

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PATRÍCIA PEREIRA PIRES

SAZONALIDADE E SOLUÇÕES NUTRITIVAS NA MINIESTAQUIA DE *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE. EM PROPÁGULOS DE ORIGEM SEMINAL

CURITIBA  
2012

PATRÍCIA PEREIRA PIRES

SAZONALIDADE E SOLUÇÕES NUTRITIVAS NA MINIESTAQUIA DE *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE. EM PROPÁGULOS DE ORIGEM SEMINAL

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial a obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Celso Garcia Auer

Co-orientador: Dr. Ivar Wendling

CURITIBA  
2012

Ficha catalográfica elaborada por Deize C. Kryczyk Gonçalves – CRB 1269/PR

Pires, Patrícia Pereira

Sazonalidade e soluções nutritivas na miniestaquia de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em propágulos de origem seminal / Patrícia Pereira Pires – 2012.

81 fls. : il.

Orientador: Prof. Dr. Celso Garcia Auer

Co-orientadores: Prof. Dr. Ivar Wendling

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.

Área de concentração: Silvicultura

1. Pinheiro-do-paraná - Propagação. 2. Propagação de plantas por estaquia. 3. Teses. I. Auer, Celso Garcia. II. Wendling, Ivar. III. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título.

CDD – 585  
CDU – 582.473

Aos meus sobrinhos Victória e Lucas,  
alegria dos meus finais de semana.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e por ter me capacitado a cada dia, dando-me ânimo, esperanças e alegrias. Obrigada Pai!

Ao pesquisador Ivar Wendling, o qual admiro pelo pesquisador que é e pela simplicidade que tem. Obrigada pela orientação, acompanhamento (mesmo quando o tempo era escasso, sempre tinha um momento para dar apoio, tirar dúvidas), e amizade.

Ao pesquisador Celso Garcia Auer, por ter aceitado me orientar. Obrigada pela confiança e orientação.

À minha família, onde eu procurava conforto e recarregava as energias todos os finais de semana que iria visitá-los. Em especial, minha mãe Leonete (com suas comidas deliciosas nos finais de semana para mim), meu pai Aristo (sempre valorizando os estudos), meus irmãos Elton e Geison (os quais me deram dois sobrinhos maravilhosos).

Ao meu noivo Vitor, pelo amor, cuidado e por sempre aguentar meus momentos de estresse prolongados que tive enquanto escrevia a dissertação!!

Aos amigos Dagma, Lucas, Edinho, Preza, Gabi pelos momentos de estudos e diversão que tivemos juntos. Em especial à Dag, tantas risadas, um pouco de choro, algumas discordâncias e assim vamos levando nossa amizade tão sincera.

Ao amigo Caio, pelas sugestões feitas no trabalho. Obrigada por ter me inserido no mundo da pesquisa quando entrei na iniciação científica.

Aos funcionários da Embrapa Florestas Harry (Alemão), Joel, Vero e Décio, pela ajuda no desenvolvimento do meu trabalho, ou melhor, do nosso trabalho, pois vocês fazem parte dele.

Ao Gilvano, obrigada pela colaboração nas estatísticas e por estar sempre a disposição quando precisava tirar minhas dúvidas!

Obrigada à todos que de alguma maneira me apoiaram e ajudaram no desenvolvimento desse trabalho.

“Devemos aprender durante toda a vida, sem imaginar que a sabedoria vem com a velhice”

(Platão)

## RESUMO

Conhecida popularmente como Pinheiro-Brasileiro, Pinheiro-do-Paraná ou araucária, a *Araucaria angustifolia* foi uma espécie florestal de grande importância para os estados do sul do Brasil, responsável por sustentar a economia desta região durante muitos anos. Porém, após sofrer uma extração desenfreada, atualmente encontra-se registrada na lista das espécies ameaçadas de extinção. Ressalta-se também que, os plantios da espécie estão sendo reduzidos ao longo dos últimos anos, devido à preferência dos produtores florestais por espécies de rápido crescimento (*Eucalyptus* e *Pinus*) e pela legislação ambiental inadequada. Considerando sua importância econômica, o presente trabalho teve como objetivo principal avaliar o potencial da miniestaquia para a produção de mudas de *A. angustifolia*, estudando-se o efeito da sazonalidade e das soluções nutritivas empregadas. Para tanto, foram avaliadas a sobrevivência de minicepas e a produção de miniestacas em duas soluções nutritivas (A e B); a sobrevivência e o vigor radicial (número de raízes, comprimento da maior raiz e total de raízes) das miniestacas em casa de vegetação, o enraizamento na saída da casa de sombra e o hábito de crescimento das mudas produzidas no período de maio de 2009 a abril de 2010. As minicepas foram manejadas em minijardim sob sistema semi-hidropônico com soluções nutritivas fornecidas por gotejamento, efetuando-se 11 coletas sucessivas de brotações durante as quatro estações do ano. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. As minicepas apresentaram 100% de sobrevivência ao longo das 11 coletas. A maior produção média ocorreu no verão, com 1356 miniestacas.m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup>, e a menor no inverno, 476 miniestacas m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup>. A sobrevivência e o enraizamento tiveram comportamento contrário à produção de miniestacas, tendo as coletas de inverno apresentado os maiores resultados, 80 % de enraizamento em casa de sombra, contra 31% das demais estações. O maior vigor radicial ocorreu nas coletas de primavera e verão, apresentando menor vigor no inverno. Em relação às duas soluções nutritivas, a solução nutritiva B (mais concentrada que a solução A) aumentou a produção de miniestacas e o crescimento da maior raiz das mudas formadas. As mudas resultantes da miniestaquia tiveram hábito ortotrópico de crescimento. A técnica de miniestaquia em propágulos vegetativos de origem seminal mostrou-se potencial para a produção de mudas de *Araucaria angustifolia*.

Palavras-chave: conífera, nutrição mineral, clonagem

## ABSTRACT

Popularly known as Brazilian-Pine, Paraná-Pine or Araucaria, *Araucaria angustifolia* is a forest species of great importance to the southern states of Brazil, responsible for supporting the economy of this region for many years. However, after suffering an uncontrolled extraction currently is registered in the list of endangered species. It should be emphasized that the plantations of the species being reduced over the year, because the preference of forest producers by fast growing species (*Eucalyptus* and *Pinus*) and environmental legislation inadequate. Considering its economic importance, this study aimed to evaluate the potential of minicutting for the production of seedlings of *A. angustifolia*, studying the effect of seasonality and the nutrient solutions used. To this end, was evaluated the survival of ministumps and the production of minicuttings in two nutrient solutions (A and B); the survival and vigor of the roots (number of roots, length of roots and total roots) of the minicuttings in the greenhouse, rooting at move-out shadow and the growth habit of seedlings produced in the period May 2009 to April 2010. The ministumps were managed in minigarden under semi-hydroponic system with nutrient solutions supplied by drip, making up 11 successive collections of shoots during the four seasons. The experiment was conducted in a completely randomized design. The ministumps showed 100 % survival over the 11 collections. The highest average production occurred in the summer, with 1356 minicuttings.m<sup>-2</sup>.years<sup>-1</sup>, and lowest in winter, 476 minicuttings.m<sup>-2</sup>.year<sup>-1</sup>. The survival and rooting behaved contrary, given the collection of winter showed the highest results, 80 % survival in the shade, against 31 % of the seasons. The highest radicial vigor occurred in the collection of spring and summer, with less vigor in the winter. The greatest effect occurred radicial in the collection of spring and summer, with less force in the winter. For the two nutrient solutions, the nutrient solution B (more concentrated than A) increased the production of minicuttings and growth of the largest root of the seedlings formed. The seedlings of minicutting had orthotropic growth habit. The technique minicutting from vegetative propagules of seminal origin proved to be potential for the production of seedlings of *Araucaria angustifolia*.

Keywords: conifer, mineral nutrition, cloning



## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - (A): MINICEPA COM BROTAÇÕES APTAS A SEREM COLETADAS;  
(B) MINIESTACA FORMADA PRONTA PARA SER ESTAQUEADA. .  
.....38
- FIGURA 2 - PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR (A) METRO QUADRADO AO  
MÊS (PMM) E (B) METRO QUADRADO AO ANO (PMA) DE  
*Araucaria angustifolia* EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE COLETA.....46
- FIGURA 3 - PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR (A) METRO QUADRADO AO  
MÊS (PMM) E (B) METRO QUADRADO AO ANO (PMA) DE *Araucaria  
angustifolia* EM FUNÇÃO DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS. ....47
- FIGURA 4 - (A) PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO MÊS  
E (B) POR METRO QUADRADO AO ANO (PMA) DE *Araucaria  
angustifolia* EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES DO ANO.....50
- FIGURA 5 - (A) SOBREVIVÊNCIA DAS MINIESTACAS DE *Araucaria angustifolia*  
NA SAÍDA DA CASA DE VEGETAÇÃO (SSCV) E (B)  
ENRAIZAMENTO NA SAÍDA DA CASA DE SOMBRA EM FUNÇÃO DA  
ÉPOCA DE COLETA. ....52
- FIGURA 6 - (A) SOBREVIVÊNCIA DE MINIESTACAS DE *Araucaria angustifolia* NA  
SAÍDA DA CASA DE VEGETAÇÃO (SSCV) E (B) ENRAIZAMENTO  
NA SAÍDA DA CASA DE SOMBRA EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES DO  
ANO.. ....54
- FIGURA 7 - NÚMERO DE RAÍZES (NR) POR MINIESTACA DE *Araucaria  
angustifolia* NA SAÍDA DA CASA DE VEGETAÇÃO EM FUNÇÃO DA  
ÉPOCA DE COLETA. ....57
- FIGURA 8 - COMPRIMENTO DA MAIOR RAIZ (CMR) DE MINIESTACAS DE  
*Araucaria angustifolia* NA SAÍDA DA CASA DE VEGETAÇÃO EM  
FUNÇÃO DA ÉPOCA DE COLETA E SOLUÇÕES NUTRITIVAS.....58

FIGURA 9 - COMPRIMENTO TOTAL DE RAÍZES (CTR) POR MINIESTACAS DE <i>Araucaria angustifolia</i> NA SAÍDA DA CASA DE VEGETAÇÃO EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE COLETA..	59
FIGURA 10 - NÚMERO DE RAÍZES FORMADAS (NR) POR MINIESTACAS DE <i>Araucaria angustifolia</i> NA SAÍDA DA CASA DE VEGETAÇÃO EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES DO ANO. .	61
FIGURA 11 – (A) COMPRIMENTO DA MAIOR RAIZ (CMR) E (B) COMPRIMENTO TOTAL DE RAÍZES (CTR) FORMADAS NAS MINIESTACAS DE <i>Araucaria angustifolia</i> NA SAÍDA DA CASA DE VEGETAÇÃO EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES DO ANO..	61
FIGURA 12 - DETALHES DO HÁBITO DE CRESCIMENTO ORTOTRÓPICO FORMADO EM MUDAS PODUZIDAS POR MINIESTAQUIA EM <i>Araucaria angustifolia</i> , AOS 120 DIAS.....	63

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA MINICEPAS DE *Araucaria angustifolia* EM SISTEMA SEMI-HIDROPÔNICO. ....36

TABELA 2 – ÉPOCA DE REALIZAÇÃO DA COLETA NO MINIJARDIM DE *Araucaria angustifolia*, INTERVALO ENTRE COLETAS E ESTAÇÃO DO ANO. ....37

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>17</b>
2.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE .....	17
2.2 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA .....	18
2.2.1 Miniestaquia .....	19
2.2.2 Propagação vegetativa com araucária .....	20
2.3 ALGUNS FATORES QUE INTERFEREM NO ENRAIZAMENTO DE ESTACAS	23
2.3.1 Nutrição mineral .....	23
2.3.2 Épocas do ano .....	26
2.3.3 Umidade .....	28
2.3.4 Temperatura .....	29
2.3.5 Luz .....	31
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>34</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	34
3.2 FORMAÇÃO DAS MINICEPAS E CONSTITUIÇÃO DO MINIJARDIM .....	34
3.3 MANEJO E NUTRIÇÃO DAS MINICEPAS .....	35
3.4 COLETA DE BROTAÇÕES, PREPARO E TRANSFERÊNCIA DAS MINIESTACAS .....	37
3.5 MANEJO E FERTILIZAÇÃO DAS MINIESTACAS .....	38
3.6 AVALIAÇÕES DO MINIJARDIM .....	39
3.6.1 Sobrevivência das minicepas e produção de miniestacas .....	39
3.7 AVALIAÇÕES EM CASA DE VEGETAÇÃO E CASA DE SOMBRA .....	40

3.7.1 Sobrevivência e enraizamento das miniestacas.....	41
3.7.2 Vigor radicial das miniestacas .....	41
3.7.3 Hábito de crescimento das mudas produzidas .....	41
3.8 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS .....	42
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>43</b>
4. 1 AVALIAÇÕES DO MINIJARDIM .....	43
4.1. 1 Sobrevivência das minicepas e produção de miniestacas em função da época de coleta .....	43
4.1.2 Sobrevivência das minicepas e produção de miniestacas em função das estações do ano .....	49
4.2 AVALIAÇÕES EM CASA DE VEGETAÇÃO E CASA DE SOMBRA.....	50
4.2.1 Sobrevivência e enraizamento das miniestacas em função da época de coleta .....	50
4.2.2 Sobrevivência e enraizamento das miniestacas em função das estações do ano.....	53
4.2.3 Vigor radicial das miniestacas em função da época de coleta .....	56
4.2.4 Vigor radicial das miniestacas em função das estações do ano .....	60
4.2.5 Hábito de crescimento das mudas produzidas .....	62
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>64</b>
<b>RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>65</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>66</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>76</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A necessidade de produtos diversificados de madeira foi, por muito tempo, suprida com a matéria-prima extraída das florestas nativas. Em grande parte do país, a capacidade destas florestas atenderem tal demanda está praticamente esgotada e, em muitos casos, sua exploração está impedida por lei. A única fonte segura de madeira, para atender a demanda atual e futura desses produtos, está nas florestas plantadas e manejadas em regime de produção autossustentada (SHIMIZU, 1998).

O foco da silvicultura brasileira encontra-se nos reflorestamentos com espécies de *Eucalyptus* que, segundo ABRAF (2011) ocupam quase 70% da área total dos plantios florestais no Brasil. A área ocupada por plantios florestais de outras espécies, incluindo *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE (araucária), representa apenas 6,6%. Além disso, ressalta-se que os plantios de araucária estão sendo reduzidos ao longo dos últimos anos, devido à preferência dos produtores florestais por espécies de rápido crescimento (*Eucalyptus* e *Pinus*) e pela legislação ambiental inadequada. Comparando-se o período 2009 com 2010, os plantios de araucária diminuíram, passando de 12.110 ha para 11.190 ha (ABRAF, 2011).

Sabe-se que o sucesso dos plantios florestais com o *Eucalyptus* e *Pinus* se deu a partir de incentivos fiscais com investimentos em pesquisa florestal que propiciaram o desenvolvimento e domínio tecnológico necessário à silvicultura, permitindo alcançar os atuais índices de produtividade. Este conhecimento acumulado pode ser transferido ao desenvolvimento da silvicultura com espécies nativas, que atualmente se restringe a cultivos pontuais ou experimentais e que possui limitações inerentes ao desconhecimento e a falta de estudos das espécies (CARVALHO, 1998).

Parte fundamental do desenvolvimento da silvicultura é a tecnologia de produção de mudas, que compreende desde o melhoramento florestal até a entrega das mudas para plantio. Ao contrário do eucalipto, cuja tecnologia de produção de mudas está consolidada e bem desenvolvida na propagação clonal, fazendo uso da miniestaquia (XAVIER et al., 2009; WENDLING e DUTRA, 2010), em espécies florestais nativas ainda pouco se conhece sobre essa técnica de propagação. A maior parte da produção de mudas das espécies nativas, ainda é por meio de

sementes, e muitas destas ainda apresentam algum tipo de limitação quanto à produção de mudas para atender à demanda comercial (XAVIER et al., 2009).

A restrição da propagação sexuada da araucária é a curta longevidade natural das sementes, com perda total de viabilidade em até um ano depois de coletadas (SHIMIZU e OLIVEIRA, 1981; VON ANDRADE e KRAPPENBAUER, 1983; AQUILA E FERREIRA, 1984), restringindo a produção de mudas a alguns meses do ano, entre abril a setembro (ANSELMINI et al., 2006).

A propagação vegetativa de coníferas, assim como de outras espécies arbóreas de crescimento lento, em geral, apresenta várias limitações e dificuldades (IRITANI, 1993; XAVIER et al., 2009). Nas tentativas de estabelecimento de protocolos de estaquia para a propagação de araucária, foram encontradas limitações para sua adoção em escala comercial, principalmente em relação a métodos eficientes de resgate e rejuvenescimento de material adulto (WENDLING et al., 2009) e ao hábito plagiotrópico de crescimento das brotações laterais (ZOBEL E TALBERT, 1984; OLIVEIRA, 2010). Faltam também estudos visando técnicas de manejo do ambiente de propagação e pós enraizamento, sistemas de enraizamento e condução, vigor do sistema radicial, bem como o estabelecimento de testes clonais, visando estudos de comparação do crescimento de mudas clonais com mudas originárias de sementes.

As poucas pesquisas realizadas até o momento mostram a característica recalcitrante da araucária à propagação vegetativa mesmo com indivíduos jovens e muito jovens (via seminal), nos quais a capacidade morfogênica é reconhecidamente maior (IRITANI, 1997). Fatores como condições de cultivo, espécie, idade, época do ano, tipo de propágulo utilizado, substrato, nutrição, concentração de reguladores vegetais, são variáveis que podem ser, em grande parte, responsáveis pelos resultados no processo de clonagem (IRITANI, 1993; XAVIER et al., 2009; WENDLING et al, 2009).

A nutrição mineral pode influenciar o enraizamento de estacas de duas formas distintas: em decorrência do vigor vegetativo da planta matriz da qual se coletaram as brotações (minicepa) e do próprio status nutricional do propágulo coletado (XAVIER et al., 2009). A época do ano em que são coletadas as estacas também exerce grande influencia sobre o enraizamento, sendo que para cada espécie é necessário que se determine qual a melhor estação do ano para se

realizar a coleta do material para confecção das estacas, a qual está diretamente relacionada com a condição fisiológica da planta matriz (HARTMANN et al., 2011).

Com isso, sugere-se que o estudo da época de coleta e da solução nutritiva para produção, enraizamento e vigor radicial de miniestacas possa contribuir para a propagação assexuada de *A. angustifolia*.



## 1.1 OBJETIVO GERAL

Considerando o exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial da miniestaquia, em propágulos de origem seminal, para a produção de mudas de *A. angustifolia*, estudando-se o efeito da época de coleta e das soluções nutritivas empregadas.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a influência da sazonalidade e solução nutritiva na sobrevivência das minicepas e na produção das miniestacas de *A. angustifolia* ao longo de 12 meses;
- Avaliar a influência da sazonalidade e solução nutritiva na sobrevivência e enraizamento das miniestacas de *A. angustifolia* na saída de casa de vegetação e casa de sombra;
- Avaliar a influência da sazonalidade e solução nutritiva no vigor radicial das miniestacas de *A. angustifolia*;
- Avaliar o hábito de crescimento (plagiotrópico e ortotrópico) das mudas resultantes da miniestaquia de *A. angustifolia*.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE

Conhecida popularmente como Pinheiro-Brasileiro, Pinheiro-do-Paraná ou araucária, *Araucaria angustifolia* pertence à família das Araucariaceae e é a única espécie do gênero a ocorrer naturalmente no Brasil. É característica e exclusiva da Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária) (VELOSO et al., 1991). Também é encontrada nas áreas de tensão ecológica, com a Floresta Estacional Semi-decidual e com a Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica), sempre em altitudes acima de 500 m e abaixo de 1800 m (CARVALHO, 2003).

