



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e
Ambientais

ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS E NUTRIÇÃO
MINERAL EM MINICEPAS DE *Eucalyptus urophylla* S. T
Blake

ALESSANDRA DA SILVA LOPES

CUIABÁ – MT

2016

ALESSANDRA DA SILVA LOPES

**ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS E NUTRIÇÃO
MINERAL EM MINICEPAS DE *Eucalyptus urophylla* S. T
Blake**

Orientador: Dr. Antonio de Arruda
Tsukamoto Filho

Co-orientador: Dr. Gilvano Ebling Brondani

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, para a obtenção do título de mestre.

CUIABÁ - MT

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

D111e Silva Lopes, Alessandra da.
ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO EM MINIESTACAS E
NUTRIÇÃO MINERAL EM MINICEPAS DE *Eucalyptus*
urophylla S. T Blake / Alessandra da Silva Lopes. -- 2016
95 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Dr. Antonio de Arruda Tsukamoto Filho.
Co-orientador: Dr. Gilvano Ebling Brondani.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato
Grosso, Faculdade de Engenharia Florestal, Programa de
Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais,
Cuiabá, 2016.
Inclui bibliografia.

1. Rizogênese. 2. Propagação vegetativa. 3. Regulador

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS E NUTRIÇÃO MINERAL EM MINICEPAS DE *Eucalyptus urophylla* S. T Blake

Alessandra da Silva Lopes

Orientador: Dr. Antonio de Arruda Tsukamoto Filho

Aprovada em 15 de março de 2016

Comissão Examinadora

Dr. David da Silva
EMPAER

Dr. Dagma Kratz
UFMT/FENF

Dr. Antonio de Arruda
Tsukamoto Filho
Orientador – UFMT/FENF

Dedicatória

*Primeiramente a Deus e Nossa
Senhora, por sempre se fazerem
presentes em minha vida, aos meus
pais, irmão e ao meu esposo por
acreditarem que eu seria capaz.*

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a Deus, ao menino Jesus e Nossa Senhora por se fazerem tão presentes em minha vida, me amparando em momentos difíceis e me mostrando o verdadeiro caminho da redenção e do amor.

Aos meus pais João e Marineide e meu irmão Igor por toda vida de dedicação, carinho, amor e esforço incondicional para que eu pudesse chegar a esse momento.

Ao meu esposo Max por todo o incentivo, cuidado, ensinamentos e paciência dispensados a mim.

As minhas estagiárias, ajudantes e amigas Sheila e Tupiara pela ajuda em todas as fases do experimento. Foram meu braço direito, esquerdo e sem a colaboração de vocês não teria conseguido chegar até aqui. Obrigada por tudo.

As minhas amigas de mestrado, Fernanda, Maisa, Karina, Gisele e Ruthy por nunca se negarem a me ajudar e por compartilharmos juntas todos os momentos difíceis.

Ao Prof. orientador Dr. Antonio de Arruda Tsukamoto Filho, por toda dedicação, conhecimento, ensinamento, amizade, com que me orientou sempre auxiliando desde as situações mais simples até as mais difíceis. Ao co-orientador Gilvano Ebling Brondani pelo apoio e ensinamentos prestados.

Aos componentes da Banca Examinadora, por aceitarem fazer parte desse trabalho e contribuir com os seus conhecimentos.

