H. B.; OLIVEIRA, M. L.; WENDLING, I. Desempenho do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.25, n.4, p.403-411, 2001.

ZOBEL, B. J. Clonal forestry in the eucalypts. In: AHUJA, M. R.; LIBBY, W. J. (Eds.). **Clonal forestry: conservation and application**. Budapest: Springer-Verlag, 1993. p. 139-148.

ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York: North Carolina State University, 1987. 505 p.

EFICIÊNCIA DAS AUXINAS AIB E ANA NO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE CLONES DE *Eucalyptus cloeziana* F. Muell.

RESUMO – Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência das auxinas AIB e ANA no enraizamento adventício de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana*. Foram utilizadas miniestacas provenientes de sete clones de *Eucalyptus cloeziana*, estabelecidos em minijardim clonal, sendo avaliados os efeitos de AIB (0, 1500, 3000 e 6000 mg L⁻¹) na forma líquida e em pó e ANA (0, 3000 e 6000 mg L⁻¹) na forma líquida. Os resultados obtidos mostraram ser a miniestaquia uma técnica viável na propagação vegetativa dos clones de *Eucalyptus cloeziana* estudados, apresentando, de modo geral, alto índice de enraizamento das miniestacas. Os clones com maior potencial de enraizamento adventício responderam mais positivamente às menores dosagens de AIB, enquanto que, para os clones com capacidade de enraizamento reduzida, houve tendência das maiores dosagens de AIB serem mais eficientes no enraizamento, independentemente da forma de aplicação do fitorregulador (líquido ou pó). O ANA, de modo geral, não influenciou significativamente no enraizamento das miniestacas da maioria dos clones estudados.

Palavras-chave: clonagem, propagação vegetativa, miniestaquia e silvicultura clonal.

EFFECTS OF AUXINS IBA AND NAA ON ROOTING OF MINICUTTINGS OF *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. CLONES

ABSTRACT – The present work had at its aim evaluating the efficiency of the auxins IBA and NAA on the adventitious rooting of *Eucalyptus cloeziana* clones. On minicuttings originating from seven *Eucalyptus cloeziana* clones, established in clonal miniclinal hedge, has been evaluated the effects of IBA (0, 1500, 3000 and 6000 mg L⁻¹) under liquid and powder forms and NAA (0, 3000 and 6000 mg L⁻¹) under liquid form. The obtained results showed the minicutting to be a viable technique for the vegetative propagation of *Eucalyptus cloeziana* clones studied, showing in a general way high rooting rates of the minicuttings. The clones with higher adventitious rooting potential responded better to lower IBA doses, while for the clones with reduced rooting potential, a tendency for higher doses being more rooting efficient, independent on the form under which the fitoregulator was applied (powder or liquid). NAA, in a general way, had no significant effect on the rooting of the minicuttings of the majority of the clones studied.

Key words: cloning, minicutting technique, vegetative propagation and clonal forestry.

1. INTRODUÇÃO

A estaquia constitui-se em um marco na evolução da produção de mudas de espécies florestais, principalmente do gênero *Eucalyptus*, a qual permitiu o crescimento da silvicultura clonal de forma intensiva em diversas partes do mundo. Entretanto, muitas foram as limitações surgidas com o uso desta técnica de propagação. A dificuldade de enraizamento de certos clones pelo método da estaquia tem sido atribuída à maturação do material vegetal, levando à adoção de técnicas de reversão ao estado juvenil, mediante a utilização de ferramentas da biotecnologia, como a micropropagação (TITON, 2001). Porém, devido a algumas limitações impostas pelo cultivo *in vitro*, surgiu a técnica da miniestaquia, constituindo-se, atualmente, na técnica mais utilizada pelas empresas florestais na propagação vegetativa de *Eucalyptus*.

O êxito da miniestaquia na propagação vegetativa de *Eucalyptus* deve-se, em parte, ao conhecimento do processo de maturação que geralmente afeta as espécies lenhosas, de acordo com o seu desenvolvimento ontogênico (OLIVEIRA, 2003; WENDLING e XAVIER, 2003).

Apesar de, na área de produção de mudas, terem sido desenvolvidas técnicas destinadas à propagação vegetativa de plantas, seu sucesso depende, basicamente, do potencial rizogênico dos propágulos (HARTMANN et al., 2002). Este potencial é variável de acordo com a constituição genética, nutricional e hídrica da planta doadora de propágulos, além do balanço hormonal e presença de inibidores, que são fortemente afetados pelo grau de maturação dos propágulos (ALFENAS et al., 2004).

Em virtude disso, os avanços no conhecimento e na identificação dos processos que controlam a rizogênese são de vital importância, uma vez que poderiam levar à identificação de compostos que possibilitem a seleção precoce de material apto para enraizar (WENDLING, 2002).

Dentre as substâncias reguladoras do crescimento, as auxinas são as que têm apresentado os maiores efeitos na formação de raízes adventícias (HARTMANN et al., 2002). Segundo estes mesmos autores, a descoberta de auxinas naturais, como o ácido indolacético (AIA) e de auxinas sintéticas, como o ácido indolbutírico (AIB) e o ácido naftalenoacético (ANA) estimularam a maior produção de enraizamento adventício em estacas caulinares e foliares e foi um marco na história da propagação vegetativa de plantas.

Aplicações de auxina proporcionam maior porcentagem, velocidade, qualidade e uniformidade de enraizamento (HARTMANN et al., 2002). As concentrações do produto ativo variam com a espécie (WILSON, 1994), o clone (CHUNG e LEE, 1994), o estado de maturação do propágulo (GOMES, 1987) e a forma de aplicação, que pode ser na formulação líquida ou em pó (BLAZICH, 1987).

De acordo com Wilson (1994), na propagação vegetativa de *Eucalyptus* por estaquia, o ácido indolbutírico (AIB) é a auxina mais comumente utilizada, sendo as dosagens de 6000 a 8000 mg L⁻¹ as mais indicadas. Porém, com o advento da microestaquia e miniestaquia, a tendência é o uso de dosagens cada vez mais baixas de AIB ou, em alguns casos, até a suspensão do uso (ASSIS et al., 1992; XAVIER e COMÉRIO, 1996; TITON et al., 2003).

O *Eucalyptus cloeziana* é uma espécie considerada de grande importância para alguns segmentos da atividade florestal, por possuir madeira durável, com alta qualidade para a serraria e apta para a produção de carvão. Entretanto, é considerada, até o momento, uma espécie de difícil propagação vegetativa (ROTUNDO, 1993; ALFENAS et al., 2004) e com carência muito grande de trabalhos que busquem alternativas para solucionar este problema.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos reguladores de crescimento AIB e ANA no enraizamento adventício de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material experimental

O presente experimento foi conduzido no Viveiro de Produção de Mudas da Companhia Agrícola e Florestal Santa Bárbara - CAF, no Município de Bom Despacho, MG. O município de Bom Despacho está localizado na região Centro Oeste, na Zona do Alto São Francisco, no estado de Minas Gerais, a uma altitude média de 768,1 m. Apresenta clima do tipo Cwa (subtropical, chuvoso e mesotérmico), segundo a classificação de Köeppen, latitude de 19°44'11" S e longitude de 45°15'08" W. A precipitação média anual da cidade é de 1230 mm, com temperatura média anual de 22,1 °C, sendo a máxima de 29,2 °C e mínima de 16,4 °C.

Foram utilizados sete clones de *Eucalyptus cloeziana* provenientes de duas procedências (Monte Pândanos e Zomerkonst), estabelecidos no minijardim clonal em sistema de canaletão com fertirrigação por gotejamento, com manejo e nutrição de acordo com os procedimentos adotados pela empresa CAF. Os clones de *Eucalyptus cloeziana* utilizados originaram-se de seleção de árvores em plantio comercial, na empresa CAF, com 15 anos de idade, localizado em Bom Despacho, MG.

2.2. Metodologia

Neste estudo, como propágulos vegetativos, foram utilizadas miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* provenientes do minijardim clonal que foi formado a partir de estacas enraizadas, seguindo a técnica de miniestaquia descrita por Xavier e Wendling (1998).

Para a avaliação do efeito dos reguladores de crescimento AIB (ácido indolbutírico) e ANA (ácido naftalenoacético) no enraizamento adventício de miniestacas, foram utilizados dois clones de *Eucalyptus cloeziana* provenientes da procedência Monte Pândanos denominados C12 e C13 e cinco clones de *Eucalyptus cloeziana* provenientes da procedência Zomerkonst denominados C9, C10, C11, C14 e C15. Os tratamentos consistiram na utilização do AIB nas dosagens de 0, 1500, 3000 e 6000 mg L⁻¹, aplicados nas formulações líquida e em pó e na utilização do ANA nas dosagens de 0, 3000 e 6000 mg L⁻¹ na formulação líquida.

Após a obtenção das miniestacas, aquelas tratadas com os fitorreguladores na formulação líquida tiveram, cerca de, 2 cm de sua base mergulhados na solução, por aproximadamente 10 segundos, sendo, em seguida, estaqueadas no substrato. Para o AIB em pó, as miniestacas tiveram aproximadamente 1 cm de sua base mergulhado no pó e, em seguida, também estaqueadas. O substrato utilizado apresentava em sua composição 35 % de casca de *Pinus* decomposta, 35 % de vermiculita e 30 % de casca de arroz carbonizada. Para cada 200 litros desta mistura de substratos, foram aplicados 3 litros de uma solução, com a seguinte constituição: superfosfato simples (6 kg m⁻³), sulfato de amônio (0,6 kg m⁻³), cloreto de potássio (0,25 kg m⁻³) e pela solução de sulfato de zinco (18,75 g m⁻³), sulfato de cobre (5,63 g m⁻³), ácido bórico (5,63 g m⁻³), sulfato de manganês (11,25 g m⁻³), fetrilon (20,7 g m⁻³) e molibdato de sódio (0,75 g m⁻³).

As práticas culturais referentes a irrigação, nutrição, controle fitossanitário e demais práticas foram aquelas adotadas pela empresa no seu processo de produção de mudas de clones comerciais, visando à obtenção de mudas vigorosas.

As miniestacas, após estaqueadas, foram levadas para a casa de vegetação, onde permaneceram por um período de 30 dias. Após este período, foram levadas para a casa de sombra, aí permanecendo por mais 8 dias e, por último, foram transferidas para o pátio de crescimento em pleno sol, para as avaliações finais aos 90 dias de idade.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, constituído por 4 repetições e parcelas de 10 miniestacas. As avaliações constaram da sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação após 30 dias de estaqueamento, percentual de enraizamento na saída da casa de sombra e sobrevivência e altura das mudas aos 90 dias de idade. Os dados obtidos foram analisados por meio de análise de variância e curvas de tendência.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Eficiência do AIB no enraizamento

Com base nos resultados da análise de variância das características avaliadas, observou-se efeito significativo, pelo teste F ($P < 0,05$) da interação clone x AIB x forma de aplicação sobre todas as características analisadas (Quadro 1). Os coeficientes de variação experimental ($CV_{exp.}$) apresentaram valores entre 13,7 e 23,6 % para as características SCV, ECS, SOB90 e ALT90 (Quadro 1), sendo estes valores próximos aos encontrados por Xavier e Comério (1997), Wendling (1999), Titon (2001) e Wendling (2002) em *Eucalyptus*, indicando razoável precisão experimental.