Das espécies de Araucariaceae, *A. angustifolia* é a que apresenta a maior distribuição geográfica, possivelmente devido à sua diferenciação em variedades (KOCH e CORRÊA, 2002). As maiores concentrações da araucária encontram-se nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A área que esta espécie ocupava primitivamente era de 73.780 Km<sup>2</sup> no Paraná (40 % da superfície), 56.693 Km<sup>2</sup> em Santa Catarina (30 %), 46.483 Km<sup>2</sup> no Rio Grande do Sul (25 %) e 5.340 Km<sup>2</sup> em São Paulo (3 %) (MACHADO E SIQUEIRA, 1980; CARVALHO, 1994; KOCH e CORRÊA, 2002). Em 2002, somando-se as reservas dos três Estados do Sul, restavam cerca de 10 % de florestas fortemente manejadas e de 1 a 2 % das suas áreas originais cobertas pela Floresta com Araucária. No Paraná, as florestas primárias ou intocadas não existem mais (CASTELLA e BRITZ, 2004).

Juntamente com a erva-mate, a araucária foi uma espécie florestal de grande importância para a região sul do Brasil, responsável por sustentar a economia desta região durante muitos anos (WENDLING, 2010). Sob a forma de madeira serrada e laminada foi um dos produtos mais importantes na exportação brasileira. Árvores próximas ao formato retilíneo com fustes quase cilíndricos, atingindo de 30 a 50 m de altura e diâmetro de 2 m à altura do peito eram comuns no sul do Brasil (SHIMIZU e OLIVEIRA, 1981).

A araucária fornece madeira de alta qualidade para construções em geral, caixotaria, móveis, laminados e vários outros usos. (CARVALHO, 1994). Além da madeira, tem outras importantes utilizações, tais como artesanato, uso medicinal e alimentação humana e animal. Os pinhões (sementes) constituem um alimento

muito nutritivo e energético para alimentação humana, assim como para a fauna silvestre (GAMA, 2006).

Com o decorrer dos anos, percebeu-se a necessidade de conservação da espécie, que passou por uma desenfreada exploração, sem muita preocupação com os critérios técnicos. A criação de leis protecionistas fez parte da estratégia de conservação da espécie, diminuindo ou mesmo proibindo o seu corte de modo a ter sido inserida na lista brasileira de espécies ameaçadas de extinção (BRASIL, 1992). Instituições públicas e privadas vêm desenvolvendo estudos com a espécie, principalmente, na linha da conservação genética. Porém, é importante ressaltar que a araucária é uma espécie altamente potencial para ser usada na silvicultura brasileira, pois apresenta dupla aptidão: produção de madeira e alimento (pinhões) (WENDLING, 2010).

## 2.2 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

A propagação vegetativa ou clonagem consiste na produção de mudas a partir de partes ou órgãos vegetativos da planta (ramos, gemas, estacas, folhas, raízes e outros), permitindo obter indivíduos com as mesmas características genéticas da planta mãe (WENDLING et al., 2002). A técnica é embasada na totipotencialidade dos tecidos se regenerarem pelo processo de divisão celular conhecido como mitose (HARTMANN et al., 2011).

A técnica de clonagem que originou o conceito de florestas clonais foi desenvolvida a partir da estaquia (ASSIS, 1997). Sua implementação em escala comercial no Brasil, se deu em meados da década de 70 para o eucalipto (IKEMORI, 1975), passando por inúmeras transformações desde então. Essas transformações podem ser consideradas como grandes avanços, especialmente quanto ao método de produção e colheita de brotos para estaquia, tipo de substrato, recipiente e modelos de casa de enraizamento e de aclimação (ALFENAS et al., 2009).

Devido às dificuldades encontradas na propagação vegetativa de algumas espécies e clones, principalmente no que envolve a utilização de material adulto e, considerando a variação entre genótipos, a técnica de micropropagação surgiu com grande potencialidade na década de 80. Entretanto, o uso da micropropagação na

produção comercial de mudas de eucalipto não se justificou técnica e economicamente, sendo mais recomendada com vistas ao rejuvenescimento de material adulto, visando a microestaquia (WENDLING, 2010).

O fato de a microestaquia depender de laboratório de cultura de tecidos para promover o rejuvenescimento dos clones selecionados, limitou a implementação desta técnica pela maioria dos produtores de mudas florestais. Neste sentido, no final da década de 90, a miniestaquia tornou-se uma técnica atraente na clonagem do eucalipto, uma vez que não necessita de estruturas de laboratórios de cultura de tecidos, reduzindo, portanto, o custo na produção das mudas (XAVIER e WENDLING, 1998).

### 2.2.1 Miniestaquia

A miniestaquia pode ser considerada uma variação da estaquia convencional. Basicamente, consiste na utilização de brotações de plantas propagadas pelo processo de macroestaquia, ou mudas produzidas por sementes (WENDLING et al., 2002; ALFENAS et al., 2009; XAVIER et al., 2009).

Numa sequência esquemática dessa técnica, faz-se a poda do ápice do caule da muda enraizada via seminal ou clonal, e em intervalos variáveis em função da época do ano, do clone/espécie, das condições nutricionais, entre outros, há emissão de novas brotações, que são coletadas e colocadas para enraizar. Dessa forma, a parte basal da brotação da muda podada constitui uma minicepa (com 6 a 10 cm de altura), que fornecerá as brotações (miniesticas) para formação das futuras mudas clonais (WENDLING et al., 2002).

As miniesticas possuem normalmente dimensões que variam de 4,0 a 8,0 cm de comprimento, contendo de um a três pares de folhas, variável em função do clone/espécie. As folhas geralmente são recortadas ao meio, visando evitar o excesso de transpiração, facilitar a chegada da água de irrigação ao substrato (evitar o efeito guarda-chuva) e evitar o recurvamento das miniesticas devido ao peso da água sobre a superfície das folhas. Após serem coletadas, as miniesticas são acondicionadas em recipientes com água, para que possam chegar ao local de enraizamento em perfeitas condições de turgor (XAVIER et al., 2009)

Ainda que as miniestacas sejam mais sensíveis aos agentes bióticos ou abióticos adversos, a miniestaquia trouxe vários avanços para a propagação vegetativa, como a redução das dimensões do jardim clonal, transformando-se em minijardim clonal. O minijardim pode ser implantado em sistema de recipientes, que variam desde vasos de polipropileno de diferentes volumes, caixas de fibra de vidro com variadas formas e dimensões, ou em sistemas de “canaletões” de fibro-cimento, comumente utilizado pelas grandes empresas florestais (HIGASHI et al., 2002).

Esse fato proporcionou maior controle ambiental, fitopatológico, hídrico e nutricional das minicepas, resultando em aumento da produtividade por unidade de área, aumento da taxa de enraizamento, maior uniformidade das miniestacas, menor variação sazonal, facilidade de colheita, menor custo de transporte e processamento de brotações e, a redução ou, em alguns casos, até ausência da aplicação de reguladores vegetais (ASSIS, 1997; HIGASHI et al., 2000; ALFENAS et al., 2009).

### 2.2.2 Propagação vegetativa com araucária

Tendo em vista a potencialidade da araucária na silvicultura brasileira, algumas pesquisas para o desenvolvimento de técnicas de propagação vegetativa da espécie foram realizadas visando a produção de mudas clonais através da enxertia (GURGEL e GURGEL-FILHO, 1967; KAGEYAMA e FERREIRA, 1975; ANSELMINI, 2008; OLIVEIRA, 2010; PIRES et al., 2010; WENDLING, 2011), estaquia (BANDEL, 1966; TESSDORFF, 1968; IRITANI et al., 1986; DELGADO et al., 2007; BETTIO et al., 2008) e micropropagação (IRITANI et al., 1993; BERTHOLDO et al., 2009).

A principal limitação da maioria dos métodos de propagação vegetativa para a araucária deve-se ao número reduzido de brotos ortotrópicos (crescimento vertical) que a espécie produz, sendo a maioria brotações com crescimento plagiotrópico (crescimento horizontal, similar a um ramo lateral) (ZOBEL e TALBERT, 1984). Segundo Wendling et al. (2009), trabalhando em métodos de resgate para clonagem de araucária, o tipo de propágulo que se adéqua para a clonagem é aquele de hábito ortotrópico. Assim, necessita-se de estudos mais eficientes para sua propagação vegetativa visando à produção de mudas normais.

Oliveira (2010) ao avaliar o tropismo em estacas de araucária com brotos plagiotrópicos, fazendo uso de ácido indol-3-butírico (AIB) na concentração de 3.000 mg.L<sup>-1</sup>, verificou que após quatro anos plantadas em campo, as estacas continuaram com crescimento horizontal, impedindo o desenvolvimento de plantas normais com crescimento monopodial.

Considerando a limitação quanto às brotações ortotrópicas produzidas pela araucária, Kageyama e Ferreira (1975), Pires et al (2010) e Wendling (2011) destacaram o método de borbulhia como sendo o mais promissor em enxertia, podendo-se obter muitas gemas de crescimento ortotrópico por brotação, assim, conseguindo um maior número de enxertos por área, além de uma maior taxa de pegamento.

Trabalhos visando à produção de mudas a partir da microenxertia em araucária foram realizados por Anselmini (2008) e Oliveira (2010) caracterizando a viabilidade da produção de mudas da espécie a partir desse método, porém com restrições ao tipo de enxerto e enxertia, levando em consideração principalmente o tropismo (crescimento horizontal ou vertical) do material utilizado como enxerto.

Bandel (1966) não obteve resultados promissores ao testar a propagação vegetativa por meio da estaquia para a araucária. Tessdorff (1968) avaliou três concentrações de AIB (5, 10 e 20 g.L<sup>-1</sup>) aplicado via solução e talco na estaquia de araucária, utilizando propágulos dos ramos da parte superior da copa de indivíduos de 12 anos. Após 120 dias, não foram observadas diferenças entre os tratamentos, com média geral de 25 % de enraizamento.

Iritani et al. (1986) estudaram a estaquia de araucária com ramos de crescimento plagiotrópico, de plantas com quatro anos de idade em duas épocas (março e agosto). As estacas foram retiradas de segmentos com 17 a 20 cm, e após a assepsia, foram tratadas com duas auxinas: ácido indol-3-acético (AIA) e ácido indol-3-butírico (AIB). As auxinas não influenciaram significativamente o enraizamento nas duas épocas consideradas. Uma pequena taxa de sobrevivência foi observada na segunda época para as estacas tratadas com auxinas, talvez devido aos efeitos tóxicos das auxinas nessa época, conforme suposição dos autores. Foi observada ainda boa formação de calos, mas o enraizamento ocorreu em apenas 6,25 % na primeira época e 19,4 % na segunda. Foram observados em média 4-5 primórdios radiciais, mas somente um ou dois emergiram da estaca formando a raiz.

Bettio et al. (2008) utilizando brotações basais de matrizes com 20 anos para estaquia, também não verificara a influência de concentrações diferentes do regulador vegetal AIB na sobrevivência de estacas de araucária, apresentando uma alta taxa (97 %) na avaliação aos 130 dias. Como o enraizamento em material adulto de araucária geralmente é avaliado aos 180 dias, justifica-se uma alta sobrevivência, e não necessariamente enraizamento nesse período avaliado.

Delgado et al. (2007) observaram diferenças na produção de brotações de cepas e no enraizamento de estacas de araucária em função do sexo, constatando a maior capacidade de emissão de brotações em árvores masculinas, porém com menor aptidão ao enraizamento.

Na micropropagação com brotos de segmentos caulinares de mudas (1-2 meses) de araucária obtidos entre dezembro e fevereiro na região de Curitiba/PR, durante três anos, Iritani et al. (1993) observaram enraizamento variável conforme os anos de coleta, entre 0-50 % com tratamento de 1 e 2 mg.L<sup>-1</sup> de AIB, sendo que na ausência de AIB, o enraizamento foi nulo. Paralelamente, os mesmos autores avaliaram a estaquia de ramos plagiotrópicos de indivíduos com quatro anos, verificando um enraizamento médio de 25 %. Os autores também observaram que a iniciação radicial ocorreu a partir de calos compactos bem próximos da base da estaca, ocorrendo a desdiferenciação de células parenquimáticas formando câmbios isolados que dão origem a ninhos traqueóides e células parenquimáticas calosas.

Bertholdo et al. (2009) avaliando os efeitos do inibidor de transporte de auxina ácido 2,3,5-triidobenzóico (TIBA) em diferentes concentrações, na indução de brotos de araucária *in vitro* obtiveram a melhor resposta (0,45 e 0,42 brotos/explante) com TIBA nas concentrações de 1 e 5 mg.L<sup>-1</sup>, porém ressaltaram a limitação da araucária para a micropropagação por apresentar uma baixa taxa de formação de brotos *in vitro*.

Em relação à origem dos propágulos para enxertia, Wendling (2011) recomendou a utilização de brotações mais próximas do meristema apical de árvores adultas (com crescimento ortotrópico), pois apresentam maior maturidade e, conseqüentemente, resultarão em árvores com maior precocidade de florescimento e copas mais baixas, facilitando a colheita de sementes. Já na técnica de estaquia, onde o objetivo é a obtenção de mudas visando à produção de madeira, grande crescimento vegetativo e porte elevado das plantas, a utilização de brotações ortotrópicas de cepas é mais interessante. Contudo, segundo Wendling et al. (2009),

a única restrição do método relativo ao corte da planta doadora, é que, muitas vezes não é permitido por questões legais ou até desaconselhável devido a possibilidade de morte da árvore matriz .

## 2.3 ALGUNS FATORES QUE INTERFEREM NO ENRAIZAMENTO DE ESTACAS

Sabe-se da importância de se conhecer os efeitos dos fatores que afetam a formação de raízes e suas implicações, pois esses estão relacionados ao sucesso ou fracasso da produção de mudas via enraizamento adventício. Entre os principais fatores que afetam o enraizamento de estacas estão àqueles relacionados com o genótipo, as condições fisiológicas e de nutrição mineral da planta fornecedora das estacas, os substratos de enraizamento, o armazenamento das estacas, a sanidade e aplicação de reguladores vegetais, época do ano, assim como os fatores relacionados com a manipulação das condições ambientais principalmente luminosidade, temperatura e umidade (XAVIER et al., 2009).

### 2.3.1 Nutrição mineral

A nutrição mineral pode influenciar o enraizamento de estacas de duas formas distintas: em decorrência do vigor vegetativo da planta matriz da qual se coletaram as brotações (minicepas) e do próprio status nutricional do propágulo coletado (XAVIER et al., 2009), uma vez que os macro e micronutrientes estão envolvidos nos processos bioquímicos e fisiológicos vitais da planta (PAULA et al., 2000). De modo geral, qualquer nutriente envolvido nos processos metabólicos, associado à diferenciação e à formação de sistema radicular, é considerado essencial para a iniciação radicular (MALAVASI, 1994).

Assis e Teixeira (1998) destacaram a nutrição mineral como um dos fatores envolvidos nos obstáculos ao conhecimento dos fenômenos relacionados ao processo de formação de raízes, devido à dificuldade de isolar e caracterizar os



fatores que os controlam, pela complexidade e pela grande interação existente entre eles.

Os nutrientes minerais possuem funções essenciais e específicas no metabolismo vegetal, podendo agir como constituintes da estrutura orgânica, ativadores de reações enzimáticas, carreadores de cargas e osmorreguladores (MARSCHNER, 1995). Dessa forma, a nutrição mineral é considerada um fator chave que afeta a predisposição ao enraizamento adventício devido ao seu envolvimento na determinação de respostas morfogenéticas das plantas, como a formação de raízes laterais e a modulação do comprimento e densidade das raízes (ASSIS et al., 2004).

De maneira geral, evidencia-se grande carência de informações científicas sobre a importância de determinados nutrientes, bem como sobre a nutrição dos propágulos em geral no processo de iniciação, formação, crescimento e desenvolvimento das raízes adventícias em estacas, num processo de propagação vegetativa de espécies florestais. Portanto, as informações sobre a nutrição mineral assumem grande importância, principalmente, quando se tem por objetivo a utilização mais adequada dos nutrientes em função das exigências nutricionais de diferentes espécies, clones, ou grupos de clones (SGARBI et al., 1999)

Dentro de certos limites, o status nutricional da planta mãe (cepa) ou estaca, influencia mais no crescimento e desenvolvimento radicial que na iniciação radicial, sugerindo ser esta altamente dependente dos níveis iniciais dentro daquela porção da estaca onde as raízes serão formadas (MALAVASI, 1994). Ainda, o mesmo autor afirma que o estado nutricional do vegetal pode atuar sinergisticamente com vários fatores que induzem o enraizamento e afetam o crescimento e vigor pós-propagação.

Cunha et al. (2009) verificaram em clones de *Eucalyptus*, correlações negativas e positivas entre os nutrientes e clones estudados, apresentando comportamentos diferenciados quanto às necessidades desses elementos. Para o nitrogênio, alguns clones tiveram elevação na taxa de enraizamento com o aumento na concentração desse elemento, enquanto outros foram inibidos. O mesmo ocorreu com outros elementos nutricionais como: fósforo, potássio e cálcio, apresentando correlações positivas, negativas e não significativas.

Rosa (2006) fazendo uso de duas formas de nitrogênio (nitrato e amônio) na fertirrigação de minicepas em minijardim clonal de *Eucalyptus dunnii*, verificou que a

forma amoniacal permitiu resultados superiores na produtividade das minicepas, enraizamento e qualidade das mudas formadas. Já Schawambach et al. (2005) constatou que a porcentagem de enraizamento de microestacas de *Eucalyptus globulus* foi mais elevada em concentrações moderadas de nitrato comparada à forma amoniacal.

Schawambach et al. (2005) também verificaram que a deficiência de fósforo, nas fases de indução e formação das raízes, causou redução significativa no comprimento da maior raiz. Conforme Bucio et al. (2002), a primeira adaptação das plantas à baixa disponibilidade de fósforo é a mudança no sistema radicial, ou seja, alterações na ramificação, comprimento total, alongamento de pêlos radiciais e formação de raízes laterais.

Paula et al. (2000) observaram que a aplicação de doses crescentes de potássio não influenciou o enraizamento de estacas de clones de *Eucalyptus*, indicando que os teores originais desse nutriente nos tecidos das estacas encontravam-se em condições ideais, tendo em vista a sua influência no processo de formação de raízes adventícias.

Com relação aos carboidratos, esses não possuem função reguladora no enraizamento, mas são fontes de energia e de carbono para a síntese de outras substâncias essenciais à formação de raízes (MALAVASI, 1994). Sabendo que o enraizamento adventício demanda grande gasto de energia (HARTMANN et al., 2011), o manejo fisiológico para aumentar os carboidratos na planta matriz se torna, muitas vezes, essencial para alcançar resultados satisfatórios na propagação por estaquia (XAVIER et al., 2009).

Enfim, a nutrição mineral desempenha papel importante no enraizamento adventício de modo genótipo-dependente, gerando respostas diferenciadas, de acordo com o nutriente e o clone (CUNHA et al., 2009). O estado nutricional da planta matriz mostra-se de grande importância não apenas quanto ao aspecto do seu vigor vegetativo e da produção de brotações, mas também quanto à concentração que os elementos minerais apresentam nas estacas, sendo esse efeito altamente significativo nos índices de enraizamento e na velocidade de formação das raízes (XAVIER et al., 2009).

### 2.3.2 Épocas do ano

A época do ano em que são coletadas as estacas pode, em algumas situações, exercer grande influência sobre o enraizamento. Para algumas espécies que enraízam com facilidade, as estacas podem ser coletadas em qualquer época do ano, enquanto para outras, o período de maior enraizamento coincide com a estação de repouso ou com a estação de crescimento. Para cada espécie é necessário que se determine qual a melhor estação do ano para se realizar a coleta do material para confecção das estacas, a qual está diretamente relacionada com a condição fisiológica da planta matriz (HARTMANN et al., 2011).

De acordo com Fachinello et al. (1994), as estacas coletadas no período de crescimento vegetativo intenso (primavera/verão) apresentam-se mais herbáceas e, de modo geral, com maior capacidade de enraizamento, em comparação com as lenhosas, que já se apresentam lignificadas. Ainda para esses autores, a influência da época de coleta das estacas no enraizamento pode ser atribuída às condições climáticas, especialmente temperatura.