E a todas as pessoas que de alguma maneira contribuíram nas tomadas de decisões, nos ensinamentos e incentivos para que chegasse vitoriosa ao final dessa etapa.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| RESUMO | xiv |
| ABSTRACT..... | xvi |
| 1. INTRODUÇÃO | 17 |
| 1.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 18 |
| 1.1.1. Importância do <i>Eucalyptus urophylla</i> | 18 |
| 1.1.2. Enraizamento adventício..... | 20 |
| 1.1.3. Nutrição mineral | 22 |
| 1.1.4. Auxinas | 25 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 27 |
| RESUMO | 31 |
| ABSTRACT..... | 32 |
| 1.2. INTRODUÇÃO..... | 33 |
| 1.2.1. Hipóteses | 34 |
| 1.2.2. Objetivos | 34 |
| 1.3. MATERIAL E MÉTODOS | 35 |
| 1.3.1. Caracterização geral | 35 |
| 1.3.2. Implantação e constituição do minijardim seminal | 36 |
| 1.3.3. Manejo das minicepas..... | 37 |
| 1.3.4. Sobrevivência de minicepas e produção de miniestacas..... | 38 |
| 1.3.5. Teor de nutrientes nas folhas..... | 39 |
| 1.3.6. Análise estatística dos dados..... | 40 |
| 1.3.7. Delineamento experimental..... | 40 |
| 1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 42 |
| 1.5. CONCLUSÃO | 53 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 54 |
| RESUMO | 57 |
| ABSTRACT..... | 59 |
| 2.1. INTRODUÇÃO..... | 60 |
| 2.1.1. Hipótese | 62 |
| 2.1.2. Objetivo | 62 |
| 2.2. MATERIAL E MÉTODOS | 63 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.2.1. | Caracterização geral | 63 |
| 2.2.2. | Implantação e constituição do minijardim seminal | 64 |
| 2.2.3. | Manejo das minicepas..... | 65 |
| 2.2.4. | Coleta das brotações e preparo das miniestacas | 66 |
| 2.2.5. | Condições de enraizamento..... | 67 |
| 2.2.6. | Aplicação de ácido indolbutírico (AIB)..... | 68 |
| 2.2.7. | Análise histológica..... | 68 |
| 2.2.8. | Análise estatística dos dados | 69 |
| 2.2.9. | Tratamentos e delineamento experimental | 69 |
| 2.3. | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 71 |
| 2.4. | CONCLUSÃO | 85 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 86 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA 1 - COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA BÁSICA PARA A FERTIRRIGAÇÃO DO MINIJARDIM DE <i>Eucalyptus urophylla</i> | 38 |
| TABELA 2 - INTERVALO DOS TEORES FOLIARES DE MACRO E MICRONUTRIENTES PARA BROTAÇÕES DE <i>Eucalyptus</i> , EM CONDIÇÕES DE MINIJARDIM AOS 14 DIAS..... | 40 |
| TABELA 3 - MÉDIAS DOS TEORES FOLIARES DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS DE MACRO E MICRONUTRIENTES COM VALORES CONSIDERADOS ALTO, ADEQUADO, BAIXO E DEFICIENTE PARA BROTAÇÕES DE <i>Eucalyptus</i> COM IDADE DE SETE A 14 DIAS, EM CONDIÇÕES DE MINIJARDIM. | 48 |
| TABELA 4 - COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA BÁSICA PARA A FERTIRRIGAÇÃO DO MINIJARDIM DE <i>Eucalyptus urophylla</i> | 66 |
| TABELA 5 - DADOS MÉDIOS PARA QUANTIDADE DE RAIZ DE <i>Eucalyptus urophylla</i> DA 4ª A 7ª COLETA EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA, COLETA DE BROTAÇÕES E AIB. | 72 |
| TABELA 6 - DADOS MÉDIOS DA MAIOR RAIZ DE <i>Eucalyptus urophylla</i> DA 4ª A 7ª COLETA EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA, COLETA DE BROTAÇÕES E AIB. | 74 |
| TABELA 7 - VALORES MÉDIOS PARA ALTURA TOTAL DE MINIESTACAS (AT) DE <i>Eucalyptus urophylla</i> DA 4ª A 7ª COLETA DE BROTO EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA, COLETA DE BROTAÇÕES E AIB. | 80 |

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - UNIDADE EXPERIMENTAL PARA A CONSTITUIÇÃO DO MINIJARDIM SEMINAL DE *Eucalyptus urohylla*. DETALHE DO VASO COM CAMADA DE BRITA NO FUNDO (A); DETALHE DO VASO COM SUBSTRATO AREIA FINA (B); MUDAS APÓS O TRANSPLANTE PARA VASOS PLÁSTICOS (C); MINICEPA ESTABELECIDAS (D); DESENVOLVIMENTO DAS BROTAÇÕES AOS 97 DIAS (E); DISPOSIÇÃO DOS VASOS COM AS MINICEPAS (F). 37

FIGURA 2 - DADOS MÉDIOS DO NÚMERO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO ANO DE MINICEPAS DE *Eucalyptus urophylla*. SOLUÇÃO NUTRITIVA (A); COLETA (B). MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO O TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE. 44

FIGURA 3 - DADOS MÉDIOS DO TEOR FOLIAR DE FÓSFORO (P) DE MINIESTACAS *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA E COLETA DE BROTAÇÕES. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO O TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE. 45

FIGURA 4 - DADOS MÉDIOS DO TEOR FOLIAR DE ENXOFRE (S) DE MINIESTACAS *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA E COLETA DE BROTAÇÕES. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO O TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE. 46