De forma geral, as miniestacas dos diferentes clones, apresentaram alto percentual de sobrevivência na saída da casa de vegetação, com percentuais de até 100 % de sobrevivência, sem o uso do regulador de crescimento AIB, conforme ilustrado na Figura 1.

Para ambas as formas de aplicação de AIB estudadas, o clone C12 apresentou o menor percentual de sobrevivência em relação aos demais clones estudados, principalmente para as dosagens mais baixas de AIB, apresentando melhor desempenho quando tratado com AIB 6000 mg L⁻¹ aplicado em formulação líquida. Já o clone C13

Quadro 1 – Resultado da análise de variância das características de sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação (SCV), enraizamento na saída da casa de sombra (ECS), sobrevivência (SOB90) e altura (ALT90) das mudas aos 90 dias de idade, para os sete clones de *Eucalyptus cloeziana* estudados.

| FV | GL | Quadrado Médio | | | |
|-------------------------|-----|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| | | SCV (%) | ECS (%) | SOB90 (%) | ALT90 (cm) |
| Clone (clo) | 6 | 8741,0** | 7849,0** | 5911,0** | 350,6** |
| AIB | 3 | 1198,0** | 1312,0** | 463,0 ^{ns} | 18,6** |
| Forma de aplicação (FA) | 1 | 161,0 ^{ns} | 986,0** | 114,0 ^{ns} | 11,4 ^{ns} |
| Clo x AIB | 18 | 799,0** | 525,0** | 809,0** | 22,9** |
| Clo x FA | 6 | 567,0** | 507,0** | 201,0 ^{ns} | 2,6 ^{ns} |
| AIB x FA | 3 | 54,0 ^{ns} | 272,0 ^{ns} | 151,0 ^{ns} | 4,9 ^{ns} |
| Clo x AIB x FA | 18 | 539,0** | 468,0** | 478,0** | 13,4** |
| Resíduo | 168 | 121,0 | 141,0 | 231,0 | 4,4 |
| Média Geral | | 80,1 | 76,9 | 64,4 | 15,3 |
| CV _{exp.} (%) | | 13,7 | 15,4 | 23,6 | 13,7 |

ns, * e ** = não significativo a 5% e significativo a 5% e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

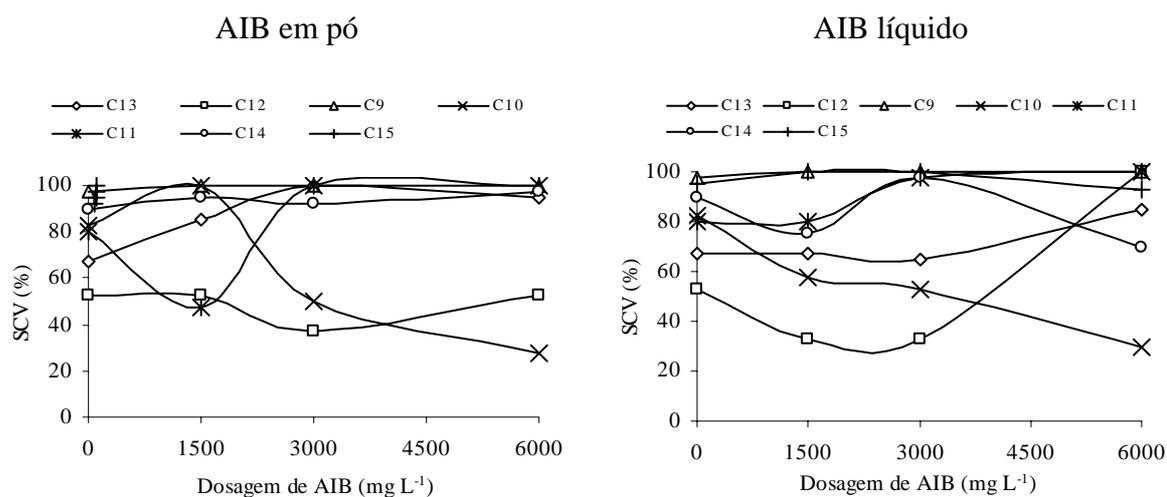


Figura 1 – Sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação (SCV), em resposta à aplicação de AIB (0,1500, 3000 e 6000 mg L⁻¹), nas formas em pó e líquida, para os sete clones de *Eucalyptus cloeziana* estudados.

mostrou melhor desempenho em termos de sobrevivência na saída da casa de vegetação, quando suas estacas foram tratadas com AIB, nas doses de 1500 e 6000 mg L⁻¹ aplicado em pó. Para o clone C10, observou-se redução do percentual de sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação com o aumento da dosagem de AIB. Para os demais clones, de forma geral, houve aumento do percentual de sobrevivência com o aumento da dosagem de AIB para as duas formas de aplicação do fitorregulador, apresentando os clones C9 e C21 tendência de maior potencial rizogênico, chegando a

100% de sobrevivência. A maioria dos clones apresentou resultados superiores a 80 % de sobrevivência na saída da casa de vegetação. Estes resultados concordam com os obtidos por Wendling (1999) e Titon (2001) na miniestaquia de *Eucalyptus*. Segundo Iritani e Soares (1983), a avaliação da sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação não é garantia de êxito no enraizamento das mesmas, porém é um forte indicador das condições ambientais (temperatura e umidade) da casa de vegetação.

Na avaliação das mudas na saída da casa de sombra, pode-se observar para a maioria dos clones a mesma tendência observada para estes na saída da casa de vegetação, quando submetidos ao tratamento com AIB (Figura 2). Alguns clones apresentaram percentual de enraizamento superior, quando tratados com AIB em dosagens maiores. Em relação à forma de aplicação do regulador de crescimento AIB, a maioria dos clones apresentou melhor resposta quando utilizou-se a forma em pó.

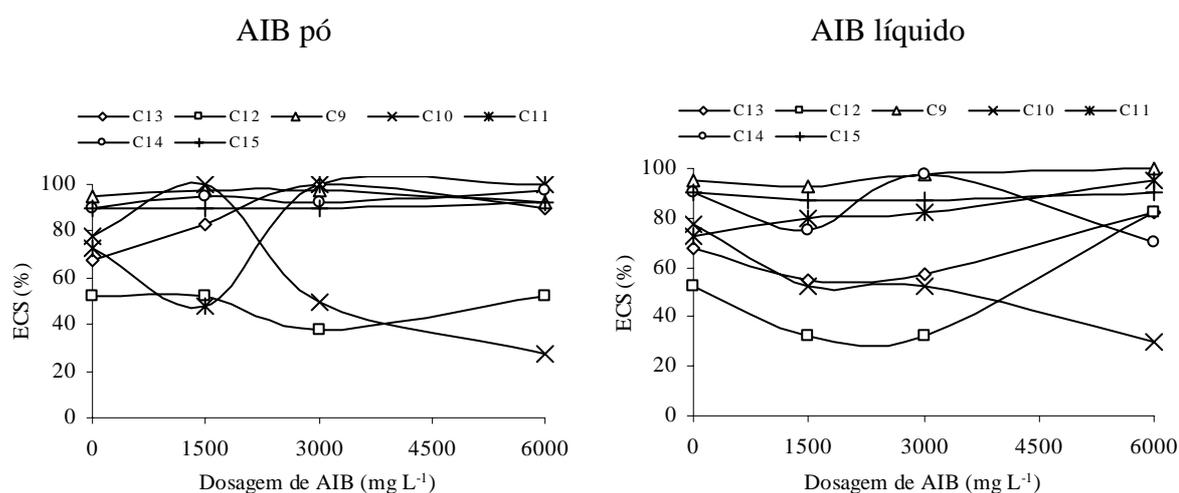


Figura 2 – Enraizamento das miniestacas na saída da casa de sombra (ECS), em resposta à aplicação de AIB (0,1500, 3000 e 6000 mg L⁻¹), na formas em pó e líquida, para os sete clones de *Eucalyptus cloeziana* estudados.

Na avaliação das mudas aos 90 dias de idade, observou-se que para a maioria dos clones estudados, o percentual de sobrevivência não diferiu muito em relação ao observado na saída da casa de sombra, como pode ser observado na Figura 3. Nota-se também que a forma de aplicação do regulador também não afetou de modo marcante o comportamento dos clones estudados.

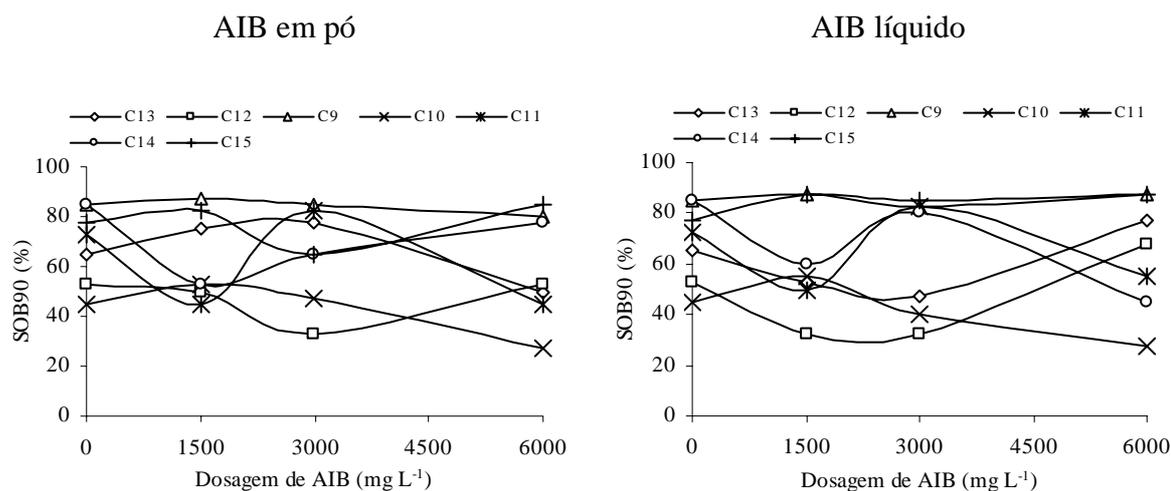


Figura 3 – Sobrevivência das miniestacas aos 90 dias de idade (SOB90), em resposta à aplicação de AIB (0,1500, 3000 e 6000 mg L⁻¹), nas formas pó e líquida, para os sete clones de *Eucalyptus cloeziana* estudados.