A época do ano também parece estar relacionada com a atividade cambial e o nível endógeno de ácido indol-3-acético (AIA). Como auxinas exógenas não modificam o nível endógeno de AIA, sua aplicação pode estimular, inibir ou ser tóxica conforme a época do ano, segundo Iritani et al., (1986). Os mesmos autores estudaram duas épocas (março e agosto) e duas auxinas, AIA e AIB na estaquia de araucária. Verificaram que as auxinas não influenciaram no enraizamento nas duas épocas consideradas. Baixa taxa de sobrevivência foi observada na segunda época para as estacas tratadas com auxinas, talvez devido aos efeitos tóxicos das auxinas nessa época, segundo suposição dos autores.

Roberts e Fuchigami<sup>1</sup> (1973) citados por Iritani et al. (1986) demonstraram que para *Pseudotsuga menziesii*, há um padrão consistente no enraizamento conforme as fases de crescimento (épocas). Com a aplicação de auxinas, o

---

<sup>1</sup> ROBERTS, A. N.; FUCHIGAMI, L. H. Seasonal changes in auxin effects on rooting of Douglas-fir stem cuttings as related to bud activity. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, Denmark, n.38, v.2, p.215-221, 1973.

enraizamento foi menor no outono, quando a dormência das gemas era mais pronunciada e maior no inverno, quando teve início o despertar da dormência das gemas. Sem a aplicação de auxinas, o enraizamento foi maior na primavera. Os autores concluíram que a capacidade de enraizamento desta espécie varia conforme a taxa de crescimento dos ramos, e que nesta espécie não há imposição à atividade cambial que se manifesta mesmo na época de dormência.

Brondani et al. (2010) verificaram em clones híbridos de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* que o enraizamento das miniestacas variou conforme o clone e mostrou-se muito sensível às estações do ano e às oscilações da temperatura, com maiores índices de enraizamento registrados nas estações mais frias (outono e inverno) e os menores nas estações mais quentes (primavera e verão). Os autores salientaram o comportamento recalcitrante ao enraizamento das espécies de clima subtropical (tolerantes ao frio), dificultando o uso dessas fontes genéticas em programas clonais visando resistência ao frio.

Estudando o enraizamento de miniestacas provenientes de material juvenil de *Piptocarpha angustifolia*, Ferriani et al. (2011) verificaram que a sobrevivência das minicepas apresentou variações de acordo com a época do ano, e a produção de brotações foi maior na primavera (259,2 miniestacas.m<sup>-2</sup>.mês<sup>-1</sup>). A menor produção de brotações observada no verão foi em função da morte de minicepas que pode ter sido ocasionada por estresse térmico pela elevação da temperatura, aclimatação das minicepas ao sistema de semi-hidropônico ou fitotoxicidade da solução nutritiva formulada. O maior enraizamento foi verificado em miniestacas coletadas no inverno e primavera (45%), porém o número e comprimento de raízes foram superiores no inverno (6,3 raízes e comprimento médio de 9,8 cm). Os autores inferiram que as reservas acumuladas ao longo do outono podem ter contribuído para a qualidade de enraizamento avaliado no inverno. Períodos de temperatura mais elevada contribuíram para o desenvolvimento geral de gemas e crescimento acentuado das brotações jovens.

Avaliando a clonagem comercial, Hartmann et al. (2011) consideram que o efeito da sazonalidade pode ser determinante nos processos rizogênicos em propágulos vegetativos. Portanto, conhecendo-se as épocas mais favoráveis ao enraizamento nos diferentes períodos do ano, poder-se-á adotar estratégias de manejo visando otimizar a produção de mudas de genótipos previamente selecionados (BRONDANI et al., 2010).

### 2.3.3 Umidade

A umidade constitui um dos fatores primordiais e de relevante importância para a propagação vegetativa, sendo mais crítica para estacas com folhas (ZUFFELLATO-RIBAS e RODRIGUES, 2001).

O processo de enraizamento é modulado e, pode ser dividido em: predisposição, indução, emissão e crescimento de raízes, com a necessidade de água diferente e decrescente em cada fase. Entretanto, é comum fornecer o mesmo tipo de manejo de irrigação em todas as fases, principalmente porque todas podem ocorrer em um mesmo ambiente de casa de vegetação. Se nas fases de indução e emissão de raízes a falta de umidade causa perda de estacas, o excesso de água na fase de crescimento de raízes pode provocar a morte de mudas enraizadas, aumentar a incidência de doenças e, conseqüentemente, reduzir o aproveitamento final de mudas (ALFENAS et al., 2009).

O sucesso no enraizamento depende, em parte, da capacidade do sistema de propagação em proporcionar condições de turgidez ao propágulo até que este forme suas próprias raízes e absorva água. Desse modo, a umidade do ar ao redor da estaca tem um grande efeito no seu status hídrico, visto que as estacas não possuem meios para absorver água e nutrientes. No entanto, o excesso também é prejudicial, por dificultar as trocas gasosas, propiciar o desenvolvimento de doenças, impedir o enraizamento e provocar a morte dos tecidos (XAVIER et al., 2009).

A presença de folhas nas estacas é um forte estímulo para a formação de raízes, contudo, a perda de água pela transpiração pode levar à sua morte antes da formação de raízes (HARTMANN et al., 2011). Para contornar o problema da transpiração excessiva, deve-se manter a umidade do ar acima de 80%, conservando-se assim a turgescência dos tecidos, entretanto, deve-se evitar a saturação do ar, por questões já mencionadas (XAVIER et al., 2009).

A estaquia, sob condições de nebulização, é prática recomendável para espécies vegetais com dificuldades no enraizamento, resultando em sucesso para muitas delas, permitindo com isso, que as estacas enraízem sem que ocorra desidratação (ZUFFELLATO-RIBAS e RODRIGUES, 2001). A nebulização mantém a umidade em volta das folhas, reduzindo a pressão de vapor das mesmas, bem como a temperatura e a taxa de transpiração, mantendo desta forma, as folhas

funcionais por longo espaço de tempo, o que pode ser decisivo no enraizamento de muitas espécies (HARTMANN et al., 2011).

Brondani et al. (2007) avaliaram o comportamento em miniestacas de *Ilex paraguariensis* (erva-mate) dois ambientes de enraizamento (casa de vegetação simples e automatizada com controle de umidade e temperatura), verificando que para todas as variáveis analisadas (sobrevivência, enraizamento, comprimento de brotações, número de folhas e comprimento de raízes), o ambiente com controle teve resultados superiores. Os autores destacaram que a constante elevação da média das temperaturas máximas, acima de 30 °C na casa de vegetação sem controle resultou em fatores negativos para o enraizamento das miniestacas (baixo vigor radicial), pois a perda de água pelas mesmas pode ter ocasionado a morte das miniestacas antes da formação das raízes. Os autores também consideraram que em espécies de enraizamento lento, como no caso da erva-mate, a transpiração das folhas deve ser reduzida ao máximo, pois essas ainda não possuem raízes para compensar a transpiração excessiva.

#### 2.3.4 Temperatura

A temperatura tem importante função regulatória no metabolismo das plantas e afeta o enraizamento das estacas. Assim, a temperatura, tanto do ambiente quanto do substrato que suporta a estaca, é um fator importante na propagação vegetativa das plantas, pois condiciona e regula a produção de raízes adventícias (CHALFUN, 1989). Deve propiciar condições para que haja indução, desenvolvimento e crescimento das raízes, como também a manutenção e sobrevivência das folhas, gemas e ramos, sendo as oscilações altamente prejudiciais (BERTOLOTTI e GONÇALVES, 1980).

Embora sejam variáveis as exigências das diferentes espécies, as temperaturas do leito de enraizamento variando de 21 a 27 °C durante o dia, e ao redor de 15 °C durante a noite, são satisfatórias para espécies florestais (HARTMANN et al., 2011). É recomendável que a temperatura na base da estaca seja superior à temperatura ambiente, em torno de 4 a 5 °C, em vista de propiciar maior atividade nesse local (ALFENAS et al., 2009).

As temperaturas do ar excessivamente altas devem ser evitadas, pois podem promover a brotação da parte aérea antes do enraizamento, levando a um consumo excessivo de reservas, devido à elevação da transpiração e, conseqüentemente, perda de água pelas folhas. Por outro lado, as baixas temperaturas diminuem o metabolismo das estacas, levando a um maior tempo para o enraizamento, ou, até mesmo, não proporcionam condições adequadas para indução, desenvolvimento e crescimento radicial (XAVIER et al., 2009).

Cunha (2006) verificou que a temperatura influenciou o enraizamento de miniestacas em clones de *Eucalyptus*, sendo dependente do clone e do tipo de minijardim clonal. Para o minijardim clonal conduzido em leito de areia, a diminuição da temperatura favoreceu o enraizamento. No entanto, em condições de minijardim clonal em sistema de tubetes, o enraizamento foi favorecido pelo aumento da temperatura. Em relação a produção de miniestacas, o aumento da temperatura foi favorável, independente do minijardim.

Brondani et al. (2010) constataram na miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*, que as elevadas temperaturas nas estações do ano mais quentes ocasionaram os piores índices de enraizamento, podendo ter induzido estresse aos propágulos vegetativos, ocasionando a mortalidade em razão da presença de um incipiente sistema radicial. Este fato também foi constatado por Rosa (2006) em miniestacas de *Eucalyptus dunnii*, as quais tiveram menor sobrevivência em decorrência das variações das temperaturas elevadas nos meses mais quentes do ano.

### 2.3.5 Luz

A radiação solar é considerada como principal fonte de energia para todos os processos terrestres, desde a fotossíntese, responsável pela produção vegetal, até o desenvolvimento de furacões, tempestades, e outros (PEREIRA et al., 2002). É o principal fator que limita o rendimento das espécies tanto no campo, como em ambientes protegidos, especialmente nos meses de inverno e em altas latitudes, por causa da escassa disponibilidade de energia radiante (MARTINS et al., 1999).

A luz, além de constituir fonte de energia para a fotossíntese é indispensável para a síntese de carboidratos e auxinas, afetando também a síntese de outros compostos, como substâncias de crescimento endógenas e cofatores, que desempenham importante função no enraizamento (THOMPSON<sup>2</sup>, 1992, citado por XAVIER et al., 2009).

A eficiência líquida da conversão da radiação solar global e da PAR (Radiação fotossinteticamente ativa) depende de limitações ambientais (elementos do clima e solo) e dos fatores intrínsecos da planta (características morfológicas e fisiológicas que influenciam na utilização da luz, arquitetura da planta, capacidade de persistência, transporte e armazenamento de fotossintatos, etc.). No caso de estufas plásticas, há que se considerar a redução de entrada de radiação solar (aproximadamente 20 %), devido ao material plástico, que depende, por sua vez, de fatores, tais como, componentes químicos do filme plástico, espessura, grau de envelhecimento etc. (MARTINS et al., 1999).

As plantas adaptam-se à intensidade da luz, regulando a morfologia de suas folhas e flores, sua composição e estrutura e seu estado fisiológico (principalmente relacionado à sua capacidade fotossintetizante). Uma das consequências principais é a alteração de suas vias metabólicas primárias e secundárias, originando, dessa forma, as mais diferentes respostas no que diz respeito aos seus processos anabólicos e catabólicos, na tentativa de permitir por meio dessas regulações o alcance de seu estado funcional máximo (GATES, 1980).

A irradiância, o fotoperíodo e a qualidade da luz, cujas necessidades são variáveis segundo a espécie, devem ser adequadas para a manutenção de uma taxa

---

<sup>2</sup> THOMPSON, D. G. Current state-of-the-art of rooting cuttings and view to future. In: SYMPOSIUM BORDEAUX FRANCE, 1992, Bordeaux. **Mass production technology for genetically improved fast growing forest tree species**:resumes [Nangis]:AFOCEL; [Vienna]:IUFRO, 1992. P.159-172.



fotossintética razoável que garanta um suprimento de carboidratos suficiente para a sobrevivência das estacas e a iniciação radicial, sem comprometer o vigor vegetativo das estacas (XAVIER et al., 2009).

Segundo Janick<sup>3</sup> (1966) citado por Zuffellato-Ribas e Rodrigues (2001), o papel da luz como estimuladora do enraizamento, varia conforme a planta e o método de propagação. As estacas semilenhosas e herbáceas reagem indiretamente à luz, devido ao papel que esta desempenha na síntese de carboidratos, enquanto as lenhosas de plantas caducas, que contém substâncias de reserva suficientes, enraízam melhor na redução de luz sendo, provavelmente, devido ao acúmulo de auxinas e de outras substâncias, que são instáveis na presença de luz.

Pela variação das condições ambientais de cada local, não se conhece bem os efeitos de diferentes intensidades luminosas sobre o enraizamento. Para Hartmann et al. (2011), condições de alta luminosidade tendem a promover nas estacas maior síntese de citocininas, substâncias estas que estariam mais relacionadas ao crescimento da parte aérea em detrimento do sistema radicial

Assis et al. (1990), ao estudarem o efeito da redução da luz em jardins clonais de híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, observaram um aumento no enraizamento das estacas retiradas destas plantas matrizes, submetidas à redução de luminosidade. Já Thompson<sup>4</sup> (1992) citado por XAVIER et al. (2009), declarou que o excesso de luminosidade promove a fotossíntese líquida e, conseqüentemente, a produção de carboidratos e posterior enraizamento. Cunha (2006), estudando o enraizamento de clones de *Eucalyptus*, observou que o aumento da intensidade luminosa influenciou positivamente tanto no enraizamento quanto no número de miniestacas produzidas.

Brondani (2008) observou que nas estações quentes do ano (maior intensidade luminosa e fotoperíodo) houve maior produção de miniestacas em minijardim clonal de híbridos de *Eucalyptus*, porém, o enraizamento foi maior nas estações mais frias (menor intensidade luminosa e menor fotoperíodo).

Torres (2003), estudando a influência sazonal de duas épocas do ano (inverno e verão) em clones híbridos de *Eucalyptus*, verificou que as maiores

---

<sup>3</sup> JANICK, J. **A ciência da horticultura**. Rios de Janeiro: F. Bastos, 1966. 485p.

<sup>4</sup> THOMPSON, D. G. Current state-of-the-art of rooting cuttings and view to future. In: SYMPOSIUM BORDEAUX FRANCE, 1992, Bordeaux. **Mass production technology for genetically improved fast growing forest tree species**:resumes [Nangis]:AFOCEL; [Vienna]:IUFRO, 1992. P.159-172.

produtividades de estacas, porcentagem de sobrevivência e teores de açúcares ocorreram no verão. O autor salientou que as condições climáticas e ambientais do local onde foi desenvolvido o trabalho, não apresentaram variações em seus valores médios em função das estações invernos e verão. Contudo, a radiação solar líquida foi o fator ambiental que mais variou entre as épocas sazonais.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi conduzido de maio de 2009 a abril de 2010 no Laboratório de Propagação de Espécies Florestais da Embrapa Florestas, situada em Colombo, PR (25°20' S e 49°14' W, 950 m). Segundo classificação de Köppen, o clima da região é temperado, do tipo Cfb, com temperatura do mês mais frio entre -3 °C a 18 °C, sempre úmido, chuva em todos os meses do ano e temperatura do mês mais quente inferior a 22 °C, mas no mínimo quatro meses com temperatura maior que 10 °C.

#### 3.2 FORMAÇÃO DAS MINICEPAS E CONSTITUIÇÃO DO MINIJARDIM

Para a formação das minicepas, foram utilizadas mudas provenientes de sementes de *Araucaria angustifolia*, produzidas em tubetes de 110 cm<sup>3</sup> em substrato comercial formado por casca de *Pinus* e vermiculita. As mudas, após 45 dias da germinação, foram transferidas para sistema semi-hidropônico de canaletão de areia e, plantadas no espaçamento 10 cm x 15 cm.

Decorridos sete dias para adaptação das mudas ao sistema semi-hidropônico, procedeu-se a poda do ápice para a quebra da dominância apical e formação das minicepas. A poda foi efetuada a 7 cm acima do colo de cada muda, a fim de reduzir o estresse e facilitar a iniciação da brotação posterior, conforme metodologia descrita por Wendling (1999), constituindo desta forma o minijardim.

Foram estabelecidos dois minijardins de *Araucaria angustifolia* diferenciados apenas pela composição da solução nutritiva, com cinco repetições e cinco minicepas por repetição, totalizando 25 minicepas para cada minijardim.

### 3.3 MANEJO E NUTRIÇÃO DAS MINICEPAS

As minicepas manejadas em sistema semi-hidropônico receberam solução nutritiva por gotejamento, distribuída 3 vezes ao dia a uma vazão total diária de 5 L m<sup>-2</sup> (TABELA 1).

Na renovação da solução nutritiva, a cada três semanas, a condutividade elétrica foi mantida em 1,6 mS m<sup>-2</sup> a 25 °C e o pH ajustado a 5,5 ± 0,1, corrigido com ácido clorídrico (HCl) ou hidróxido de sódio (NaOH), ambos a 1M.

Os minijardins foram mantidos em condições de estufa coberta com polietileno com sistema de aspersão que funcionou com pressão de água de rede (2,0 kg cm<sup>-2</sup>) e foi controlado por timer em intervalos pré-estabelecidos sem controle de temperatura, onde as minicepas foram submetidas a sucessivas coletas de brotações produzidas durante todo o período experimental em intervalos variáveis em função da época do ano. Procedeu-se limpeza semanal do minijardim, com eliminação de folhas, brotações e minicepas mortas. Os valores médios semanais da temperatura do ar registrados na estufa que continha o minijardim clonal durante todo o período experimental encontram-se no Apêndice 1.

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA MINICEPAS DE *Araucaria angustifolia* EM SISTEMA SEMI-HIDROPÔNICO.

Adubos comerciais aplicados			Nutrientes aplicados via adubos comerciais			Nutrientes na água (mg.L <sup>-1</sup> )
Adubo	Concentração (mg.L <sup>-1</sup> )		Nutriente	Concentração (mg.L <sup>-1</sup> )		
<b>Macronutrientes</b>	Solução A	Solução B	<b>Macronutrientes</b>	Solução A	Solução B	
Monoamônio fosfato (MAP)	65	65	N-NO <sub>3</sub>	65	54,2	1,4
Sulfato de magnésio	138	400	N-NH <sub>4</sub>	35	49,55	0,4
Nitrato de potássio	-	440	P	25,87	25,87	0,93
Sulfato de amônio	130,7	200	K	101,1	200,6	1,44
Cloreto de cálcio	81,5	395,5	Ca	40	93,74	26,08
Sulfato de potássio	-	70	Mg	15	33,7	5,07
Nitrato e Sulfato de K	530	-	S	30,44	70,88	0,4
<b>Micronutrientes</b>			<b>Micronutrientes</b>			
Ácido bórico	1,16	2,88	B	0,2	0,5	0
Sulfato de Manganês	6	3,7	Cu*	0,4	0,4	0,4
Molibdato de Sódio	0,06	0,18	Fe	2	5	0,09
Sulfato de Zinco	0,74	0,74	Mn	1,6	1	0,04
Hidro Ferro-pó	31,9	81,8	Zn	0,2	0,2	0,04
			Mo	0,02	0,07	0

\* Para o nutriente Cu não foi aplicado adubo, uma vez que a água continha a concentração recomendada de 0,4 mg.L<sup>-1</sup>

### 3.4 COLETA DE BROTAÇÕES, PREPARO E TRANSFERÊNCIA DAS MINIESTACAS

Foram coletadas as porções apicais com 5 a 8 cm de comprimento e preparadas com remoção de  $4 \pm 0,5$  cm das acículas da base para formação das miniestacas (FIGURA 1B).

Considerando a seletividade de tamanho para a realização das coletas, não foi estabelecido um intervalo fixo entre as sucessivas intervenções (TABELA 2), totalizando assim 11 coletas em doze meses.

TABELA 2 – ÉPOCA DE REALIZAÇÃO DA COLETA NO MINIJARDIM DE *Araucaria angustifolia*, INTERVALO ENTRE COLETAS E ESTAÇÃO DO ANO.

Época da coleta	Data	Intervalo entre coletas	Estação do ano
1	02/04/2009	30	Outono
2	22/04/2009	20	Outono
3	21/07/2009	90	Inverno
4	31/08/2009	40	Inverno
5	01/10/2009	60	Primavera
6	05/11/2009	35	Primavera
7	03/12/2009	28	Primavera
8	07/01/2010	35	Verão
9	11/02/2010	35	Verão
10	29/03/2010	48	Outono
11	29/04/2010	30	Outono

As brotações coletadas foram armazenadas em caixas de isopor contendo água fria. O período entre o preparo das miniestacas, a introdução destas no substrato e a transferência para a casa de vegetação foi sempre o mais reduzido possível.

