

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**ESTAQUIA DE *Luehea divaricata* Mart.
(AÇOITA-CAVALO)**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Jardel Pizzatto Pacheco

**Santa Maria, RS, Brasil
2007**

**ESTAQUIA DE *Luehea divaricata* Mart.
(AÇOITA-CAVALO)**

Por

Jardel Pizzatto Pacheco

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração Silvicultura, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Florestal**

Orientador: Prof^a. Dr^a Elci Terezinha Henz Franco

Santa Maria, RS, Brasil

2007

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**ESTAQUIA DE *Luehea divaricata* Mart.
(AÇOITA-CAVALO)**

elaborada por
Jardel Pizzatto Pacheco

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Florestal

Comissão Examinadora:

Elci Terezinha Henz Franco, Dr^a
(Presidente/Orientador)

Juçara Terezinha Paranhos, Dr^a (UFSM)

Antonio Carlos Ferreira da Silva, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 24 de novembro de 2007.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos. Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade. À professora Elci Terezinha Henz Franco pelo incentivo, orientação e presença em minha formação. Ao pessoal do Viveiro Florestal pela concessão de espaço ao desenvolvimento experimental. A minha namorada Cheila Roberta Lehnen pelo apoio, orientação e contribuição científica neste trabalho. A minha família pela contribuição intelectual e financeira para conclusão deste estudo.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria

ESTAQUIA DE *Luehea divaricata* Mart. (AÇOITA-CAVALO)

AUTOR: JARDEL PIZZATTO PACHECO
ORIENTADORA: ELCI TEREZINHA HENZ FRANCO

Local e Data da Defesa: Santa Maria, 20 de dezembro de 2007.

Foram realizados três estudos com objetivo de avaliar a influência do ácido indolbutírico (AIB), substrato e tipo de estaca no enraizamento de *Luehea divaricata*. No primeiro estudo avaliou-se o efeito do diâmetro da estaca e AIB no enraizamento adventício. Foram utilizadas estacas lenhosas, de matrizes com aproximadamente dez anos de idade, distribuídas conforme o diâmetro (fino, médio, grosso) e nível de AIB (0, 5000mg L⁻¹). O delineamento foi inteiramente casualizado consistindo de 12 unidades experimentais por repetição e cinco repetições por tratamento. Não houve interação do diâmetro da estaca e AIB para as variáveis sobrevivência, número e comprimento radicial. Houve, entretanto, interação para o número de estacas enraizadas. Não houve influência do diâmetro sobre o número de raízes em *Luehea divaricata*. Estacas grossas apresentaram maior sobrevivência, enraizamento e comprimento radicial em relação às estacas de menor diâmetro. A sobrevivência das estacas não foi influenciada pelo ácido indolbutírico. Estacas tratadas com 5000mg L⁻¹ AIB apresentaram maior enraizamento, número e comprimento radicial quando comparadas ao tratamento controle. Estacas grossas imersas em 5000mg L⁻¹ de AIB são indicadas na propagação de *Luehea divaricata*. No segundo estudo avaliou-se o tipo de estaca e AIB no enraizamento dessa espécie. Foram utilizadas estacas lenhosas, de matrizes com aproximadamente dois anos de idade, distribuídas conforme a posição da estaca no ramo (apical, mediana, basal) e concentração de AIB (0, 1000, 2000, 4000mg L⁻¹). O delineamento foi inteiramente casualizado, com cinco unidades experimentais por repetição e cinco repetições por tratamento. Não houve interação entre posição da estaca e AIB para as variáveis enraizamento e número radicial. Houve, entretanto, interação para massa seca radicial e foliar. O fator posição apresentou influência em todas as variáveis, sendo observado, em estacas basais, maior enraizamento, número de raízes, massa seca radicial e foliar. A variável massa seca foliar não foi influenciada pela aplicação de ácido indolbutírico. Estacas com 4000mg L⁻¹ de AIB apresentaram maior enraizamento e número de raízes. Por outro lado, observaram-se maiores valores de massa seca radicial em estacas com 2000mg L⁻¹ de ácido indolbutírico. No terceiro estudo avaliou-se o tipo de estaca e substrato no enraizamento de *Luehea divaricata*. Foram utilizadas estacas herbáceas, de matrizes com dois anos de idade, distribuídas conforme o tipo de estaca (com / sem folha) e tipo de substrato (vermiculita, Mecplant[®], Plantmax[®], turfa). O delineamento foi inteiramente casualizado, com cinco unidades experimentais por repetição e dez repetições por tratamento. Não houve interação do substrato com o tipo de estaca para as variáveis enraizamento e número radicial. Houve, entretanto, interação para comprimento radicial, massa seca radicial e massa seca foliar. O tipo de estaca apresentou influência em todas as variáveis estudadas. Estacas cultivadas em turfa e Plantmax[®] apresentaram maiores valores de comprimento radicial, massa seca foliar e massa seca radicial. Estacas com um par de folhas cultivadas em Plantmax[®] são indicadas na propagação de *Luehea divaricata*.

Palavras-chave: ácido indolbutírico, enraizamento, estaca, substrato

ABSTRACT

Dissertation of Master
Program of Post-Graduation in Engineering forest
Federal University of Santa Maria

**VEGETATIVE PROPAGATION OF *Luehea divaricata* Mart.
(AÇOITA-CAVALO)**

AUTHOR: JARDEL PIZZATTO PACHECO
ADVISOR: ELCI TEREZINHA HENZ FRANCO

Site and Date of Defence: Santa Maria, December 20th, 2007.

Three experiment was carried out to evaluate the influence of indolbutyric acid (IBA), substrate and type of stem cutting on the rooting of *Luehea divaricata*. The first study was evaluated the effect of diameter stem cutting and IBA in the adventitious rooting. Woody stem cuttings were used, of plant matrices with approximately ten years age, distributed as the diameter (fine, medium, thick) and level of IBA (0, 5000 mg L⁻¹). The experimental design was completely randomized and consisting of 12 units experimental by repetition and five repetitions for treatment. There was no interaction of the diameter and IBA for the variables survival, length and number of roots. There was, however, interaction for the number of root. There was no influence of diameter on the number of roots in *Luehea divaricata*. Thick stem cuttings showed higher survival, rooting and length of root than smaller diameter. The survival of stem cuttings was not influenced by indolbutyric acid. Stem cutting treated with 5000 mg L⁻¹ IBA showed higher roots, number and length of roots of then control treatment. Thick stem cuttings immersed at 5000 mg L⁻¹ of IBA are indicated in the vegetative propagation of *Luehea divaricata*. The secon study was evaluated the effect of type of stem cutting and IBA in the rooting of this specie. Woody stem cuttings were used, of plant matrices with approximately two years age, distributed as the position (basal, middle, apex) and level of IBA (0, 1000, 2000, 5000 mg L⁻¹). The experimental design was completely randomized and consisting of five units experimental by repetition and five repetitions for treatment. There was no interaction between position and IBA for the variables rooting and number of roots. There was, however, interaction for the leaf and root dry mass. The position presented influence in all variables, being observed on basal cuttings higher rooting, number of roots, leaf and root dry mass. The variable leaf dry mass was not influenced by the application of indolbutyric acid. Stem cuttings with 4000 mg L⁻¹ of IBA had higher rooting and number of roots. Moreover, was observed higher values root dry mass in stem cuttings with 2000 mg L⁻¹ indolbutyric acid. The third study was evaluated the effect of type of stem cutting and substrate in the rooting of *Luehea divaricata*. Herbaceous stem cuttings were used, of plant matrices with approximately two years age, distributed as the type of stem cutting (with / without leaf) and type of substrate (vermiculite, mecplant[®], plantmax[®], peat). The experimental design was completely randomized and consisting of five units experimental by repetition and 10 repetitions for treatment. There was no interaction between substrate and type of stem cutting for the variables rooting and number of roots. There was, however, interaction for root length, root and leaf dry mass. The type of stem cutting presented influence in all variables studied. Stem cuttings grown on peat and Plantmax[®] showed higher root length, root and leaf dry mass. Stem cuttings with a pair of leaf grown in Plantmax[®] are indicated in the vegetative propagation of *Luehea divaricata*.

Key-words: indolbutyric acid, rooting, stem cutting, substrate

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Valores médios para sobrevivência, enraizamento, número de raízes e comprimento radicial em estacas finas, médias e grossas de <i>Luehea divaricata</i> com 0; 5000 mg L ⁻¹ ácido indolbutírico.....	37
TABELA 2- Interação entre as concentrações de ácido indolbutírico e tipo da estaca (diâmetro) sobre o enraizamento de <i>Luehea divaricata</i>	38
TABELA 3- Valores médios para enraizamento, número de raízes, massa seca radicial e foliar em estacas basais, medianas e apicais de <i>Luehea divaricata</i> com 0; 1000; 2000; 4000 mg L ⁻¹ ácido indolbutírico.....	45
TABELA 4- Valores médios para enraizamento, número de raízes, comprimento radicial, massa seca radicial e massa seca foliar em estacas de <i>Luehea divaricata</i> com e sem folhas cultivadas nos substratos turfa, Plantmax [®] , vermiculita e Mecplant [®]	68
TABELA 5- Interação entre tipo de estaca (com e sem folha) e substrato (turfa, Plantmax [®] , vermiculita, Mecplant [®]) para as variáveis comprimento radicial, massa seca radicial e massa seca foliar em estacas de <i>Luehea divaricata</i>	69
TABELA 6- Características físico-químicas dos substratos turfa, Plantmax [®] , vermiculita e Mecplant [®] utilizados na estaquia de <i>Luehea divaricata</i>	70

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Interação entre as concentrações de ácido indolbutírico e tipo (posição) da estaca sobre a massa seca radicial de <i>Luehea divaricata</i>	47
FIGURA 2- Massa seca radicial de estacas de <i>Luehea divaricata</i> em função do número de raízes.....	48
FIGURA 3- Interação entre as concentrações de ácido indolbutírico e tipo (posição) da estaca sobre a massa seca foliar de <i>Luehea divaricata</i>	49
FIGURA 4- Massa seca foliar de estacas de <i>Luehea divaricata</i> em função da massa seca radicial.....	50

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 - Distribuição natural de <i>Luehea divaricata</i> no Rio Grande do Sul.....	82
ANEXO 2 - Enraizamento de estacas de <i>Luehea divaricata</i> em 4 concentrações de ácido indolbutírico.....	83
ANEXO 3 - Enraizamento de estacas de <i>Luehea divaricata</i> distribuídas em quatro tipos de substratos (vermiculita, Mecplant [®] , Plantmax [®] e turfa).....	84

SUMÁRIO

RESUMO	V
ABSTRACT	VI
INTRODUÇÃO GERAL	12
CAPÍTULO 1 - ESTUDO BIBLIOGRÁFICO	13
1.1 Espécie	13
1.2 Estaquia	14
1.2.1 Vantagens e desvantagens	14
1.2.2 Tipos de estaca	15
1.3 Enraizamento adventício	15
1.3.1 Fatores extrínsecos às estacas.....	16
1.3.2 Fatores intrínsecos às estacas.....	20
CAPÍTULO 2 – DIÂMETRO E ÁCIDO INDOLBUTÍRICO NA ESTAQUIA DE <i>Luehea divaricata</i> Martius	23
RESUMO.....	24
ABSTRACT	24
INTRODUÇÃO	25
MATERIAL E MÉTODOS	27
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
CAPÍTULO 3- TIPO DE ESTACA E ÁCIDO INDOLBUTÍRICO NO ENRAIZAMENTO DE <i>Luehea divaricata</i> Martius	39
RESUMO.....	40
ABSTRACT	40
INTRODUÇÃO	41
MATERIAL E MÉTODOS	43
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44

CONCLUSÕES	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
CAPÍTULO 4- SUBSTRATO E TIPO ESTACA NO ENRAIZAMENTO DE <i>Luehea divaricata</i> Martius	54
RESUMO.....	55
ABSTRACT	55
INTRODUÇÃO	56
MATERIAL E MÉTODOS	58
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
CONCLUSÕES	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
CAPÍTULO 5- DISCUSSÃO GERAL	71
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES	74
REFERÊNCIAS.....	75
ANEXOS	81

INTRODUÇÃO GERAL

O setor de florestas plantadas movimentava valores equivalentes a 3% do PIB nacional, apresentando em 2006, *superávit* de 3,8 bilhões de dólares (LEITE, 2006). Por outro lado, a oferta de matéria-prima destinada às indústrias de base florestal ainda é insuficiente para suprir a demanda que, seguramente, encontra-se em expansão (MENDES, 2005). Nesse contexto, a execução de bons planos de manejo, inclusão de novas espécies e sistemas de produção eficientes podem garantir o aumento na produção madeireira destinada ao setor (JUVENAL & MATTOS, 2002)

Luehea divaricata, popularmente conhecida como açoita-cavalo, distribuiu-se do sul da Bahia ao Rio Grande do Sul (LORENZI, 1998). Apresenta madeira de qualidade, com média retratibilidade e baixa resistência mecânica, indicada para confecção de móveis vergados e peças torneadas (RIZZINI, 1971). A produção de mudas adequadas ao uso comercial é um dos maiores obstáculos à propagação de *Luehea divaricata*, tendo em vista que a espécie propaga-se por via sexuada, obtendo-se, na maioria das vezes, indivíduos de fuste irregular e tortuoso. A utilização da estaquia como método de propagação clonal pode evitar esses inconvenientes, pois permite com que as características de interesse sejam mantidas (RODRIGUES, 1990). Embora mais onerosa em relação ao plantio seminal, pode ser compensada pela qualidade e características das mudas obtidas. A viabilidade da propagação clonal está diretamente relacionada à eficiência da produção (LEBUDE, 2005). Na estaquia, sistemas eficientes têm como objetivos: maximizar a produção, produzir mudas de qualidade e reduzir custos operacionais (CAMERON et al., 2001). Nesse sentido, a condução de experimentos envolvendo fatores intrínsecos e extrínsecos à estaca podem ser úteis. Buscando atender à demanda crescente de madeira, cujas características tecnológicas são exigidas para múltiplos usos, foram desenvolvidos três experimentos com objetivo de avaliar a influência do ácido indolbutírico, substrato, posição da estaca no ramo, diâmetro e presença folha no enraizamento adventício de *Luehea divaricata*.

CAPÍTULO 1

ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

1.1 Espécie

Luehea divaricata, vulgarmente conhecida como açoita-cavalo-do-miúdo, açoita-cavalos-branco, ibitinga, ivatingui e ivatinga, é uma árvore de grande porte, podendo variar entre 15 a 25 metros de altura (LORENZI, 1998). Apresenta tronco tortuoso, nodoso, base alargada com sapopemas, fuste geralmente curto, formando no interior de florestas, fustes quase retos. A ramificação é irregular, simpodial, copa larga e densa com folhagem característica. A casca externa é pardo acinzentado escuro, áspera, levemente fissurada com escamas retangulares, pequenas. A casca interna é avermelhada, fibrosa, com estrias esbranquiçadas (CARVALHO, 1994).

As folhas são simples, alternas, dísticas, com estípulas, irregularmente serradas, com três nervuras longitudinais típicas, discolores, ásperas na face ventral e tomentosas na face dorsal, com lâminas de 4,5 a 15 cm de comprimento e 2 cm a 6,5 cm de largura com pecíolo ferruginoso de até 1 cm de comprimento. As flores são hermafroditas, com vistosas pétalas róseas, roxas ou raramente brancas, com até 2,5 cm de comprimento, em inflorescências terminais e axilares, em cimeiras dicotômicas, divergentes, multifloras (CARVALHO, 1994).

O fruto é uma cápsula cônica, oblonga, pentalocular, de coloração castanha com densa pilosidade cobrindo inteiramente o tegumento e o pedicelo do fruto, com 2 a 3 cm de comprimento, abrindo-se em 5 fendas. A deiscência ocorre na sua extremidade, apresentando em torno de 5 a 15 sementes (CARVALHO, 1994). As sementes são pequenas, aladas com asa dourada brilhante, com seminal pequeno na extremidade da asa e coloração marrom clara.

Pode ser encontrada na Argentina, Paraguai, Uruguai e Brasil nos estados da Bahia, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Paraná, Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Anexo 1). Planta decídua, heliófita, seletiva higrófito, é característica das florestas aluviais. Apresenta dispersão irregular e descontínua, sendo particularmente freqüente ao longo de rios, terrenos rochosos e íngremes (LORENZI, 1998).

A madeira apresenta densidade de $0,64 \text{ g/cm}^3$, textura média, grã direita, resistente, extremamente flexível, de baixa resistência ao ataque de organismos xilófagos (LORENZI, 1998). É empregada para estruturas de móveis, hélices de avião, caixas, embalagens, artefatos de madeira, saltos para calçados, peças torneadas e compensadas.