O clone C12 manteve o comportamento observado na saída da casa de sombra, para as duas formas de aplicação de AIB, com uma diferença observada apenas para o AIB a 6000 mg L⁻¹ na forma líquida, em que o percentual caiu de 82 % para 67,5 %. O clone C10 apresentou um potencial rizogênico baixo nas duas formas de aplicação de AIB, observando o menor percentual quando o AIB foi aplicado a 6000 mg L⁻¹, tanto na formulação líquida, como em pó. A sobrevivência mais elevada foi observada na dosagem de AIB 1500 mg L⁻¹, independentemente da forma de aplicação do regulador, sendo esta de 52,5 % para o AIB em pó e 55 % para o AIB líquido. Para o clone C11, a melhor dosagem de AIB observada, também independentemente da forma de aplicação, foi a de 3000 mg L⁻¹, sendo de 82,5 % a sobrevivência aos 90 dias de idade. A dosagem de AIB que proporcionou o menor percentual de sobrevivência foi a de 1500 mg L⁻¹, aplicado tanto em pó como líquido.

Dos clones estudados, os clones C9, C14 e C15 apresentaram boa capacidade de enraizamento adventício. O clone C9 manteve seu alto potencial rizogênico, com um máximo de sobrevivência (87,5 %) quando se utilizou o AIB em pó, na dosagem de 1500 mg L⁻¹ e AIB líquido nas dosagens de 1500 e 6000 mg L⁻¹. O clone C14 mostrou ser um material genético com capacidade rizogênica elevada, apresentando um percentual de sobrevivência, aos 90 dias de idade, equivalente a 85 % sem a aplicação de regulador de crescimento. O AIB utilizado na formulação líquida mostrou-se superior ao em pó, sendo que a dosagem de AIB 3000 mg L⁻¹ líquido proporcionou 80 % de sobrevivência das

mudas aos 90 dias de idade, contra apenas 65 % de AIB em pó. Apenas o AIB 6000 mg L⁻¹, aplicado em pó, proporcionou sobrevivência aos 90 dias de idade, significativamente superior ao líquido. O clone C15, também com elevada capacidade rizogênica, apresentou 77 % de sobrevivência aos 90 dias sem a aplicação do regulador de crescimento, sendo que a melhor dosagem de AIB observada para este material genético foi a de 6000 mg L⁻¹, independentemente da forma de aplicação, com 85 % de sobrevivência para AIB em pó e 87,5 % para AIB líquido.

Estes resultados corroboram os obtidos para outras espécies de *Eucalyptus*, conforme citado por Assis et al. (1992), Xavier e Comério (1996), Wendling et al. (2000) e Titon (2001), para os quais a miniestaquia é considerada viável, proporcionando, de forma geral, elevados índices de enraizamento.

A miniestaquia, apesar de não ser uma técnica antiga, vem sendo utilizada com sucesso na maximização da propagação vegetativa de muitas espécies de *Eucalyptus* (XAVIER e WENDLING, 1998; WENDLING et al., 2000). No entanto, para *Eucalyptus cloeziana*, que é uma espécie considerada de difícil propagação vegetativa, os trabalhos com enraizamento de estacas e miniestacas são escassos.

Com relação à altura das mudas aos 90 dias de idade (Figura 4), observou-se que clones de maior potencial rizogênico apresentaram maior crescimento em altura.

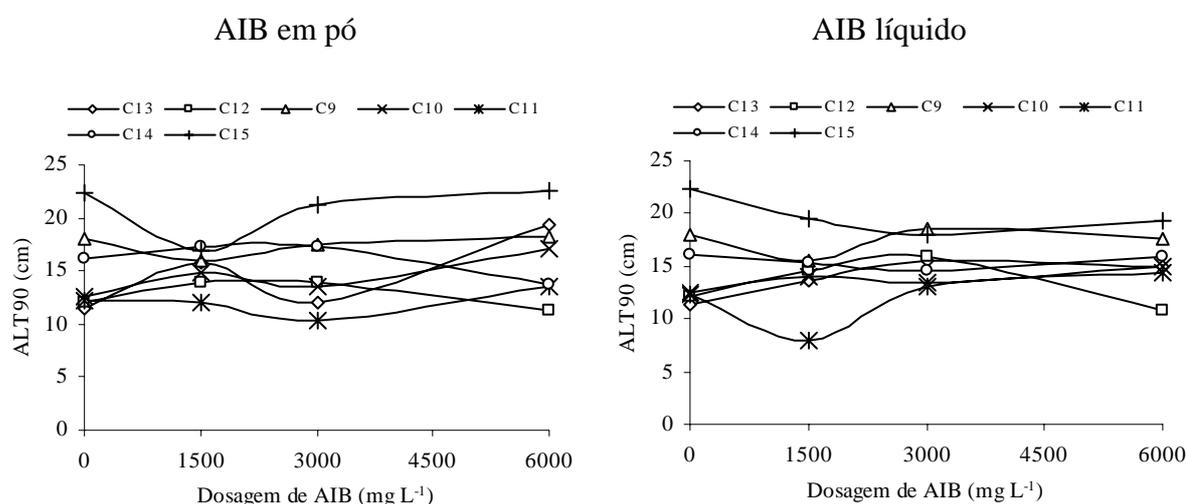


Figura 4 – Altura das mudas aos 90 dias de idade (ALT90), em resposta à aplicação de AIB (0,1500, 3000 e 6000 mg L⁻¹), nas formas pó e líquida, para os sete clones de *Eucalyptus cloeziana* estudados.

De forma geral, a técnica de miniestquia apresentou respostas satisfatórias à propagação vegetativa dos clones de *Eucalyptus cloeziana* estudados. Observou-se, para os clones com maior potencial de enraizamento, que as menores dosagens de AIB são as mais recomendadas, independentemente da forma de aplicação (líquido ou pó). Para os clones com capacidade rizogênica reduzida, observou-se uma tendência das maiores dosagens de AIB serem mais efetivas ao enraizamento adventício destas miniestacas. Apesar de alguns clones terem apresentado diferença na forma de aplicação do regulador para algumas dosagens de AIB, de forma geral, pode-se dizer que o comportamento dos clones foi semelhante, independentemente da forma de aplicação do regulador.

Vale salientar que alguns clones, principalmente aqueles com maior dificuldade no enraizamento adventício, exibiram crescimento com tendência plagiotrópica. De acordo com Wendling e Xavier (2001), o hábito de crescimento (ortotrópico/plagiotrópico) de plantas arbóreas pode variar em função da juvenilidade/maturidade dos propágulos que deram origem a estas plantas. Como os propágulos utilizados foram retirados de minicepas formadas por estacas enraizadas e que haviam sido retiradas de árvores de aproximadamente 15 anos de idade, o efeito da idade pode estar afetando o enraizamento e crescimento destas mudas.

3.2. Eficiência do ANA no enraizamento

Com base nos resultados da análise de variância das características de sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação, enraizamento na saída da casa de sombra, sobrevivência e altura das mudas aos 90 dias de idade, observou-se efeito significativo ($F: P < 0,05$) da interação clone x ANA sobre todas as características analisadas (Quadro 2). Os coeficientes de variação experimental ($CV_{exp.}$) apresentaram valores entre 6,3 e 15,4 % para as características SCV, ECS, SOB90 e ALT90. Estes valores estão próximos àqueles encontrados por Xavier e Comério (1997), Wendling (1999), Titon (2001) e Wendling (2002) em *Eucalyptus*, indicando boa precisão experimental.

Pode-se perceber, de forma geral, uma tendência de aumento no percentual de sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação e enraizamento na saída da casa de sombra (Figuras 5a e 5b), à medida que se aumenta a dosagem de ANA para os clones C10, C11 e C15. Os clones C9, C13 e C14 apresentaram este máximo na dosagem

de ANA 3000 mg L⁻¹. Apenas para o clone C12 foi observado a sobrevivência mais elevada para as miniestacas que não receberam o regulador de crescimento ANA.

Quadro 2 – Resultado da análise de variância das características de sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação (SCV), enraizamento na saída da casa de sombra (ECS), sobrevivência (SOB90) e altura (ALT90) das mudas aos 90 dias de idade, para os sete clones de *Eucalyptus cloeziana* estudados.

| FV | GL | Quadrado Médio | | | |
|------------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| | | SCV (%) | ECS (%) | SOB90 (%) | ALT90 (cm) |
| Clone (clo) | 6 | 4907,9** | 4608,3** | 4310,7** | 167,4** |
| ANA | 2 | 236,9 ^{ns} | 215,5 ^{ns} | 239,3 ^{ns} | 0,51 ^{ns} |
| Clo x ANA | 12 | 425,8** | 394,6** | 422,6** | 10,0** |
| Resíduo | 63 | 156,3 | 200,4 | 220,2 | 2,3 |
| Média Geral | | 81,2 | 79,2 | 70,4 | 16,5 |
| CV _{exp.} (%) | | 15,4 | 7,1 | 6,7 | 9,3 |

ns, * e ** = não significativo a 5% e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

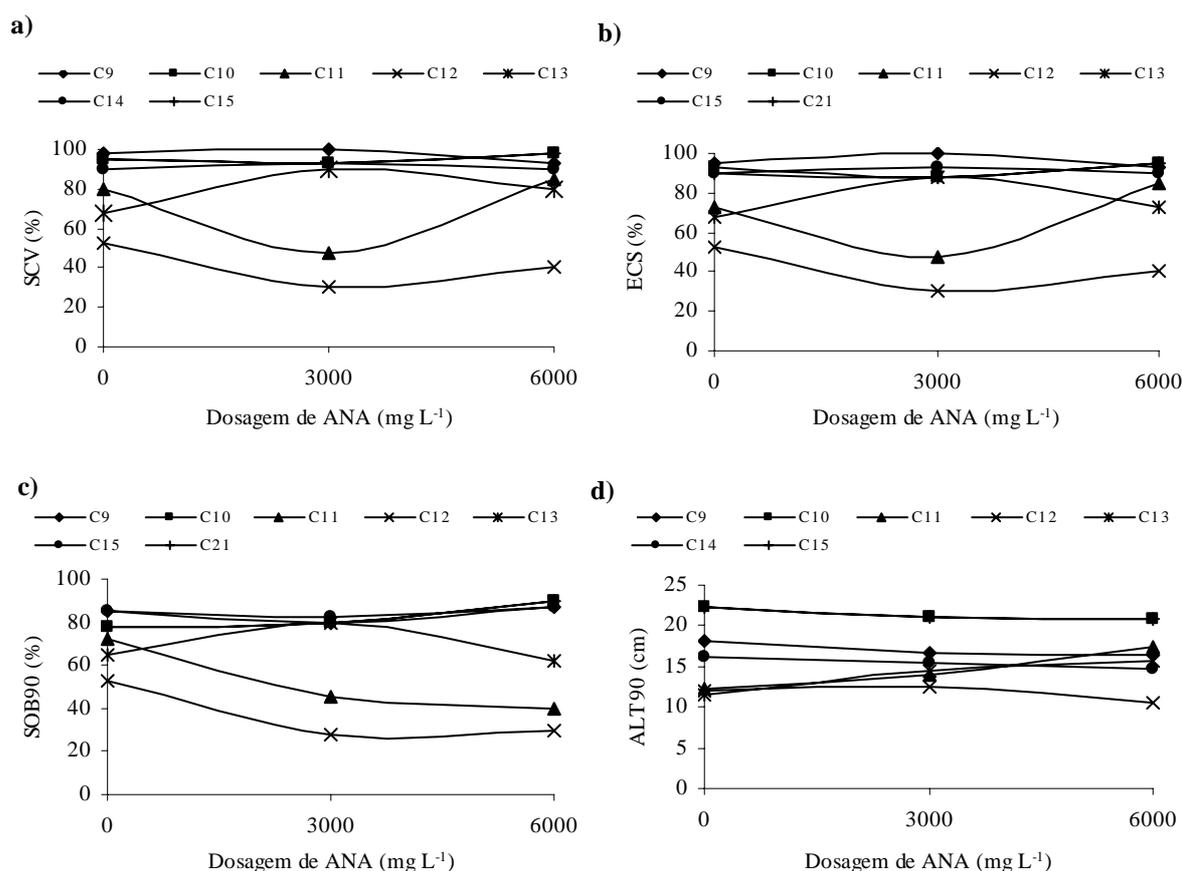


Figura 5 – (a) Sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação (SCV), (b) enraizamento na saída da casa de sombra (ECS), (c) sobrevivência (SOB90) e (d) altura (ALT90) aos 90 dias de idade, em resposta à aplicação de ANA (0, 3000 e 6000 mg L⁻¹) para os sete clones de *Eucalyptus cloeziana* estudados.