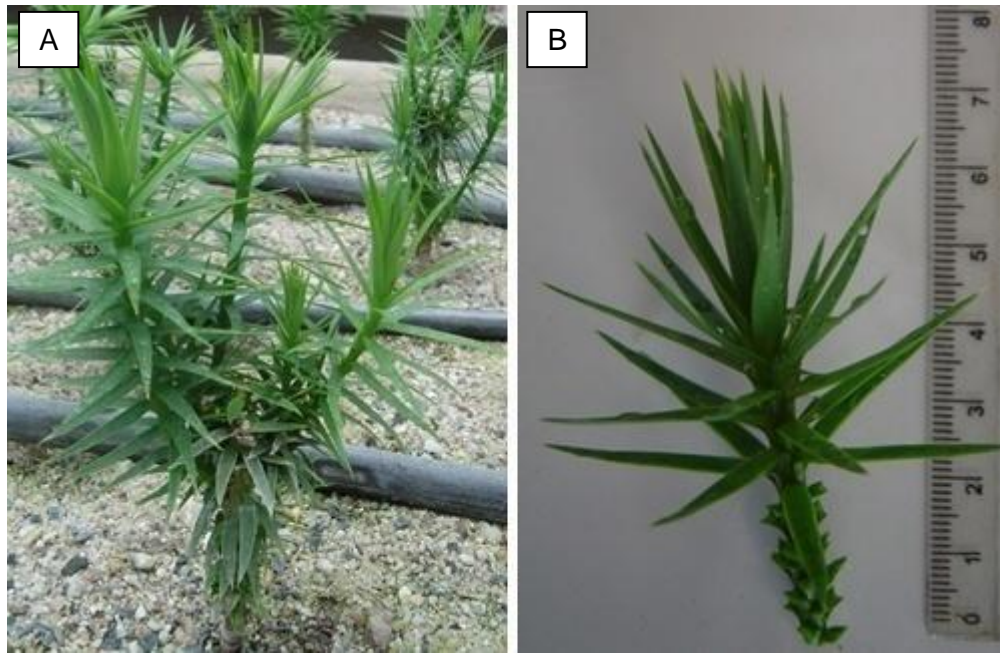


FIGURA 1 - (A): MINICEPA COM BROTAÇÕES APTAS A SEREM COLETADAS; (B) MINIESTACA FORMADA PRONTA PARA SER ESTAQUEADA. FOTO: PIRES (2010).

### 3.5 MANEJO E FERTILIZAÇÃO DAS MINIESTACAS

Com as miniestacas preparadas, foram instalados os experimentos para avaliar a sua sobrevivência e enraizamento ao longo do período experimental. Essas foram plantadas em tubetes plásticos cônicos ( $55 \text{ cm}^3$ ), com a introdução de aproximadamente 3 cm da sua base no substrato, composto pela mistura de casca de arroz carbonizada e vermiculita média (1:1 v/v),  $4 \text{ kg m}^{-3}$  de superfosfato simples (20% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 14% de S) e  $1,5 \text{ kg m}^{-3}$  de FTEBR12 (9% Zn, 3% Fe, 2% Mn, 0,1% Mo, 1,8% B, 0,8% Cu).

Os tubetes foram previamente imersos em uma solução de 0,25 % (v/v) de cloro ativo (NaOCl) por 48 horas para desinfestação e, em seguida foram enxaguados com água corrente, a fim de remover os resíduos.

O período de permanência das miniestacas em casa de vegetação automatizada variou de 100 a 120 dias, em função do enraizamento, variável conforme a época do ano. A umidade relativa do ar ( $\text{UR} > 80 \%$ ) e a temperatura do ar (entre 20 e 30 °C) foram mantidas automaticamente, por meio de umidostato e termostato, respectivamente. Os valores médios semanais da temperatura do ar,

registrados na casa de vegetação automatizada, durante o período experimental encontram-se no Apêndice 2.

Após o enraizamento, as miniestacas foram transferidas para casa de sombra (sombrite 50 %) visando sua aclimação durante 25 a 35 dias, variável em função da época do ano. O sistema de irrigação (microaspersão) funcionou com pressão de água da rede e foi controlado por timer em intervalos pré-estabelecidos. O sistema foi composto por 12 microaspersores de  $2,0 \text{ kg cm}^{-2}$  de pressão, com vazão de  $144 \text{ L.h}^{-1}$  ( $2,4 \text{ L.min}^{-1}$ ), acionado automaticamente durante 2 minutos, a cada 2 horas. Não houve controle da temperatura nesse ambiente.

### 3.6 AVALIAÇÕES DO MINIJARDIM

#### 3.6.1 Sobrevivência das minicepas e produção de miniestacas

No minijardim foram avaliadas a sobrevivência das minicepas (SM) e a produção de miniestacas durante um período de doze meses (maio de 2009 a abril de 2010). A produção de miniestacas foi avaliada por minicepa (PMC) e transformada para produção de miniestacas por metro quadrado ao ano (PMA) e produção de miniestacas por metro quadrado ao mês (PMM):

- $\text{PMM} = ((\text{PMC}/0,015) * (30/\text{intervalo entre coletas}))$
- $\text{PMA} = ((\text{PMC}/0,015) * (365/\text{intervalo entre coletas}))$

Além da análise dos dados em função das diferentes épocas de coletas, também foram avaliados os efeitos das estações do ano sobre a produção de miniestacas. Para tanto, utilizaram-se os valores médios dentro de cada estação para comparar a variação da produção das minicepas ao longo do outono (20 de março à 21 de junho), inverno (21 de junho à 22 de setembro), primavera (22 de setembro a 21 de dezembro), verão (21 de dezembro a 20 de março). Foram realizadas quatro coletas no outono, duas em 2009 e duas em 2010, no inverno



ocorreram duas coletas em 2009, na primavera três em 2009 e no verão duas coletas em 2010, conforme TABELA 2.

O experimento referente à sobrevivência de minicepas e produção de miniestacas em função das épocas de coletas foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (2x11), sendo os fatores constituídos por duas soluções nutritivas e onze coletas de brotações ao longo de doze meses. Para tanto, utilizaram-se cinco repetições, contendo cinco minicepas por repetição.

O experimento referente à sobrevivência de minicepas e produção de miniestacas em função das estações do ano foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (2x4), sendo os fatores constituídos por duas soluções nutritivas e quatro estações do ano (primavera, verão, outono e inverno). Para tanto, utilizaram-se cinco repetições, contendo cinco minicepas por repetição.

Para a confecção da linha de temperaturas máximas e mínimas nos gráficos de produção de miniestacas em função das épocas de coletas foram utilizados valores médios da semana anterior até o dia da intervenção. Já nos gráficos em função da estação do ano, foram utilizados valores médios de cada estação do ano.

### 3.7 AVALIAÇÕES EM CASA DE VEGETAÇÃO E CASA DE SOMBRA

O experimento referente à sobrevivência e características do enraizamento de miniestacas em função das épocas de coletas foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (2X11), sendo os fatores constituídos por duas soluções nutritivas e onze coletas de brotações ao longo de 12 meses. Para tanto utilizou-se cinco repetições, contendo dez miniestacas por repetição.

O experimento referente à sobrevivência e características do enraizamento de miniestacas em função das estações do ano foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (2x4), sendo os fatores constituídos por duas soluções nutritivas e quatro estações do ano (primavera, verão, outono e inverno). Para tanto foi realizada uma média das coletas em cada estação do ano.

Para a confecção das linhas de temperaturas máximas e mínimas nos gráficos das variáveis analisadas em casa de vegetação em função das coletas,

foram utilizados valores médios de quatro semanas após a realização das coletas, contando a partir da semana em que a mesma foi realizada. Já nos gráficos em função da época do ano, foram utilizados valores médios de cada estação do ano.

### 3.7.1 Sobrevivência e enraizamento das miniestacas

Decorrido o tempo de permanência das miniestacas em casa de vegetação (100 a 120 dias), avaliou-se a porcentagem de sobrevivência na saída da casa de vegetação (SSCV), na qual consideraram-se vivas apenas as miniestacas que mantiveram a coloração verde.

Após a transferência das miniestacas para casa de sombra, considerando o tempo de adaptação das mesmas ao ambiente (25 a 35 dias), foi realizada a avaliação de enraizamento das miniestacas na saída da casa de sombra (ESCS).

### 3.7.2 Vigor radicial das miniestacas

Além da avaliação de sobrevivência das miniestacas na casa de vegetação, também foram avaliadas características de qualidade das raízes formadas nesse ambiente, antes da transferência para casa de sombra. Foram avaliados: número de raízes (NR), comprimento da maior raiz (CMR) e comprimento total de raízes (CTR)

Para a avaliação da qualidade radicial (variáveis NR, CMR, CTR) foram analisadas duas miniestacas por repetição a cada avaliação.

### 3.7.3 Hábito de crescimento das mudas produzidas

Foi avaliado o hábito de crescimento (ortotrópico ou plagiotrópico), por meio de análise visual do ângulo de tropismo das mudas de araucária produzidas aos 120 dias após o processo de clonagem.

### 3.8 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett ( $p < 0,05$ ) para verificação da homogeneidade da variância entre os tratamentos. Em seguida, procedeu-se a análise de variância (ANOVA) ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ) e a correlação de Pearson entre as características amostradas ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ). De acordo com a significância, os valores médios foram comparados pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Para tanto, foram utilizados os pacotes estatísticos ASSISTAT (SILVA e AZEVEDO, 2002) e SOC (EMBRAPA, 1990) para a realização dos procedimentos estatísticos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 AVALIAÇÕES DO MINIJARDIM

#### 4.1.1 Sobrevivência das minicepas e produção de miniestacas em função da época de coleta

Com base na análise de variância observou-se que a época de coleta e as soluções nutritivas tiveram efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para a PMM (produção de miniestacas por metro quadrado ao mês) e PMA (produção de miniestacas por metro quadrado ao ano) (APÊNDICE 3). Não houve diferença significativa para a sobrevivência das minicepas.

As minicepas dos dois minijardins apresentaram sobrevivência de 100 % no decorrer das onze épocas de coletas. A taxa de sobrevivência das minicepas indicou excelente vigor e um bom potencial de resposta das mesmas à emissão de novas brotações, por meio do sistema de coleta adotado. Resultado que corrobora com os obtidos na miniestaquia de outras espécies nativas como *Cedrela fissilis* (XAVIER et al., 2003), *Ilex paraguariensis* (WENDLING et al., 2007), *Erythrina falcata* (CUNHA et al., 2008), *Cariniana strellensis* e *Piptadenia gonoacantha* (CASTRO, 2011). Concorda, também, com a estaquia do gênero *Eucalyptus* em estudos realizados por Wendling et al. (2000), Titon et al. (2003) e Souza Junior e Wendling (2003). Os resultados obtidos evidenciam que a metodologia adotada no presente estudo, quanto à condução e manejo do minijardim clonal, é tecnicamente viável, possibilitando a produção de miniestacas de Araucária em sucessivas coletas.

As produções de miniestacas mensais (PMM) e anuais (PMA) apresentaram correlação de 5 % (solução A) e 1 % (solução B), com os valores médios das temperaturas máximas ( $T_{máx}$ ), temperaturas médias ( $T_{méd}$ ) e temperaturas mínimas ( $T_{mín}$ ) (APÊNDICE 9), demonstrando que a variação da temperatura no ambiente de condução das minicepas influenciou a emissão de brotações.

Observou-se que as coletas de número 1 a 5, com exceção da coleta 2, tiveram as menores PMM e PMA (média de 39 miniestacas.m<sup>-2</sup>.mês<sup>-1</sup>/ 476

miniestacas.m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup>). Essas coletas ocorreram entre os meses de maio a outubro. A menor produção da primeira coleta pode ter sido em função da necessidade de adaptação das minicepas ao ambiente semi-hidropônico, assim, na segunda coleta, estando essas mais adaptadas, ocorreu um aumento na produção de brotações, porém a produção voltou a cair juntamente com a temperatura no mês de julho, ressaltando também que a queda na temperatura aumentou o intervalo entre a segunda e terceira coleta (90 dias). Na sexta coleta, feita em novembro, com maiores temperaturas máximas e mínimas, o intervalo entre coletas diminuiu e a PMM e PMA aumentaram (média de 66 miniestacas.m<sup>-2</sup>.mês<sup>-1</sup>/ 806 miniestacas.m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup>), alcançando a média de 111 miniestacas.m<sup>-2</sup>.mês<sup>-1</sup> e 1356 miniestacas.m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup>, na coleta 7 (FIGURA 2A e FIGURA 2B).

Outra explicação para a baixa produção nos meses de baixas temperaturas pode ser explicado por Assunção (2008), o qual relata a existência de um crescimento acelerado da araucária de outubro a abril, fase de maior crescimento vegetativo, primavera e verão, mas no mês de abril, ocorre uma desaceleração no crescimento da planta. Segundo Hartmann et al.(2011), a redução do crescimento corresponde a uma redução no consumo de energia e um aumento potencial em reserva energética.

Rosa (2006) verificou em *Eucalyptus dunnii*, com minicepas conduzidas em sistema de tubetes, uma produtividade média de 9.120 miniestacas.m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup>, valor considerado bom para esse sistema de minijardim clonal (em tubete), visto que em sistemas de minijardim clonal semi-hidropônico, em canaletão, esse valor pode variar de 7.488 até 41.480 miniestacas.m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup>, para diferentes espécies e híbridos de *Eucalyptus* (ALFENAS et al., 2009). Ao comparar a média de produção das minicepas de araucária com espécies do gênero *Eucalyptus*, deve-se levar em consideração além dos poucos estudos e melhoramento genético realizados na espécie até o momento, a menor capacidade de emissão de brotações de uma conífera (KRAMER e KOZLOWSKI, 1972). Assim, pode-se compreender que com mais estudos e pesquisas com a araucária, os valores de produção encontrados no presente trabalho poderão aumentar.

Considerando as variações de produção nas diferentes coletas, Cunha et al. (2008) em pesquisa com *Erythrina falcata* também encontraram maiores produtividades das minicepas nas coletas realizadas nos meses de temperaturas mais elevadas. Os resultados de Ferriani et al. (2011) com miniestaquia de

*Piptocarpha angustifolia*, concordam em parte com o presente trabalho, pois também verificaram um aumento na produção após o término dos meses de inverno, sendo que a maior produção de brotações ocorreu nos meses da primavera (259,2 miniestacas.m<sup>2</sup>.mês<sup>-1</sup>). Porém, a produção nos meses de verão diminuiu em função da morte de minicepas que pode ter sido ocasionada, segundo os autores, por estresse térmico pela elevação da temperatura, aclimatação das minicepas ao sistema de semi-hidropônico ou fitotoxicidade da solução nutritiva formulada para *Eucalyptus*.

Castro (2011) verificou em jardim clonal de *Cariniana strellensis*, formado por mudas seminais, que a produção de brotações aumentou gradativamente durante quatro coletas sucessivas (março a outubro). Segundo o autor, esse resultado indicou a capacidade regenerativa da espécie para produção de estacas. Já para *Cedrela fissilis*, Xavier et al. (2003) constataram que após 4 coletas sucessivas em intervalos de 30 dias não houve variação na produção de brotações da espécie, com média geral de 1,3 miniestacas por minicepa. Na miniestaquia de *Grevillea robusta*, Souza Junior et al. (2008) também verificaram que a produtividade de miniestacas em sistema de tubetes não variou em quinze coletas durante um ano, com média de 4030 miniestacas.m<sup>2</sup>.ano<sup>-1</sup>.

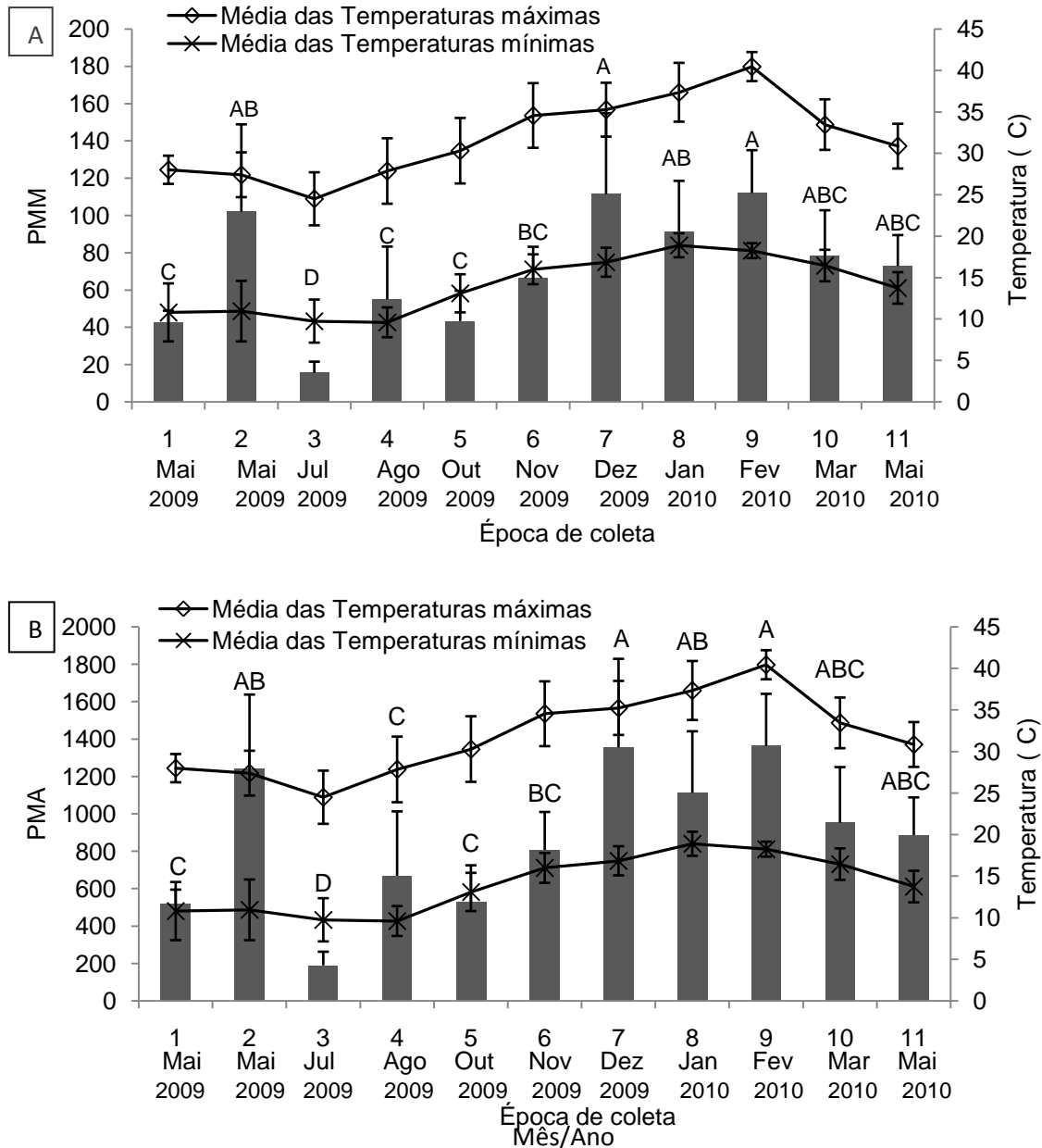


FIGURA 2 - PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR (A) METRO QUADRADO AO MÊS (PMM) E (B) METRO QUADRADO AO ANO (PMA) DE *Araucaria angustifolia* EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE COLETA. MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE TUKEY, AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO. DADOS APRESENTADOS COMO: MÉDIA  $\pm$  DESVIO PADRÃO.

A solução apresentou influência significativa na produção de miniestacas, aumentando a produtividade em aproximadamente 40 % (FIGURA 3A e FIGURA 3B). Ressalta-se que para a maioria dos macro e micronutrientes a solução B era mais concentrada que a solução A. Essa influência pode estar relacionada à condição fisiológica das minicepas, pois mesmo sabendo que as mesmas apresentaram excelente vigor no decorrer das coletas, sem apresentarem mortalidade. Um possível esgotamento fisiológico na capacidade de emissão de novas brotações fez com que as minicepas demandassem uma concentração maior de nutrientes no seu metabolismo, com isso, a solução mais concentrada apresentou os melhores resultados.