1.2 Estaquia

A estaquia é o método de propagação vegetativa mais usado em programas de propagação clonal (TONIETTO et al., 2001). Consiste na utilização de segmentos da planta matriz (caule, folha, raiz) que, em condições adequadas, enraízam e dão origem a plantas independentes (SIMÃO, 1998). A formação de raízes adventícias só é possível devido à totipotência celular que, sob ponto de vista teórico, consiste na capacidade das células vegetais em formar uma planta completa (ONO & RODRIGUES, 1996). Pode ser justificada sob três aspectos básicos: escassez ou inviabilidade da semente, seleção de características de interesse ou multiplicação de genótipos de alta produtividade (XAVIER et al., 2003). A estaquia é freqüentemente utilizada na produção de mudas hortícolas, frutíferas e florestais (HIGASHI et al., 2000). Nesse contexto, pode ser importante, tendo em vista que a maioria das plantas florestais, quando propagada via sexuada, não mantém as características de interesse (MANTOVANI et al., 2001).

1.2.1 Vantagens e desvantagens

A produção de mudas pelo método da estaquia apresenta importância relevante na silvicultura clonal, pois permite com que sejam fixadas características de interesse (ISIK et al., 2003). Dessa forma, pode-se obter plantios homogêneos e de alta qualidade, características que invariavelmente irão refletir na produtividade da cultura (BORTOLINI, 2006). Embora a produção de mudas clonais permita obter ganhos de produtividade, existem alguns inconvenientes que podem inviabilizar a propagação por estaquia. Podem ser citados: baixa flexibilidade a variações ambientais, maior custo operacional, maior vulnerabilidade a doenças, menor índice de pegamento e estreitamento da base genética (ASSIS, 1986).

1.2.2 Tipos de estaca

Entende-se como estaca qualquer segmento da planta, com ao menos uma gema, capaz de formar uma planta completa (FACHINELLO et al., 1995). Existem três tipos de estacas: caulinares, foliares e radiciais, sendo a primeira empregada com maior frequência (JANICK, 1966). A preferência das estacas caulinares em relação as foliares e radiciais pode ser explicada pela maior disponibilidade de material e eficiência na produção de novas plantas (ONO & RODRIGUES, 1996). Podemos dividir as estacas caulinares em três grupos: lenhosas, herbáceas e semilenhosas, todas classificadas conforme a lignificação dos tecidos (HARTMANN et al., 1990).

A utilização de estacas lenhosas ou semilenhosas pode ser particularmente importante quando as condições de temperatura e umidade não são controladas. Devido à lignificação dos tecidos, é provável que as estacas lenhosas apresentem maior resistência ao estresse hídrico, principalmente na fase de implantação, quando as mesmas não apresentam meios para absorção de água (FACHINELLO et al., 1995). Por outro lado, baixos índices de enraizamento podem ocorrer em função da espessura esclerenquimática e inibidores rizogênicos (HARTMANN et al., 1990).

1.3 Enraizamento adventício

A formação de raízes adventícias é fator limitante na estaquia, tendo em vista que a absorção de água e nutrientes está condicionada ao enraizamento. Mesmo em condições adequadas ao enraizamento (controle da temperatura e umidade), grande parte das perdas ainda ocorrem devido a inconsistência ou má formação radicial (DE KLERK et al., 1999). Sabe-se, entretanto, que a eficiência em programas de propagação clonal está condicionada a três princípios básicos: alta produtividade, qualidade das mudas e redução dos custos operacionais (CAMERON et al., 2001). Dessa forma, o conhecimento dos fatores intrínsecos e extrínsecos a estaca podem ser úteis, pois permitem com que as condições ideais ao enraizamento sejam identificadas.

1.3.1 Fatores extrínsecos às estacas

Na estaquia é importante relacionar a época de coleta das estacas com o enraizamento adventício. Para algumas espécies, a formação radicial é restrita a determinada estação do ano, podendo coincidir, dependendo da planta, com a fase de repouso ou de crescimento vegetativo (PAIVA & GOMES, 1993). Por outro lado, existem espécies que, independente da estação do ano, enraízam com facilidade. Estudos realizados com Kiwi obtiveram maior enraizamento na primavera, correspondendo ao período de crescimento vegetativo (CALDWELL et al., 1988). Por outro lado, observou-se, em estacas de pessegueiro, maior enraizamento na estação do inverno (FACHINELLO et al., 1982).

Como se pode observar, as condições ideais ao enraizamento variam conforme a espécie propagada. É provável que a atividade cambial, teor de carboidratos, concentração endógena de ácido indolacético e inibidores de enraizamento, normalmente fenóis e peroxidases, sejam variáveis conforme a época de coleta (IRITANI et al., 1986, BORTOLINI, 2006).

Estudos indicam que a intensidade da atividade fotossintética está, em parte, relacionada ao suprimento adequado de luz a espécie propagada (XAVIER, 2002). A conversão de energia luminosa em energia química, processo característico da fotossíntese, disponibiliza energia para manutenção das atividades metabólicas das estacas, bem como, para iniciação radicial (KOMISSAROV, 1969). Além disso, variações qualitativas e quantitativas da luz sobre as plantas matrizes podem estar relacionadas à inibição ou ativação de cofatores de enraizamento e aumento ou redução no teor endógeno de ácido indolacético (HARTMANN et al., 1990). A abertura e fechamento estomático também estão vinculados à intensidade da luz, portanto, é provável que a transpiração seja regulada pelas variações de luminosidade (DEVLIN, 1982). Estacas lenhosas e herbáceas podem responder de modo distinto em condições lumínicas semelhantes. Estacas menos lignificadas parecem reagir positivamente em condições de alta luminosidade. Por outro lado, estacas lenhosas apresentam maiores índices de enraizamento na ausência de luz (JANICK, 1966). De qualquer forma, a duração e intensidade da luz devem ser suficientes para que a acumulação de carboidratos seja superior à quantidade consumida pela respiração (HARTMANN et al., 1990).

O substrato pode ser definido como material sólido, diferente do solo, natural, de síntese ou residual, mineral ou orgânico, que, colocado num recipiente em forma pura ou mistura, permite a fixação e desenvolvimento radicial de plantas cultivadas (FERMINO, 1996, KÄMPF, 2000). Sob ponto de vista teórico, podemos dividi-lo em três fases: sólida, responsável pela sustentação do sistema radicial, líquida, relacionada ao suprimento de água e nutrientes ao crescimento radicial e gasosa, responsável pela troca de oxigênio entre raiz e atmosfera (LEMAIRE, 1995). Espera-se que o substrato apresente propriedades físicas constantes, baixa densidade, alta retenção hídrica, aeração e drenagem satisfatória, alta capacidade de troca catiônica, ausência de patógenos, pH próximo à neutralidade, ser uniforme e de baixo custo (KÄMPF, 2000, MOMENTÉ et al., 2002, OLIVEIRA et al., 2003) .

Existem diferentes tipos de substrato que, em forma isolada ou mistura, podem ser utilizados na produção de mudas. Dessa forma, a combinação adequada ao desenvolvimento da planta vai depender da espécie e do sistema de irrigação utilizado (VALLE & CALDEIRA, 1978, HARTMANN et al., 1990). A determinação de parâmetros físicos (densidade, disponibilidade de ar e água) e químicos (valor do pH, capacidade de troca catiônica, teor de sais solúveis, disponibilidade nutricional) podem ser úteis para avaliar as condições em que a espécie desenvolve-se melhor (SCHMITZ et al., 2002). Embora existam vários tipos e formulações de substratos, optou-se pela descrição dos substratos testados nesse estudo. São definidos a seguir substratos de amplo uso na propagação clonal.

A vermiculita, argila pertencente ao grupo dos filossilicatos, é composta basicamente de ferro, magnésio e silicato de alumínio. Apresenta alta capacidade de retenção hídrica e bom espaço de aeração (KÄMPF & FERMINO, 2000). Por outro lado, possui baixa estabilidade de estrutura, desagregando-se facilmente ao longo do tempo. Para o enraizamento de estacas pode ser utilizada pura ou composta, preferencialmente em bandejas multicelulares (KÄMPF, 2000)

A turfa é um composto orgânico amplamente utilizado na produção de mudas florestais, hortícolas e frutíferas. Pode ser usada pura ou em mistura, nesse caso, para melhorar as características físicas (porosidade, retenção de água) e químicas (capacidade de troca catiônica, salinidade) dos substratos associados. De acordo com o grau de degradação, podem ser divididas em vermelhas ou pretas. Estudos indicam que as turfas vermelhas possuem maiores partículas e, conseqüentemente, maior espaço de aeração.

Plantmax[®] está entre os substratos comerciais mais utilizados na propagação clonal. É produto estéril, compostado e estabilizado, elaborado a partir de material de origem vegetal, vermiculita expandida, fertilizantes e aditivos necessários ao desenvolvimento da planta. Apresenta umidade entre 50 a 55%, densidade de $450 \pm 5 \text{ kg/m}^3$, pH de 5,5 a 6,2 e condutividade elétrica variável entre 1,8 a 2,5 mS/cm (OLIVEIRA et al., 2002).

O substrato Mecplant[®], composto por casca de *Pinus* estabilizada, tem sido freqüentemente utilizado na estaquia de plantas hortícolas, frutíferas e florestais. Apresenta umidade entre 54 a 58%, densidade sem compactação variável entre 360 e 400 g/L, com média de aproximadamente 375 gramas para cada litro de substrato.

Estudos indicam que o desenvolvimento radicial e foliar podem ser modulados por variações térmicas que, em parte, são explicados pelo controle do metabolismo celular (BORTOLINI, 2006). De forma geral, deve-se evitar temperaturas excessivamente altas ou abaixo das condições ideais ao enraizamento adventício. Temperaturas altas estimulam o desenvolvimento de gemas e brotações antes que os primórdios radiciais sejam formados (TORRES, 2003). Nesse caso, é provável que grande parte das estacas apresente estresse hídrico e, conseqüentemente, baixos índices de enraizamento. Na propagação por estaquia, parte das perdas ocorrem devido a formação precoce de brotações, tendo em vista que a água perdida por transpiração não é compensada pela absorção radicial (HARTMANN et al., 1990). Recomenda-se que as temperaturas diurnas oscilem entre 21°C a 26°C e noturnas entre 15°C a 21°C (HARTMANN et al., 1990). Em climas tropicais e subtropicais, a temperatura ambiente deve oscilar entre 25°C a 30°C (BERTOLOTTI & GONÇALVES, 1980).

Na propagação por estaquia, a sobrevivência e enraizamento das estacas estão condicionados a umidade ambiental. Estudos demonstram que grande parte das perdas em mudas clonais estão relacionadas ao déficit hídrico nas estacas (JANICK, 1966). Nesse contexto, sistemas de propagação com alta umidade relativa minimizam a perda de água pelas estacas, principalmente nas fases iniciais, quando não existem raízes formadas (HARTMANN et al., 1990). A manutenção da umidade sob a superfície foliar reduz a taxa de transpiração e, conseqüentemente, a morte das estacas por estresse hídrico (ZUFFELLATO-RIBAS & RODRIGUES, 2001). De qualquer forma, a freqüência das regas deve ser adequada ao substrato, espécie propagada e às condições climáticas locais.

Na estaquia, o manejo nutricional da planta matriz é realizado para aumentar o potencial de enraizamento das estacas. Ao fornecer boas condições nutricionais a planta matriz, é provável que as estacas coletadas apresentem maiores índices de enraizamento e sobrevivência. De forma geral, sabe-se que o estado nutricional apresenta influência sobre a concentração endógena de auxinas, carboidratos e compostos metabólicos envolvidos na formação radicial (ROSA, 2006). Estudos indicam que o estado nutricional da planta matriz pode atuar em sinergismo com diversos fatores que induzem a formação radicial (MALAVASI, 1994). Além disso, nutrientes como nitrogênio, fósforo, zinco e boro estão relacionados aos processos de diferenciação e formação de meristemas radiciais (BLAZICH, 1988). De qualquer forma, o efeito de vários nutrientes sobre o crescimento radicial das estacas não é claramente conhecido (TORRES, 2003).

Na propagação por estaquia, a formação radicial pode ser induzida através da aplicação de fitorreguladores que, sob ponto de vista teórico, são definidos como análogos sintéticos aos hormônios vegetais (PASQUAL et al., 2001). Na estaquia, a aplicação exógena de fitorreguladores tem como objetivo acelerar a iniciação radicial, aumentar o enraizamento e reduzir a permanência das estacas no leito de enraizamento (ZUFFELLATO-RIBAS & RODRIGUES, 2001). Estudos indicam que o ácido indolbutírico apresenta maior eficiência, estabilidade e menor toxicidade em relação aos demais fitorreguladores, características que justificam seu amplo uso na estaquia (ALVARENGA & CARVALHO, 1983). Por outro lado, o comportamento das estacas em relação aos fitorreguladores varia conforme a espécie, tipo de estaca, época do ano, concentração e modo de aplicação (BASTOS, 2006).

Em estacas, as auxinas sintéticas podem ser aplicadas sob forma de solução alcoólica ou talco (PÁDUA, 1983). O emprego de soluções concentradas permite maior homogeneidade na aplicação e, conseqüentemente, maior uniformidade ao enraizamento. Por outro lado, respostas à aplicação de fitorreguladores dependem não só da concentração, mas também da duração do tratamento. Variações de tempo e concentrações podem ser benéficas à iniciação radicial ou, dependendo do caso, tóxicas ao material vegetativo (ONO & RODRIGUES, 1996). Nesse caso, as concentrações exatas não são claras, o que se sabe é que doses abaixo dos níveis críticos são ineficientes, porém doses acima desse nível impedem a formação de raízes e gemas (JANICK, 1966). A aplicação via talco é simples, entretanto, devido a variações no material aderido a base da estaca, pode não ser uma alternativa viável.

Sob ponto de vista celular, a ação dos fitorreguladores sobre a formação radicial envolve receptores de membrana específicos, também chamados de auxin binding protein (NAPIER et al., 2002). Nesse contexto, a interação entre proteínas receptoras e auxinas sintéticas é responsável pela ativação de fatores de transcrição que, sob ponto de vista teórico, são proteínas mediadoras na ativação de genes de resposta as auxinas. Existem basicamente dois tipos de genes envolvidos com aplicação de auxinas sintéticas: genes de resposta primária e secundária (TAIZ & ZEIGER, 2004). A expressão de genes de resposta primária é resultado da interação entre fatores de transcrição e elemento de resposta à auxina. De modo geral, os genes de resposta primária desempenham três funções principais: (1) codificação de proteínas que regulam a transcrição de genes tardios, (2) comunicação e sinalização intercelular, (3) expressão de genes relacionados à adaptação ao estresse (TAIZ & ZEIGER, 2004).

1.3.2 Fatores intrínsecos às estacas

Respostas diferenciadas entre genótipos são freqüentes, tendo em vista que os padrões de crescimento da planta resultam da expressão gênica e das condições ambientais onde permanecem as estacas (XAVIER, 2002). Na silvicultura clonal, as respostas dos genótipos às condições ambientais representam um problema para os silvicultores e um desafio aos melhoristas (YAMAMOTO, 2006). É de interesse para ambos que as plantas cultivadas apresentem alta produtividade e qualidade na matéria prima derivada. Além disso, devem apresentar respostas positivas aos diferentes ambientes, com capacidade de aproveitar as condições favoráveis ou responder aos fatores ambientais limitantes (YAMAMOTO, 2006). De qualquer forma, a seleção e multiplicação de genótipos produtivos podem ser úteis para aumentar a qualidade da matéria prima destinada às indústrias florestais (SANTOS, 1994).

Na estaquia, a habilidade na formação radicial pode estar relacionada ao grau de juvenilidade da planta matriz. Estacas coletadas de plantas em crescimento juvenil enraízam com maior facilidade quando comparadas a matrizes adultas (FACHINELLO et al., 1995). A influência da juvenilidade sobre o enraizamento adventício é característica conhecida, tendo sido verificada por outros autores (DAVIES et al., 1989). Estudos indicam que a menor habilidade rizogênica em

matrizes adultas pode ser explicada, em parte, por barreiras químicas e anatômicas da planta matriz (WHITE & LOVELL, 1984). De qualquer forma, quanto mais juvenil for o material vegetativo, maior será o sucesso do enraizamento, seja pela maior facilidade das células em retomar a condição meristemática ou pela capacidade de crescimento da planta (TORRES, 2003).