FIGURA 5 - DADOS MÉDIOS DO TEOR FOLIAR DE POTÁSSIO (K) DE MINIESTACAS *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À INTERAÇÃO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA E COLETA DE BROTAÇÕES. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA MAIÚSCULA PARA AS DIFERENTES SOLUÇÕES E MESMA CONCENTRAÇÃO DE COLETA E LETRAS MINÚSCULAS ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE COLETA DENTRO DA MESMA SOLUÇÃO NUTRITIVA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO..... 46

FIGURA 6 - DADOS MÉDIOS DO TEOR FOLIAR DE BORO (B) DE MINIESTACAS *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À COLETA DE BROTAÇÕES. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO

DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO O TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE. 47

FIGURA 7 - DADOS MÉDIOS DO TEOR FOLIAR DE COBRE (Cu) E FERRO (Fe) DE MINIESTACAS *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO O TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE. 47

FIGURA 8 - DADOS MÉDIOS DO TEOR FOLIAR DE ZINCO (Zn) E MANGANÊS (Mn) DE MINIESTACAS *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À INTERAÇÃO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA E COLETA DE BROTAÇÕES. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA MAIÚSCULA PARA AS DIFERENTES SOLUÇÕES E MESMA CONCENTRAÇÃO DE COLETA E LETRAS MINÚSCULAS ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE COLETA DENTRO DA MESMA SOLUÇÃO NUTRITIVA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO..... 48

FIGURA 9 - UNIDADE EXPERIMENTAL PARA A CONSTITUIÇÃO DO MINIJARDIM SEMINAL DE *Eucalyptus urophylla*. DETALHE DO VASO COM CAMADA DE BRITA NO FUNDO (A); DETALHE DO VASO COM SUBSTRATO AREIA FINA (B); MUDAS APÓS O TRANSPLANTE PARA VASOS PLÁSTICOS (C); MINICEPA ESTABELECIDAS (D); DESENVOLVIMENTO DAS BROTAÇÕES AOS 97 DIAS (E); DISPOSIÇÃO DOS VASOS COM AS MINICEPAS (F). 65

FIGURA 10 - DETALHE DA MINIESTACA (A); AMOSTRA EMBLOCADAS EM RESINA DE HIDROXIETIL METACRILATO (B); DETALHE DA LÂMINA HISTOLÓGICA (C). 69

FIGURA 11 - DADOS MÉDIOS DA QUANTIDADE DE RAIZ PARA A 1ª COLETA DE *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA E REGULADOR DE CRESCIMENTO (AIB). MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA MAIÚSCULA PARA AS DIFERENTES SOLUÇÕES E MESMA CONCENTRAÇÃO DE AIB E LETRAS MINÚSCULAS ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE AIB DENTRO DA MESMA SOLUÇÃO NUTRITIVA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO..... 71

FIGURA 12 - DADOS MÉDIOS DA MAIOR RAIZ (RML) PARA A 1ª COLETA DE *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA E REGULADOR DE CRESCIMENTO (AIB). MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA MAIÚSCULA PARA AS DIFERENTES SOLUÇÕES E MESMA CONCENTRAÇÃO DE AIB E LETRAS MINÚSCULAS ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE AIB DENTRO DA MESMA SOLUÇÃO NUTRITIVA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO..... 74

FIGURA 13 - DADOS MÉDIOS DO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS PARA A 1ª COLETA DE *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFERENCIAM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO..... 76

FIGURA 14 - DADOS MÉDIOS DO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS PARA A 2ª COLETA DE BROTO DE *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA E AIB. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA MAIÚSCULA PARA AS DIFERENTES SOLUÇÕES E MESMA CONCENTRAÇÃO DE AIB E LETRAS MINÚSCULAS ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE AIB DENTRO DA MESMA SOLUÇÃO NUTRITIVA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO..... 76

FIGURA 15 - DADOS MÉDIOS DO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS PARA A 4ª a 7ª COLETA DE BROTO DE *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFERENCIAM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO..... 77

FIGURA 16 - DADOS MÉDIOS DO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS PARA A 4ª a 7ª COLETA DE BROTO DE *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO ÀS COLETAS. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFERENCIAM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO..... 77

FIGURA 17 - DADOS MÉDIOS DA ALTURA TOTAL DE MINIESTACAS PARA A 1ª COLETA DE BROTO DE *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA E AIB. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA MAIÚSCULA PARA AS DIFERENTES SOLUÇÕES E MESMA CONCENTRAÇÃO DE AIB E LETRAS MINÚSCULAS ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE AIB DENTRO DA MESMA SOLUÇÃO NUTRITIVA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO..... 79