Observando a Figura 5c, que ilustra a sobrevivência das mudas aos 90 dias de idade, nota-se que os clones C11 e C12 mostraram queda no percentual de sobrevivência na presença de ANA, apresentando, nesta avaliação, a melhor resposta de sobrevivência sem o uso do regulador de crescimento. Para o clone C11, a testemunha foi superior às dosagens de ANA estudadas. Os demais clones mantiveram a tendência de maior sobrevivência com o aumento da dosagem de ANA.

Com relação à altura das mudas aos 90 dias de idade (Figura 5d), apenas o clone C11 apresentou diferença significativa para esta característica, sendo as mudas tratadas com ANA 6000 mg L⁻¹ as que apresentaram as maiores alturas. O clone C13 seguiu a mesma tendência do clone C11. Para os demais clones, observou-se uma tendência das menores dosagens de ANA proporcionarem as maiores alturas das mudas aos 90 dias de idade.

De modo geral, os clones apresentaram elevados percentuais de enraizamento, independentemente das dosagens de ANA utilizadas, sendo os menores índices observados para os clones C11 e C12. Apesar de ter sido observada diferença estatística na interação clone x ANA, pode-se observar na Figura 5, que a maioria dos clones estudados não apresentou variação de resposta com a aplicação deste regulador, exceto o clone C11.

4. CONCLUSÕES

De modo geral, a miniestaquia mostrou ser uma técnica viável na propagação vegetativa para os clones de *Eucalyptus cloeziana* estudados, proporcionando índices de enraizamento satisfatórios para esta espécie.

Os clones com maior potencial de enraizamento, de forma geral, apresentaram melhores respostas com a utilização de menores dosagens de AIB, independentemente da forma de aplicação, enquanto para os clones com potencial rizogênico reduzido, as maiores dosagens de AIB foram as mais recomendadas. O AIB aplicado em pó, além da maior facilidade de aplicação, proporcionou mudas com maior vigor fisiológico, em relação ao AIB líquido, apesar dos índices de enraizamento terem sido semelhantes, na maioria das características avaliadas.

O regulador de crescimento ANA, de forma geral, não influenciou o enraizamento das miniestacas para os clones de *Eucalyptus cloeziana* estudados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV, 2004. 442 p.

ASSIS, T. F.; ROSA, O. P.; GONÇALVES, S. I. Propagação por microestaquia. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., 1992, Nova Prata. **Anais...** Santa Maria, RS: UFSM, 1992. p. 824-836.

BLAZICH, F. A. Chemical and formulations used to promote adventitious rooting. In: DAVIES, T. D. HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. (Eds.). **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Press, 1987. p. 132-149. (Advances in Plant Sciences Series, 2).

CHUNG, D. Y.; LEE, K. J. Effects of clones, ortet age, crow position, and rooting substance upon the rooting of cuttings od Japanese larch (*Larix leptolepis* S. eta Z. Gordon). **Forestry Genetics Research Institute**, v. 83, n. 2, p. 205-210, 1994. (CD-ROM. Abstract).

GOMES, A. L. **Propagação clonal: princípios e particularidades**. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1987. 69 p. (Série Didáctica, Ciências Aplicadas, 1).

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation; principles and practices**. 6. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 770 p.

IRITANI, C.; SOARES, R. V. Indução do enraizamento de estacas de Araucária angustifólia através da aplicação de reguladores de crescimento. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte. **Anais...**Belo Horizonte: SBS, 1983. p. 313-317.

OLIVEIRA, M. L. **Efeito da estaquia, miniestaquia, microestaquia e micropropagação no desempenho silvicultural de clones de *Eucalyptus* spp.** 2003. 53 f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

TITON, M. **Propagação clonal de *Eucalyptus grandis* por miniestaquia e microestaquia**. 2001. 65 f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

TITON, M.; XAVIER, A.; OTONI, W. C.; REIS, G. G. Efeito do AIN no enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, v.27, n.1, p.1-7, 2003.

WENDLING, I. **Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia**. 1999. 70f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

WENDLING, I. **Rejuvenescimento de clones de *Eucalyptus grandis* por miniestaquia seriada e micropropagação**. 2002. 96 f.. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 187 – 194, jan/dez. 2001.

WENDLING, I.; XAVIER, A.; GOMES, J. M.; PIRES, I. E.; ANDRADE, H. B. Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 24, n.2, p.181-186, 2000.

WILSON, P. J. The concept of a limiting rooting morphogen in woody stem cuttings. **Journal of Horticultural Science**, v. 9, n. 4, p. 391-400, 1994.

XAVIER, A.; COMÉRIO, J. Microestaquia: uma maximização da micropropagação de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v. 20, n.1, p. 9-16, 1996.

XAVIER, A.; COMÉRIO, J. Enraizamento *ex vitro* de gemas de *Eucalyptus* spp. multiplicadas e alongadas *in vitro*. **Scientia Forestales**, n.51, p. 29-36, 1997.

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

EFEITO DOS COFADORES FLOROGLUCINOL E PVP NO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE CLONES DE *Eucalyptus cloeziana* F. Muell.

RESUMO – Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito dos cofatores floroglucinol e PVP no enraizamento adventício de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana*. As miniestacas foram coletadas no minijardim clonal e tratadas com floroglucinol (0, 1000, 2000 e 3000 mg L⁻¹) e PVP (1000, 5000 e 10000 mg L⁻¹) isoladamente e associados ao AIB em diferentes concentrações. Os resultados obtidos mostraram haver um sinergismo na utilização de floroglucinol, associado ao AIB, em termos de propagação vegetativa dos dois clones de *Eucalyptus cloeziana* estudados, principalmente quando o floroglucinol foi associado ao AIB na dosagem de 3000 mg L⁻¹. O PVP associado ao AIB também apresentou respostas satisfatórias em relação ao enraizamento adventício de miniestacas dos clones de *E. cloeziana* estudados, principalmente quando associado às dosagens mais baixas de AIB.

Palavras-chave: clonagem, miniestaquia, propagação vegetativa e silvicultura clonal.

EFFECT OF CO-FACTORS PHLOROGLUCINOL AND PVP ON ROOTING OF MINICUTTINGS OF *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. CLONES

ABSTRACT – The present work had at its aim evaluating the efficiency of the co-factors phloroglucinol and PVP on the adventitious rooting of minicuttings of *Eucalyptus cloeziana* clones. The minicuttings were collected from the miniclinal hedge and treated with phloroglucinol (0, 1000, 2000 and 3000 mg L⁻¹) and PVP (1000, 5000 and 10000 mg L⁻¹) in isolation and in combination with IBA in different concentrations. The obtained results showed a synergy in the use of phloroglucinol associated with AIB, in terms of vegetative propagation of the two *Eucalyptus cloeziana* clones studied, especially when phloroglucinol was associated with AIB in the dose of 3000 mg L⁻¹. PVP associated with IBA also showed satisfactory results in relation to adventitious rooting of minicuttings of the *Eucalyptus cloeziana* clones studied, principally when associated to lower doses of IBA.

Key words: cloning, minicutting technique, vegetative propagation and clonal forestry.

2. INTRODUÇÃO

Buscando solucionar os principais problemas apresentados pelo método da estaquia, principalmente, com relação à propagação de material adulto, as técnicas de propagação vegetativa foram sendo aprimoradas até o surgimento da microestaquia (ASSIS et al., 1992; XAVIER e COMÉRIO, 1996) e miniestaquia (XAVIER e WENDLING, 1998; WENDLING, 1999; WENDLING et al., 2000). A miniestaquia se expandiu rapidamente, principalmente devido às limitações impostas pela microestaquia no que se refere à necessidade de laboratório de micropropagação, e constitui-se em um dos principais métodos de propagação vegetativa utilizados pelas empresas florestais (WENDLING et al., 2000; TITON, 2001; XAVIER et al., 2001; WENDLING e XAVIER, 2003).

Com o uso da miniestaquia, observou-se a redução ou até mesmo a suspensão da aplicação de auxinas no enraizamento adventício de estacas (TITON et al., 2003). Entretanto, para alguns clones, principalmente, quando se trata de enraizamento de material adulto, o uso de auxinas torna-se imprescindível. Além das auxinas, existem outros compostos que podem estar envolvidos na regulação do processo de enraizamento, como os compostos fenólicos e substâncias antioxidantes, os quais, segundo Zanol (1996), são substâncias que têm uma ação de sinergismo com as auxinas no enraizamento adventício, podendo aumentar, portanto, o espectro de ação das mesmas.

Alguns estudos têm sido realizados na busca de possíveis efeitos dos compostos fenólicos no enraizamento adventício de estacas, sendo relatados os efeitos positivos dos polifenóis no enraizamento pela inibição da oxidação do AIA, agindo como protetores das auxinas (LEE et al., 1982). Segundo Zanol et al. (1998), estudos têm mostrado que o composto fenólico floroglucinol tem apresentado efeitos positivos no percentual de enraizamento, além de acelerar a emergência de raízes no cultivo *in vitro* de macieira. Outros autores como Vaz e Negueroles (1979), Rodrigues et al. (1993), Zanol et al. (1998) e Rufato et al. (2001) também observaram os efeitos positivos do floroglucinol no enraizamento adventício.