Variações no enraizamento de estacas basais, medianas e apicais têm sido observadas com frequência em programas de propagação clonal. Aspectos relativos à lignificação, metabolismo e teor de carboidratos variam conforme a posição da estaca no ramo (HARTMANN et al., 1990). Estacas apicais estão frequentemente relacionadas à alta atividade meristemática e a síntese de auxinas, entretanto, são mais tenras e vulneráveis ao stress hídrico (LIMA et al., 2006). Estudos indicam que as atividades dependentes do turgor celular como a expansão foliar e enraizamento podem ser limitadas pelo déficit hídrico (PÁEZ et al., 1995). Por outro lado, a maior espessura esclerenquimática em estacas basais pode reduzir a perda de água pelos tecidos, entretanto, em alguns casos, constitui uma barreira física a iniciação radicial (FACHINELLO et al., 1995). Resultados favoráveis ao enraizamento de estacas basais têm sido atribuídos às maiores reservas de carboidratos na porção basal do ramo (AL-SAQRI & ALDERSON, 1996). A disponibilidade de carboidratos representa a principal fonte de energia assimilável a manutenção das atividades metabólicas na planta (VEIERSKOV, 1988).

A influência do diâmetro da estaca na sobrevivência e enraizamento pode ser explicada pelo teor de carboidratos e lignificação das estacas. A disponibilidade de carboidratos é fator limitante ao enraizamento das estacas, podendo representar até 75% da massa seca em espécies lenhosas (KRAMER & KOZLOWSKI, 1979, LATT et al., 2001). Além disso, existe relação entre lignificação e teor de compostos fenólicos e peroxidases. Estudos demonstram que a lignificação é inversamente proporcional à concentração de compostos fenólicos, entretanto, diretamente proporcional as peroxidases (LIU et al., 1996, FAIVRE-RAMPANT et al., 2002). Tecidos mais lignificados apresentam maior teor de peroxidases que, sob ponto de vista fisiológico, estão envolvidas na degradação do ácido indolacético (AIA) em conjugados inativos.

Em algumas espécies, a sobrevivência e enraizamento estão condicionados a presença da folha nas estacas. A presença da folha pode acelerar a formação radicial e reduzir a morte das estacas, tendo em vista serem fontes naturais de

carboidratos, auxinas e cofatores de enraizamento (ARAÚJO et al., 1999). Do ponto de vista teórico, a auxina sintetizada via foliar desloca-se em direção basípeta, onde ocorre diferenciação celular em primórdios radiciais (JANICK, 1966). Nesse contexto, a auxina produzida pelas folhas reduz o tempo necessário ao enraizamento e, conseqüentemente, a morte das estacas por déficit hídrico (DIAS et al., 1999). Em função da transpiração foliar, recomenda-se que as folhas sejam reduzidas, dependendo do caso, a um terço da área foliar. Além disso, a umidade do ar no ambiente experimental deve ser mantida entre 80-100%, evitando-se abscisão foliar (PAIVA & GOMES, 1993).

CAPÍTULO 2

Ácido indolbutírico em diferentes diâmetros na estaquia de *Luehea divaricata*

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas para publicação na Revista **Ciência Rural**.

Ácido indolbutírico em diferentes diâmetros na estaquia de *Luehea divaricata*

Indolbutyric acid in different diameters on the vegetative propagation of *Luehea divaricata*

RESUMO

Luehea divaricata Mart. é uma árvore de porte médio com madeira resistente e de grande flexibilidade, características que a qualificam como matéria-prima na fabricação de móveis vergados. Devido à relevância desta espécie em indústrias de base florestal, objetivou-se avaliar o efeito do ácido indolbutírico e do diâmetro da estaca como subsídio à produção de matrizes adequadas ao uso comercial. Foram utilizadas estacas com 20cm de comprimento, coletadas de matrizes com aproximadamente dez anos de idade. Os tratamentos consistiram na combinação entre estacas com três classes de diâmetro: finas (0,4 - 0,8cm), médias (0,9 - 1,4cm), grossas (1,5 - 2,6cm) e dois níveis de solução de ácido indolbutírico (0; 5000mg L⁻¹). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado consistindo de 12 unidades experimentais por repetição e cinco repetições por tratamento. Aos 90 dias após a implantação do experimento, foram avaliadas as variáveis: sobrevivência, enraizamento, número e comprimento radicial. Estacas médias e grossas imersas em 5000mg L⁻¹ de solução hidroalcoólica de IBA são indicadas na estaquia de *Luehea divaricata*.

Palavras-chave: auxina, enraizamento, madeira, propagação.

ABSTRACT

Luehea divaricata Mart. is a tree of medium size with resistant wood and great flexibility, characterize it as raw material in the manufacture of furniture. Considering the importance of this species for forest industries, an experiment was conducted in order to investigate the effect of the indolbutyric acid and diameter of stem cuttings as subsidy to the

production of adequate matrices to the commercial use. Stem cuttings with 20cm of length had been used, collected of matrices with approximately ten years of age. The treatments had consisted of the combination between stem cuttings with three class of diameter: fine (0.4 - 0.8cm), medium (0.9 -1.4cm) and thick (1.5 – 2.6cm) and two levels of solution IBA (0 and 5000mg L⁻¹). A completely randomized experimental design was used and consisted of bifactorial combination with 12 units for repetition and five repetitions for treatment. To the 90 days, the implantation of the experiment had been after evaluated: survival, rooting, number and length of the roots. Thick and medium stem cuttings immersed in 5000mg L⁻¹ of hidroalcolic solution of IBA are indicated in the vegetative propagation of *Luehea divaricata*.

Key-words: auxin, rooting, wood, propagation.

INTRODUÇÃO

Estimativas sobre a contribuição das florestas nativas em indústrias de base florestal indicam que dos 300 milhões de metros cúbicos de madeira consumidos anualmente no Brasil, 190 milhões são provenientes de florestas nativas (LADEIRA, 2002; GONÇALVES, 2005). Entretanto, alguns segmentos de base florestal, como é o caso da indústria moveleira, já sentem o déficit de oferta interna de madeira (JUVENAL & MATTOS, 2002). Neste cenário, torna-se imperativo a adoção de metodologias que contribuam para aumentar a produção de madeira destinada a este setor.

Luehea divaricata, popularmente conhecida como açoita-cavalo, é uma árvore da família Tiliaceae com ocorrência do sul da Bahia ao Rio Grande do Sul (LORENZI, 1998). Apresenta madeira de qualidade, com média retratibilidade e baixa resistência mecânica, indicada para confecção de móveis vergados e peças torneadas (RIZZINI, 1971). Propaga-se facilmente por via sexuada, entretanto, obtém-se na maioria das vezes indivíduos de fuste tortuoso, inadequados ao uso comercial.

No estado do Rio Grande do Sul, a exploração de *Luehea divaricata* tem apresentado caráter predatório, reduzindo drasticamente os exemplares com características adequadas ao uso (FARIAS, 2006). Conseqüentemente, grande parte das árvores encontradas, atualmente, não apresenta condições de serem aproveitadas pela indústria madeireira, tendo em vista a elevada tortuosidade de fuste. Essas limitações podem ser resolvidas através de técnicas de propagação vegetativa, entre as quais, a estaquia é freqüentemente utilizada.

Para espécies que podem ser propagadas vegetativamente, a estaquia apresenta inúmeras vantagens (WASSNER & RAVETTA, 2000). Além de permitir com que as características de interesse sejam mantidas, pode aumentar, consideravelmente, a qualidade dos plantios florestais (MCKEAND et al., 2006). O sucesso no plantio de mudas clonais está, invariavelmente, ligado ao desenvolvimento radicial das estacas, portanto, é necessário observar não somente o percentual de enraizamento, mas também o número e o comprimento radicial (ROCHA CORREA & FETT-NETO, 2004).

A formação de raízes adventícias pode ser influenciada por fatores internos e externos as estacas (DAVIES et al., 1987). É consenso que as auxinas desempenham importante função na indução e crescimento de raízes adventícias, de modo que, baixos teores de auxina podem limitar a formação radicial (NAG et al., 2001). Esse obstáculo pode ser resolvido empregando-se reguladores vegetais, especificamente o ácido indolbutírico (IBA), que além de estimular o enraizamento das estacas, promove maior uniformidade ao sistema radicular (ONO et al., 1994).

Em espécies lenhosas, a formação de raízes adventícias está relacionada ao diâmetro da estaca (DICKMANN et al., 1980). A relação entre ambos tem origem no grau de lignificação e, conseqüentemente, no teor de compostos fenólicos (CFs) e peroxidases (PXs). Estudos demonstram que o teor de lignina está negativamente relacionado aos CFs, entretanto, diretamente relacionado as PXs (LIU et al., 1996; FAIVRE-RAMPANT et al.,

2002). Atividades como oxidação e catabolismo da auxina endógena dependem do teor de CFs e PXs, indicando que, estacas com diferentes diâmetros e lignificação podem diferir na formação radicial (NORMANLY et al., 1995).

Considerando o potencial desta espécie como fonte de matéria prima para indústrias moveleiras e a perspectiva de exploração econômica em áreas de florestas nativas, objetivou-se avaliar a influência do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de *Luehea divaricata* com diferentes classes de diâmetro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Viveiro Florestal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no período de março a junho de 2005. Coletaram-se ramos de cinco matrizes adultas (dez anos), localizadas em mata sucessional secundária em Santa Maria, RS, situada entre os paralelos 29° 43' 57" e 29° 55' 30" de latitude sul e entre os meridianos 53° 42' 13" e 53° 48' 2" de longitude oeste. Foram confeccionadas 360 estacas lenhosas, da porção mediana dos ramos, com 20cm de comprimento, sem folhas, sendo cortadas horizontalmente acima (1cm) do nó superior e em bisel abaixo (1cm) do nó inferior. Os tratamentos consistiram na combinação entre estacas com três classes de diâmetro, finas (0,4 - 0,8cm), médias (0,9 - 1,4cm) e grossas (1,5 - 2,6cm) e dois níveis de solução IBA (0 e 5000mg L⁻¹). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado consistindo de 12 unidades experimentais por repetição e cinco repetições por tratamento.

As estacas submetidas à aplicação do regulador vegetal tiveram suas bases imersas (dez segundos) em solução contendo 5000mg L⁻¹ IBA previamente diluído em 50% de álcool etílico (98°GL) e 50% de água destilada. Para o tratamento controle, a imersão foi realizada em água destilada e álcool etílico na proporção de 1:1v/v. O estaqueamento foi realizado em sacos de polietileno (15x10cm), contendo areia como substrato. A condução do experimento foi realizada sob telado de sombrite 25%, em condições naturais de temperatura, com 4

aspersões diárias, tendo cada uma, duração de dez minutos. Aos 90 dias após a implantação do experimento foram avaliadas as seguintes variáveis: sobrevivência, enraizamento, número e comprimento radicial.

Os dados em porcentagem foram transformados pela equação arco seno $\sqrt{(x/100)}$ e os dados de contagem pela equação $\sqrt{(x+1)}$, seguindo distribuição normal. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM (General Linear Model). As diferenças entre as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. As análises estatísticas foram realizadas pelo software MINITAB (MACKENZIE & GOLDMAN, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios das variáveis sobrevivência, enraizamento, número e comprimento radicial são apresentados na tabela 1. Não houve interação entre diâmetro e ácido indolbutírico na sobrevivência das estacas. O diâmetro da estaca influenciou a sobrevivência das estacas. Estacas grossas apresentaram os maiores valores de sobrevivência, aproximadamente 65% superior às estacas finas. A aplicação de IBA não influenciou a sobrevivência das estacas.

A influência do diâmetro na sobrevivência pode ser explicada pelas diferenças no teor de carboidratos e lignificação das estacas. A disponibilidade de carboidratos é considerado um fator limitante a sobrevivência, pois representa a principal fonte de energia assimilável para o enraizamento e manutenção das atividades metabólicas das estacas (VEIERSKOV, 1988). Dessa forma, estacas grossas seriam favorecidas pelas maiores reservas de carboidratos disponíveis. Além disso, é provável que o maior espessamento esclerenquimático das estacas grossas tenha reduzido a perda de água dos tecidos, característica observada por outros autores (FACHINELLO et al., 1995). A perda de água reduz a pressão de turgor celular além de comprometer diversos processos fisiológicos na planta (PÁEZ et al., 1995). Portanto,

acredita-se que as atividades dependentes do turgor celular como a expansão foliar e enraizamento tenham sido limitadas pelo déficit hídrico em estacas finas (NÓBREGA et al., 2001).

O enraizamento foi influenciado pela interação entre diâmetro da estaca e ácido indolbutírico (tabela 2). Estacas grossas tratadas em solução de 5000mg L^{-1} apresentaram maior percentual de enraizamento. Houve efeito do diâmetro sobre o número de estacas enraizadas, sendo observado, em estacas grossas, aumento de até 25% em relação às estacas finas. A aplicação de IBA aumentou em 40% o enraizamento das estacas grossas, neste caso, comparadas as estacas finas.

A multiplicação das células rizogênicas depende, entre outros fatores, da biossíntese de proteínas e ácidos nucleicos (FACHINELLO et al., 1995). Entretanto, esse processo só é possível quando existe disponibilidade de energia e carbono estrutural para formação de novas células (RAPAKA et al., 2007). A interação entre auxina e diâmetro da estaca é característica já conhecida, tendo sido verificada por NEMETH (1986) e LEON & SHEEN (2003). Neste experimento, estacas grossas, freqüentemente relacionadas a maiores reservas de carboidratos, apresentaram maior enraizamento em solução de 5000mg L^{-1} IBA, indicando sinergismo entre os fatores na determinação desta variável.

Considerando-se exclusivamente o fator diâmetro, podemos admitir que existem variações no teor de peroxidases, IAA oxidases e compostos fenólicos nas estacas. Tecidos mais lignificados, como é o caso das estacas grossas, apresentam maior teor de peroxidases e IAA oxidases, ambos envolvidos na degradação do ácido indolacético em conjugados inativos. Esperava-se, portanto, que houvesse redução do enraizamento conforme aumento no diâmetro das estacas, fato não observado neste estudo. Dessa forma, é provável que estacas grossas tenham sido beneficiadas pela maior disponibilidade de carboidrato armazenado. Os carboidratos são moléculas orgânicas que fornecem aporte estrutural e energético ao

enraizamento, estando ainda envolvidos na expressão gênica e controle do ciclo celular (LYTOVCHENKO et al., 2007). Outros autores também observaram a influência do diâmetro da estaca sobre a formação de raízes adventícias, sendo observado maiores valores em estacas grossas (BARTOLINI et al., 2000; DIAS et al., 1999).

A formação de raízes adventícias pode ocorrer espontaneamente, entretanto, na maioria das vezes, depende da aplicação exógena de fitorreguladores (HAISSIG et al., 1992). Neste experimento, estacas não tratadas com IBA, independente do diâmetro, apresentaram enraizamento significativamente menor àquelas com aplicação de ácido indolbutírico. Comportamento similar foi observado em estacas de *Ebenus cretica*, consideradas de difícil enraizamento (SYROS et al., 2004). O efeito do IBA sobre a formação de raízes adventícias está relacionado à expressão de genes de resposta ao fitorregulador (GRFs). O aumento da elongação, multiplicação e diferenciação estão entre as principais respostas resultantes da expressão dos GRFs, que, neste estudo, foram confirmadas pelo número de estacas enraizadas e comprimento radicial em *Luehea divaricata* (ABEL & THEOLOGIS, 1996). De qualquer modo, as respostas obtidas indicam necessidade de aplicação de fitorregulador, uma vez que houve aumento de 40% no enraizamento das estacas tratadas com ácido indolbutírico.

Não houve interação entre diâmetro e IBA para o número de raízes. O diâmetro da estaca não apresentou influência sobre o número de raízes. A aplicação de IBA aumentou em até 43% o número de raízes em estacas de *Luehea divaricata*.

O número de raízes está relacionado à ação de auxinas sobre células alvo, que devido a estímulos hormonais, retomam a capacidade de diferenciação celular (CASIMIRO et al., 2003). Estudos genéticos e fisiológicos demonstram que o enraizamento ocorre em três fases características: indução, iniciação e expressão celular (SYROS et al., 2004). É na fase de indução radicial que estacas tratadas com fitorreguladores parecem diferir em relação ao número de raízes (MITSUHASHI-KATO et al., 1978). Esse comportamento pode estar

relacionado à ativação de fatores de transcrição (FTs) pela aplicação de auxina (DHARMASIRI & ESTELLE, 2004). Os FTs são proteínas que atuam como mediadores na ativação de genes específicos, também chamados de genes de resposta as auxinas. É provável que o aumento do número de raízes em estacas tratadas com IBA esteja relacionado à expressão de genes modulados por fatores de transcrição.

Não houve interação entre diâmetro e IBA para o comprimento das raízes. Estacas grossas apresentaram maior comprimento de raízes (6,7cm) seguido pelas médias (4,3cm) e finas (2,6cm), respectivamente. A aplicação de IBA influenciou o comprimento das raízes, obtendo-se aumento de aproximadamente 58% em relação às estacas do tratamento controle.