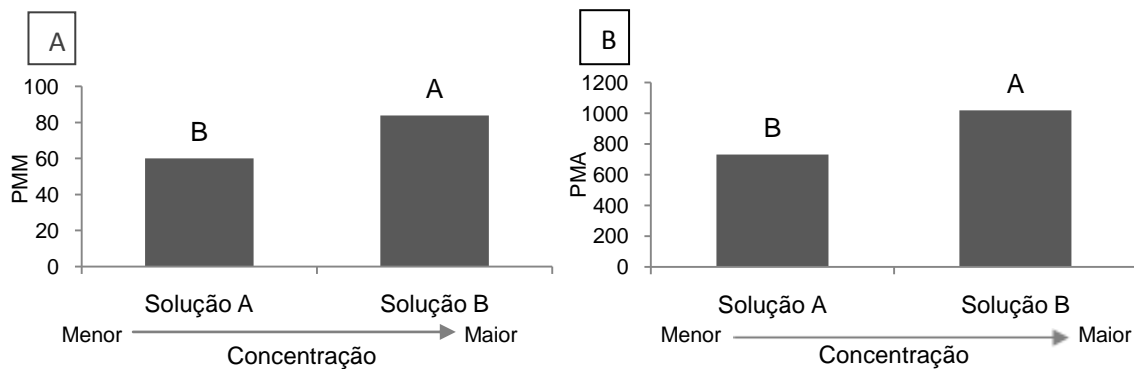


FIGURA 3 - PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR (A) METRO QUADRADO AO MÊS (PMM) E (B) METRO QUADRADO AO ANO (PMA) DE *Araucaria angustifolia* EM FUNÇÃO DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS. MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE TUKEY, AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO. DADOS APRESENTADOS COMO: MÉDIA  $\pm$  DESVIO PADRÃO.

A máxima produtividade vegetal é obtida quando a planta está em condições fisiológicas estabilizadas, “steady-state”, ou seja, a quantidade de nutrientes internos se estabiliza, situação em que a quantidade de biomassa e a absorção de nutrientes estão dinamicamente equilibradas (INGESTAD e ÄGREN, 1995). Não se tem definido se a solução B é a ideal para a araucária ou se há necessidade de modificações na sua formulação para acréscimos ainda maiores que o encontrado, buscando sua estabilização fisiológica e seu máximo incremento. Surge, desse modo, a necessidade de estudos mais aprofundados que busquem respostas quanto às necessidades nutricionais da araucária no processo de miniestaquia.

Além do incremento na produção de miniestacas outra importância do conhecimento da nutrição ideal é que a mesma pode proporcionar um melhor comportamento quanto ao enraizamento das miniestacas. De acordo com Xavier et



al. (2009), o status nutricional das miniestacas coletadas é capaz de influenciar nos índices de enraizamento e na velocidade de formação das raízes.

Scarassati (2003) verificou em clones de *Eucalyptus* que a retirada do potássio, magnésio e enxofre da solução nutritiva provocaram incremento na produção de microestacas, e o aumento do molibdênio, cobre e sódio agiram da mesma forma. O autor também destacou que o processo de produção nas nove coletas realizadas foi dinâmico, alterando-se a cada coleta, sendo um ou outro elemento nutricional de fundamental importância naquele momento do processo fisiológico. No presente estudo, a solução B que continha quase o dobro de potássio e magnésio, proporcionou melhores resultados quando comparados com a solução A.

Cunha (2006) trabalhando com diferentes clones híbridos de *Eucalyptus* observou que a nutrição mineral das minicepas desempenhou papel significativo na produção de miniestacas, gerando respostas diferenciadas, de acordo com cada nutriente para cada clone. Como exemplo, o cálcio foi um dos nutrientes que apresentou correlação negativa com um maior número de clones estudados. Segundo o autor, essas correlações negativas com a produção de brotos podem ter sido devido ao cálcio ser um ativador de peroxidase, uma enzima essencial ao enraizamento, fazendo com que a relação auxina/citocinina seja maior, o que desfavorece a emissão de brotações. No presente estudo, a concentração de cálcio na solução B foi maior, porém não inibiu a sua capacidade de emissão de brotações, tendo essa solução apresentado melhores resultados. Assim, sugere-se que a concentração interna desse nutriente nas minicepas submetidas a essa solução foi ideal ou apenas não tóxica.

No presente estudo não foi avaliada a influência isolada de cada nutriente utilizado nas variáveis analisadas. Cunha et al. (2009) consideraram que a nutrição mineral gera respostas diferenciadas de acordo com o nutriente e o clone/espécie e sugere que o manejo do minijardim clonal deve ser adaptado conforme a necessidade. Dessa forma, será possível utilizar todo o potencial de enraizamento das miniestacas.

Higashi et al. (2002) explicou que não existe uma solução nutritiva padrão para todas as espécies vegetais e condições de cultivo. Os nutrientes necessários para o desenvolvimento são os mesmos, mas as quantidades extraídas diferenciam-

se entre e dentro de cada espécie. As doses utilizadas na solução nutritiva devem ser corrigidas conforme a exigência nutricional de cada clone/espécie e época do ano por meio do monitoramento nutricional, procurando correlacionar o teor foliar com a produtividade e o enraizamento das miniestacas.

#### 4.1.2 Sobrevivência das minicepas e produção de miniestacas em função das estações do ano

Com base na análise de variância observou-se que a estação do ano e as soluções nutritivas tiveram efeito significativo ( $p < 0,01$ ), para a PMM e PMA (APÊNDICE 4).

Ao analisar a PMM (FIGURA 4A) e PMA (FIGURA 4B) nas diferentes estações do ano, verificou-se que no verão ocorreram as maiores produções, média de 119 miniestacas. $m^{-2}.mês^{-1}$  e 1237 miniestacas. $m^{-2}.ano^{-1}$ , respectivamente no inverno, essa produção caiu mais de 65 %. No outono e primavera, a produção de miniestacas foi semelhante, tendo uma queda em média de 25 % comparada ao verão. Nota-se, também, que a produtividade seguiu as temperaturas máximas e mínimas, na qual o aumento da temperatura trouxe aumento das produções de miniestacas.

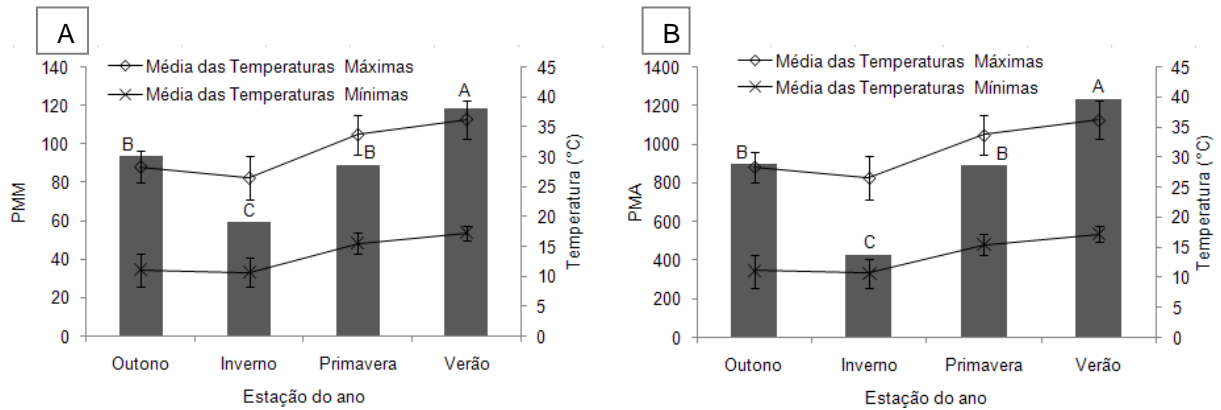


FIGURA 4 - (A) PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO MÊS E (B) POR METRO QUADRADO AO ANO (PMA) DE *Araucaria angustifolia* EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES DO ANO. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE TUKEY, AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO.

Rosa (2006) verificou uma maior produtividade de brotações em *Eucalyptus dunnii* na estação do verão. Torres (2003) também constatou que o verão foi a estação mais favorável para a produção de miniestacas em dois clones de *Eucalyptus*, quando um aumento no teor de carboidratos provocou um acréscimo de até 200 % na produção de brotações. Ferreira et al. (2010), observaram maior produtividade de brotações de *Sapium glandulatum* na época do verão, seguido da primavera, sendo o inverno considerado a pior época para produção de miniestacas da espécie. Por outro lado, Ferriani et al. (2011) estudando *Piptocarpha angustifolia*, constataram que o verão foi a pior época de produção de brotos para a espécie, com maior morte de suas minicepas.

## 4.2 AVALIAÇÕES EM CASA DE VEGETAÇÃO E CASA DE SOMBRA

### 4.2.1 Sobrevivência e enraizamento das miniestacas em função da época de coleta

Com base na análise de variância observou-se que a época de coleta teve efeito significativo ( $p < 0,01$ ), sobre a SSCV (sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação) e ESCS (enraizamento das miniestacas na saída da casa de sombra) (APÊNDICE 5).

As coletas 3 e 4, realizadas nos meses de julho e agosto, tiveram as maiores porcentagens de sobrevivência em casa de vegetação (média de 89 %). Esse comportamento foi inverso ao encontrado para a produção de miniestacas em canaletão, na qual a produção foi menor nessas épocas de coleta. Na coleta 7, realizada em dezembro, a sobrevivência foi de apenas 12 % (FIGURA 5A).

O fato de a araucária ser uma espécie subtropical de altitude, tolerante ao frio, pode ter refletido para a baixa sobrevivência e enraizamento nas épocas de temperaturas elevadas, pois de acordo com Assis e Mafia (2007), espécies subtropicais são consideradas recalcitrantes ao enraizamento. Mesmo sabendo que a casa de vegetação é um ambiente controlado, com menores variações de temperatura, e que não houve correlação significativa entre esse ambiente e a sobrevivência (APÊNDICE 10), o estado fisiológico das miniestacas, coletada no canaletão em épocas de maiores temperaturas, pode ter influenciado no enraizamento.

Iritani et al. (1986) estudaram a estaquia da araucária, com ramos de crescimento plagiotrópico, de plantas com quatro anos de idade, em duas épocas (março e agosto). Os autores verificaram que o maior enraizamento ocorreu nas estacas coletadas em agosto, 19,4 %, contra apenas 6,25 % da estaquia realizada em março. Na estaquia de *Platanus acerifolia*, Nicoloso et al. (1999) obtiveram maior enraizamento (89 %) nas estacas coletadas em julho. Já Tagliani (2011), em *Jatropha curcas*, verificou que o maior enraizamento ocorreu em estacas coletadas em março e abril (84 %) tendo uma queda de 34 % no enraizamento em setembro.

Rosa (2006) constatou que variações de temperatura durante o dia, comuns nas épocas mais quentes na região de Colombo-PR (local do presente trabalho), podem ter influenciado negativamente a sobrevivência de miniestacas de *Eucalyptus dunnii* em casa de vegetação. Brondani et al. (2010) sugeriu que as elevadas temperaturas podem induzir estresse nas miniestacas, ocasionando a mortalidade em razão da presença de um incipiente sistema radicial e tendo em vista a maior sensibilidade das mesmas às condições ambientais nos primeiros dias após a entrada em casa de vegetação. Porém, no caso da *Erythrina falcata*, as altas temperaturas favoreceram seu enraizamento, proporcionando condições fisiológicas mais favoráveis tanto no processo de crescimento das brotações como no enraizamento das miniestacas (CUNHA et al., 2008).

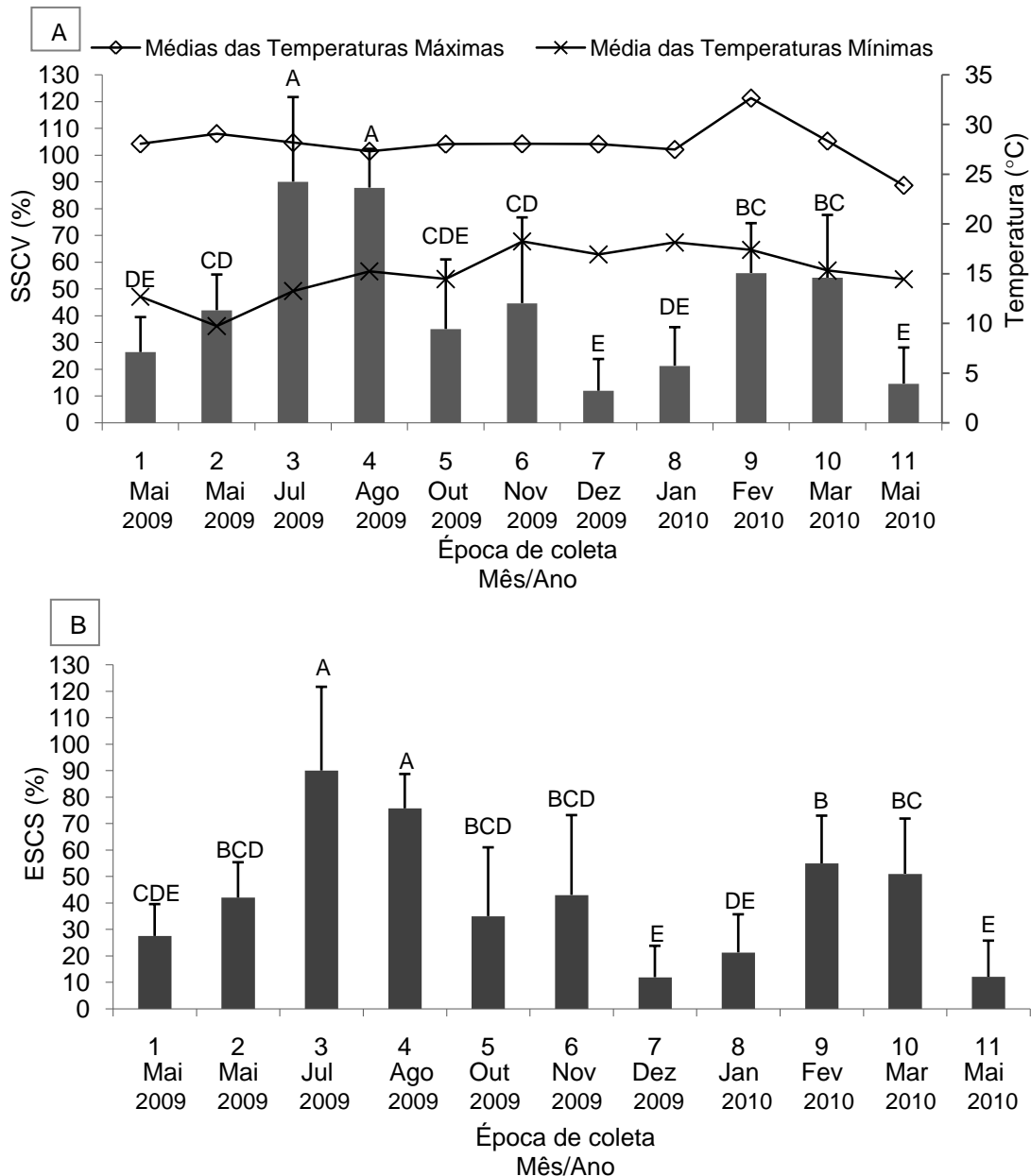


FIGURA 5 - (A) SOBREVIVÊNCIA DAS MINIESTACAS DE *Araucaria angustifolia* NA SAÍDA DA CASA DE VEGETAÇÃO (SSCV) E (B) ENRAIZAMENTO NA SAÍDA DA CASA DE SOMBRA EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE COLETA. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE TUKEY, AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO. DADOS APRESENTADOS COMO: MÉDIA  $\pm$  DESVIO PADRÃO.

O enraizamento na saída da casa de sombra (FIGURA 5B) seguiu o mesmo comportamento da saída da casa de vegetação, na qual as coletas 3 e 4 apresentaram os maiores resultados (sobrevivência média de 82 %). Ressalta-se que a taxa de mortalidade entre a casa de vegetação e sombra foi mínima, evidenciando o vigor das miniestacas da araucária. A aclimação das miniestacas em casa de sombra, após a saída da casa de vegetação, tem como consequência quedas na taxa de sobrevivência, pois miniestacas não enraizadas não conseguem

se desenvolver no ambiente menos controlado, pois um sistema radicial mal desenvolvido não é capaz de equilibrar as perdas hídricas promovidas pela evapotranspiração da brotação (ALMEIDA et al., 2007).

Rosa (2006), avaliando a sobrevivência de miniestacas de *Eucalyptus dunnii* na saída da casa de sombra, verificou que as miniestacas com sinais de sobrevivência (coloração verde natural) na saída da casa de vegetação, sem, entretanto apresentarem raízes formadas, secaram após um ou dois dias em aclimação na casa de sombra.

#### 4.2.2 Sobrevivência e enraizamento das miniestacas em função das estações do ano

Com base na análise de variância a estação do ano teve efeito significativo ( $p < 0,01$ ), sobre a SCV e SCS (APÊNDICE 6).

As miniestacas coletadas durante o inverno apresentaram os melhores resultados de SSCV, com sobrevivência próxima a 90 %. As demais estações comportaram-se de forma semelhante, com sobrevivência média entre 30 a 40 % (FIGURA 6A). Os resultados estão de acordo com o estudo de Iritani et al. (1986) na estaquia de araucária, o qual obtiveram enraizamento de 19,4 % na coleta de estacas realizadas em agosto (inverno). Brondani et al. (2010), também obteve o inverno como melhor época para enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*, quando os índices de sobrevivências foram próximos a 100 % independente do clone avaliado, ressaltando que o híbrido foi formado por espécies subtropicais.

O enraizamento na saída da casa de sombra (ESCS) seguiu o comportamento da casa de vegetação, onde as coletas de brotações realizadas no inverno apresentaram a maior taxa de enraizamento média (80 %) (FIGURA 6B), demonstrando mais uma vez que a araucária, espécie subtropical, é favorecida por baixas temperaturas para sua sobrevivência e enraizamento.

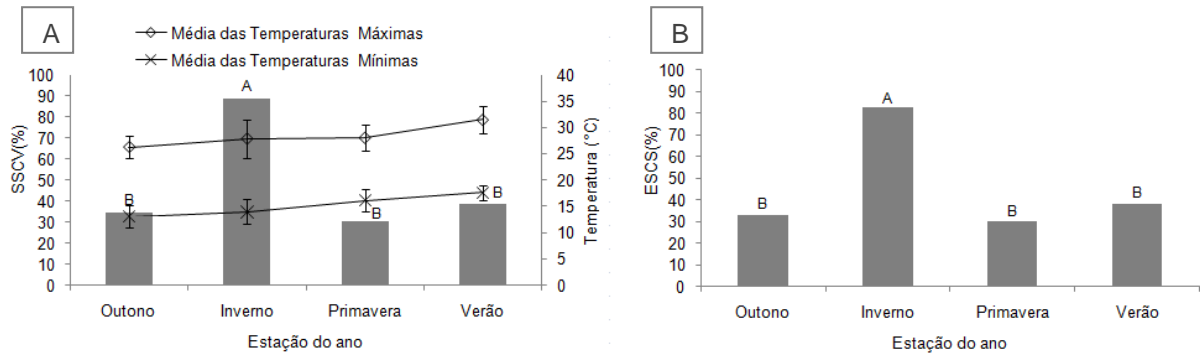


FIGURA 6 - (A) SOBREVIVÊNCIA DE MINIESTACAS DE *Araucaria angustifolia* NA SAÍDA DA CASA DE VEGETAÇÃO (SSCV) E (B) ENRAIZAMENTO NA SAÍDA DA CASA DE SOMBRA EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES DO ANO. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE TUKEY, AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO.

Silva (1984) constatou na estquia de *Ocotea puberula* e *Ocotea pretiosa*, espécies nativas de crescimento lento, que o inverno também foi a melhor época para estaqueamento (65 % de sobrevivência). Alcântara et al. (2007) também observaram que as miniestacas de *Pinus taeda* coletadas no inverno apresentaram os melhores resultados de enraizamento (85 %) e de outras características avaliadas. Estes resultados também concordam em parte com o estudo de Ferriani et al. (2011), em miniestacas juvenis de *Piptocarpha angustifolia*, no qual o maior enraizamento foi verificado em miniestacas coletadas no inverno e primavera (45 %). Os autores inferiram que as reservas acumuladas ao longo do outono podem ter contribuído para a qualidade de enraizamento avaliado no inverno.