Algumas espécies podem apresentar baixos índices de enraizamento, não pelos níveis de auxina endógena, mas pela presença de inibidores (JANICK, 1966). No entanto, algumas substâncias antioxidantes, como por exemplo, o polivinilpirrolidona (PVP) têm sido eficientes na inativação destas substâncias inibidoras; portanto, agindo favoravelmente ao enraizamento.

Estas substâncias, chamadas cofatores do enraizamento, podem ser utilizadas com sucesso, particularmente, nas espécies com maiores dificuldades de enraizamento adventício, dificuldades que se devem ao grau de maturação ou ao acúmulo de substâncias inibidoras. Porém, para espécies lenhosas, principalmente do gênero *Eucalyptus*, existe uma carência muito grande de estudos neste sentido, havendo nos trabalhos levantados, apenas relatos destes compostos no cultivo *in vitro*, tais como, o de Lima (1998) com *Eucalyptus grandis*.

O *Eucalyptus cloeziana* tem sido considerado, até o momento, uma espécie de difícil propagação vegetativa (ROTUNDO, 1993; ALFENAS et al., 2004) e, apesar da importância que representa para vários setores da atividade florestal, por possuir madeira com densidade desejável para a produção de carvão e durável para serraria, existe uma carência muito grande de pesquisas que visem aperfeiçoar a técnica de propagação vegetativa para esta espécie.

Sendo assim, os avanços no conhecimento e na identificação dos compostos, que controlam a rizogênese são de vital importância, uma vez que poderiam levar à identificação de compostos que possibilitem a seleção precoce de material apto para enraizar (WENDLING, 2002). Tais compostos, como os cofatores de enraizamento, atuam direta ou indiretamente no processo de enraizamento adventício de forma a aumentar o espectro de ação das auxinas, possibilitando e aumentando o enraizamento adventício de estacas.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos cofatores floroglucinol e polivinilpirrolidona (PVP), no enraizamento adventício de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material experimental

O presente experimento foi conduzido no Viveiro de Produção de Mudanças da Companhia Agrícola e Florestal Santa Bárbara - CAF, no Município de Bom Despacho, MG. O município de Bom Despacho está localizado na região Centro Oeste, na Zona do Alto São Francisco, no estado de Minas Gerais, a uma altitude média de 768,1 m. Apresenta clima do tipo Cwa (subtropical, chuvoso e mesotérmico), segundo a classificação de Köppen, latitude de 19°44'11'' S e longitude de 45°15'08'' W. A

precipitação média anual da cidade é de 1230 mm, com temperatura média anual de 22,1 °C, sendo a máxima de 29,2 °C e mínima de 16,4 °C.

Foram utilizados dois clones de *Eucalyptus cloeziana* estabelecidos no minijardim clonal em sistema de canaletão com fertirrigação por gotejamento, com manejo e nutrição de acordo com os procedimentos adotados pela CAF. Os clones de *Eucalyptus cloeziana* utilizados originaram-se de seleção de árvores em plantio comercial, na empresa CAF, com 15 anos de idade, localizado em Bom Despacho, MG.

2.2. Metodologia

Neste estudo foram utilizados como fonte de propágulos miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* provenientes do minijardim clonal formado a partir de estacas enraizadas, seguindo a técnica de miniestaquia descrita por Xavier e Wendling (1998).

Para a avaliação do efeito dos cofatores PVP e floroglucinol no enraizamento adventício de miniestacas de *Eucalyptus cloeziana* foram utilizados dois clones (C9 e C15). Os tratamentos consistiram na utilização do polivinilpirrolidona (PVP) nas dosagens de 1000 mg L⁻¹, 5000 mg L⁻¹ e 10000 mg L⁻¹ na água de armazenamento das estacas após a coleta, associados com as dosagens de AIB líquido de 0, 1500, 3000 e 6000 mg L⁻¹. Quanto ao floroglucinol (Ph), utilizaram-se as dosagens de 0, 1000, 2000 e 3000 mg L⁻¹ associado ao AIB líquido nas dosagens de 0, 1500 e 3000 mg L⁻¹.

Uma vez tratadas com PVP, as miniestacas foram armazenadas na água de coleta contendo o PVP nas três dosagens citadas acima e, em seguida, receberam os tratamentos com o regulador de crescimento AIB.

Para o tratamento com floroglucinol, as miniestacas foram mergulhadas em solução de floroglucinol+AIB nas dosagens citadas e, em seguida, estaqueadas no substrato.

A aplicação do regulador de crescimento AIB consistiu em mergulhar as miniestacas no regulador de crescimento por aproximadamente 10 segundos e, em seguida, estaqueá-las no substrato. O substrato utilizado apresentava em sua composição 35 % de casca de *Pinus* decomposta, 35 % de vermiculita, 30 % de casca de arroz carbonizada. Para cada 200 litros dessa mistura de substratos, foram aplicados 3 litros de uma solução apresentando a seguinte formulação: superfosfato simples (6 kg m⁻³), sulfato de amônio (0,6 kg m⁻³), cloreto de potássio (0,25 kg m⁻³) e pela solução de sulfato de zinco (18,75 g m⁻³), sulfato de cobre (5,63 g m⁻³), ácido bórico (5,63 g m⁻³), sulfato de manganês (11,25 g m⁻³), fetrilon (20,7 g m⁻³) e molibdato de sódio (0,75 g m⁻³).

As práticas de manejo referentes a irrigação, nutrição, controle fitossanitário e demais práticas foram aquelas adotadas pela empresa no seu processo de produção de mudas de clones comerciais.

As miniestacas, após o estaqueamento, foram levadas para a casa de vegetação, onde permaneceram por um período de 30 dias. Após este período, foram transferidas para a casa de sombra, aí permanecendo por 10 dias e, por último, foram transferidas para o pátio de crescimento a pleno sol para as avaliações finais realizadas aos 90 dias de idade.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, constituído por 4 repetições por tratamento e parcelas de 10 miniestacas. As avaliações constaram da sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação após 30 dias de estaqueamento, percentual de enraizamento na saída da casa de sombra e sobrevivência e altura das mudas aos 90 dias de idade. Os dados obtidos foram analisados por meio de análise de variância e curvas de tendência.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Eficiência do floriglucinol no enraizamento

Com base nos resultados da análise de variância referentes às características de sobrevivência na saída da casa de vegetação (SCV), enraizamento na saída da casa de sombra (ECS) e de sobrevivência (SOB90) e altura (ALT90) das mudas aos 90 dias de idade, observou-se efeito significativo, pelo teste F ($P < 0,05$) na interação floriglucinol x AIB sobre todas as características analisadas (Quadro 1). Os coeficientes de variação experimental (CV_{exp}) apresentaram valores entre 8,1 e 16,3 %, próximos aos encontrados por Xavier e Comério (1997), Wendling (1999), Titon (2001) e Wendling (2002) em *Eucalyptus*, indicando boa precisão experimental.

As miniestacas do clone C9 apresentaram melhores resultados de sobrevivência na saída da casa de vegetação em relação às do clone C15, como pode-se observar na Figura 1. Pode-se observar, para os dois clones estudados, que a testemunha (sem floriglucinol e AIB) foi a que mostrou os piores resultados em termos de sobrevivência na saída da casa de vegetação. O floriglucinol mostrou-se eficiente na sobrevivência de ambos os clones de *Eucalyptus cloeziana* estudados, principalmente, na ausência de AIB. Analisando a interação floriglucinol mais AIB, esta apresentou-se benéfica para os dois clones de *Eucalyptus cloeziana*. Nesta situação, a dosagem de AIB que melhor induziu resposta na

sobrevivência das miniestacas, na saída da casa de vegetação, foi a de 3000 mg L⁻¹, independentemente das dosagens de floroglucinol aplicadas. Este resultado confirma o observado por Hammat (1994), que verificou aumento no enraizamento de *Prunus avium* com a aplicação de floroglucinol e AIB. Segundo este mesmo autor, o floroglucinol induziu o enraizamento de considerável número de explantes, independentemente de sua capacidade de responder à auxina.

Quadro 1 – Resultado da análise de variância para as características de sobrevivência na saída da casa de vegetação (SCV), enraizamento na saída da casa de sombra (ECS), sobrevivência (SOB90) e altura (ALT90) das mudas aos 90 dias de idade de dois clones de *Eucalyptus cloeziana* quando submetidas a tratamento com floroglucinol e AIB.

| FV | GL | Quadrado Médio | | | |
|------------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| | | SCV (%) | ECS (%) | SOB90 (%) | ALT90 (cm) |
| Clone (clo) | 1 | 8626,0** | 1926,0** | 1426,0** | 9,23* |
| Floroglucinol (Ph) | 3 | 367,7* | 728,8** | 617,7** | 4,40 ^{ns} |
| AIB | 2 | 819,8** | 926,0** | 571,9* | 0,76 ^{ns} |
| Clo x Ph | 3 | 73,3 ^{ns} | 95,5 ^{ns} | 101,0 ^{ns} | 0,25 ^{ns} |
| Clo x AIB | 2 | 232,3 ^{ns} | 294,8 ^{ns} | 319,8 ^{ns} | 7,62** |
| Ph x AIB | 6 | 311,5* | 337,2* | 421,9* | 16,34** |
| Clo x Ph x AIB | 6 | 121,2 ^{ns} | 189,2 ^{ns} | 203,1 ^{ns} | 11,40** |
| Resíduo | 72 | 104,5 | 134,4 | 151,0 | 1,36 |
| Média Geral | | 84,5 | 79,5 | 75,3 | 14,5 |
| CV _{exp.} (%) | | 12,1 | 14,6 | 16,3 | 8,1 |

ns, * e ** = não significativo a 5% e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

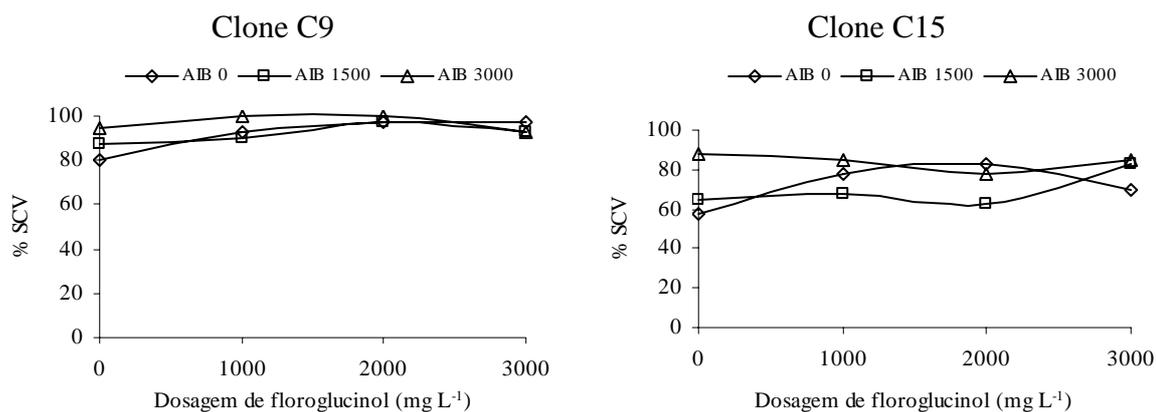


Figura 1 – Sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação (SCV), em resposta à aplicação de AIB (0, 1500 e 3000 mg L⁻¹), associado ao floriglucinol (0, 1000, 2000 e 3000 mg L⁻¹), para clones de *Eucalyptus cloeziana*.