O comprimento radicial pode aumentar em função do diâmetro da estaca, fato explicado pela variação no teor de carboidratos. Os carboidratos constituem a principal fonte de energia disponível ao desenvolvimento radicial, podendo representar até 75% da massa seca em espécies lenhosas (KRAMER & KOZLOWSKI, 1979; LATT et al., 2001). Dessa forma, acredita-se que o maior comprimento radicial esteja relacionado as maiores reservas de carboidratos em estacas grossas.

O aumento do comprimento radicial em estacas tratadas com IBA pode estar relacionado a alterações na extensibilidade da parede celular pela ativação das expansinas. As expansinas são proteínas específicas que, em pH ácido, aumentam a extensibilidade da parede através do afrouxamento das ligações não-covalentes entre os polissacarídeos da parede (LEE et al., 2001). As condições ideais para ativação das expansinas dependem da ação das auxinas sobre proteínas H⁺-ATPases da membrana plasmática, as quais aumentam a atividade em presença de auxinas (TAIZ & ZEIGER, 2004). Conseqüentemente, o afrouxamento das ligações não covalentes da parede implica maior alongamento celular, que, provavelmente, refletiu no comprimento radicial em estacas de *Luehea divaricata* tratadas com ácido indolbutírico. Além disso, estudos indicam que as auxinas estão envolvidas no controle das quinases

dependentes da ciclina (CDK). As quinases são enzimas que controlam a progressão entre os diferentes estágios do ciclo celular bem como a entrada das células em processo mitótico (TAIZ & ZEIGER, 2004). A ativação dessas enzimas depende de subunidades protéicas chamadas de ciclinas, que em conjunto com a CDK, respondem pelos processos de divisão celular (BURSSENS et al., 1998). Estudos indicam que as auxinas podem aumentar a expressão de genes que codificam as proteínas dependentes da quinases bem como de suas subunidades ativadoras, as ciclinas (SUCHOMELOVA et al., 2004). Portanto, acredita-se que o comprimento radicial em estacas de *Luehea divaricata* tratadas com IBA apresenta relação com o controle do ciclo celular induzido por auxinas.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que estacas médias e grossas imersas em 5000mg L⁻¹ de solução hidroalcoólica de ácido indolbutírico são indicadas na estaquia de *Luehea divaricata*.

REFERÊNCIAS

- ABEL, S.; THEOLOGIS, A. Early Genes and Auxin Action. **Plant Physiology**, v.111, p.9-17, 1996.
- BARTOLINI, G. et al. Parameters that influence rooting and survival of peach cuttings. **Journal of the American Pomological Society**, v.54, p.183-188, 2000.
- BURSSENS, S. et al. The cell cycle in Arabidopsis. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.36, p.9-19, 1998.
- CASIMIRO, I. et al. Dissecting Arabidopsis lateral root development. **Trends in Plant Science**, v.8, p.165-171, 2003.
- DAVIES, T. D. et al. **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides, 1987. 316p.

- DHARMASIRI, N.; ESTELLE, M. Auxin signaling and regulated protein degradation. **Trends in Plant Science**, v.9, p.302-308, 2004.
- DIAS, R. M. S. L. et al. Enraizamento de estacas de diferentes diâmetros em *Platanus acerifolia* (Aiton) Willdenow. **Ciência Florestal**, v.9, p.127-136, 1999.
- DICKMANN, D. et al. **Cutting diameter influences early survival and growth of several Populus clones**. Saint Paul- Minnesota. Forest Service, North Central Forest Experiment Station, 1980. 4p.
- FACHINELLO, J. C. et al. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: UFPel, 1995. 178p.
- FAIVRE-RAMPANT, O. et al. Cuttings of the non-rooting rac tobacco mutant overaccumulate phenolic compounds. **Functional Plant Biology**, v.29, p.63-71, 2002.
- FARIAS, J. A. D. **Contribuição para a silvicultura de *Luehea divaricata* Martius et Zuccarini (Acoita-Cavalo)**. 2006. 69f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria.
- GONÇALVES, B. S. **O Compromisso das Empresas com o Meio Ambiente - Agenda Ambiental das Empresas e a Sustentabilidade da Economia Florestal**. São Paulo: Instituto Ethos, 2005. 48p.
- HAISSIG, B. E. et al. Researching the controls of adventitious rooting. **Physiologia Plantarum**, v.84, p.310-317, 1992.
- JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento. **BNDES setorial**, v.1, p.3-30, 2002.
- KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of woody plants**. New York: Academic, 1979. p.258-274.
- LADEIRA, H. **Quatro décadas de Engenharia Florestal no Brasil**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 2002. 207p.

- LATT, C. R. et al. Reserve carbohydrate levels in the boles and structural roots of five multipurpose tree species in a seasonally dry tropical climate. **Forest Ecology and Management**, v.146, p.145-158, 2001.
- LEE, Y. et al. Expansins: ever-expanding numbers and functions. **Current Opinion in Plant Biology**, v.4, p.527-532, 2001.
- LEON, P.; SHEEN, J. Sugar and hormone connections. **Trends in Plant Science**, v.8, p.110-116, 2003.
- LIU, Z. H. et al. Effect of naphthaleneacetic acid on endogenous indole-3-acetic acid, peroxidase and auxin oxidase in hypocotyl cuttings of soybean during root formation. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, v.37, p.247-253, 1996.
- LORENZI, H. **Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1998. 352p.
- LYTOVCHENKO, A. et al. The complex network of non-cellulosic carbohydrate metabolism. **Current Opinion in Plant Biology Physiology and Metabolism**, v.10, p.227-235, 2007.
- MCKEAN, S. E. et al. Performance of improved genotypes of loblolly pine across different soils, climates, and silvicultural inputs. **Forest Ecology and Management**, v.227, p.178-184, 2006.
- MACKENZIE, J.; GOLDMAN, R. N. **The student edition of Minitab for windows manual: release 12**. Belmont: Addison-Wesley Longman, 1999. 592 p.
- MITSUHASHI-KATO, M. et al. The nature of the dual effect of auxin on root formation in Azukia cuttings. **Plant Cell Physiology**, v.19, p.1535-1542, 1978.
- NAG, S. et al. Role of Auxin and Polyamines in Adventitious Root Formation in Relation to Changes in Compounds Involved in Rooting. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.20, p.182-194, 2001.

- NEMETH, G. I. Induction of rooting In: BAJAJ, Y. P. S. **Biotechnology agriculture and forestry** Berlin: Springer-Verlag, 1986. p.49-64.
- NÓBREGA, J. Q. et al. Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, p.437-443, 2001.
- NORMANLY, J. et al. Rethinking Auxin Biosynthesis and Metabolism. **Plant Physiology**, v.107, p.323-329, 1995.
- ONO, E. O. et al. Enraizamento de estacas de *Platanus acerifolia*, tratadas com auxinas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.1373-1380, 1994.
- PÁEZ, A. et al. Water stress and clipping management effects on guinea grass: Growth and biomass allocation. **Agronomy Journal**, v.87, p.698-706, 1995.
- RAPAKA, V. K. et al. Diurnal carbohydrate dynamics affect postharvest ethylene responsiveness in portulaca (*Portulaca grandiflora* 'Yubi Deep Rose') unrooted cuttings. **Postharvest Biology and Technology**, v.44, p.293-299, 2007.
- RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil - Manual de dendrologia Brasileira**. São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 294p.
- ROCHA CORREA, L. D.; FETT-NETO, A. G. Effects of temperature on adventitious root development in microcuttings of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. **Journal of Thermal Biology**, v.29, p.315-324, 2004.
- SUCHOMELOVA, P. et al. Expression of the fission yeast cell cycle regulator *cdc25* induces de novo shoot formation in tobacco: evidence of a cytokinin-like effect by this mitotic activator. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.42, p.49-55, 2004.
- SYROS, T. et al. Activity and isoforms of peroxidases, lignin and anatomy, during adventitious rooting in cuttings of *Ebenus cretica* L. **Journal of Plant Physiology**, v.161, p.69-77, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

VEIERSKOV, B. Relations between carbohydrates and adventitious root formation In:

WASSNER, D.; RAVETTA, D. Vegetative propagation of *Grindelia chiloensis* (Asteraceae).

Industrial Crops and Products, v.11, p.7–10, 2000.

Tabela 1- Valores médios para sobrevivência, enraizamento, número de raízes e comprimento radicial em estacas finas, médias e grossas de *Luehea divaricata* Mart. com 0; 5000 mg L⁻¹ ácido indolbutírico. Santa Maria, RS, 2005.

Tratamento	Variáveis			
	Estaca	Raízes		
	Sobrevivência (%)	Enraizamento (%)	Número	Comprimento (cm)
Diâmetro				
Fino	26,2 ^a	15,4 ^a	1,23 ^a	2,63 ^a
Médio	36,4 ^b	22,6 ^b	1,76 ^a	4,36 ^b
Grosso	43,4 ^b	25,8 ^b	2,30 ^a	6,79 ^b
AIB (mg L⁻¹)				
0	39,4 ^a	17,6 ^a	1,45 ^a	3,57 ^a
5000	31,2 ^a	24,9 ^b	2,08 ^b	5,67 ^b
dpr ¹	13,9	13,5	0,94	2,23
P				
Diâmetro (D)	0,002	0,038	0,060	0,016
AIB	0,477	0,004	0,007	0,003
D * AIB	0,230	0,019	0,083	0,071

¹ Desvio padrão residual; letras diferentes na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Tabela 2 - Interação entre as concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e tipo (diâmetro) da estaca sobre o enraizamento de *Luehea divaricata* Mart. Santa Maria, RS, 2005.

Diâmetro x AIB (mg L ⁻¹)	Enraizamento (%)
Fino x 0	13,28 ^a
Fino x 5000	17,61 ^{ab}
Médio x 0	18,77 ^{ab}
Médio x 5000	26,46 ^{ab}
Grosso x 0	20,98 ^{ab}
Grosso x 5000	30,68 ^b
dpr ¹	13,5
P	0,019

¹ Desvio padrão residual; letras diferentes na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

CAPÍTULO 3

POSIÇÃO DA ESTACA E ÁCIDO INDOLBUTÍRICO NO ENRAIZAMENTO DE

***Luehea divaricata* Martius**

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas para publicação na Revista **Ciência Florestal**.

POSIÇÃO DA ESTACA E ÁCIDO INDOLBUTÍRICO NO ENRAIZAMENTO DE*Luehea divaricata***POSITION OF CUTTING AND INDOLBUTIRIC ACID ON ROOTING OF***Luehea divaricata***RESUMO**

Luehea divaricata, popularmente conhecida como açoita-cavalo, é uma árvore de porte médio com ocorrência da Bahia ao Rio Grande do Sul. Apresenta madeira com boa retratibilidade e baixa resistência mecânica, indicada para fabricação de móveis e peças torneadas. Devido à necessidade em selecionar matrizes adequadas ao uso comercial, objetivou-se avaliar o efeito da posição da estaca no ramo e ácido indolbutírico (AIB) no enraizamento de *Luehea divaricata*. Os tratamentos consistiram da combinação bifatorial entre três tipos de estaca (apical, mediana, basal) e quatro concentrações de AIB (0; 1000; 2000; 4000 mg L⁻¹). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco unidades experimentais por repetição e cinco repetições por tratamento. A posição da estaca no ramo apresentou influência em todas as variáveis, sendo observado, em estacas basais, maior enraizamento (48,6 %), número de raízes (2,1), massa seca radicial (0,02 g) e foliar (0,05 g). A aplicação de 4000 mg L⁻¹ de AIB aumentou o enraizamento (55 %) e número de raízes (2,2). Os maiores valores de massa seca radicial (0,01 g) e foliar (0,03 g) foram observados em solução contendo 2000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico.

Palavras-chave: auxina, carboidrato, estaquia, posição.

ABSTRACT

Luehea divaricata Martius, popularly known as açoita-cavalo, is a tree of medium size to found of the Bahia to the Rio Grande do Sul. It presents wood with good flexibility and low resistance mechanics, indicated for manufacture of furniture and tilted parts. In view of the

necessity in selecting adequate trees to the commercial use, it was objectified to evaluate the effect of cutting position and indolbutyric acid (IBA) in the rooting of *Luehea divaricata*. The treatments consisted of four dosis of IBA (0, 1000, 2000; 4000 mg L⁻¹) and three types of cutting (basal, middle, apex). The experimental design was completely randomized and consisted of bifactorial combination with 10 repetitions and 5 experimental units each. The factor position of cutting had presented influence in all variables, being observed, in basal cuttings, greater rooting (48.6 %), number of roots (2,1), dry mass of roots (0,02 g) and leaf (0,05g). The application of 4000 mg L⁻¹ of AIB increased the rooting (55%) and number of root (2,2). The biggest values of root dry mass (0,01 g) and leaf (0,03 g) had observed in 2000mg L⁻¹ of indolbutyric acid.

Keywords: auxin, carbohydrate, propagation, position.

INTRODUÇÃO

Luehea divaricata, popularmente conhecida como açoita-cavalo, é uma árvore de porte médio, com ocorrência da Bahia ao Rio Grande do Sul (LORENZI 1998). Apresenta madeira de qualidade, com média retratibilidade e baixa resistência mecânica, características que a qualificam para fabricação de móveis vergados e peças torneadas (RIZZINI 1971). Propaga-se facilmente por via sexuada, obtendo-se na maioria das vezes indivíduos de fuste tortuoso, inadequados ao uso comercial (GATTO 2006).

A utilização da estaquia como método de propagação clonal pode evitar esses inconvenientes, pois, além de reduzir o tempo de formação das mudas, permite com que sejam fixadas características de interesse (RODRIGUES 1990). Seu uso é justificado quando há disponibilidade de genótipos altamente produtivos, escassez de semente ou dificuldade na propagação via seminal (XAVIER, *et al.* 2003). Considerando que grande parte dos indivíduos desta espécie propaga-se via seminal e que não há seleção de características de

interesse, pode-se adotar a estaquia como sistema de multiplicação clonal em *Luehea divaricata*.

A formação de raízes adventícias é a primeira e mais importante etapa da estaquia, tendo em vista que, grande parte das perdas ocorrem devido à baixa qualidade radicial (DE KLERK, *et al.* 1999). Esse obstáculo pode ser resolvido empregando-se reguladores vegetais, especificamente o grupo das auxinas, que além de estimular o enraizamento das estacas, promovem maior uniformidade ao sistema radicular (ONO, *et al.* 1994). O uso de ácido indolbutírico (AIB) é recomendado pelas características de estabilidade e atoxicidade em larga faixa de concentração (IRITANI, *et al.* 1986). Sua ação está relacionada à síntese de ácidos nucléicos e proteínas, alterações na parede celular e aumento das atividades enzimáticas (FIGUEIREDO, *et al.* 1995).

Variações no enraizamento podem estar relacionadas ao tipo de estaca utilizada. Fatores relativos à lignificação, metabolismo e teor de carboidratos variam conforme a posição da estaca no ramo (HARTMANN, *et al.* 1990). Estacas apicais estão freqüentemente relacionadas à alta atividade meristemática e a síntese de auxinas, entretanto, são mais tenras e vulneráveis ao stress hídrico (LIMA, *et al.* 2006). Em estacas basais observa-se maior lignificação dos tecidos, podendo ser fator limitante ao enraizamento. Por outro lado, a habilidade no enraizamento destas estacas parece estar relacionada ao teor de carboidratos e ao gradiente de auxinas na base dos ramos (AL-SAQRI e ALDERSON 1996). Considerando a importância desta espécie em indústrias de base florestal e a escassez de trabalhos sobre a estaquia de espécies nativas, objetivou-se avaliar o efeito do tipo de estaca e ácido indolbutírico no enraizamento de *Luehea divaricata*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Viveiro Florestal do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, no período de abril a julho de 2006. Ramos lenhosos foram coletados de plantas matrizes com aproximadamente dois anos de idade, cultivadas em casa de vegetação. Foram utilizadas 300 estacas lenhosas com 8 cm de comprimento, sem folhas e diâmetro médio de 1,6; 2,5 e 3,4 mm para estacas apicais, medianas e basais, respectivamente. Os cortes foram realizados horizontalmente acima do nó superior, e em bisel, abaixo do nó inferior. Os tratamentos consistiram na combinação bifatorial entre três posições de estaca no ramo (apical, mediana, basal) e quatro concentrações de AIB (0; 1000; 2000; 4000 mg L⁻¹). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado consistindo de cinco unidades experimentais por repetição e cinco repetições por tratamento.