Já Haissig (1974) em estacas de *Pinus banksiana*, observou um maior enraizamento das estacas coletadas na primavera. Segundo o autor, isso se deve aos teores de proteínas e aminoácidos mais altos nesta época do ano. Por conseguinte, no estudo de Iritani et al. (1986) foi observado que para *Ilex paraguariensis* o maior enraizamento ocorreu nas estacas coletadas no início do outono quando comparadas às de inverno. O mesmo foi observado por Tedesco et al. (1998) em estacas de *Platanus acerifolia*, verificando que estacas coletadas no outono enraizaram melhor que quando coletadas em outras épocas do ano.

O estudo de Ferreira et al. (2001) apresentou resultados diferentes dos obtidos no presente trabalho, pois observaram em estacas de *Sapium glandulatum*, que o verão foi a melhor época de enraizamento quando comparado com o inverno. Neste mesmo estudo, houve também maior quantidade de substâncias estimuladoras do enraizamento como açúcares redutores e não-redutores, assim como açúcares totais e que no inverno a diminuição do enraizamento se deve,

possivelmente, a menor brotação devido ao frio e ao alto teor de inibidores, que são comuns na fase de dormência.

Já Bortolini (2006) verificou em *Tibouchina sellowiana* que as maiores concentrações de açúcares totais foram encontradas no inverno ( $83,21 \text{ mg}^{-1}$  de tecido) e no outono ( $72,79 \text{ mg}^{-1}$ ). As mesmas estações também apresentaram as maiores concentrações de proteína ( $4,69$  e  $3,95 \text{ mg}^{-1}$ , respectivamente). Porém o autor relatou que não foi possível relacionar os altos teores de açúcares totais e proteínas com as estações que apresentaram as maiores porcentagens de enraizamento.

De acordo com Fachinello et al. (1994) reservas mais abundantes de carboidratos correlacionam-se com maiores porcentagens de enraizamento, pelo fato de que a formação celular requer fonte de carbono para a biossíntese de ácidos nucléicos e proteínas, levando à necessidade de energia e carbono para a formação das raízes.

Taiz e Zeiger (2004) afirmaram que a maior taxa de síntese de auxinas (hormônios endógenos indutores de enraizamento) nas plantas ocorre nos pontos de crescimento da parte aérea (gemas e folhas jovens), sendo a primavera e verão as melhores épocas de produção. Pode-se considerar que tendo o inverno a maior taxa de sobrevivência, boa parte das reservas sintetizadas nessa época foram utilizadas no inverno, ressaltando também que uma parte do processo de enraizamento das miniestacas (120 dias em casa de vegetação) pode ter ocorrido durante a primavera.

Como se pode observar, de acordo com os resultados obtidos por diversos pesquisadores estudando outras espécies, as concentrações de auxinas, carboidratos, proteínas, aminoácidos e substâncias estimuladoras do enraizamento em estacas, sofrem alterações em seu conteúdo em função da época do ano, da espécie, e de outros fatores. Para araucária houve variação na porcentagem de sobrevivência e enraizamento nas diferentes épocas do ano, sendo que nas coletas de inverno ocorreram as maiores taxas de sobrevivência e enraizamento das miniestacas.



#### 4.2.3 Vigor radicial das miniestacas em função da época de coleta

Com base na análise de variância observou-se efeito significativo ( $p < 0,05$ ), da interação das diferentes épocas de coletas e soluções nutritivas sobre o comprimento da maior raiz (CMR). A época de coleta teve efeito significativo ( $p < 0,01$ ), sobre todas as características avaliadas (APÊNDICE 7).

Verificou-se que o maior NR ocorreu nas miniestacas das coletas 2, 5, 8 e 9 (média de 2,4 raízes por miniestaca), realizadas em maio e outubro de 2009 e janeiro e fevereiro de 2010, respectivamente. O menor valor ocorreu na quarta coleta (1,0 raiz por miniestaca), realizada em agosto de 2009. Nas demais coletas o comportamento foi semelhante, com média geral de 1,7 raízes por miniestaca (FIGURA 8).

De acordo com Taiz & Zeiger (2004), a temperatura tem efeito direto sobre o metabolismo da planta, sendo que, quanto maior, mais aceleradas serão as reações químicas. Fachinello et al. (1994) citam que o aumento da temperatura favorece a divisão celular nas estacas. Fato ocorrido no presente estudo, no qual o NR apresentou correlação ( $p < 0,05$ ) com a temperatura média e mínima registradas na casa de vegetação (Apêndice 4). Há também relação entre a concentração de carboidratos e o enraizamento de estacas, devido às funções estruturais relacionadas ao processo bioquímico durante a expansão celular, formação de novos tecidos e iniciação das raízes adventícias, sendo os carboidratos fonte de energia e carbono para a síntese de substâncias essenciais para a formação de raízes. Além disso, os carboidratos podem durante o período de enraizamento interferir no número de raízes formadas e no desenvolvimento destas (MALAVASI, 1994).

Considerando que as maiores sobrevivências e enraizamentos das miniestacas de araucária ocorreram nas coletas de inverno, período de repouso vegetativo, pode-se deduzir que as baixas temperaturas reduziram a mortalidade, porém, não favoreceram o desenvolvimento radicial. Entretanto, quando ocorre a mudança para a primavera e verão (maiores temperaturas), épocas de maior atividade metabólica, as substâncias de reservas acumuladas no período de repouso podem ter favorecido no vigor radicial.

Pizzatto et al. (2011) avaliando duas épocas do ano (junho e setembro) no enraizamento e características das raízes formadas em estacas de *Hibiscus rosa-sinensis* verificaram que setembro teve uma superioridade de 65 % para a variável número de raízes, justificando o baixo enraizamento de junho às baixas temperaturas.

Tagliani (2011) considerou quatro épocas (março, abril, setembro e novembro) para a miniestquia de *J. curcas* e verificou que em abril houve o maior número de raízes formadas, ocorrendo uma queda de 45 % nas demais épocas avaliadas. Ressalta-se que a espécie em questão é considerada de fácil enraizamento, e o autor não verificou diferença significativa para a porcentagem de enraizamento, porém, a época de coleta influenciou nas características das raízes formadas.

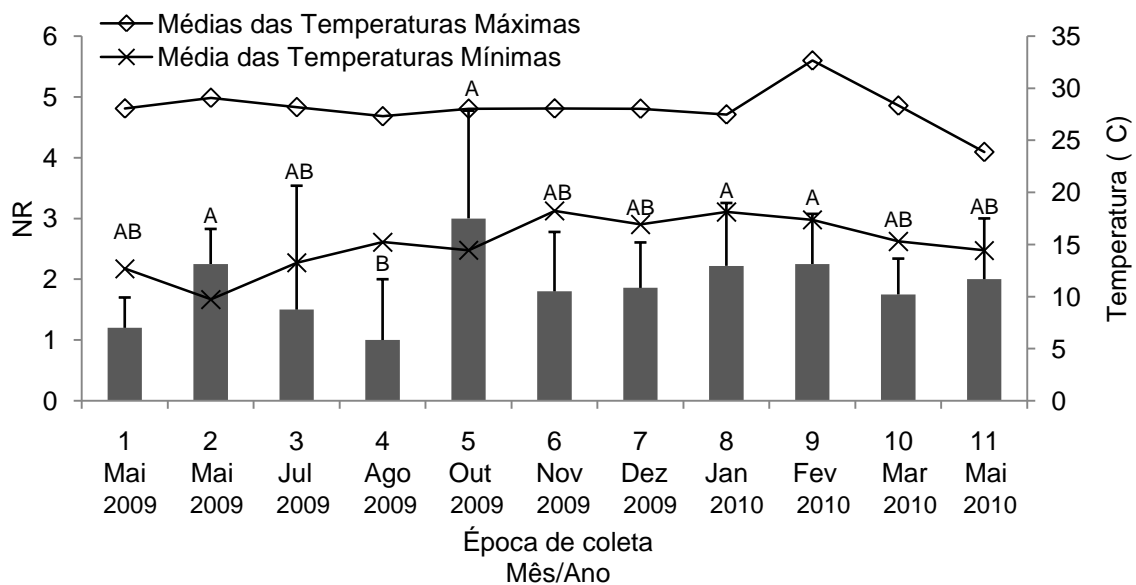


FIGURA 7 - NÚMERO DE RAÍZES (NR) POR MINIESTACA DE *Araucaria angustifolia* NA SAÍDA DA CASA DE VEGETAÇÃO EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE COLETA. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE TUKEY, AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO. DADOS APRESENTADOS COMO: MÉDIA  $\pm$  DESVIO PADRÃO.

Os maiores CMR ocorreram entre a quinta e décima coleta, com média de 7,0 cm de comprimento, a coleta 4 apresentou os menores resultados nas duas soluções nutritivas (1,2 cm) (FIGURA 9). Em *J. curcas*, para a variável comprimento médio das 3 maiores raízes, Tagliani (2011) relatou que em novembro obteve o maior valor para essa variável (9,7 cm). Pode-se sugerir que mudas produzidas a

partir de miniestacas coletadas nesta época venham apresentar um desempenho mais satisfatório em campo devido ao sistema radicial mais desenvolvido, que, de acordo com Reis et al. (2000) contribui para a absorção mais eficiente de nutrientes e conseqüente crescimento da muda.

As duas soluções nutritivas apresentaram variações de maiores valores para o CMR entre as coletas, visto que para a coleta 3, 6, 9 e 10 a solução B foi superior, já na coleta 7 e 8 a solução A apresentou maiores valores. As coletas 7 e 8, nas quais a solução A (menos concentrada) se destacou, ocorreram no fim da primavera e no verão. Com isso, pode-se deduzir que com uma maior atividade metabólica ocorrendo nessa época, as miniestacas não tinham uma necessidade maior de nutrientes, podendo ter ocorrido uma inibição quando a concentração foi mais elevada. Destaca-se também a correlação ( $p < 0,05$ ) entre o CMR da solução A e as temperaturas médias e mínimas (Apêndice 4), indicando mais uma vez que as miniestacas da solução A tiveram influência direta da temperatura no seu metabolismo.

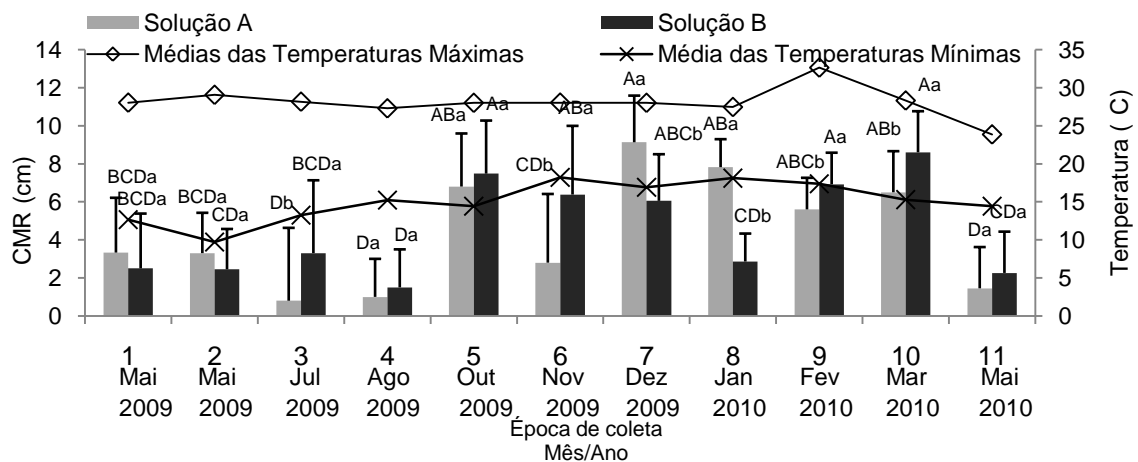


FIGURA 8 - COMPRIMENTO DA MAIOR RAIZ (CMR) DE MINIESTACAS DE *Araucaria angustifolia* NA SAÍDA DA CASA DE VEGETAÇÃO EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE COLETA E SOLUÇÕES NUTRITIVAS. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA MAIÚSCULA PARA A MESMA SOLUÇÃO ENTRE AS DIFERENTES COLETAS E LETRAS MINÚSCULAS ENTRE AS SOLUÇÕES DENTRO DA MESMA COLETA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO. DADOS APRESENTADOS COMO: MÉDIA  $\pm$  DESVIO PADRÃO.

Verificou-se que entre a quinta e décima época de coleta ocorreram os maiores valores de CTR, com destaque para a coleta 5 (15 cm), já na coleta 4

ocorreu o menor valor (1,5 cm), sendo que as três primeiras e a última coleta foram estatisticamente iguais as demais, com exceção da quinta coleta (FIGURA 10).

O CTR apresentou correlação ( $p < 0,05$ ) com as temperaturas médias e mínimas (APÊNDICE 10). Verifica-se a partir da linha das temperaturas mínimas (FIGURA 10) que os menores valores de CTR coincidiram com as menores temperaturas. Mais uma vez destaca-se que a queda de temperatura pode ter diminuído a atividade metabólica das miniestacas, fazendo com que ocorresse menor crescimento de raízes.

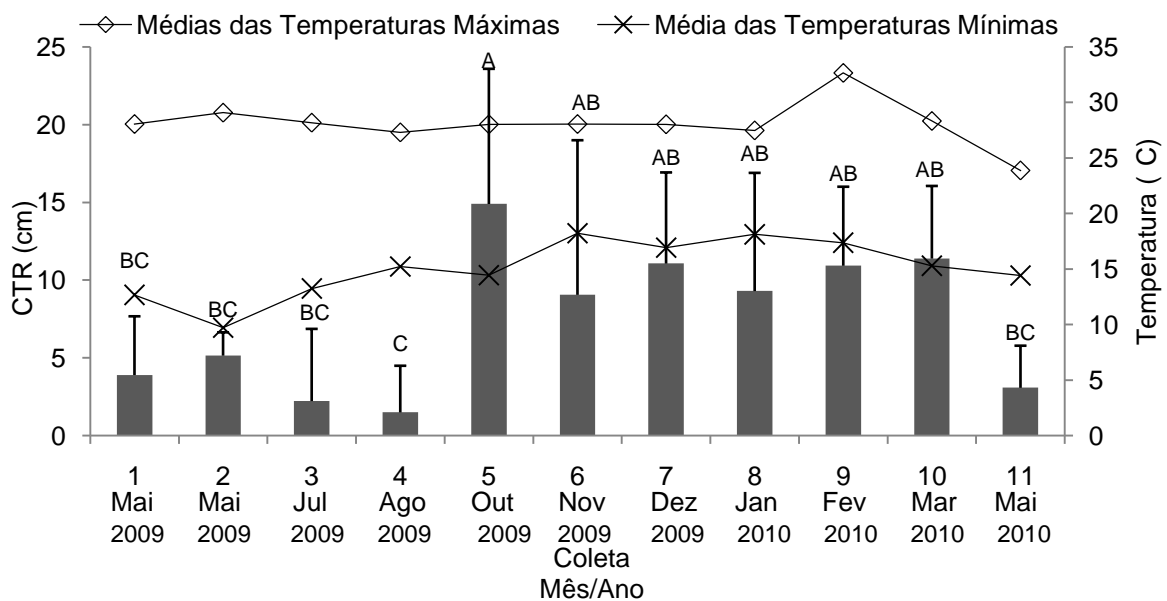


FIGURA 9 - COMPRIMENTO TOTAL DE RAÍZES (CTR) POR MINIESTACAS DE *Araucaria angustifolia* NA SAÍDA DA CASA DE VEGETAÇÃO EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE COLETA. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE TUKEY, AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO. DADOS APRESENTADOS COMO: MÉDIA  $\pm$  DESVIO PADRÃO.

Zuffellato-Ribas e Rodrigues (2001) citam que a capacidade do propágulo em emitir raízes é característica da interação de fatores que se encontram presentes nas células do tecido vegetal, como substâncias transportáveis produzidas nas folhas e gemas. Dessa forma, de acordo com Hartmann et al. (2011), as variações climáticas sazonais podem afetar significativamente o estado fisiológico da planta matriz, podendo sofrer alterações hormonais endógenas, nutricionais e no balanço entre promotores e inibidores do enraizamento.

#### 4.2.4 Vigor radicial das miniestacas em função das estações do ano

Com base na análise de variância, a estação do ano causou efeito significativo ( $p < 0,01$ ) sobre todas as características avaliadas (APÊNDICE 8).

As miniestacas provenientes das coletas realizadas na primavera e verão apresentaram NR superior em relação às coletas de inverno, destacando o melhor desempenho na época de maior atividade metabólica (FIGURA 11).

Outros trabalhos também demonstraram um maior efeito da estação sobre as características radiciais das miniestacas. Frassetto (2007) constatou em *Sebastiania schottiana* que o maior número de raízes e comprimento de raízes ocorreram em estacas coletadas nos meses de agosto, setembro e outubro (final de inverno e começo de primavera). Alcântara et al. (2007) também verificaram um melhor desenvolvimento do sistema radicial das miniestacas de *Pinus taeda* coletadas na primavera. Pizzatto et al. (2011) na estaquia de *Hibiscus rosa-sinensis* quando avaliaram características de raízes em duas épocas (junho e setembro), constataram melhores características radiciais quando houve um aumento na temperatura numa determinada faixa.

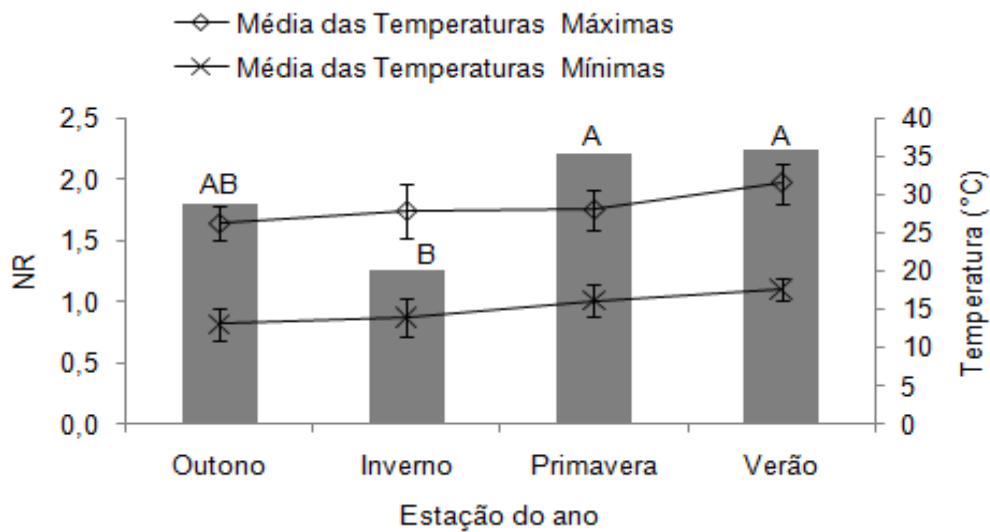


FIGURA 10 - NÚMERO DE RAÍZES FORMADAS (NR) POR MINIESTACAS DE *Araucaria angustifolia* NA SAÍDA DA CASA DE VEGETAÇÃO EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES DO ANO. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE TUKEY, AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO.

Os maiores valores de CMR ocorreram na primavera (6,2 cm), verão (5,7 cm) e outono (4,5 cm) incidindo em queda de 78% no inverno (FIGURA 12A). O CTR (FIGURA 12B) seguiu a tendência das demais características avaliadas da raiz, na qual a estação da primavera e verão foram superiores, diminuindo 78% nas coletas de inverno.