Segundo Zanol (1996), a utilização associada de AIB e floriglucinol influenciou significativamente a percentagem de enraizamento de explantes de porta-enxertos de macieira.

Ao observar a Figura 2, referente ao enraizamento das miniestacas na saída da casa de sombra, pode-se observar para os dois clones estudados, os piores resultados de enraizamento para a testemunha (sem floriglucinol e sem AIB).

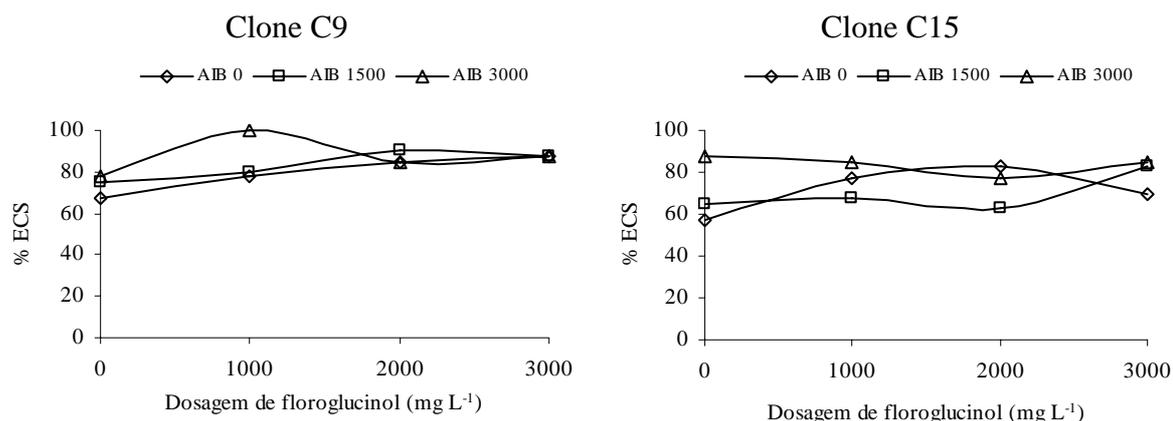


Figura 2 – Enraizamento das miniestacas na saída da casa de sombra (ECS), em resposta à aplicação de AIB (0, 1500 e 3000 mg L⁻¹), associado ao floriglucinol (0, 1000, 2000 e 3000 mg L⁻¹), para clones de *Eucalyptus cloeziana*.

Na avaliação do enraizamento das miniestacas, na saída da casa de sombra, observa-se que, sem a aplicação do regulador de crescimento AIB, o índice de enraizamento das miniestacas aumentou à medida que se aumentou a dosagem de floriglucinol, para ambos os clones de *Eucalyptus cloeziana* estudados, chegando a um máximo de 87,5 % com a aplicação de floriglucinol 3000 mg L⁻¹ para o clone C9 e 82,5 % com o uso de floriglucinol 2000 mg L⁻¹ para o clone C15. A interação do floriglucinol mais AIB mostrou-se benéfica para ambos os clones, apresentando um máximo de enraizamento para floriglucinol 1000 mg L⁻¹ associado ao AIB 3000 mg L⁻¹ para o clone C9 e floriglucinol 1000 e 3000 mg L⁻¹ associado ao AIB 3000 mg L⁻¹ para o clone C15. Rufato et al. (2001), entretanto, observaram que a dosagem de floriglucinol de 2234 mg L⁻¹ associado ao AIB na concentração de 2000 mg L⁻¹ foi a que aumentou significativamente o enraizamento das estacas de duas variedades de pessegueiro. Segundo Hammatt (1994), o floriglucinol estimula o enraizamento pela sua influência no metabolismo da auxina endógena.

Ao analisar a Figura 3, que mostra a sobrevivência das mudas aos 90 dias de idade, observa-se, na ausência de floroglucinol, as piores respostas em termos de sobrevivência aos 90 dias, para os dois clones estudados.

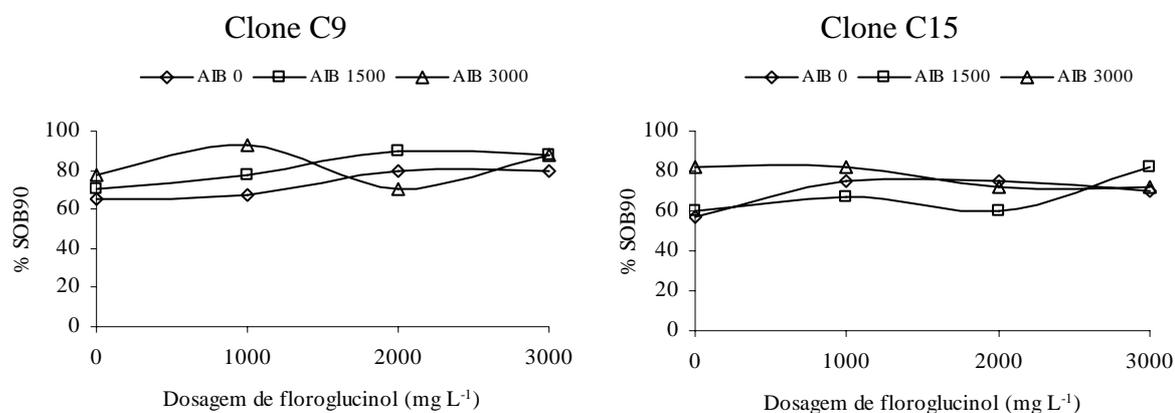


Figura 3 – Sobrevivência das miniestacas aos 90 dias de idade (SOB90), em resposta à aplicação de AIB (0, 1500 e 3000 mg L⁻¹), associado ao floroglucinol (0, 1000, 2000 e 3000 mg L⁻¹), para clones de *Eucalyptus cloeziana*.

A mesma tendência observada nas dosagens de floroglucinol no enraizamento das miniestacas na saída da casa de sombra, também, foi observada na avaliação da sobrevivência das mudas aos 90 dias de idade. Onde a interação de floroglucinol 1000 mg L⁻¹ associado ao AIB 3000 mg L⁻¹ foi a que proporcionou melhores índices de sobrevivência para ambos os clones estudados. Para as outras dosagens de AIB estudadas (0 e 1500 mg L⁻¹), observou-se aumento no índice de sobrevivência das mudas aos 90 dias de idade com o aumento da concentração de floroglucinol. Estes resultados confirmam os encontrados por alguns autores como Vaz e Negueroles (1979), Rodrigues et al. (1993), Zanol et al. (1998) que também estudaram o efeito do floroglucinol no enraizamento adventício e concluíram ter esta substância efeito estimulante no enraizamento das espécies estudadas por eles.

Lima (1998), avaliando o efeito de compostos fenólicos e aminoácidos no enraizamento *in vitro* de plântulas de *Eucalyptus grandis*, observou serem os compostos fenólicos os maiores indutores do enraizamento em relação aos aminoácidos e o floroglucinol foi um dos compostos fenólicos que mostrou os melhores resultados para número médio de raízes.

A capacidade de alguns compostos fenólicos de estimular a formação de raízes adventícias se deve a uma possível ação protetora que exercem sobre o AIA, em consequência da inibição da AIA-oxidase e reações de oxidação em geral, mantendo a

célula em estado reduzido e permitindo a divisão celular. O tipo e a quantidade destes sinergistas determinam, parcialmente, se as estacas possuem maior ou menor facilidade para induzir os primórdios radiculares (WILSON e VAN STADEN, 1990).

Em relação à altura das mudas aos 90 dias (ALT90), pode-se perceber por meio da Figura 4, que o floroglucinol não causou grande influência nos clones estudados em termos de altura. A altura máxima (17,2 cm) para o clone C9 foi alcançada ao aplicar 3000 mg L⁻¹ de floroglucinol e, para o clone C15, a altura máxima (17,3 cm) foi obtida ao se aplicar 3000 mg L⁻¹ de floroglucinol em associação com 1500 mg L⁻¹ de AIB.

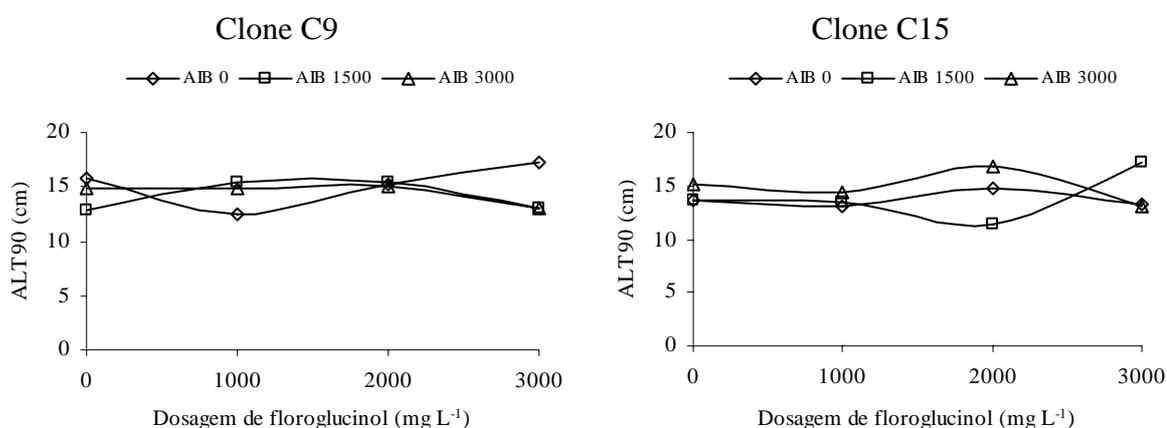


Figura 4 – Altura das miniestacas aos 90 dias de idade (ALT90), em resposta à aplicação de AIB (0, 1500 e 3000 mg L⁻¹), associado ao floroglucinol (0, 1000, 2000 e 3000 mg L⁻¹), para os clones de *Eucalyptus cloeziana* estudados.

O floroglucinol, de forma geral, mostrou-se benéfico ao enraizamento adventício, atuando como cofator do AIB no enraizamento adventício dos dois clones de *Eucalyptus cloeziana* estudados.

3.2. Eficiência do polivinilpirrolidona (PVP) no enraizamento

Com base nos resultados da análise de variância para as características estudadas (Quadro 2), observou-se efeito significativo, pelo teste F (P<0,05) da interação clone x AIB x PVP, apenas, para sobrevivência na saída da casa de vegetação e enraizamento na saída da casa de sombra. Os coeficientes de variação experimental (CV_{exp.}) apresentaram valores entre 15,0 e 25,5 % para as características avaliadas, valores estes próximos aos encontrados por Xavier e Comério (1997), Wendling (1999), Titon (2001) e Wendling (2002) em *Eucalyptus*, indicando razoável precisão experimental.