No tratamento controle as estacas foram imersas em água destilada e álcool etílico na proporção de 1:1 v/v. As estacas submetidas à aplicação de fitorregulador tiveram suas bases imersas em solução hidroalcoólica de AIB, diluído previamente em 50% álcool etílico. O tempo de imersão foi de 5 segundos. O estaqueamento foi realizado em tubetes plásticos cônicos, com dimensões de 28 x 12 x 125 mm, utilizando-se como substrato vermiculita de granulometria fina. A condução do experimento foi realizada sob câmara de microaspersão (25± 5°C) com 6 irrigações diárias e intervalo de 2 horas, tendo cada uma, duração de 5 minutos. Decorridos 90 dias, foram avaliadas as variáveis sobrevivência, enraizamento, número de raízes, massa seca radicial e foliar. Para determinação da massa seca, secaram-se as raízes e folhas em estufa de ventilação forçada a 50°C até ser atingida a constância de massa.

Os dados em porcentagem foram transformados pela equação arco seno $\sqrt{(x/100)}$ e os dados de contagem pela equação $\sqrt{(x+1)}$ seguindo distribuição normal. Posteriormente, foram

submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM (General Linear Model), incluindo no modelo os efeitos da posição da estaca (P), fitorregulador (AIB) e interação P*AIB. As diferenças entre as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas através do software MINITAB (MACKENZI e GOLDMAN, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios das variáveis enraizamento, número de raízes, massa seca radicial e foliar são apresentados na Tabela 1. Não houve interação entre posição da estaca e AIB no enraizamento das estacas. A posição da estaca apresentou influência sobre o enraizamento adventício. Estacas basais apresentaram maior enraizamento (48,6%), aproximadamente 120% superior às estacas apicais (21,9%). O enraizamento foi maior nas estacas tratadas com 4000 mg L⁻¹ AIB, contrastando com a ausência de fitorregulador, que apresentou menor percentual de estacas enraizadas (Anexo 2).

Considerando-se o fator posição, podemos inferir que existem variações no teor de compostos fenólicos, auxinas e carboidratos ao longo do ramo. Neste experimento, os maiores valores de enraizamento em estacas basais podem estar relacionados aos teores de carboidratos e compostos fenólicos nas estacas. Essa hipótese pode, em parte, ser sustentada pelo comportamento das estacas durante o período experimental. Observou-se que o enraizamento precedeu o desenvolvimento de folhas e brotações, portanto, a fonte de carbono e energia utilizada na indução radicial teve origem nos carboidratos armazenados nas estacas. Estudos em nível histológico verificaram degradação do amido armazenado nas estacas durante nas primeiras 24 horas de estaquia, confirmando a hipótese de que o início do crescimento radicial é sustentado pelas reservas disponíveis nas estacas (DE KLERK, *et al.* 1999).

TABELA 1: Valores médios para enraizamento, número de raízes, massa seca radicial e foliar em estacas basais, medianas e apicais de *Luehea divaricata* Mart. com 0; 1000; 2000; 4000 mg L⁻¹ ácido indolbutírico. Santa Maria, RS, 2005.

TABLE 1 : Average values for rooting, number of roots, root and leaf dry mass in fine, medium and thick cuttings of *Luehea divaricata* Mart with 0; 1000; 2000; 4000 mg L⁻¹ indolbutiryc acid. Santa Maria, RS, 2005.

Tratamentos	Variáveis			
	Raízes			Folhas
	Enraizamento (%)	Número	Massa seca (g)	Massa seca (g)
Posição				
Apical	21,980 ^a	1,157 ^a	0,005 ^a	0,021 ^a
Mediana	32,947 ^a	1,508 ^a	0,011 ^b	0,042 ^b
Basal	48,684 ^b	2,191 ^b	0,021 ^c	0,054 ^c
AIB (mg L ⁻¹)				
0	16,621 ^a	0,899 ^a	0,006 ^a	0,036 ^a
1000	19,937 ^a	1,117 ^a	0,007 ^a	0,032 ^a
2000	46,143 ^b	2,220 ^b	0,020 ^b	0,048 ^a
4000	55,452 ^b	2,239 ^b	0,016 ^b	0,039 ^a
dpr ¹	19,430	0,914	0,005	0,010
P				
Posição (P)	0,000	0,003	0,000	0,000
AIB	0,000	0,000	0,000	0,068
P * AIB	0,416	0,340	0,012	0,041

¹ Desvio padrão residual; letras diferentes na mesma coluna diferem pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

O enraizamento pode também estar relacionado à lignificação das estacas e, conseqüentemente, ao teor de compostos fenólicos. Estacas menos lignificadas, como é o caso

das apicais, apresentam maior concentração de compostos fenólicos nos tecidos (FAIVRE-RAMPANT *et al.*, 2002). Embora possam aumentar a ação das auxinas pela inibição do sistema IAA-oxidase, estão relacionados a oxidação das auxinas, característica indesejável ao enraizamento (TROBEC *et al.*, 2005). Além disso, restringem a absorção e transporte de auxinas na célula, pois competem pelos sítios de ligação na membrana (TAIZ e ZEIGER, 2004). Os menores valores de enraizamento em estacas apicais de *Luehea divaricata* podem ser explicados pelo excesso de auxina nas células, decorrente da inibição do sistema IAA-oxidase ou a deficiência, pela competição entre flavonóides e auxinas pelos sítios de ligação na membrana.

A aplicação de AIB aumentou o enraizamento das estacas. Esse comportamento pode ser explicado pela ação das auxinas na divisão e alongação das células meristemáticas, podendo ainda aumentar a mobilização de reservas ao enraizamento (BLAKESLEY *et al.*, 1991). Quando aplicadas na base das estacas, ligam-se a receptores celulares específicos, também chamados de proteínas ligantes às auxinas (NAPIER *et al.*, 2002). Estudos indicam que a interação entre ambos seja responsável pela ativação de fatores de resposta ao fitorregulador (KELLEY e RIECHERS, 2007). Neste experimento, o aumento do número de estacas enraizadas pode estar relacionado à ativação de fatores de resposta e, conseqüentemente, a expressão de genes relacionados à formação radicial.

Os resultados para o número radicial são apresentados na Tabela 1. Não houve interação entre posição da estaca e AIB para o número de raízes. A posição da estaca e AIB apresentaram influência sobre o número de raízes nas estacas. Estacas basais apresentaram maior número de raízes, diferindo-se das estacas medianas e apicais. A aplicação de 4000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico aumentou o número de raízes, permitindo obter valores até 149% maior em relação ao tratamento controle.

As diferenças observadas para o número de raízes podem ser função dos teores de carboidratos, normalmente maiores em estacas basais (FACHINELLO *et al.*, 1995). A importância dos carboidratos está relacionada à disponibilidade de amido para degradação em açúcares solúveis e a manutenção das atividades metabólicas das estacas (FANG *et al.*, 2006). Estudos indicam que os açúcares solúveis podem aumentar o número de raízes e influenciar a formação de órgãos e tecidos (GIBSON, 2005).

O aumento do número de raízes é frequentemente observado em estacas tratadas com ácido indolbutírico. As auxinas estão envolvidas em diversos processos fisiológicos, sendo a indução, diferenciação e alongamento celular os mais característicos (ABEL e THEOLOGIS, 1996). As alterações que culminam em diferenças do número de raízes ocorrem na fase de indução, compreendida no período entre 72 e 96 horas após aplicação das auxinas (DE KLERK *et al.*, 1999). Embora não tenha sido avaliado neste experimento, sabe-se que a maioria das respostas aos fitorreguladores decorrem da expressão de genes induzidos pela interação entre auxinas e proteínas de membrana (XIE *et al.*, 2000).

Os resultados para a massa seca radicial são apresentados na Tabela 1. Houve interação entre posição da estaca e AIB para massa seca radicial (Figura 1).

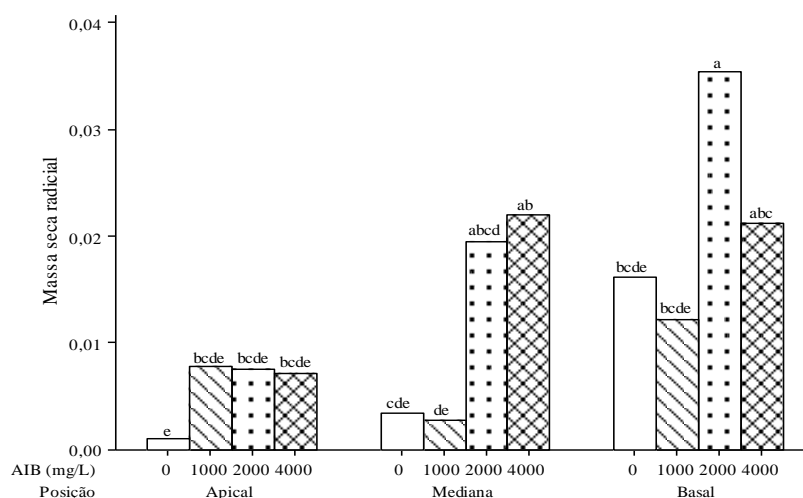


FIGURA 1: Interação entre as concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e tipo (posição) da estaca sobre a massa seca radicial de *Luehea divaricata* Mart. Santa Maria, RS, 2005.

FIGURE 1: Interaction for concentrations of indolbutyric acid (IBA) and type (position) of the cuttings on dry matter of root *Luehea divaricata* Mart. Santa Maria, RS, 2005.

Estacas basais tratadas em solução de 2000 e 4000 mg L⁻¹ AIB apresentaram maiores valores de massa seca radicial. A posição da estaca e o AIB apresentaram influência sobre a massa seca radicial. Os maiores valores de massa seca radicial foram observados em estacas basais, diferindo em relação às estacas medianas e apicais. Em relação ao efeito do AIB, houve aumento nos valores de massa seca radicial até a concentração de 2000 mg L⁻¹ AIB, diminuindo na concentração de 4000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico.

Os valores da massa seca radicial apresentaram correlação com a variável número de raízes, comportamento habitual em experimentos de estaquia. Além disso, independente da posição e concentração utilizada, a análise de regressão mostrou que para cada raiz formada em estacas de *Luehea divaricata* há um aumento de 0,001 g de massa seca radicial (Figura 2).

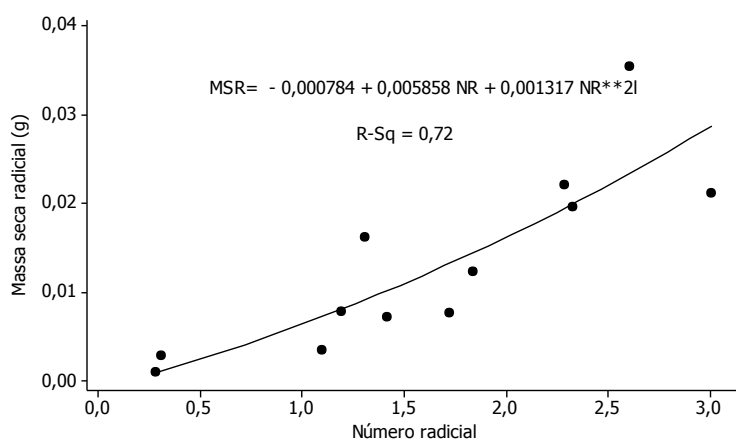


FIGURA 2: Massa seca radicial de estacas de *Luehea divaricata* em função do número de raízes. Santa Maria, RS, 2005.

FIGURE 2: Root dry mass of cuttings of *Luehea divaricata* in function of the number of roots. Santa Maria, RS, 2005.

Embora seja difícil determinar a causa exata da interação, tendo em vista a complexidade deste processo, estudos indicam que, na maioria dos casos em que o fator

posição é testado, a interação é função do teor de carboidrato e da concentração de fitorregulador aplicado.

Os resultados para a massa seca foliar são apresentados na Tabela 1. Houve interação entre posição da estaca e AIB para a massa seca foliar (Figura 3). Maiores valores de massa seca foliar foram observados em estacas basais tratadas com 2000 mg L⁻¹ AIB, entretanto, sem diferir para estacas basais do tratamento controle e estacas tratadas em 4000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico. Houve influência da posição da estaca sobre a massa seca foliar, sendo observado maiores valores em estacas basais. A aplicação de AIB não influenciou os valores de massa seca foliar.

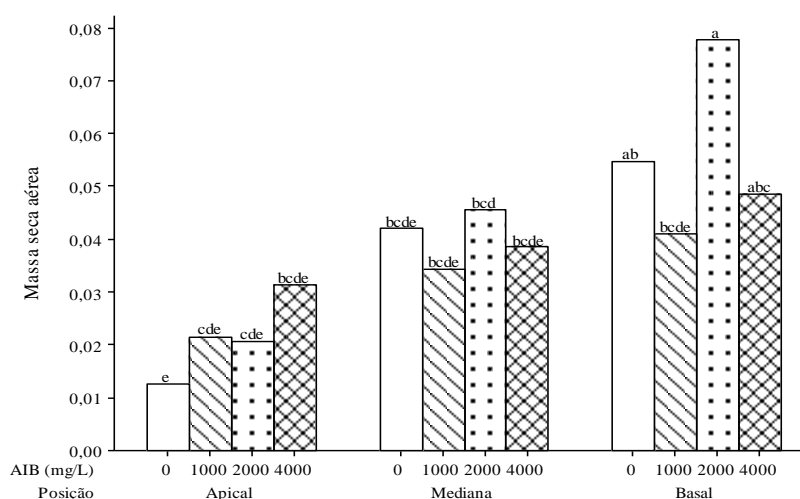


FIGURA 3. Interação entre as concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e tipo (posição) da estaca sobre a massa seca foliar de *Luehea divaricata* Mart. Santa Maria, RS, 2005.

FIGURE 3. Interaction for concentrations of indolbutyric acid (IBA) and type (position) of the cuttings on the dry matter of leaf *Luehea divaricata* Mart. Santa Maria, RS, 2005.

Os maiores valores de massa seca foliar observados em estacas basais podem estar relacionados à qualidade do sistema radicular e a disponibilidade de carboidratos nas estacas. Nos estágios iniciais da estaquia, quando o suprimento de fotoassimilados é pequeno ou inexistente, o crescimento foliar é sustentado pela degradação dos carboidratos em açúcares solúveis. Estudos indicam que, além da função estrutural e energética, os carboidratos

aumentam a mobilização de nitrogênio protéico para manutenção da biomassa aérea (TA *et al.*, 1990, TEIXEIRA *et al.*, 2007). A hipótese explicativa para este comportamento está relacionada à absorção de água e a síntese de fotoassimilados em estacas com maior desenvolvimento radicial (THOMAS, 2000). Independente da posição e concentração de AIB utilizada, a análise de regressão indicou que para cada 0,01 g de massa seca radicial há um aumento de 0,014 g nos valores de massa seca foliar (Figura 4).

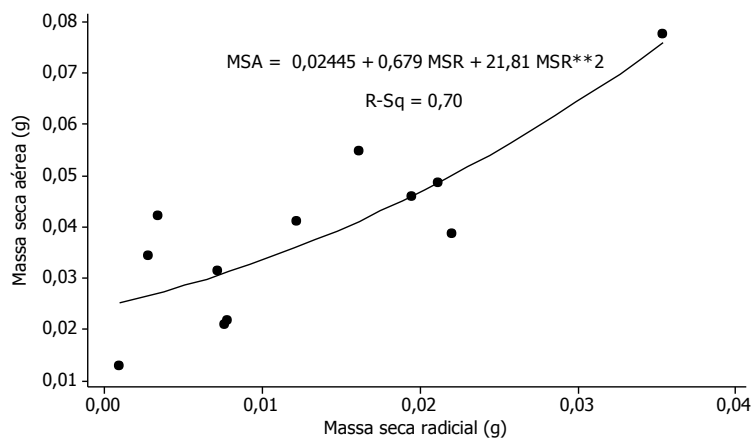


FIGURA 4. Massa seca foliar de estacas de *Luehea divaricata* em função da massa seca radicial. Santa Maria, RS, 2005.

FIGURE 4. Leaf dry mass of cuttings of *Luehea divaricata* in function of the root dry mass. Santa Maria, RS, 2005.

CONCLUSÕES

Estacas basais de *Luehea divaricata* apresentam maior enraizamento, número de raízes, massa seca radicial e foliar.