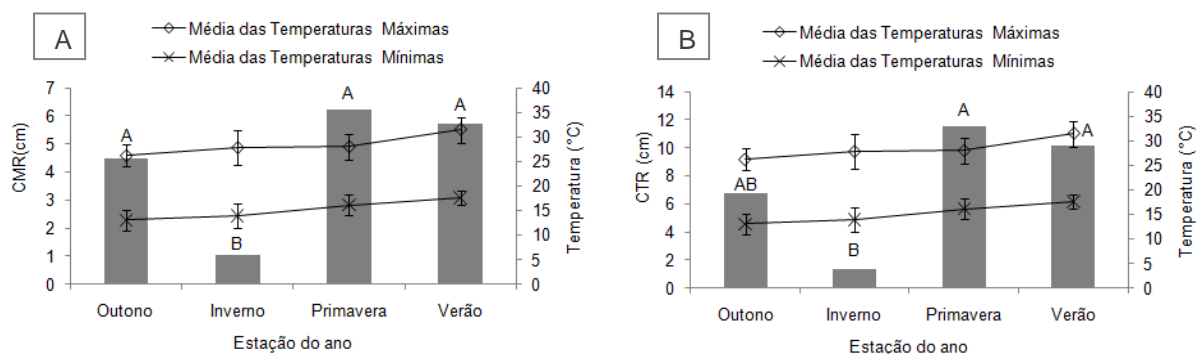


FIGURA 11 – (A) COMPRIMENTO DA MAIOR RAIZ (CMR) E (B) COMPRIMENTO TOTAL DE RAÍZES (CTR) FORMADAS NAS MINIESTACAS DE *Araucaria angustifolia* NA SAÍDA DA CASA DE VEGETAÇÃO EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES DO ANO. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE TUKEY, AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO.

Ao analisar todas as características do vigor radicial verifica-se que mesmo as miniestacas apresentando melhores índices de sobrevivência e enraizamento em épocas frias, a sua qualidade radicial foi favorecida pelas estações quentes, as quais propiciaram maior número e comprimento de raízes.

#### 4.2.5 Hábito de crescimento das mudas produzidas

As mudas resultantes da miniestaquia de araucária, provenientes de propágulos seminais, tiveram comportamento normal, com hábito ortotrópico de crescimento (FIGURA 12). Oliveira (2010) ao avaliar o tropismo em estacas de araucária com brotos plagiotrópicos, com e sem tutoramento, verificou que após quatro anos de plantio em campo, as estacas continuaram com crescimento horizontal, fator limitante para o desenvolvimento de plantas normais. De acordo com o autor, a nova planta tem o hábito de crescimento do propágulo que lhe deu origem, isto é, se o propágulo foi proveniente de segmentos de ramo lateral, o crescimento da nova parte aérea resultará em um ramo com crescimento horizontalizado. No presente trabalho, as brotações originadas das minicepas tinham comportamento ortotrópico, assim, as miniestacas enraizadas continuaram com o mesmo comportamento.

Segundo Nikles<sup>5</sup> (1961) citado por Kageyama e Ferreira (1975), a gema terminal e as gemas dormentes ao longo do tronco das árvores da família das Araucariáceae são os únicos meristemas, normalmente capazes de produzir ramos que se desenvolvem ortotropicamente. Wendling et al. (2009), trabalhando com métodos de resgate para clonagem de araucária, destacam o propágulo de hábito ortotrópico como o mais adequado para a clonagem. A partir dos resultados encontrados no presente trabalho pode-se sugerir que a miniestaquia juvenil vem a

---

<sup>5</sup> NIKLES, D. G. - Biology and genetic improvement of *Araucaria cunninghamii* Ait. In Queensland, Australia. In: BURLEY, J., ed. & NIKLES, D. G., ed - **Selection and breeding to improve some tropical conifers**. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1973. v.2, p.304-334.

ser uma alternativa para a produção de propágulos ortotrópicos e consequentemente a formação de mudas normais.



FIGURA 12 - DETALHES DO HÁBITO DE CRESCIMENTO ORTOTRÓPICO FORMADO EM MUDAS PODUZIDAS POR MINIESTAQUIA EM *Araucaria angustifolia*, AOS 120 DIAS. FOTO: WENDLING (2010).



## 5 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o estudo sobre a influência da sazonalidade e soluções nutritivas na miniestaquia de *A. angustifolia*, foi possível concluir que:

- A sobrevivência das minicepas não foi influenciada pela sazonalidade e soluções nutritivas;
- A produção e a sobrevivência de miniestacas mostraram-se responsivas ao efeito da sazonalidade e soluções nutritivas;
- O vigor radicial foi estimulado pelas épocas quentes;
- A solução nutritiva B aumentou a produção de miniestacas e o crescimento da maior raiz das mudas formadas;
- As mudas resultantes tiveram hábito ortotrópico de crescimento;
- A técnica de miniestaquia a partir de propágulos vegetativos de origem seminal mostrou-se potencial para produção de mudas de *Araucaria angustifolia*.

## RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Os resultados mostraram que nas épocas quentes (primavera e verão) ocorreram maiores produções de brotações e vigor no enraizamento das miniestacas de araucária, porém o maior índice de enraizamento ocorreu no inverno. Assim, surge a necessidade de estudos que busquem responder questões relacionadas ao comportamento inicial em campo das mudas produzidas nas épocas quentes (maior vigor radicial/menor quantidade de mudas) e mudas produzidas nas épocas frias (menor vigor radicial/maior quantidade de mudas).

Outra questão que necessita de estudos refere-se às soluções nutritivas dos minijardins. No presente trabalho verificou-se que a solução B, mais concentrada proporcionou maior produção de brotações e vigor radicial, mas, questões envolvendo a concentração ideal (através da saturação de nutrientes) e a participação isolada dos nutrientes no processo de miniestaquia da araucária ainda persistem.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF 2011**, ano base 2010. Brasília, DF, 2011, 130p.

ALCANTARA, G. B.; RIBAS, L. L. F.; HIGA, A. R.; ZUFFELLATO RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. Efeito da idade da muda e da estação do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.3, p.399-404, 2007.

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2ªEd. Viçosa: Ed. da Universidade Federal de Viçosa, 500p, 2009.

ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M.; PAIVA, H. N. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.3, p.455-463, maio/jun. 2007.

ANSELMINI, J. I.; ZANETTE, F.; BONA C. Fenologia reprodutiva da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, na região de Curitiba – Pr. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.13, n.1, p.44-52, 2006.

ANSELMINI, J. I. **Microenxertia e polinização controlada em *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE**. 88 f. Tese (Doutorado em Produção vegetal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

AQUILA, M. E. A.; FERREIRA A.G. Germinação de sementes escarificadas de *Araucaria angustifolia* em solo. **Ciência e Cultura**. São Paulo, v. 36, n. 9, p. 1583-1589, 1984.

ASSIS, T. F.; BAUER, F. S.; ROSA, O. P. Efeito da redução de luz em jardins clonais sobre o enraizamento de estacas de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*. In: Congresso Florestal Brasileiro, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: SBS, 1990. P.454-455.

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

ASSIS, T. F.; TEIXEIRA, S. L. Enraizamento de plantas lenhosas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. **Cultura de tecidos e transformação genética de**

**plantas**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, v.1, p.261-296, 1998.

ASSIS, T. F.; FETT-NETO, A. G.; ALFENAS, A. C. Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwood with emphasis on *Eucalyptus*. In: WALTER, C.; CARSON, M. **Plantation Forest biotechnology for the 21<sup>th</sup> century**. New Delhi, India, Research Sign Post, 2004, p.303-333.

ASSIS, T. F.; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. In BORÉM, A. (Ed.). **Biotecnologia Florestal**. Viçosa: Suprema, 2007, p.93-121.

ASSUNÇÃO, A. **Plastocromo e flocromo aparente anual em *Araucaria angustifolia* Bert.) O. Ktze, no município de Colombo – PR**. 54f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, 2008.

BANDEL, G. **O pinheiro brasileiro *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze**. Piracicaba, ESALQ, 67p. 1966.

BERTHOLDO, L. M.; CORDEIRO, R. A. F.; ASTARITA, L. V. Indução de brotos de *Araucaria angustifolia* cultivada *in vitro*. **X Salão de Iniciação Científica – PUCRS**, 2009.

BERTOLOTI, G.; GONÇALVES, A. N. Enraizamento de estacas: especificações técnicas para a construção do módulo de propagação. Piracicaba: IEF – LCF/ESALQ/USP, 1980. 9p. (**Circular Técnica IPEF, 94**).

BETTIO, G. P.; WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Enraizamento de estacas de *Araucaria angustifolia*. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 7., 2008, Colombo. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 1 CD\_ROM. Resumo.

BORTOLINI, M. F. **Uso de ácido indolbutírico na estaquia de *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn**. 85f. Dissertação (Mestrado Produção Vegetal)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

BRASIL. Portaria nº. 06-N, de 15 de janeiro de 1992. Lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção. **Diário Oficial (da República Federativa do Brasil)**, Brasília, 23 jan. 1992. p.870-872.

BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; PROVEDA, L. F.; ORRUTÉA, A. G. Ambiente de enraizamento e substratos na miniestaquia de erva-mate. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.8, n.3, p.257-267, 2007.

BRONDANI, G. E. **Miniestaquia e micropropagação de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; GROSSI, F.; DUTRA, L. F.; ARAUJO, M. A. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*: (II) Sobrevivência e enraizamento de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.20, n.3, p.453-465, jul.-set. 2010.

BUCIO, J. L.; HERNÁNDEZ-ABREU, E. H.; CALDERÓN, L. S.; NIETO-JACOBO, M. F.; SIMPSON, J.; HERRERA-ESTRELLA, L. Phosphate availability alters architecture and causes changes in hormone sensitivity in the Arabidopsis root system. **Plant Physiology**, Rockville, v. 129, p. 244-256, 2002.

CARVALHO, P. E. R. *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze: Pinheiro-do-Paraná. In: CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPFF / Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p.70-78.

CARVALHO, P. E. R. Espécies nativas para fins produtivos. In: GALVAO, A. P. M. (Coord.). **Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais**. Colombo: Embrapa Florestas, 1998. p. 103-125.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília,DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, v.1, 1039 p. 2003.

CASTELLA, P. R.; BRITZ, R. M. A (org.). **Floresta com Araucária no Paraná: conservação e diagnóstico dos remanescentes florestais**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 233 p.

CASTRO, W. H. **Propagação vegetativa do jequitibá-rosa (*Cariniana strellensis* (Raddi) Kuntze) e do pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart) Macbr) por estaquia**. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

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

CUNHA, A. C. M. C. M. da. **Relações do estado nutricional e condições meteorológicas com o número e o enraizamento de miniestacas de eucalipto.** 112f. Dissertação (Mestrado Ciência Florestal)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

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

CUNHA, A. C. M. C. M. da.; PAIVA, H. N. de.; LEITE, H. G.; BARROS, N. F. de.; LEITE, F. P. Influência do estado nutricional de minicepas no enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.4, p.607-615, 2009.

DELGADO, M. E.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. Indução de brotações basais e estaquia de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 6., 2007, Colombo. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 1 CD-ROM. Resumo.

EMBRAPA. Núcleo Tecnológico para Informática. **SOC- Software Científico.** Campinas, 1990.

FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E.; FORTES, G.R. de L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado.** Pelotas: UFPEL, 1994. 179p.

FERREIRA, B. G. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; CARPANEZZI, A. A.; TAVARES, F. R.; BOEGER, M. R. T.; KOEHLER, H. S. Enraizamento de *Sapium glandulatum* (VELL.) PAX. Pela aplicação de ácido indolbutírico e ácido bórico. **Leandra**, Rio de Janeiro, n. 16, p. 11-16, 2001.

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

FERRIANI, A. P.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; HELM, C. V.; BOZA, A. WENDLING, I.; KOEHLER, H. S. Produção de brotações e enraizamento de miniestacas de

*Piptocarpha angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.31, n.67, p.257-264, jul./set. 2011.

FRASSETTO, E. G. **Enraizamento adventício de estacas de *Sebastiania schottiana* Mull. Arg.** 132 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

GAMA, T. M. T. B. **Estudo comparativo dos aspectos físico-químicos do pinhão nativo e do pinhão proveniente de processos de polinização controlada de *Araucaria angustifolia* e da influência do tratamento térmico.** 89f. Curitiba. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

GATES, D.M. **Biophysical ecology**. New York: Springer-Verlag, 1980. 611p.

GURGEL, J. T. A.; GURGEL FILHO, O. A. Métodos de enxertia para o pinheiro brasileiro, *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze, visando-se a formação de pomares de sementes. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, n. 6, p.153-155, 1967.

HAISSIG, B. E. Metabolism during adventitious root primordium initiation and development. **New Zeland Journal of Forest Science**, New Zealand, v. 4, p .324-337, 1974.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, F. T., Jr.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8th. ed. Boston: Prentice-Hall, 915 p, 2011.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. de A.; GONÇALVES, A. N. Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e a sua evolução no Brasil. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n. 192, 11p, out. 2000.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A. GONÇALVES, A. N. Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n. 194, jan. 22p, 2002.

IKEMORI, Y. K. Resultados preliminares sobre enraizamento de estacas de *Eucalyptus* spp. **Informativo Técnico Aracruz**, Aracruz, v.1. 12p, 1975.

INGESTAD, T.; ÄGREN, G.I. Plant nutrition and growth: Basic principles. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.168-169, p.15-20, 1995.

IRITANI, C.; SOARES, R. V.; GOMES, A.V. Aspectos morfológicos da ação de reguladores do crescimento em estacas de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. **Acta Biológica Paranaense**. Curitiba, v. 15, n.1/2/3/4, p.1-20, 1986.

IRITANI, C.; ZANETTE, F., CISLINSKI, J. Aspectos anatômicos da cultura *in vitro* da *Araucaria angustifolia*. II. O enraizamento dos brotos axilares. **Acta Biológica Paranaense**. Curitiba, v. 22, n. 1/2/3/4. p.1-13, 1993.

IRITANI, C. Aspectos múltiplos da cultura *in vitro* da *Araucaria angustifolia* (BERT) O.Ktze. **Floresta**, Curitiba, v. 27, n. 1/2, p. 141-142, jun./dez 1997.

KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M. Propagação vegetativa por enxertia em *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. **IPEF**, Piracicaba, n.11, p.95-102, 1975 .

KOCH, Z.; CORRÊA, M. C. **Araucária: A Floresta do Brasil Meridional**. Curitiba: Olhar Brasileiro, 148p, 2002.

KRAMER; P. J., KOZLOWSKI, T. T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Calouste Gulbenkian, 745p, 1972.

MACHADO, S. A.; SIQUEIRA, J. D. P. **Distribuição Natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. KTZE**. Curitiba, Paraná: FUPEF, 9p, 1980.

MALAVASI, U. C. Macropropagação vegetativa de coníferas – perspectivas biológicas e operacionais. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 131-35, 1994.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press. 889p. 1995.

MARTINS, S. R.; FERNANDES, H. S.; ASSIS, F. N. de; MENDEZ, M. E. G. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p 15-23, set/dez 1999.

NICOLOSO, F. T.; LAZZARI, M.; FORTUNATO, R. P. Propagação vegetativa de *Platanus acerifolia* Ait.: (I) Efeito de tipos fisiológicos das estacas e épocas de coleta no enraizamento de estacas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 479-485, 1999.



OLIVEIRA, L. da S. **Enxertia, microenxertia e descrição do tropismo em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.** 90 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

PAULA, T. A.; SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E., N.; GONÇALVES, A. N. Efeito do potássio sobre a produção e enraizamento de estacas de *Eucalyptus*. In: REUNIÃO DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25, Santa Maria, 2000. **Anais...**Santa Maria: SBCS/SBM, 2000. CD-ROM.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia, fundamentos e aplicações práticas.** 1ª Ed. Guaíba : Livraria e Editora Agropecuária. 478 p, 2002.

PIRES, P. P.; WENDLING, I.; AUER, C. G.; KRATZ, D. Diferentes métodos de enxertia em *Araucaria angustifolia*. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 9., 2010, Colombo. **Anais...**Colombo: Embrapa Florestas, 2010. 1 CD-ROM.

PIZZATTO, M.; WAGNER JÚNIOR, A.; LUCKMANN, D.; PIROLA, K.; CASSOL, D. A.; MAZARO, S. M. Influência do uso de AIB, época de coleta e tamanho de estaca na propagação vegetativa de hibisco por estaquia. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.4, p. 487-492, jul/ago 2011.

REIS, J. M. R.; CHALFUN, N. N. J.; LIMA, L. C. O.; LIMA, L. C. Efeito do estiolamento e do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas do porta-enxerto *Pyrus calleryana* Dcne. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, MG, v.24, n.4, p.931-938, 2000.

ROSA, L. S. **Adubação nitrogenada e substratos na miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden.** 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SCARASSATI, A. **avaliações ambiental e nutricional da produção de microcepas e microestacas de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em sistema hidropônico em casa-de-vegetação.** 153f. Tese (Doutorado em agronomia)- Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, 2003.

SCHAWAMBACH, J.; FADANELLI, C.; FETT-NETO, A. G. Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, Victoria, v. 25, p. 487-497, 2005.

SGARBI, F.; SILVEIRA, M. R. L. V.; TAKAHASHI, E. N.; CAMARGO, M. A. F. de. Crescimento e produção de biomassa de clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em condições de deficiência de macronutrientes, B e Zn. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 56, p. 69-82, 1999.

SHIMIZU, J.Y.; OLIVEIRA, Y.M.M. de. Distribuição, variação e usos dos recursos genéticos da araucária no sul do Brasil. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. 9p. (**EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 4**).

SHIMIZU, J. Y. Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais: silvicultura e usos. In: GALVAO, A. P. M. (Coord.). **Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais**. Colombo: Embrapa Florestas, 1998. p. 63-71. Seminário realizado em Curitiba, de 6 a 8 de outubro de 1998.

SILVA, I. C. **Propagação vegetativa de *Ocotea puberula* Benth e Hook e *Ocotea pretiosa* Nees pelo método da estaquia**. 126 p. Dissertação ( Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1984.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.1, p.71-78, 2002.

SOUZA JUNIOR, L.; WENDLING, I. Propagação vegetativa de *Eucalyptus dunnii* via miniestaquia de material juvenil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 46, p. 21-30, jan./jun. 2003.

SOUZA JUNIOR, L.; QUOIRIN, M.; WENDLING, I. Miniestaquia de *Grevillea robusta* A. Cunn. a partir de propágulos juvenis. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 455-460, out.-dez. 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre, Artmed. 719p. 2004.

TAGLIANI, M. C. **Propagação de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) por sementes e miniestacas**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2011.

TEDESCO, N.; CALDEIRA, M. V. C.; HOPPE J. M.; SCHUMACHER, M. V. Efeito da época de coleta e plantio de estacas de *Platanus acerifolia* no enraizamento. In:

ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6. 1998, Maringá. **Anais...** Maringá, 1998, 600p.

TESSDORFF, J. N. F. Enraizamento em estacas de híbridos de *Araucaria* com ajuda de hormonas. In: Congresso Florestal Argentino, 1968. **Anais...** La Barrnacosa, Sta Fé. p. 290-291, 1968.

TITON, M.; XAVIER, A.; REIS, G. G. dos.; OTONI, W. C. Eficiência das minicepas e microcepas na produção de propágulos de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n. 5, p.619-625, 2003.

TORRES, A. G. M. **Relação entre sazonalidade, desrama e carboidratos no crescimento do eucalipto na propagação vegetativa por miniestaquia**. 65 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1991. 123 p.

VON ANDRADE, F.; KRAPPENBAUER, A. Ensaio de preservação do poder germinativo de *Araucaria angustifolia* através de diminuição do conteúdo de água. In: **Pesquisas austro-brasileiras 1973-1982 sobre *Araucaria angustifolia*, *Podocarpus lambertii* e *Eucalyptus saligna***. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; Viena: Universitaet fuer Bodenkultur. 1983. p 1-15.

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

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

WENDLING, I.; FERRARI, M.P.; GROSSI, F. Curso intensivo de viveiros e produção de mudas. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2002. 48 p.

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

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; HOFFMANN, H. A.; BETTIO, G.; HANSEL, F. A. Indução de brotações epicórmicas ortotrópicas para a propagação vegetativa de árvores adultas de *Araucaria angustifolia*. **Agronomia Costarricense**, San Jose, Costa Rica, v. 33, n. 2, p. 309-319, 2009.

WENDLING, I. A araucária na silvicultura brasileira. **Referência: A revista da indústria da madeira**, Curitiba, v.12, n.108, out 2010.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. (Ed.). **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. 184 p.