Quadro 2 – Resultados da análise de variância referentes às características de sobrevivência na saída da casa de vegetação (SCV), enraizamento na saída da casa de sombra (ECS), sobrevivência (SOB90) e altura (ALT90) das mudas aos 90 dias de idade de dois clones de *Eucalyptus cloeziana* quando submetidas a tratamento com PVP e AIB.

| FV | GL | Quadrado Médio | | | |
|----------------------------|----|----------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| | | SCV (%) | ECS (%) | SOB90 (%) | ALT90 (cm) |
| Clone (clo) | 1 | 23219,3** | 34156,3* | 27745,3* | 7,9 ^{ns} |
| Polivinilpirrolidona (PVP) | 2 | 3855,2** | 2732,1* | 2657,2* | 29,8** |
| AIB | 3 | 498,0* | 188,9 ^{ns} | 361,6 ^{ns} | 2,3 ^{ns} |
| Clo x PVP | 2 | 2821,0** | 3373,1* | 3842,7* | 4,5 ^{ns} |
| Clo x AIB | 3 | 572,7** | 368,6 ^{ns} | 502,5 ^{ns} | 37,7* |
| PVP x AIB | 6 | 583,7** | 619,3* | 938,7* | 5,9 ^{ns} |
| Clo x PVP x AIB | 6 | 464,9** | 390,7* | 178,4 ^{ns} | 6,1 ^{ns} |
| Resíduo | 71 | 147,8 | 156,9 | 233,0 | 5,9 |
| Média Geral | - | 72,5 | 67,4 | 59,8 | 16,2 |
| CV _{exp.} (%) | - | 16,8 | 18,6 | 25,5 | 15,0 |

ns, * e ** = não significativo a 5 % e significativo a 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F.

Observando a Figura 5, pode-se perceber que sem a aplicação do regulador de crescimento AIB, a dosagem de PVP que mais influenciou positivamente na sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação foi a de 5000 mg L⁻¹, para ambos os clones estudados. De modo geral, observa-se interação positiva do PVP mais AIB, principalmente para AIB nas dosagens de 1500 e 3000 mg L⁻¹. A dosagem mais alta de PVP estudada (10000 mg L⁻¹) parece não beneficiar a sobrevivência das miniestacas, principalmente do clone C15.

A Figura 6 ilustra o comportamento dos clones na saída da casa de sombra, mostrando nitidamente a superioridade de resposta do clone C15 ao PVP, em relação ao clone C9. Na avaliação do enraizamento das miniestacas na saída da casa de sombra, observa-se que, para o clone C9, o enraizamento das miniestacas foi semelhante nas três dosagens de PVP estudadas na interação com AIB até a dosagem de 3000 mg L⁻¹. A partir desta dosagem, houve queda brusca no enraizamento das miniestacas tratadas com PVP 5000 mg L⁻¹. Para o clone C15, o PVP 5000 mgL⁻¹ manteve a superioridade no enraizamento, principalmente na interação com as dosagens mais baixas de AIB, apresentando o PVP 1000 mg L⁻¹ comportamento semelhante ao observado para o PVP 5000 mg L⁻¹ na interação com AIB até a dosagem de 3000 mg L⁻¹.

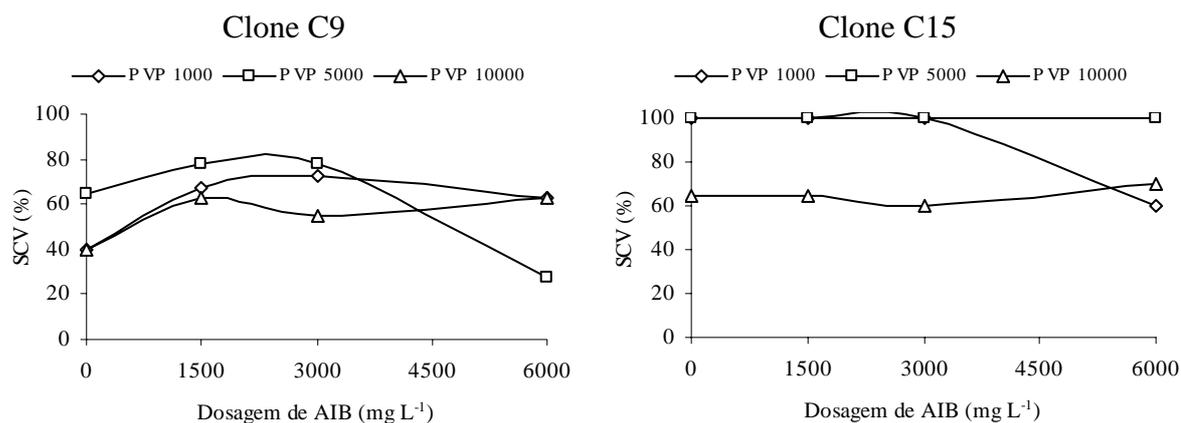


Figura 5 – Sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação (SCV), em resposta à aplicação de AIB (0, 1500, 3000 e 6000 mg L⁻¹), associado ao PVP (1000, 5000 e 10000 mg L⁻¹), para clones de *Eucalyptus cloeziana*.

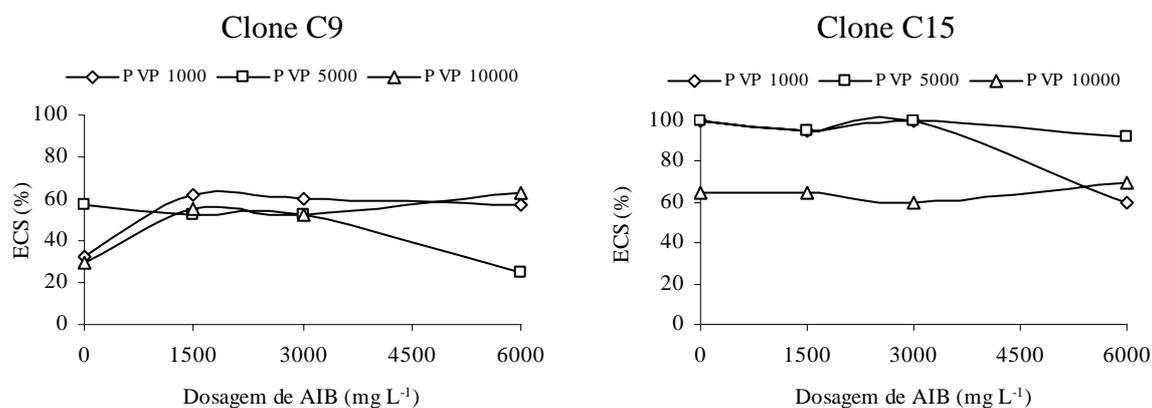


Figura 6 - Enraizamento das miniestacas na saída da casa de sombra (ECS), em resposta à aplicação de AIB (0, 1500, 3000 e 6000 mg L⁻¹), associado ao PVP (1000, 5000 e 10000 mg L⁻¹), para clones de *Eucalyptus cloeziana*.

Wendling et al. (2001), avaliando o efeito das dosagens de 0, 100, 200, 500 e 1000 mg L⁻¹ de PVP no enraizamento adventício de miniestacas de dois clones de *Eucalyptus grandis*, observaram uma tendência de superioridade na sobrevivência aos 15 dias e enraizamento aos 35 dias das miniestacas submetidas às maiores dosagens de PVP.

Na avaliação da sobrevivência das mudas aos 90 dias de idade (Figura 7), observou-se que sem a aplicação do regulador de crescimento, a dosagem de PVP 5000 mg L⁻¹ para o clone C9 e de 1000 e 5000 mg L⁻¹ para o clone C15 foram as que proporcionaram os maiores percentuais de sobrevivência das mudas. Com a adição de AIB, observa-se aumento da sobrevivência das mudas para os dois clones estudados até a dosagem de AIB 3000 mg L⁻¹. A partir desta dosagem de AIB, houve comportamento diferente dos clones estudados, apresentando o clone C9 efeito negativo na interação PVP

5000 mg L⁻¹ mais AIB 6000 mg L⁻¹. Para o clone C15, a dosagem de PVP 10000 mg L⁻¹ foi a que apresentou as piores respostas em todas as características avaliadas, porém apresentou aumento na sobrevivência das mudas aos 90 dias de idade com o aumento na dosagem de AIB. Estes resultados corroboram aqueles obtidos por Wendling et al. (2001), ao estudarem o comportamento de clones de *Eucalyptus grandis* tratados com PVP. Segundo estes mesmos autores, as mudas aos 50 dias de idade apresentaram comportamento semelhante ao observado aos 15 e 35 dias de idade, em relação às dosagens de PVP, apresentando aumento na sobrevivência com o acréscimo na dosagem de PVP.

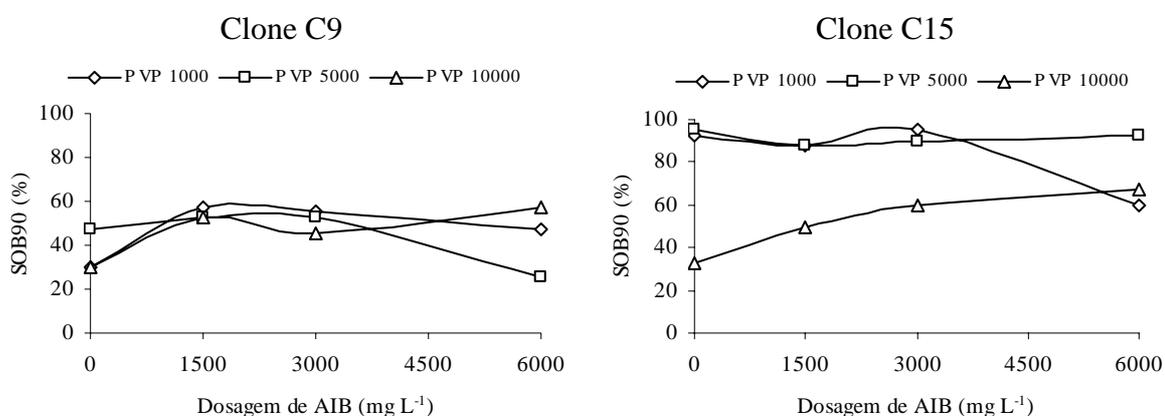


Figura 7 - Sobrevivência das mudas aos 90 dias de idade (SOB90), em resposta à aplicação de AIB (0, 1500, 3000 e 6000 mg L⁻¹), associado ao PVP (1000, 5000 e 10000 mg L⁻¹), para clones de *Eucalyptus cloeziana*.