O tratamento das estacas em solução de 2000 e 4000 mg L⁻¹ AIB aumenta o enraizamento, número de raízes e massa seca radicial em *Luehea divaricata*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEL, S.; THEOLOGIS, A. Early Genes and Auxin Action. **Plant Physiology**, v.111, p.9-17, 1996.
- AL-SAQRI, F.; ALDERSON, P. G. Effect of IBA, type cuttings and rooting media on rooting of *Rosa centifolia*. **Journal of Horticultural Science**, v.5, p.729-737, 1996.
- BLAKESLEY, D. *et al.* The role of endogenous auxin in root initiation. **Plant Growth Regulation**, v.10, p.341-353, 1991.
- DE KLERK, G. J. *et al.* Review the formation of adventitious roots: New concepts, new possibilities. **In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant**, v.35, p.189-199, 1999.
- FACHINELLO, J. C. *et al.* **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: 2 ed.1995. 168p.
- FAIVRE-RAMPANT, O. *et al.* Cuttings of the non-rooting rac tobacco mutant overaccumulate phenolic compounds. **Functional Plant Biology**, p.63-71, 2002.
- FANG, X. *et al.* Activities of starch hydrolytic enzymes and starch mobilization in roots of *Caragana korshinski*. **Trees- Structure and Function**, v.21, p.93-100, 2006.
- FIGUEIREDO, S. L. B. *et al.* Efeito do estiolamento parcial e do ácido indolbutírico (IBA) no enraizamento de estacas de ramos de goiabeira serrana (*Feijoa sellowiana*, Berg). **Scientia Agrícola**, v.52, 1995.
- GATTO, D. A. 2006. **Características tecnológicas do vergamento das madeiras de *Luehea divaricata*, *Carya illinoensis* e *Platanus acerifolia* como subsídios para o manejo florestal**. Tese, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- GIBSON, S. I. Control of plant development and gene expression by sugar signaling. **Current Opinion in Plant Biology Growth and development**, v.8, p.93-102, 2005.
- HARTMANN, H. T. *et al.* **Plant propagation: principles and practices**. New Jersey: Prentice Hall, 1990. 647p.

- IRITANI, C. *et al.* Aspectos morfológicos da ação de reguladores de crescimento em estacas de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. **Acta Biológica Paranaense**, Curitiba, v.15, p.1-20, 1986.
- KELLEY, K. B.; RIECHERS, D. E. Recent developments in auxin biology and new opportunities for auxinic herbicide research. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.89, p.1-11, 2007.
- LIMA, R. L. S. *et al.* Comprimento de estacas e parte do ramo na formação de mudas de aceroleira. **Revista Brasileira de Fruticultura Jaboticabal**, v.28, p.83-86, 2006.
- LORENZI, H. **Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum: 2ª ed. 1998. 352 p.
- MACKENZIE, J.; GOLDMAN, R. N. **The student edition of Minitab for windows manual: release 12**. Belmont: Addison-Wesley Longman, 1999. 592 p.
- NAPIER, R. M. *et al.* A short history of auxin-binding proteins. **Plant Molecular Biology**, v.49, p.339-348, 2002.
- RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil - Manual de Dendrologia Brasileira**. São Paulo: Edgard Blücher/USP. 1971. 294 p.
- RODRIGUES, V. A. 1990. **Propagação Vegetação de Aroeira *Schinus terebinthifolius* Faddi Canela Sassafras *Ocotea pretiosa* Benth & Hook e Cedro *Cedrela fissilis* Vellozo através de estacas radiciais e caulinares**. Dissertação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- TA, T. C. *et al.* Utilization of carbon and nitrogen reserves of alfalfa roots in supporting N₂-fixation and shoot regrowth. **Plant and Soil**, v.127, p.231-236, 1990.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed: 3 ed.2004. 719 p.

TEIXEIRA, E. I. *et al.* Seasonal patterns of root C and N reserves of lucerne crops (*Medicago sativa* L.) grown in a temperate climate were affected by defoliation regime. **European Journal of Agronomy**, v.26, p.10-20, 2007.

THOMAS, P. Microcutting leaf area, weight and position on the stock shoot influence root vigour, shoot growth and incidence of shoot tip necrosis in grape plantlets in vitro. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v.61, p.189-198, 2000.

TROBEC, M. *et al.* Fluctuations of different endogenous phenolic compounds and cinnamic acid in the first days of the rooting process of cherry rootstock 'GiSe1A 5' leafy cuttings. **Journal of Plant Physiology**, v.162, p.589-597, 2005.

XAVIER, A. *et al.* Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, v.27, p.139-143, 2003.

XIE, Q. *et al.* *Arabidopsis* NAC1 transduces auxin signal downstream of TIR1 to promote lateral root development. **Genes Development**, v.14, p.3024-3036, 2000.

CAPÍTULO 4

SUBSTRATO E TIPO DE ESTACA NO ENRAIZAMENTO DE

***Luehea divaricata* Martius**

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas para publicação na Revista **Ciência Rural**.

SUBSTRATO E TIPO DE ESTACA NO ENRAIZAMENTO DE *Luehea divaricata***SUBSTRATE AND TYPE OF CUTTING ON ROOTING OF *Luehea divaricata*****RESUMO**

Foi realizado um experimento para avaliar a influência do substrato e tipo de estaca no enraizamento de *Luehea divaricata*. Foram utilizadas 400 estacas herbáceas, de plantas matrizes com aproximadamente dois anos de idade, distribuídas conforme o substrato (turfa, Plantmax[®], vermiculita, Mecplant[®]) e tipo de estaca (com folha, sem folha). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 5 unidades experimentais por repetição e 10 repetições por tratamento. Não houve interação do substrato com o tipo de estaca para as variáveis enraizamento e número radicial. Houve, entretanto, interação entre tipo de estaca e substrato para comprimento radicial, massa seca radicial e massa seca foliar. O tipo de estaca apresentou influência em todas as variáveis estudadas. Estacas cultivadas em Plantmax[®] apresentaram maior comprimento radicial quando comparadas ao substrato Mecplant[®]. A utilização dos substratos turfa e Plantmax[®] permitiu obter maiores valores de massa seca foliar e massa seca radicial. Estacas com um par de folhas cultivadas em Plantmax[®] são indicadas na estaquia de *Luehea divaricata*.

Palavras-chave: auxina, estaquia, folha, propagação.

ABSTRACT

An experiment was carried out to evaluate the influence of substrate and type of cutting on the rooting of *Luehea divaricata*. Four hundred herbaceous stem cuttings were used, of plant matrices with approximately two years of age, distributed as substrate (peat, Plantmax[®], vermiculite, Mecplant[®]) and type of cutting (with and without leaf). The experimental design was completely randomized and consisted of bifactorial combination with

five units for repetition and 10 repetitions for treatment. There was no interaction between ($P > 0,05$) substrate and type of cutting for variables rooting and number of roots. There was, however, interaction ($P < 0,05$) between substrate and type of cutting for length of roots, dry mass of roots and leaf. The type of cutting presented influence ($P < 0,01$) for all analyzed variables. Cuttings cultivated in Plantmax[®] showed higher ($P < 0,05$) length of roots than Mecplant[®]. The use of peat and Plantmax[®] substrate enabled more values ($P < 0,05$) for dry mass of leaf and roots. Cutting with a pair of leaf grown in Plantmax[®] are indicated in the vegetative propagation of *Luehea divaricata*.

Key words: auxin, cutting, leaf, propagation.

INTRODUÇÃO

A produção de móveis em escala industrial vem acompanhada pelo aumento da produção madeireira que, em parte, está condicionada ao melhoramento genético e manejo silvicultural (JÚNIOR, 1993). Os elevados padrões de exigência de mercado justificam o emprego de métodos que visam seleção de matrizes adequadas ao uso (PONCE, 1997).

O Estado do Rio Grande do Sul apresenta condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo de *Luehea divaricata*. Árvore típica de solos aluviais, possui madeira com média retratibilidade e baixa resistência mecânica, características que a qualificam para fabricação de móveis vergados e peças torneadas (RIZZINI, 1971, LORENZI, 1998). Além disso, apresenta uso na construção civil, sendo, neste caso, empregada na fabricação de molduras, guarnições e rodapés (REITZ et al., 1988).

A obtenção de matrizes adequadas ao uso comercial é um dos principais obstáculos à propagação desta espécie. A variabilidade obtida na propagação sexuada dificulta a obtenção de matrizes com características desejáveis, pois, na maioria das vezes, dão origem a indivíduos de fuste irregular e tortuoso. O emprego da estaquia como método de propagação

clonal pode evitar esses inconvenientes, pois, além de reduzir o tempo necessário a formação das mudas, permite a fixação das características de interesse (MESEN et al., 1997). Baseia-se no princípio de que é possível obter uma nova planta por meio da desdiferenciação dos tecidos da planta matriz (HARTMANN et al., 1990).

O sucesso da propagação por estaquia está, em parte, relacionado à escolha do substrato (COUVILLON, 1988). Devem ser utilizados substratos suficientemente porosos, com boa capacidade de retenção hídrica e drenagem satisfatória (OLIVEIRA et al., 2003). Além disso, devem apresentar boa aeração, baixa resistência ao crescimento radicial e ser isento de patógenos (MOMENTÉ et al., 2002). Sabe-se, entretanto, que as condições físico-químicas necessárias à formação de raízes adventícias variam entre espécies (VERDONCK et al., 1981). Dessa forma, a determinação de parâmetros referentes à densidade, porosidade, disponibilidade de água e capacidade de troca catiônica (CTC) podem ser úteis para avaliar em quais condições físico-químicas a espécie apresenta maior desenvolvimento (SCHMITZ et al., 2002).

A perda de água por transpiração e a baixa qualidade radicial estão entre as principais causas da morte em estacas herbáceas (DE KLERK et al., 1999, SCHWENGBER et al., 2000). A retenção foliar pode reduzir a morte das estacas, tendo em vista serem fontes naturais de carboidrato e auxina (ARAÚJO et al., 1999). A auxina produzida pelas folhas reduz o tempo necessário ao enraizamento e, conseqüentemente, a morte das estacas por déficit hídrico (DIAS et al., 1999). Para que essas condições sejam satisfeitas, deve-se manter a umidade relativa do ar entre 80 a 100%, evitando-se abscisão foliar.

Considerando o potencial desta espécie como fonte de matéria prima para indústrias moveleiras e a necessidade em inserir espécies nativas neste segmento, objetivou-se avaliar a influência de diferentes substratos em estacas de *Luehea divaricata*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Viveiro Florestal do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no período de dezembro de 2006 a fevereiro de 2007. Ramos herbáceos foram coletados de dez plantas matrizes, com aproximadamente dois anos de idade, cultivadas em casa de vegetação da Universidade Federal de Santa Maria. Prepararam-se 400 estacas herbáceas basais com 8,0 cm de comprimento e diâmetro médio de 4,0 mm, sendo cortadas em bisel, abaixo do nó inferior, e horizontalmente acima do nó superior. Foram confeccionados dois tipos de estacas: com um par de folhas, reduzidas a um terço da área foliar, e sem folhas. O estaqueamento foi realizado em tubetes plásticos cônicos, com dimensões de 28 x 12 x 125 mm.

Os tratamentos consistiram na combinação entre dois tipos de estaca (com e sem folha) e quatro substratos (vermiculita, Mecplant[®], Plantmax[®] e turfa). Os substratos foram submetidos à análise física conforme metodologia descrita por SMITH & POKORNY (1977), no laboratório de análises físicas do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). A análise química foi realizada no Laboratório de Análise de Solos da UFSM, de acordo com a metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado consistindo de cinco unidades experimentais por repetição e 10 repetições por tratamento. A condução do experimento foi realizada sob câmara de microaspersão com 22 irrigações diárias e intervalo de 30 minutos, tendo cada uma, duração de dois minutos. As avaliações foram realizadas 60 dias após a implantação do experimento. As variáveis observadas foram sobrevivência, enraizamento, número de raízes, massa seca das raízes e massa seca foliar.

Os dados em porcentagem foram transformados pela equação arco seno $\sqrt{(x/100)}$ e os dados de contagem pela equação $\sqrt{(x+1)}$ seguindo distribuição normal. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM (General Linear Model), incluindo

no modelo os efeitos do substrato (S), folha (F) e interação S*F. As diferenças entre as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas através do software MINITAB (MACKENZIE & GOLDMAN, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios das variáveis enraizamento, número de raízes, comprimento das raízes, massa seca radicial e foliar são apresentados na tabela 1. A presença da folha apresentou influência em todas as variáveis estudadas. Não houve interação entre folha e substrato para enraizamento e número de raízes. As variáveis comprimento radicial, massa seca radicial e massa seca foliar foram influenciadas pela interação folha e substrato (tabela 2). Estacas com folhas cultivadas em Plantmax[®] apresentaram maior biomassa radicial (57,7mg) e foliar (73,4mg). Embora a análise estatística tenha indicado interação, estes resultados devem ser analisados com certo critério, tendo em vista que 100% das estacas sem folhas morreram antes mesmo de enraizar. Portanto, a interação observada neste experimento reflete, simplesmente, o efeito do substrato sobre as variáveis comprimento radicial, massa seca radicial e massa seca foliar.

Os resultados obtidos demonstram que a presença da folha em estacas herbáceas de *Luehea divaricata* é fator limitante ao enraizamento adventício. É provável que as diferenças entre estacas com e sem folhas sejam, em parte, atribuídas a síntese de auxina e fotoassimilados pelas folhas. Do ponto de vista teórico, a auxina sintetizada via foliar desloca-se em direção basípeta, onde ocorre diferenciação celular em primórdios radiciais (JANICK, 1966). Neste estudo, a antecipação do enraizamento em estacas com folhas confirma a hipótese de que a permanência da folha pode favorecer o enraizamento e, conseqüentemente, a sobrevivência das estacas (HARTMANN et al., 1990). Por outro lado, a quantidade de auxina endógena em estacas sem folha pode ter sido insuficiente para formação radicial.

Embora o enraizamento seja função de vários fatores, é provável que a permanência da folha em estacas de *Luehea divaricata* tenha aumentado a mobilização de fotoassimilados aos primórdios radiciais. A síntese de fotoassimilados pode ser particularmente importante, pois é responsável pela manutenção das atividades metabólicas, tendo em vista serem fonte de energia e carbono estrutural ao enraizamento (LIONAKIS, 1984). Os resultados obtidos neste experimento são suportados por outros autores, que verificaram relação entre retenção foliar e enraizamento adventício (MAYER & PEREIRA, 2003). Dessa forma, sabendo que as folhas são locais de síntese de auxina e carboidratos, seria de se esperar que a retenção foliar favorecesse a sobrevivência e a formação radicial. Por outro lado, para que essas condições sejam satisfeitas, é indispensável controlar as condições de temperatura e umidade onde permanecem as estacas (ANDERSEN, 1986). Sabe-se que a queda das folhas, seja por excesso de temperatura ou pela baixa umidade relativa pode limitar a produção de mudas clonais. Os resultados obtidos neste experimento estão abaixo dos níveis aceitáveis em programas de propagação clonal, tendo em vista as altas temperaturas (35°C) durante o período experimental. Entretanto, sugerem que, desde que sejam mantidas condições favoráveis à retenção foliar, pode-se viabilizar a propagação clonal em *Luehea divaricata*.

Os resultados referentes à análise físico-química dos substratos são apresentados na tabela 3. O substrato não apresentou influência sobre o enraizamento e número de raízes. As variáveis comprimento radicial, massa seca radicial e massa seca foliar foram influenciadas pelo substrato (Anexo 3). Estacas cultivadas em turfa e Plantmax[®] apresentaram maior comprimento radicial, aproximadamente 127 e 104% superior em relação àquelas cultivadas em Mecplant[®]. Relacionando esses resultados com as propriedades físicas dos substratos podemos identificar alguns parâmetros que influenciaram o comprimento radicial. Os maiores valores de comprimento radicial coincidiram com a maior densidade, disponibilidade de água e menor espaço aéreo entre os substratos testados.

Por outro lado, substratos com menor densidade, disponibilidade de água e maior espaço aéreo, apresentaram menor comprimento radicial. As condições ideais ao crescimento radicial variam entre espécies, entretanto, é consenso que substratos com alta densidade e, conseqüentemente, baixa porosidade dificultam o crescimento radicial (VERDONCK et al., 1981, LUZ et al., 2007). Entretanto, os valores de comprimento radicial foram maiores em substratos com maior densidade aparente. A hipótese explicativa para esse resultado pode estar relacionada à densidade dos substratos vermiculita ($0,10\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) e Mecplant[®] ($0,20\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$), consideradas abaixo dos valores ideais ($0,5\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$).

É provável que a disponibilidade de água (DA) tenha influenciado o comprimento radicial em estacas de *Luehea divaricata*. Estudos indicam que a DA recomendada situa-se entre $0,24$ a $0,40\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$, entretanto, podem existir variações conforme as dimensões do recipiente utilizado (DE BOODT & VERDONCK, 1972, KÄMPF, 2000). Neste experimento, os únicos substratos a apresentar DA dentro destes limites foram a turfa ($0,27\text{cm}^3\cdot\text{cm}^{-3}$) e Plantmax[®] ($0,30\text{cm}^3\cdot\text{cm}^{-3}$). A adequação aos limites considerados ideais permitiu obter maiores valores de comprimento radicial em turfa (5,10cm) e Plantmax[®] (4,57cm), respectivamente. Por outro lado, os substratos Mecplant[®] e vermiculita apresentaram DA abaixo dos valores recomendados.