WENDLING, I. Enxertia e florescimento precoce em *Araucaria angustifolia*. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 7p. (Embrapa Florestas. **Comunicado técnico, 272**).

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

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

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

ZOBEL B., TALBERT J. **Applied forest tree improvement**. North Carolina State University. New York, 505 p., 1984.

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

## APÊNDICE

APÊNDICE 1 - TEMPERATURAS MÉDIAS DO AR (MAIO/2009 – JUNHO/2010) NA ESTUFA DE POLIETILENO COM O MINIJARDIM DE *Araucaria angustifolia*.

Semana	Coleta	Temperatura (°C ± σ)			Coleta	Temperatura (°C ± σ)		
		Maio 2009				Novembro 2009		
		Tmáx	Tméd	Tmín		Tmáx	Tméd	Tmín
1	1 <sup>a</sup>	28,0±1,7	19,4±1,9	10,8±3,5	6 <sup>a</sup>	37,4±3,3	27,1±1,4	16,8±1,6
2		31,1±2,8	22,9±1,4	14,7±0,9		34,6±2,4	26,3±1,5	18,0±1,3
3		28,7±1,5	19,3±2,7	9,8±5,0		32,4±4,4	24,6±2,1	16,8±1,1
4	2 <sup>a</sup>	26,1±3,9	19,1±1,5	12,1±2,3		36,4±2,0	27,2±1,1	17,9±1,9
Semana		Junho 2009				Dezembro 2009		
1		23,8±2,3	13,0±1,8	2,1±3,7	7 <sup>a</sup>	34,1±4,5	25,0±2,4	15,8±1,6
2		26,1±1,9	17,6±1,8	9,1±3,0		34,0±1,5	25,1±0,4	16,1±2,3
3		25,7±3,0	15,8±1,9	6,0±3,0		38,6±1,7	27,1±0,6	15,7±1,1
4		23,9±4,0	17,4±1,6	10,9±2,7		38,6±4,6	29,0±2,1	19,5±1,8
Semana		Julho 2009				Janeiro 2010		
1		27,3±3,0	18,2±2,1	9,1±2,7	8 <sup>a</sup>	36,1±2,5	27,2±1,6	18,3±1,1
2		23,4±3,0	16,1±1,5	8,7±4,0		33,4±5,9	25,8±2,8	18,1±0,4
3	3 <sup>a</sup>	25,6±3,4	18,2±2,1	10,8±1,3		34,6±3,9	26,3±2,1	18,0±1,6
4		20,6±4,0	15,7±2,3	10,9±1,6		35,2±2,2	26,0±0,9	16,8±1,0
Semana		Agosto 2009				Fevereiro 2010		
1		28,5±3,3	20±2,2	9,7±2,9		40,3±1,5	29,1±1,0	17,8±1,1
2		28,6±3,6	18,9±1,7	8,7±2,4	9 <sup>a</sup>	40,6±2,0	29,6±0,8	18,7±0,7
3		26,1±4,5	18,1±1,9	9,6±4,2		37,0±4,4	27,3±2,3	17,7±0,9
4	4 <sup>a</sup>	29,6±3,4	19,5±1,7	9,6±2,8		35,4±5,6	25,9±2,4	16,4±2,5
Semana		Setembro 2009				Março 2010		
1		29,0±3,7	21,1±1,6	13,3±1,7		33,3±2,4	24,2±0,9	15,1±1,5
2		25,8±4,8	19,8±2,5	13,8±1,0		36,1±1,1	25,9±0,8	15,7±0,9
3		30,1±2,2	21,6±1,5	13,0±1,5		33,6±2,2	24,3±1,7	15,0±1,9
4		28,8±4,6	20,6±2,9	12,4±2,9	10 <sup>a</sup>	33,3±3,9	25,6±2,3	17,9±1,9
Semana		Outubro 2009				Abril 2010		
1	5 <sup>a</sup>	31,8±3,3	22,8±2,0	13,8±1,7		30,3±2,7	22,2±2,0	14,1±3,3
2		31,7±4,8	22,4±2,8	13,1±1,1		30,1±2,5	20,1±1,8	10,0±1,5
3		32,6±3,2	23,8±2,4	15,0±1,8		34,6±1,0	23,4±1,0	12,3±2,1
4		31,7±4,5	23,4±2,6	15,2±2,0	11 <sup>a</sup>	27,1±4,4	21,2±1,9	15,2±1,7
Semana	Coleta	Maio 2010			Coleta	Junho 2010		
		Tmáx	Tméd	Tmín		Tmáx	Tméd	Tmín
	1	30,0±1,4	21,0±1,4	12,0±1,8		23,8±3,1	15,6±2,3	7,3±5,0
	2	25,6±1,9	17,8±1,8	10,1±3,2		23,8±2,9	15,6±2,1	7,3±3,2
	3	24,4±4,2	17,0±1,9	9,6±2,9		28,0±3,2	18,8±1,7	9,6±3,2
	4	26,3±1,3	18,6±1,4	10,9±2,6		27,7±3,5	18,8±1,8	9,9±2,4

Tmáx - média das temperaturas máximas, Tméd - média das temperaturas médias, Tmín - média das temperaturas mínimas. σ - desvio padrão em relação ao valor médio.

APÊNDICE 2- TEMPERATURAS MÉDIAS DO AR (MAIO/2009 – JUNHO/2010) NA CASA DE VEGETAÇÃO DE ENRAIZAMENTO DAS MINIESTACAS DE *Araucaria angustifolia*.

Semana	Temperatura (°C ± σ)				Temperatura (°C ± σ)			
	Maio 2009				Novembro de 2009			
	Coleta	Tmáx	Tméd	Tmín	Coleta	Tmáx	Tméd	Tmín
1	1 <sup>a</sup>	26,4±2,4	19,1±1,7	11,8±3,1	6 <sup>a</sup>	28,1±0,4	21,9±2,3	18,8±4,7
2		28,6±1,0	21,8±0,5	15,0±0,8		28,3±2,0	23,6±1,4	18,8±2,5
3		30,4±0,5	21,0±1,5	11,6±3,1		26,1±2,1	21,6±1,2	17,1±1,1
4	2 <sup>a</sup>	26,8±4,1	19,5±2,1	12,3±2,1		29,7±4,0	23,9±2,4	18,2±1,6
Semana	Junho de 2009				Dezembro de 2009			
1		28,6±3,1	16,5±3,0	4,4±5,3	7 <sup>a</sup>	27,7±1,6	22,1±1,0	16,6±1,4
2		29,8±1,6	21,0±0,8	12,1±2,7		27,8±1,3	22,1±1,1	16,3±2,0
3		31,1±1,5	20,6±1,3	10,1±2,7		28,8±1,2	22,1±0,7	15,4±1,1
4		27,4±4,5	20,6±4,0	13,8±2,2		27,8±0,9	23,6±1,2	19,4±1,9
Semana	Julho de 2009				Janeiro de 2010			
1		29,1±2,2	21,3±1,7	13,6±2,1	8 <sup>a</sup>	28,1±1,7	23,1±0,9	18,0±1,0
2		27,7±5,2	20,4±2,0	13,1±2,3		26,6±2,0	22,2±1,1	17,8±0,4
3	3 <sup>a</sup>	28,7±3,3	21,6±1,8	14,4±1,5		27,8±1,3	23,4±1,2	19,0±2,4
4		22,6±4,9	17,7±2,6	12,8±4,0		27,4±1,3	22,6±0,5	17,7±0,5
Semana	Agosto de 2009				Fevereiro de 2010			
1		30,3±4,1	21,9±2,7	13,5±1,6		41,0±1,6	29,6±0,8	18,3±0,7
2		31,1±1,1	21,7±1,2	12,3±2,2	9 <sup>a</sup>	35,8±4,2	27,3±2,1	18,8±0,9
3		28,3±3,7	20,3±1,3	12,3±2,7		33,6±5,0	25,9±2,7	18,3±0,9
4	4 <sup>a</sup>	31,9±2,3	22,5±1,5	13,1±2,9		31,1±5,2	24,0±3,5	16,8±2,7
Semana	Setembro de 2009				Março de 2010			
1		28,0±3,5	21,3±1,7	14,7±0,5		30,1±2,8	22,8±1,6	15,6±1,6
2		21,7±5,7	20,0±4,6	18,3±6,1		35,1±2,3	25,5±1,2	15,8±0,9
3		27,6±3,2	21,2±1,7	14,8±0,4		33,6±3,1	24,6±2,0	15,6±2,3
4		26,9±4,0	20,8±2,1	14,7±1,1	10 <sup>a</sup>	31,2±4,8	24,6±2,1	18,0±1,7
Semana	Outubro de 2009				Abril de 2010			
1	5 <sup>a</sup>	27,4±2,5	21,0±1,5	14,6±0,8		26,4±1,3	20,8±1,3	15,1±1,8
2		27,1±4,7	20,5±2,7	13,8±2,7		26,3±0,9	19,8±0,7	13,4±1,0
3		28,7±3,9	21,5±2,0	14,3±2,0		29,4±2,9	22,1±1,4	14,7±1,2
4		28,9±3,0	22,0±1,6	15,1±0,7	11 <sup>a</sup>	23,5±2,3	19,6±1,3	15,7±0,9
Semana	Maio 2010				Junho de 2010			
	Coleta	Tmáx	Tméd	Tmín	Coleta	Tmáx	Tméd	Tmín
1		26,0±0,0	20,4±0,38	14,7±0,8		21,3±2,1	15,4±3,0	9,4±5,3
2		23,0±2,0	17,6±1,25	12,3±2,6		20,0±4,2	14,4±2,4	8,7±1,6
3		22,6±3,1	18,9±1,34	15,3±1,1		23,0±1,7	16,3±2,1	9,6±2,9
4		23,6±1,4	18,6±1,30	13,5±2,2		24,3±3,7	18,3±2,6	12,2±2,7

Tmáx - média das temperaturas máximas, Tméd - média das temperaturas médias, Tmín - média das temperaturas mínimas. σ - desvio padrão em relação ao valor médio.

APÊNDICE 3 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS CARACTERÍSTICAS DE PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO/MÊS (PMM) e PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO/ANO (PMA) DE *Araucaria angustifolia* EM FUNÇÃO DAS COLETAS.

Causas da Variação	GL	Quadrados Médios	
		PMM <sup>(1)</sup> (%)	PMA <sup>(1)</sup> (%)
Coleta (COL)	10	0,396**	4,864**
Solução (SOL)	1	0,510**	6,253**
COL*SOL	10	0,040	0,493
Resíduo	88	0,022	0,273
Média	-	71,90	874,73
CV <sub>exp.</sub> (%)	-	18,32	18,47

<sup>ns</sup> valor não significativo pelo teste F (p<0,05). \* valor significativo pelo teste F (p<0,05). \*\* valor significativo pelo teste F (p<0,01). <sup>(1)</sup> Dados transformados por  $((n+0,5)/100)^{0,5}$  ao nível de 5% de probabilidade de erro. *n* = dado amostrado.

APÊNDICE 4 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DE PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO/MÊS (PMM) E PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO/ANO (PMA) DE *Araucaria angustifolia* EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES DO ANO.

Causas da Variação	GL	Quadrados Médios	
		PMM <sup>(1)</sup> (%)	PMA <sup>(1)</sup> (%)
Estação (EST)	3	0,169**	3,690**
Solução (SOL)	1	0,178**	1,768**
EST*SOL	3	0,021 <sup>ns</sup>	0,193 <sup>ns</sup>
Resíduo	112	0,011	0,120
Média	-	71,90	874,73
CV <sub>exp.</sub> (%)	-	10,963	12,101

<sup>ns</sup> valor não significativo pelo teste F (p<0,05). \* valor significativo pelo teste F (p<0,05). \*\* valor significativo pelo teste F (p<0,01). <sup>(1)</sup> Dados transformados por  $((n+0,5)/100)^{0,5}$  ao nível de 5% de probabilidade de erro. *n* = dado amostrado.

APÊNDICE 5 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS CARACTERÍSTICAS DE SOBREVIVÊNCIA NA SAÍDA DA CASA DE VEGETAÇÃO (SSCV) E ENRAIZAMENTO NA SAÍDA DA CASA DE SOMBRA (ESCS) DAS MINIESTACAS DE *Araucaria angustifolia* EM FUNÇÃO DAS COLETAS.

Causas da Variação	GL	Quadrados Médios	
		SSCV <sup>(1)</sup> (%)	ESCS <sup>(1)</sup> (%)
Coleta (COL)	10	0,442**	0,421**
Solução (SOL)	1	0,087 <sup>ns</sup>	0,094 <sup>ns</sup>
COL*SOL	10	0,041 <sup>ns</sup>	0,048 <sup>ns</sup>
Resíduo	88	0,036	0,034
Média	-	43,97	41,70
CV <sub>exp.</sub> (%)	-	31,36	31,23

<sup>ns</sup> valor não significativo pelo teste F (p<0,05). \* valor significativo pelo teste F (p<0,05). \*\* valor significativo pelo teste F (p<0,01). <sup>(1)</sup> Dados transformados por  $((n+0,5)/100)^{0,5}$  ao nível de 5% de probabilidade de erro. *n* = dado amostrado.



APÊNDICE 6 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS CARACTERÍSTICAS DE SOBREVIVÊNCIA NA SAÍDA DA CASA DE VEGETAÇÃO (SSCV) E ENRAIZAMENTO NA SAÍDA DA CASA DE SOMBRA (ESCS) DAS MINIESTACAS DE *Araucaria angustifolia* EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES DO ANO.

Causas da Variação	GL	Quadrados Médios	
		SSCV <sup>(1)</sup> (%)	ESCS <sup>(1)</sup> (%)
Estação (EST)	3	0,331**	0,284**
Solução (SOL)	1	0,008 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>
EST*SOL	3	0,024 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>
Resíduo	32	0,013	0,013
Média	-	43,97	41,70
CV <sub>exp.</sub> (%)	-	17,48	17,62

<sup>ns</sup> valor não significativo pelo teste F (p<0,05). \* valor significativo pelo teste F (p<0,05). \*\* valor significativo pelo teste F (p<0,01). <sup>(1)</sup> Dados transformados por  $((n+0,5)/100)^{0,5}$  ao nível de 5% de probabilidade de erro. *n* = dado amostrado.

APÊNDICE 7 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O NÚMERO DE RAÍZES (NR), COMPRIMENTO DA MAIOR RAIZ (CMR) E COMPRIMENTO TOTAL DE RAÍZES (CTR) DE *Araucaria angustifolia* EM FUNÇÃO DAS COLETAS

Causas da Variação	GL	Quadrados Médios		
		NR <sup>(1)</sup> (estaca <sup>-1</sup> )	CMR <sup>(1)</sup> (cm.estaca <sup>-1</sup> )	CTR <sup>(1)</sup> (cm.estaca <sup>-1</sup> )
Coleta (COL)	10	0,0395**	0,02808**	0,0552**
Solução (SOL)	1	0,000053 <sup>ns</sup>	0,000805 <sup>ns</sup>	0,00617 <sup>ns</sup>
COL*SOL	10	0,000992 <sup>ns</sup>	0,006126*	0,0133 <sup>ns</sup>
Resíduo	58	0,000980	0,00278	0,00929
Média	-	2,06	5,260	8,86
CV <sub>exp.</sub> (%)	-	20,55	24,20	35,59

<sup>ns</sup> valor não significativo pelo teste F (p<0,05). \* valor significativo pelo teste F (p<0,05). \*\* valor significativo pelo teste F (p<0,01). <sup>(1)</sup> Dados transformados por  $((n+0,5)/100)^{0,5}$  ao nível de 5% de probabilidade de erro. *n* = dado amostrado.

APÊNDICE 8 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O NÚMERO DE RAÍZES (NR), COMPRIMENTO DA MAIOR RAIZ (CMR) E COMPRIMENTO TOTAL DE RAÍZES DE *Araucaria angustifolia* EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES DO ANO.

Causas da Variação	GL	Quadrados Médios		
		NR <sup>(1)</sup> (estaca <sup>-1</sup> )	CMR <sup>(1)</sup> (cm.estaca <sup>-1</sup> )	CTR <sup>(1)</sup> (cm.estaca <sup>-1</sup> )
Estação (EST)	3	0,049**	0,055**	0,120**
Solução (SOL)	1	0,000 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>
EST*SOL	3	0,002 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>
Resíduo	72	0,001	0,005	0,012
Média	-	2,06	5,26	8,86
CV <sub>exp.</sub> (%)	-	22,736	31,061	40,481

<sup>ns</sup> valor não significativo pelo teste F (p<0,05). \* valor significativo pelo teste F (p<0,05). \*\* valor significativo pelo teste F (p<0,01). <sup>(1)</sup> Dados transformados por  $((n+0,5)/100)^{0,5}$  ao nível de 5% de probabilidade de erro. *n* = dado amostrado.

APÊNDICE 9 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE A PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO MÊS NA SOLUÇÃO 01 (PMM01), PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO MÊS NA SOLUÇÃO 02 (PMM02), PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO ANO NA SOLUÇÃO 01 (PMA01), PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO ANO NA SOLUÇÃO 02, MÉDIAS DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS (TMÁX), TEMPERATURAS MÉDIAS (TMÉD) E TEMPERATURAS MÍNIMAS (TMÍN) REGISTRADAS NA ESTUFA DE POLIETILENO COM O MINIJARDIM CLONAL DE *Araucaria angustifolia*.

Características	PMM01	PMM02	PMA01	PMA02	Tmáx	TméD	Tmín
<b>PMM01</b>	1,000						
<b>PMM02</b>	0,813**	1,000					
<b>PMA01</b>	0,999**	0,813**	1,000				
<b>PMA02</b>	0,812**	0,999**	0,813**	1,000			
<b>Tmáx</b>	0,701*	0,721**	0,701*	0,721**	1,000		
<b>TméD</b>	0,669*	0,726**	0,669*	0,726**	0,994**	1,000	
<b>Tmín</b>	0,611*	0,718**	0,611*	0,718**	0,964**	0,988**	1,000

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro, pelo teste F.

APÊNDICE 10 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE A SOBREVIVÊNCIA DE MINIESTACAS DURANTE SAÍDA DA CASA DE VEGETAÇÃO (SSCV), SAÍDA DA CASA DE SOMBRA (SSCS), NÚMERO DE RAÍZES (NR), COMPRIMENTO DA MAIOR RAIZ NAS MINIESTACAS DA SOLUÇÃO 01 (CMR01), DA SOLUÇÃO 02 (CMR02), COMPRIMENTO TOTAL DE RAÍZES (CTR) MÉDIAS DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS (TMÁX), TEMPERATURAS MÉDIAS (TMÉD) E TEMPERATURAS MÍNIMAS (TMÍN) REGISTRADAS NA CASA DE VEGETAÇÃO AUTOMATIZADA COM AS MINIESTACAS DE *Araucaria angustifolia*.

Características	SSCV	SSCS	NR	CMR01	CMR02	CTR	Tmáx	TméD	Tmín
<b>SSCV</b>	1								
<b>SSCS</b>	0,729**	1							
<b>NR</b>	-0,025 <sup>ns</sup>	0,436 <sup>ns</sup>	1						
<b>CMR01</b>	-0,320 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	0,547 <sup>ns</sup>	1					
<b>CMR02</b>	0,132 <sup>ns</sup>	0,205 <sup>ns</sup>	0,396 <sup>ns</sup>	0,599*	1				
<b>CTR</b>	-0,052 <sup>ns</sup>	0,205 <sup>ns</sup>	0,688*	0,850**	0,865*	1			
<b>Tmáx</b>	0,051 <sup>ns</sup>	0,541 <sup>ns</sup>	0,451 <sup>ns</sup>	0,440 <sup>ns</sup>	0,369 <sup>ns</sup>	0,452 <sup>ns</sup>	1		
<b>TméD</b>	-0,136 <sup>ns</sup>	0,376 <sup>ns</sup>	0,618*	0,706*	0,527 <sup>ns</sup>	0,702*	0,825**	1	
<b>Tmín</b>	-0,276 <sup>ns</sup>	0,184 <sup>ns</sup>	0,622*	0,710*	0,491 <sup>ns</sup>	0,705*	0,489 <sup>ns</sup>	0,891**	1

<sup>ns</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro, pelo teste F.