O efeito positivo da interação PVP mais AIB pode estar relacionado ao fato do PVP ter uma função antioxidante, ligando-se a radicais livres e impedindo, assim, que eles fiquem disponíveis para se oxidarem, formando substâncias tóxicas que influenciam, negativamente, no enraizamento ou podem atuar, também, protegendo as auxinas da oxidação, ligando-se a agentes oxidantes (ARAÚJO, 1995; TEIXEIRA, 2004).

Avaliando o comportamento dos clones, em relação à altura das mudas aos 90 dias de idade, observou-se para o clone C9 que a altura não foi influenciada pelas dosagens de PVP e AIB (Figura 8). Para o clone C15, a dosagem de PVP 1000 mg L⁻¹ proporcionou alturas mais elevadas em relação às outras dosagens até a interação com AIB 3000 mg L⁻¹, a partir daí houve queda na altura. Alturas semelhantes foram observadas para PVP 5000 e 10000 mg L⁻¹, apresentando PVP 10000 mg L⁻¹, alturas menores, mais evidenciadas na ausência de AIB.

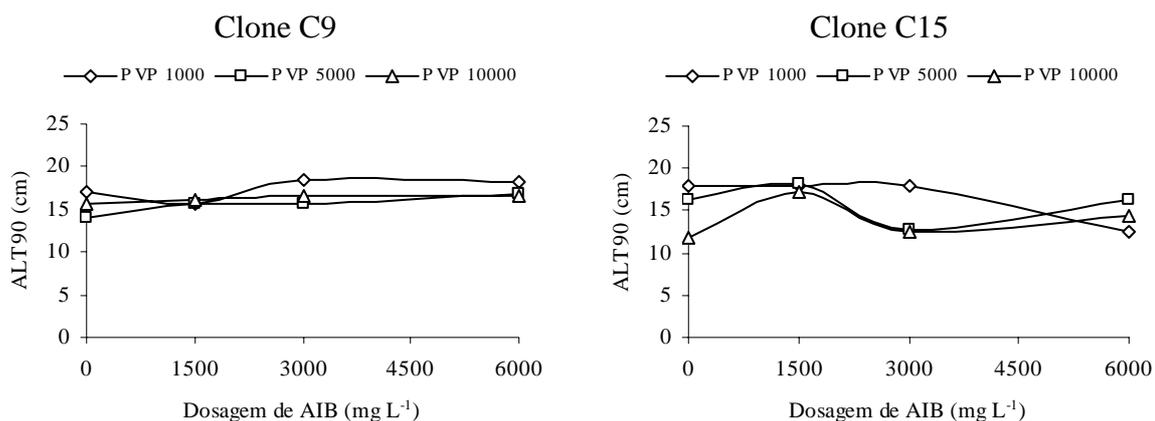


Figura 8 - Altura das mudas aos 90 dias de idade (ALT90), em resposta à aplicação de AIB (0, 1500, 3000 e 6000 mg L⁻¹), associado ao PVP (1000, 5000 e 10000 mg L⁻¹), para clones de *Eucalyptus cloeziana*.

De modo geral, a utilização do PVP no enraizamento de miniestacas dos clones de *Eucalyptus cloeziana* mostrou-se mais eficiente para o clone C15 em relação ao clone C9, principalmente nas dosagens de PVP mais baixas. A dosagem de PVP 5000 mg L⁻¹, para este clone, mostrou-se mais uniforme para as características estudadas em relação às outras dosagens deste antioxidante, independentemente das dosagens de AIB aplicadas. Para o clone C9, o PVP parece não ter influenciado o enraizamento, principalmente quando associado às dosagens mais baixas de AIB.

4. CONCLUSÕES

De modo geral, para os clones estudados, a ausência de floroglucinol proporcionou os percentuais mais baixos para todas as características avaliadas, mostrando ser o floroglucinol eficiente no enraizamento adventício de ambos os clones estudados, principalmente na ausência de AIB. A interação floroglucinol mais AIB, de forma geral, mostrou-se positiva para os dois clones estudados, principalmente quando se utilizou o AIB na dosagem de 3000 mg L⁻¹, independente das dosagens de floroglucinol.

Em relação ao uso do PVP, pode-se concluir que este influenciou positivamente no enraizamento adventício dos clones de *Eucalyptus cloeziana* estudados, na ausência de AIB, sendo que o PVP na dosagem de 5000 mg L⁻¹ proporcionou as melhores respostas nas características avaliadas. Em relação à interação PVP mais AIB, esta parece ter influenciado mais no enraizamento das miniestacas nas dosagens mais elevadas destes compostos, sendo este comportamento mais evidente para o clone C15.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, J.M.A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa: UFV, 1995. 355p.
- ASSIS, T. F.; ROSA, O. P.; GONÇALVES, S. I. Propagação por microestaquia. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., 1992, Nova Prata. **Anais...** Santa Maria, RS: UFSM, 1992. p. 824-836.
- HAMMAT, N. Promotion by phloroglucinol of adventitious root formation in micropropagation shoots of adult wild cherry (*Prunus avium* L.). **Plant Growth Regulation**, v.14, p. 127-132, 1994.
- JANICK, J. Orientação do crescimento da planta. In: **A ciência da horticultura**. Rio de Janeiro: USAID, cap.7, p.202-237, 1966.
- LEE, T. T.; STARRATT, A. N.; JEVNIKAR, J. J. Regulation of enzymic oxidation of indole-3-acetic acid b phenols: structure-activity relationships. **Phytochemistry**, v. 1, p. 17-20, 1982.
- LIMA, C. C. M. **Uso de aditivos e cofatores na rizogênese de plântulas de *Eucalyptus grandis* Hill. *in vitro***. 99 f.. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo.
- RODRIGUES, A. C.; ANGRA, D. C.; SANTOS, R. R.; FORTES, G. R. L.; FILHO, B. G. S. Influência do ácido indolbutírico e floroglucinol no enraizamento *in vitro* de brotações de macieira (*Malus domestica*, Borkh). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 5, n. 1, p.101, 1993.
- RUFATO, L.; MEYER, G.A.; BIANCHI, V. J.; FACHINELLO, J. C. Enraizamento de estacas lenhosas de cultivares de marmeleiro (*Cydonia oblonga*) tratadas com floroglucinol. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v. 23, n. 3, p. 742-744, dez. 2001.
- TEIXEIRA, J. B. **Limitações ao processo de cultivo *in vitro* de espécies lenhosas**. Disponível em: <<<http://www.redbio.org.br>>> Acesso em 22. abr. 2004.
- TITON, M. **Propagação clonal de *Eucalyptus grandis* por miniestaquia e microestaquia**. 2001. 65 f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.
- TITON, M.; XAVIER, A.; OTONI, W. C.; REIS, G. G. Efeito do AIB no enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, v.27, n.1, p.1-17, 2003.
- VAZ, R. L.; NEGUEROLES, J. **Micropropagação e influência do tempo de permanência em meio contendo floroglucinol no enraizamento de brotos apicais de pessegueiro e macieira**. Goiânia, GO: EGOPA, 1979, 6p. (Comunicado Técnico, 17).

WENDLING, I. **Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus spp.* por miniestaquia.** 1999. 70f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

WENDLING, I. **Rejuvenescimento de clones de *Eucalyptus grandis* por miniestaquia seriada e micropropagação.** 2002. 96 f.. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

WENDLING, I.; XAVIER, A.; GOMES, J. M.; PIRES, I. E.; ANDRADE, H. B. Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus spp.* por miniestaquia. **Revista Árvore**, v.24, n.2, p.181-186, 2000.

WENDLING, I; TITON, M.; XAVIER, A.; SANTOS, G. A.; OLIVEIRA, M. L. **Influência do antioxidante polivinilpirrolidona (PVP) no enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus grandis*.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL, 1, 2001, Santa Maria-RS (CD – ROM, p. 16-29, 2001).

WILSON, P. J.; VAN STANDEN, J. Rhizocaline, rooting co-factors and the concept os promoters and inhibitors of adventitious rootings – a review. **Annals of Botany**, v. 66, n.4, p. 479-490, Oct. 1990.

XAVIER, A.; COMÉRIO, J. Microestaquia: uma maximização da micropropagação de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v. 20, n.1, p. 9-16, 1996.

XAVIER, A.; COMÉRIO, J. Enraizamento *ex vitro* de gemas de *Eucalyptus spp.* multiplicadas e alongadas *in vitro*. **Scientia Forestales**, n.51, p. 29-36, 1997.

XAVIER, A.; ANDRADE, H. B.; OLIVEIRA, M. L.; WENDLING, I. Desempenho do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.25, n.4, p.403-411, 2001.

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

ZANOL, G. C. **Enraizamento *in vitro* do porta-enxerto Marubakaido (*Malus prunifolia*) influenciado pela exposição de períodos de escuro, concentrações de ácido indolbutírico e floroglucinol.** 1996. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciência, Fruticultura de clima temperado) – Faculdade de Agronomia Eliseu, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul.

ZANOL, G. C.; FORTES, G. R. L.; CAMPOS, A. D.; SILVA, J. B.; CENTELLAS, A. Q. Enraizamento *in vitro* e atividade da peroxidase do porta enxerto de macieira Marubakaido tratado com ácido indolbutírico e floroglucinol. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 10, n. 1, p. 65-68, 1998.

4. CONCLUSÕES GERAIS

Com base nos objetivos definidos no presente estudo, com os resultados obtidos nas condições que foram realizados os experimentos, conclui-se que das técnicas avaliadas para o resgate de árvores selecionadas para a clonagem, a decepa da árvore é a que fornece maiores e mais vigorosas brotações para a extração de estacas para enraizamento, principalmente para árvores selecionadas em idades mais juvenis, as quais proporcionaram os maiores percentuais de enraizamento. As técnicas de anelamento de caule e indução de brotações a partir de galhos podados, apesar de eficientes na emissão de brotações, devem ter a metodologia aprimorada quando se trata de enraizamento adventício.

Quanto à utilização da miniestaquia na propagação vegetativa de *Eucalyptus cloeziana*, esta se mostrou tecnicamente viável, apresentando para alguns clones estudados percentuais de enraizamento acima de 80%. A utilização do regulador de crescimento AIB proporcionou melhores respostas no enraizamento adventício, principalmente para os clones com menor potencial ao enraizamento, sendo a aplicação em pó a mais recomendada.

Os cofatores de enraizamento floroglucinol e PVP apresentaram efeito benéfico nas características avaliadas para os clones de *Eucalyptus cloeziana* estudados, principalmente em termos de indução do enraizamento adventício, sendo que o floroglucinol mostrou respostas mais positivas quando associado ao regulador de crescimento AIB. Já o PVP, aplicado individualmente, mostrou respostas mais satisfatórias em relação ao observado na sua associação com o AIB.

Considerando os resultados obtidos neste trabalho, a importância comercial de *Eucalyptus cloeziana* e a carência de estudos referentes a esta espécie na literatura, pode-se concluir que a propagação vegetativa de *Eucalyptus cloeziana* é viável tecnicamente; no entanto, novos estudos são necessários para o aprimoramento de um protocolo eficiente de propagação vegetativa comercial desta espécie.