O comprimento radicial também esteve relacionado ao espaço de aeração (EA) que, em condições de saturação hídrica, corresponde à fração do substrato preenchido por ar (VALERO, 2006). A relação entre desenvolvimento radicial e espaço de aeração pode estar vinculada ao suprimento adequado de oxigênio ao crescimento radicial (SOFFER & BURGER, 1988). Do ponto de vista teórico, o substrato deve ser suficientemente poroso para realização das trocas gasosas, manutenção do crescimento radicial e da atividade microbiana (PICOLOTTO et al., 2007). Embora todos os substratos estejam dentro dos limites

recomendados ($0,10 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ - $0,40 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$), obteve-se raízes mais longas em turfa ($0,15 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$) e Plantmax[®] ($0,13 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$), ambos com menores valores para espaço de aeração.

Outros experimentos revelam diferentes respostas de crescimento radicial em função deste parâmetro. Estudos realizados com *Myrciaria jaboticaba* obtiveram maior comprimento radicial em substratos com grande espaço de aeração (PIO et al., 2005). Por outro lado, estacas de *Chamaecyparis lawsoniana* apresentaram maior comprimento radicial quando cultivadas em substrato com pequeno espaço de aeração (STUMPF et al., 1999). Como se pôde observar, as condições ideais ao crescimento radicial variam conforme a espécie propagada, confirmando a hipótese de que não existe substrato universal ao enraizamento.

Houve efeito do substrato sobre a variável massa seca radicial (MSR). Estacas cultivadas em Plantmax[®] apresentaram MSR (39,1mg) superior a vermiculita (12,3mg) e Mecplant[®] (14,5mg), entretanto, não diferiram em relação às cultivadas em turfa (34,9mg). Provavelmente, os resultados para MSR estejam relacionados ao comprimento radicial obtido nesses substratos. Estacas cultivadas em turfa e Plantmax[®], ambas com maiores valores de CR, também apresentaram maiores valores de massa seca radicial. Por outro lado, não houve relação entre CR e MSR em estacas cultivadas nos substratos vermiculita e Mecplant, tendo em vista que o menor CR observado em Mecplant[®] não correspondeu ao menor valor de massa seca radicial. Nesse caso, a superioridade do substrato Mecplant[®] pode ser explicada pelas suas características químicas. A análise química dos substratos indicou variações significativas nos teores de matéria orgânica, cálcio, fósforo e potássio entre vermiculita e Mecplant[®]. Dessa forma, é provável que os maiores valores de MSR em Mecplant[®] estejam relacionados a disponibilidade nutricional desse substrato. Considerando que a vermiculita é praticamente inerte, seria de se esperar que estacas cultivadas nesse substrato apresentassem menor desenvolvimento de biomassa radicial.

O substrato influenciou a variável massa seca foliar (MSF). Estacas cultivadas em Plantmax[®] apresentaram MSF (49,7mg) superior a vermiculita (11,8mg) e Mecplant[®] (13,7mg), entretanto, não diferiram em relação às cultivadas em turfa (36,0mg). Houve correlação entre as variáveis massa seca foliar e radicial. Estacas com maiores valores de MSR, como é o caso das cultivadas em turfa e Plantmax[®], apresentaram maior desenvolvimento foliar.

Em mudas clonais, a produção de biomassa foliar pode ser explicada pela composição do substrato, qualidade radicial e tipo de estaca. Considerando a homogeneidade das estacas, é provável que as diferenças de MSF sejam função da qualidade radicial e composição química dos substratos. Estacas cultivadas em turfa e Plantmax[®], ambos com maior capacidade de troca catiônica (CTC) e teor de cálcio (Ca), apresentaram maiores valores de massa seca foliar. Estudos indicam que a disponibilidade de cálcio aumenta a estabilidade da membrana, podendo ainda estar envolvido com atividades de divisão celular e desenvolvimento foliar (MENGEL & KIRKBY, 2000, NATALE et al., 2005). A capacidade de troca catiônica também pode ser um parâmetro confiável para justificar as diferenças de MSF, tendo em vista que grande parte dos cátions existentes nos substratos são nutrientes (CARNEIRO, 1995).

A qualidade radicial pode ser particularmente importante nos valores de MSF, uma vez que a manutenção da biomassa depende do suprimento de água e nutrientes pelas raízes (HARTMANN et al., 1990). Neste estudo, é provável que a absorção de nutrientes tenha sido maior nas estacas cultivadas em turfa e Plantmax[®], comportamento que, provavelmente, determinou maiores valores de massa seca foliar. De qualquer forma, os resultados sugerem relação entre desenvolvimento radicial e foliar em *Luehea divaricata*.

CONCLUSÕES

Estacas de *Luehea divaricata* cultivadas em turfa e Plantmax[®] apresentam maiores valores de comprimento radicial, massa seca radicial e massa seca foliar, entretanto, não diferem em relação ao enraizamento e número de raízes.

A presença da folha em estacas de *Luehea divaricata* apresentou influência em todas as variáveis estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSEN, A. S. Environmental influences on adventitious rooting in cuttings of non-woody species. In: JACKSON, M. B. **New root formation in plants and cuttings**. London: M. Nijhoff, 1986. p.223-254.

ARAÚJO, P. S. R. et al. Enraizamento de estacas de limeira ácida coletadas em diferentes posições na árvore. **Scientia Agrícola**, v.56, p.357-361, 1999.

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

COUVILLON, G. A. Rooting responses to different treatments. **Acta Horticulturae**, v.227, p.187-196, 1988.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, p.37-44, 1972.

DE KLERK, G. J. et al. Review the formation of adventitious roots: New concepts, new possibilities. **In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant**, v.35, p.189-199, 1999.

DIAS, R. M. S. L. et al. Enraizamento de estacas de diferentes diâmetros em *Platanus acerifolia* (Aiton) Willdenow. **Ciência Florestal**, v.9, p.127-136, 1999.

HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. New Jersey: Prentice Hall, 1990. 647p.

- JANICK, J. A. **A ciência da horticultura**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1966. 485p.
- JÚNIOR, F. G. D. S. Utilização múltipla da madeira de *Pinus caribaea* var. hondurensis para produção de celulose Kraft. **Série Técnica IPEF**, v.9, p.56 – 62, 1993.
- KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 245p.
- LIONAKIS, S. M. Anatomy of root initiation in stem cuttings of Kiwifruit plant (*Actinidia chinensis* P.). **Fruit**, v.39, p.207-210, 1984.
- LORENZI, H. **Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1998. 352p.
- LUZ, P. B. D. et al. Influência de diferentes tipos de estacas e substratos na propagação assexuada de hortênsia [*Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser.]. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.699-703, 2007.
- MACKENZIE, J.; GOLDMAN, R. N. **The student edition of Minitab for windows manual: release 12**. Belmont: Addison-Wesley Longman, 1999. 592 p.
- MAYER, N. A.; PEREIRA, F. M. Enraizamento de estacas herbáceas de quatro clones de umezeiro (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) durante o inverno ameno, em Jaboticabal-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, p.505-507, 2003.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principios de nutrición vegetal**. Switzerland: International Potash Institute, 2000. 692p.
- MESEN, F. et al. Vegetative propagation of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken: the effects of IBA concentration, propagation medium and cutting origin. **Forest Ecology and Management**, v.92, p.45-54, 1997.
- MOMENTÉ, V. G. et al. Propagação vegetativa por estaquia de mentrasto em diferentes substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v.33, p.5-12, 2002.

- NATALE, W. et al. Alterações anatômicas induzidas pelo cálcio na parede celular de frutos de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.1239-1242, 2005.
- OLIVEIRA, A. F. D. et al. Enraizamento de estacas semilenhosas de oliveira sob efeito de diferentes épocas, substratos e concentrações de ácido indolbutírico. **Ciência Agrotécnica**, v.27, p.117-125, 2003.
- PICOLOTTO, L. et al. Diferentes misturas de substratos na formação de mudas de pessegueiro, em embalagem. **Scientia Agrária**, v.8, p.119-125, 2007.
- PIO, R. et al. Substratos na produção de mudas de jabuticaba. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, p.425-427, 2005.
- PONCE, R. H. Eucalipto: uso alternativo da madeira. **Informe agropecuário**, v.18, p.52-57, 1997.
- REITZ, R. et al. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Corag, 1988. 525p.
- RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil - Manual de dendrologia Brasileira**. São Paulo: Edgard Blücher/USP, 1971. 294p.
- SCHMITZ, J. A. K. et al. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, v.32, p.937-944, 2002.
- SCHWENGBER, J. E. et al. Efeito do sombreamento da planta matriz e do PVP no enraizamento de estacas de ramos de araçazeiro (*Psidium cattleianum* Sabine). **Revista Brasileira de Agrociência**, v.6, p.30-34, 2000.
- SMITH, R. C.; POKORNY, F. **A physical characterization of some potting substrates in commercial nurseries**. [S.l.: s.n.], 1977, 8 p.
- SOFFER, H.; BURGER, D. W. Studies on plant propagation using the aero-hydroponic method. **Acta Horticulturae**, v.230, p.261-269, 1988.
- STUMPF, E. R. T. et al. Enraizamento de estacas de *Chamaecyparis lawsoniana* Parl. em cinco substratos com uso de ácido indolbutírico. **Ciência Rural**, v.29, p.207-211, 1999.

TEDESCO, J. M. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

VALERO, R. M. M. 2006. **Uso da técnica da "TDR" na estimativa da umidade e condutividade elétrica em substratos orgânicos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Curso de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Campinas.

VERDONCK, O. et al. The influence of the substrate to plant growth. **Acta Horticulturae**, v.126, p.251-258, 1981.

Tabela 1- Valores médios para enraizamento, número de raízes, comprimento radicial, massa seca radicial e massa seca foliar em estacas de *Luehea divaricata* com e sem folhas cultivadas nos substratos turfa, Plantmax[®], vermiculita e Mecplant[®]. Santa Maria, RS, 2005.

Tratamento	Variáveis				
	Estaca	Raízes			Folhas
	Enraizamento (%)	Número	Comprimento (cm)	Massa seca (mg)	Massa seca (mg)
Folha					
Presença	28,19 ^a	1,80 ^a	6,21 ^a	42,0 ^a	46,8 ^a
Ausência	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
Substrato					
Turfa	19,3 ^a	1,41 ^a	5,10 ^a	34,9 ^{ab}	36,0 ^{ab}
Plantmax [®]	16,0 ^a	1,40 ^a	4,57 ^{ab}	39,1 ^a	49,7 ^a
Vermiculita	11,6 ^a	0,85 ^a	3,24 ^{abc}	12,3 ^c	11,8 ^c
Mecplant [®]	9,24 ^a	0,74 ^a	2,24 ^c	14,5 ^{bc}	13,7 ^{bc}
dpr ¹	13,9	0,78	2,26	21,7	29,9
P					
Folha (F)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Substrato (S)	0,108	0,118	0,042	0,048	0,015
F * S	0,108	0,118	0,042	0,048	0,015

¹ Desvio padrão residual; letras diferentes na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Tabela 2 - Interação entre tipo de estaca (com e sem folha) e substrato (turfa, Plantmax[®], vermiculita, Mecplant[®]) para as variáveis comprimento radicial, massa seca radicial e massa seca foliar em estacas de *Luehea divaricata*. Santa Maria, RS, 2005.

Folha x Substrato	Raízes		Folhas
	Comprimento (cm)	Massa seca (mg)	Massa seca (mg)
Ausência x Turfa	0,00 ^e	0,00 ^c	0,00 ^c
Presença x Turfa	7,66 ^a	52,4 ^{ab}	54,0 ^{ab}
Ausência x Plantmax [®]	0,00 ^e	0,00 ^c	0,00 ^c
Presença x Plantmax [®]	6,74 ^{ab}	57,7 ^a	73,4 ^a
Ausência x Vermiculita	0,00 ^e	0,00 ^c	0,00 ^c
Presença x Vermiculita	5,27 ^{bc}	20,0 ^{ac}	19,1 ^c
Ausência x Mecplant [®]	0,00 ^e	0,00 ^c	0,00 ^c
Presença x Mecplant [®]	4,10 ^{bcd}	26,7 ^{abc}	25,2 ^{bc}
dpr ¹	2,26	21,7	29,9
P	0,042	0,048	0,015

¹ Desvio padrão residual; letras diferentes na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Tabela 3- Características físico-químicas dos substratos turfa, Plantmax[®], vermiculita e Mecplant[®] utilizados na estaquia de *Luehea divaricata*. Santa Maria, RS, 2005.

Substrato	Umidade (cm ³ cm ⁻³)	Densidade (g cm ⁻³)		Porosidade (cm ³ cm ⁻³)	Água (cm ³ cm ⁻³)		Espaço (cm ³ cm ⁻³)
	STR ¹	STR	Seco	Total	DPN ²	RMN ³	Aéreo
Turfa	0,78	0,24	0,27	0,78	0,27	0,35	0,15
Plantmax [®]	0,76	0,31	0,36	0,76	0,30	0,31	0,13
Vermiculita	0,79	-	0,10	0,79	0,08	0,40	0,31
Mecplant [®]	0,77	0,17	0,20	0,77	0,14	0,26	0,36
Substrato	% MO ⁴	P	K	pH	Ca	Mg	CTC ⁵
	(m/v)	(mg/dm ³)		(1:1)	(Cmol _c /dm ³)		
Turfa	10,5	75	108	5,2	33,7	6,2	83,5
Plantmax [®]	15,9	76	800	4,7	19,2	6,7	71,2
Vermiculita	0,2	2,2	80	6,7	1,23	6,2	50,9
Mecplant [®]	20,7	74	440	3,8	11,5	5,9	61,8

¹Saturada, ²disponível, ³remanescente, ⁴matéria orgânica, ⁵capacidade de troca catiônica.

CAPÍTULO 5

DISCUSSÃO GERAL

A adequação aos padrões de qualidade exigidos pelo mercado é um dos principais desafios à produção de madeira, tendo em vista a heterogeneidade dos plantios florestais. Além disso, o descompasso entre oferta e demanda de madeira pode favorecer a inclusão de espécies nativas em indústrias florestais. Nesse contexto, o desenvolvimento da propagação clonal pode ser útil, pois permite maior homogeneidade aos plantios e redução da fase juvenil (HARTMANN et al., 1990).

Luehea divaricata, popularmente conhecida como açoita-cavalo, apresenta madeira com média retratibilidade e baixa resistência mecânica, indicada para confecção de móveis vergados e peças torneadas (RIZZINI, 1971). No estado do Rio Grande do Sul, a exploração dessa espécie apresenta caráter predatório, reduzindo drasticamente os exemplares adequados ao uso (FARIAS, 2006). Dessa forma, grande parte das árvores encontradas atualmente não apresenta condições de serem aproveitadas pela indústria madeireira, tendo em vista elevada tortuosidade de fuste. Essas limitações podem ser resolvidas através de técnicas de propagação vegetativa, entre as quais, a estaquia é frequentemente utilizada (MESEN et al., 1997).

A propagação por estaquia pode ser justificada quando há disponibilidade de genótipos altamente produtivos, escassez de semente ou dificuldade na propagação via seminal (XAVIER et al., 2003). Para que a produção de mudas clonais ocorra em escala industrial, é preciso conhecer os fatores envolvidos na formação radicial da espécie propagada. Além disso, sistemas de propagação eficientes precisam exibir alto percentual de enraizamento e excelentes índices de pegamento (LEBUDE, 2005). Nesse contexto, foram realizados três experimentos com objetivo de identificar o tipo de estaca, substrato e doses de ácido indolbutírico adequadas ao enraizamento de *Luehea divaricata*.

No primeiro estudo, avaliou-se a influência do diâmetro da estaca e ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de *Luehea divaricata*. Houve efeito do diâmetro sobre as variáveis enraizamento, sobrevivência e comprimento radicial, sendo os maiores valores obtidos em estacas grossas. Por outro lado, estacas finas mostraram-se inadequadas ao enraizamento adventício, tendo em vista os baixos

percentuais de sobrevivência e enraizamento. A utilização de estacas grossas aumentou em 65%, 67% e 158% a sobrevivência, enraizamento e comprimento radicial em estacas de *Luehea divaricata*, nesse caso, comparado as estacas finas. Em todas as variáveis, com exceção da sobrevivência, houve efeito do ácido indolbutírico sobre o desenvolvimento radicial. A aplicação de 5000 mg L⁻¹ aumentou em 41%, 43% e 58% o enraizamento, número e comprimento radicial em estacas de *Luehea divaricata*. Houve efeito da interação ácido indolbutírico*diâmetro sobre o percentual de estacas enraizadas.

O segundo experimento teve como objetivo avaliar a posição da estaca no ramo e concentrações de AIB no enraizamento de estacas herbáceas de *Luehea divaricata*. A habilidade das estacas em propagar-se vegetativamente parece ser menor nos terços medianos e apicais do ramo. A utilização de estacas basais permitiu obter aumento de 120%, 89%, 320% e 157% no enraizamento, número de raízes, massa seca radicial e foliar, nesse caso, comparado as estacas apicais. A aplicação de 4000 mg L⁻¹ aumentou o enraizamento e número de raízes em *Luehea divaricata*, entretanto, reduziu os valores de massa seca radicial e foliar. De qualquer forma, os resultados obtidos sugerem que as variáveis enraizamento e massa seca radicial comportam-se de modo distinto quando as mesmas concentrações de fitorregulador são aplicadas. Houve efeito da interação AIB*posição para a variável massa seca radicial, sendo observado maiores valores em estacas basais tratadas com 2000 e 4000mg L⁻¹ de ácido indolbutírico. Em relação à massa seca foliar, observou-se maiores valores em estacas basais imersas em 2000mg L⁻¹ AIB. Além disso, a análise de regressão mostrou que para cada raiz formada há um aumento de 0,001g de massa seca radicial. De modo semelhante, observou-se que para cada 0,01 g de massa seca radicial há um aumento de 0,014 g nos valores de massa seca foliar.

No terceiro experimento, avaliou-se o efeito do substrato e tipo de estaca no enraizamento de estacas herbáceas de *Luehea divaricata*. A retenção foliar é fator limitante ao enraizamento e sobrevivência das estacas, tendo em vista que todas as estacas sem folhas morreram antes de enraizar. Sabendo que as folhas são locais de síntese de auxina e carboidratos, seria de se esperar que a retenção foliar favorecesse a sobrevivência e a formação radicial das estacas. A utilização dos substratos turfa e Plantmax[®] permitiu obter maiores valores de comprimento radicial, massa seca foliar e radicial. Verificou-se também que a vermiculita e Mecplant[®] são

menos indicados a propagação por estaquia de *Luehea divaricata*. Por outro lado, não houve efeito do substrato no enraizamento e número de raízes. De acordo com os parâmetros físicos dos substratos, constatou-se que estacas herbáceas de *Luehea divaricata* apresentam maior desenvolvimento radicial em substratos com alta densidade, disponibilidade de água e baixo espaço de aeração. Além disso, substratos com alto teor de cálcio e elevada capacidade de troca catiônica, como é o caso da turfa e Plantmax[®], permitem obter maior desenvolvimento radicial e foliar.

Os resultados obtidos nos três experimentos permitem concluir que estacas grossas apresentam maior desenvolvimento radicial quando comparadas às estacas de menor diâmetro. Nesse caso, torna-se necessário à aplicação de 5000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico. Da mesma forma, recomenda-se que estacas lenhosas de *Luehea divaricata* sejam coletadas do terço basal dos ramos e, posteriormente, imersas em 4000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico. Em estacas herbáceas, devem ser mantidas um par de folhas reduzidas a um terço de área foliar. Além disso, recomenda-se substratos com alta densidade, disponibilidade de água e baixo espaço de aeração, características encontradas nos substratos turfa e Plantmax[®].

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES GERAIS

A aplicação de ácido indolbutírico aumenta o enraizamento, número de raízes e comprimento radicial em estacas de *Luehea divaricata*, entretanto, não influencia a sobrevivência.

O diâmetro da estaca apresenta influência na sobrevivência, enraizamento e comprimento radicial em *Luehea divaricata*, entretanto, não influencia o número de raízes. Maiores valores de enraizamento, número e comprimento radicial foram observados em estacas grossas e médias, respectivamente.

Estacas basais de *Luehea divaricata* apresentam maior enraizamento, número de raízes, massa seca radicial e foliar em relação as apicais e medianas, respectivamente.

Maiores valores de enraizamento, número e massa seca radicial em *Luehea divaricata* foram observados em estacas tratadas com 2000 e 4000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico.

Estacas de *Luehea divaricata* cultivadas em turfa e Plantmax[®] apresentam maior comprimento radicial, massa seca radicial e massa seca foliar, entretanto, não diferem em relação ao enraizamento e número de raízes.

A permanência da folha em estacas herbáceas de *Luehea divaricata* apresentou influência em todas as variáveis analisadas,

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-SAQRI, F.; ALDERSON, P. G. Effect of IBA, type cuttings and rooting media on rooting of *Rosa centifolia*. **Journal of Horticultural Science**, v.5, p. 729-737, 1996.

ALVARENGA, L. R.; CARVALHO, V. D. Uso de substâncias promotoras de enraizamento de estacas frutíferas. **Informe Agropecuário**, v.9, p. 47-55, 1983.

ARAÚJO, P. S. R. D. et al. Enraizamento de estacas de limeira ácida coletadas em diferentes posições na árvore. **Scientia Agrícola**, v.56, p. 357-361, 1999.

ASSIS, T. F. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, v.12, p. 36-46, 1986.

BARROSO, G. M. et al. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. São Paulo: Editora da USP, 1978. 255 p.

BASTOS, D.C. **Propagação da caramboleira por estacas caulinares e caracterização anatômica e histológica da formação de raízes adventícias**. 2006. 66f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2006.

BERTOLOTI, G.; GONÇALVES, A. N. **Enraizamento de estacas: especificações técnicas para construção do módulo de enraizamento**. Piracicaba: IPEF, 1980, 8p. (Circular técnica 94).

BLAZICH, F. A. Chemicals and formulations used to promote adventitious rooting In: DAVIS, T. D. et al. **Adventitious rooting formation in cuttings** Portland: Dioscorides Press, 1988. p. 132-149.

BORTOLINI, M. F. **Uso de ácido indolbutírico na estaquia de *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn.** 2006. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

CALDWELL, J. D. et al. Rooting of semihardwood 'Hayward' kiwifruit cuttings. **Hortscience**, v.23, p. 714-717, 1988.

CAMERON, R. W. F. et al. The influence of branches and leaf area on rooting and development of *Cotinus coggygria* cv. Royal Purple cuttings. **Annals of Applied Biology**, v.139, p. 155-164, 2001.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: EMBRAPA, 1994. 640p.

DAVIES, T. D. et al. **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Press, 1989. 315 p.

DE KLERK, G. J. et al. Review the formation of adventitious roots: New concepts, new possibilities. **In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant**, v.35, p. 189-199, 1999.

DEVLIN, R. **Fisiología Vegetal**. Barcelona: Omega, 1982. 517 p.

DIAS, R. M. S. L. et al. Enraizamento de estacas de diferentes diâmetros em *Platanus acerifolia* (Aiton) Willdenow. **Ciência Florestal**, v.9, p. 127-136, 1999.

FACHINELLO, J. C. et al. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: UFPEL, 1995. 179p.

FACHINELLO, J. C. et al. Efeito do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas lenhosas de pessegueiro cv. Diamante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, p. 247-252, 1982.

FAIVRE-RAMPANT, O. et al. Cuttings of the non-rooting rac tobacco mutant overaccumulate phenolic compounds. **Functional Plant Biology**, p. 63-71, 2002.

FERMINO, M. H. **Aproveitamento de Resíduos Industriais e Agrícolas como Alternativas de Substratos Hortícolas**. 1996. 90f. Dissertação (Mestrado em fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

GOLA, G. et al. **Tratado de Botânica**. Madrid: Editorial Labor, 1943. 1160 p.

HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. New Jersey: Prentice Hall, 1990. 647 p.

HIGASHI, E. N. et al. 2000. **Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e sua evolução no Brasil**. São Paulo: IPEF, 2000, 11 p. (Circular técnica 192).

IRITANI, C. et al. Aspectos morfológicos da aplicação de reguladores do crescimento nas estacas de *Ilex paraguariensis* St. Hilaire. **Acta Biológica Paranaense**, v.15, p. 21-46, 1986.

ISIK, F. et al. Estimates of additive, dominance and epistatic genetic variances from a clonally replicated test of *loblolly pine*. **Forest Science**, p. 77-88, 2003.

JANICK, J. A. **A ciência da horticultura**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1966. 485p.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento. **BNDES setorial**, v.1, p. 3-30, 2002.

KÄMPF, A.N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 245 p.

KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, 2000. 312 p.

KOMISSAROV, D. A. **Biological basis for the propagation of woody plants by cuttings**. Jerusalem: Israel program for scientific translations, 1969. 250 p.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of Woody Plants**. New York: Academic Press, 1979. 811 p.

LATT, C. R. et al. Reserve carbohydrate levels in the boles and structural roots of five multipurpose tree species in a seasonally dry tropical climate. **Forest Ecology and Management**, p.145-158, 2001.

LEBUDE, A. V. **Adventitious rooting and physiology of stem cuttings of *Loblolly pine***. 2005. 136f. Thesis (Doctor of Horticultural Science) - North Carolina State University, Raleigh, 2005.

LEITE, N. B. As contribuições da floresta plantada à nação. **Revista Opiniões**, v.1, p. 4-5, 2006.

LEMAIRE, F. Physical, chemical and biological properties of growing medium. **Acta Horticulturae**, p. 273-284, 1995.

LIMA, R. L. S. et al. Comprimento de estacas e parte do ramo na formação de mudas de aceroleira. **Revista Brasileira de Fruticultura Jaboticabal**, v.28, p. 83-86, 2006.

LIU, Z. H. et al. Effect of naphthaleneacetic acid on endogenous indole-3-acetic acid, peroxidase and auxin oxidase in hypocotyl cuttings of soybean during rootformation. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, v.37, p. 247-253, 1996.

LORENZI, H. **Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1998. 352 p.

MALAVASI, U. C. Macropropagação vegetativa em coníferas: perspectivas biológicas e operacionais. **Floresta e Ambiente**, p. 131-135, 1994.

MANTOVANI, N. C. et al. Regeneração *in vitro* de Louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel). **Ciência Florestal**, v.11, p. 93-101, 2001.

MENDES, R. H. **Caracterização do perfil dos proprietários rurais, da região do planalto serrano catarinense**. 2005. 163f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MOMENTÉ, V. G. et al. Propagação vegetativa por estaquia de mentrasto em diferentes substratos. **Revista Ciência Agrônômica**, v.33, p. 5-12, 2002.

NAPIER, R. M. et al. A short history of auxin-binding proteins. **Plant Molecular Biology**, v.49, p. 339-348, 2002.

OLIVEIRA, A. F. D. et al. Enraizamento de estacas semilenhosas de oliveira sob efeito de diferentes épocas, substratos e concentrações de ácido indolbutírico. **Ciência Agrotécnica**, v.27, p. 117-125, 2003.

OLIVEIRA, J. A. D. et al. Efeito dos substratos artificiais no enraizamento e no desenvolvimento de estacas de maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, p. 505-508, 2002.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares**. Jaboticabal: FUNEP, 1996. 83 p.

PÁDUA, T. Propagação das árvores frutíferas. **Informe Agropecuário**, v.9, p. 11-15, 1983.

PÁEZ, A. et al. Water stress and clipping management effects on guinea grass: Growth and biomass allocation. **Agronomy Journal**, v.87, p. 698-706, 1995.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Viçosa: Imprensa Universitária UFV, 1993. 40 p.

PASQUAL, M. et al. **Fruticultura comercial: propagação de plantas frutíferas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 137 p.

PEDROSO, O.; MATTOS, T. R. **Estudo sobre madeiras do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Companhia Rio-grandense de artes gráficas, 1987. 185 p.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil - Manual de Dendrologia Brasileira**. São Paulo: Edgard Blücher/USP, 1971. 294 p.

RÖBER, R. Substratos hortícolas: possibilidades e limites de sua composição e uso, exemplos da pesquisa, da indústria e do consumo. In: KÄMPF, A. N. & FERMINO, M. H. **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p. 209-215.

RODRIGUES, V. A. **Propagação Vegetação de Aroeira *Schinus terebinthifolius* Faddi Canela *Sassafras Ocotea pretiosa* Benth & Hook e Cedro *Cedrela fissilis* Vellozo através de estacas radiciais e caulinares**. 1990. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1990.

ROSA, L. S. D. **Adubação nitrogenada e substratos na miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2006. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SANTOS, P. E. T. Contribuição dos grupos de trabalho de propagação vegetativa do IPEF na clonagem de *Eucalyptus*. **Anais / IPEF**, v.1, p. 9-24, 1994.

SCHMITZ, J. A. K. et al. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, v.32, p. 937-944, 2002.

SILVA, I. C. **Propagação vegetativa: aspectos morfológicos**. Itabuna: Ceplac, 1985. p. 1-26.

SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: FEALQ, 1998. 760 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TONIETTO, A. et al. Enraizamento de miniestacas de ameixeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, p. 643-646, 2001.

TORRES, A. G. M. **Relação entre sazonalidade, desrama e carboidratos no crescimento do eucalipto na propagação vegetativa por miniestaquia**. 2003. 79f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

VALLE, C. F.; CALDEIRA, C. J. Fatores que afetam o enraizamento de estacas de *Eucalyptus* spp. **Boletim Informativo IPEF**, v.6, p. 107-117, 1978.

VEIERSKOV, B. Relations between carbohydrates and adventitious root formation In: DAVIES, T. D. et al. **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Press, 1988. p. 70-78.

WHITE, J.; LOVELL, P. H. The anatomy of root initiation in cuttings of *Griselinia littoralis* and *Griselinia lucida*. **Annals of Botany**, v.54, p. 7-20, 1984.

XAVIER, A. **Silvicultura Clonal I - Princípios e Técnicas de Propagação Vegetativa**. Viçosa: UFV, 2002. 64 p.

XAVIER, A. et al. Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, v.27, p. 139-143, 2003.

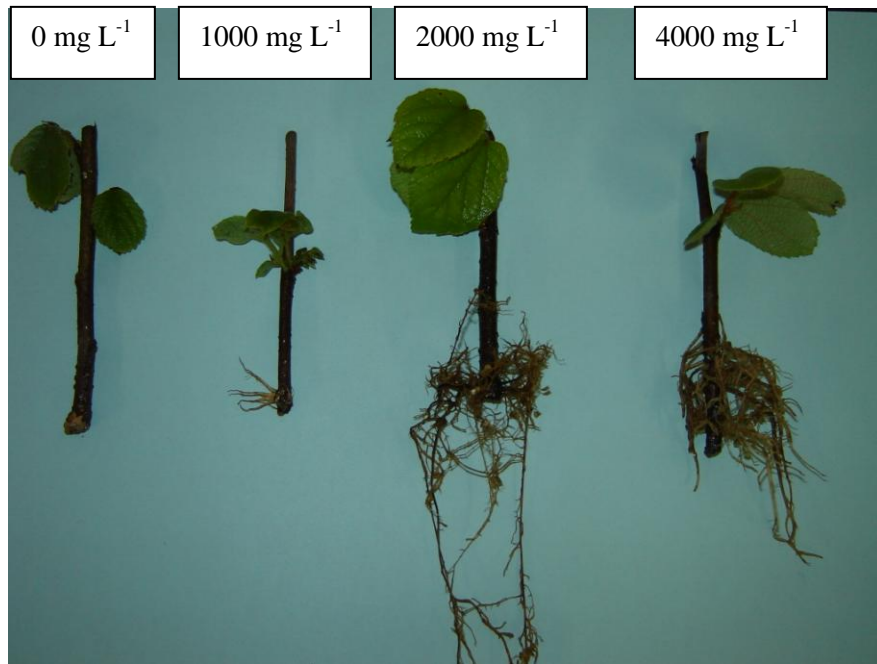
YAMAMOTO, P. Y. **Interação genótipo x ambiente na produção e composição de óleos essenciais de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br.** 2006. 78f. Dissertação (Mestrado em agricultura tropical e subtropical) - Instituto Agronômico, Campinas, 2006.

ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RODRIGUES, J. D. **Estaquia: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos**. Curitiba: UFPR, 2001. 39 p.

ANEXOS

ANEXO 1 - Distribuição natural de *Luehea divaricata* no Rio Grande do Sul.

ANEXO 2 - Enraizamento de estacas de *Luehea divaricata* em 4 concentrações de ácido indolbutírico.



ANEXO 3 - Enraizamento de estacas de *Luehea divaricata* distribuídas em quatro tipos de substratos (vermiculita, Mecplant[®], Plantmax[®] e turfa).