FIGURA 18 - HISTOLOGIA DO ENRAIZAMENTO EM MINIESTACAS DE *Eucalyptus urophylla*. (A-F) CORTE TRANSVERSAL DA REGIÃO DO CAULE APÓS O TRATAMENTO COM SOLUÇÃO NUTRITIVA E AIB, 0 DIAS; (G-L) CORTE TRANSVERSAL DA REGIÃO DO CAULE TRATADA COM SOLUÇÃO NUTRITIVA E AIB, 10 DIAS; (M-R) CORTE TRANSVERSAL DA REGIÃO DO CAULE TRATADA COM SOLUÇÃO NUTRITIVA E AIB, APRESENTANDO FORMAÇÃO DE CENTROS MERISTEMÁTICOS JUNTO AO CÂMBIO VASCULAR E INDUÇÃO DE RAIZ ADVENTÍCIA, 20 DIAS; (S-X) CORTE TRANSVERSAL DA REGIÃO DO CAULE TRATADA COM SOLUÇÃO NUTRITIVA E AIB, APRESENTANDO INDUÇÃO DA RAIZ ADVENTÍCIA, 30 DIAS. BARRA: 100µM..... 83

RESUMO

LOPES, Alessandra Silva. **Enraizamento de miniestacas e nutrição mineral em minicepas de *Eucalyptus urophylla* S. T Blake**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá- MT. Orientador: Prof. Dr. Antonio de Arruda Tsukamoto Filho. Coorientador: Prof. Dr. Gilvano Ebling Brondani.

A espécie *Eucalyptus urophylla* é de grande valor econômico e uma das mais utilizadas comercialmente. Neste âmbito a propagação vegetativa por meio da técnica de miniestaquia se destacou por ser uma operação de menor custo e é o método mais utilizado para a clonagem de *Eucalyptus* spp. pelas empresas florestais. Outro fator de relevância é a interação nutrição e enraizamento. O manejo ideal de um minijardim em termos de nutrição mineral pode proporcionar propágulos com maior predisposição ao enraizamento sendo este último etapa essencial para o sucesso da propagação vegetativa. Entretanto, há poucas informações sobre os fatores que afetam a relação nutrição mineral e enraizamento em materiais genéticos de origem seminal. Diante do exposto o presente trabalho teve por objetivo gerar informações sobre o enraizamento adventício em miniestacas e avaliar a nutrição mineral em minicepas de *Eucalyptus urophylla* por meio da técnica de miniestaquia. O estudo foi dividido em 2 capítulos. O primeiro estudo (Capítulo 1) baseou-se na avaliação do minijardim seminal em relação à diferentes concentrações de solução nutritiva e coletas de brotações para emissão de propágulos pré-dispostos ao enraizamento. No segundo estudo (Capítulo 2) objetivou-se avaliar as miniestacas quanto aos aspectos morfológicos ao enraizamento em relação às diferentes concentrações de solução nutritiva, coletas de brotações e aplicação de ácido indolbutírico (AIB) e a análise histológica do enraizamento adventício em relação às soluções nutritivas, aplicação de AIB e tempo de avaliação. Em termos gerais as minicepas apresentaram 100% de sobrevivência. A produção de miniestacas e os teores foliares de macro e micronutrientes variaram significativamente em relação à solução nutritiva e coleta de brotações. As miniestacas variaram significativamente quanto ao número de raiz, comprimento da maior raiz, enraizamento e altura total das miniestacas, sendo a solução de 75% e 100%, a 4ª e 7ª coleta de brotações e a presença de AIB as que mais favoreceram o crescimento e desenvolvimento do sistema radicial e do enraizamento adventício. De acordo com as análises histológicas foi possível verificar o local de

inserção da raiz adventícia ao caule a partir de conexão direta com o câmbio vascular.

Palavras-chave: Rizogênese, propagação vegetativa, regulador de crescimento, miniestaquia

ABSTRACT

LOPES, Alessandra Silva. **Adventitious rooting of mini-cuttings and mineral nutrition of ministumps *Eucalyptus urophylla* S. T Blake.** 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá- MT. Orientador: Prof. Dr. Antonio de Arruda Tsukamoto Filho and Prof. Dr. Gilvano Ebling Brondani.

The species of *Eucalyptus urophylla* is of great economic value and one of the most commercially used. In this context the vegetative propagation with minicutting technique stands out for being a lower cost of operation and is the most widely used method for cloning by virtually all forest companies. Another relevant factor is nutrition and rooting interaction. The optimal management of a minigarden in terms of mineral nutrition can provide propagules with a greater predisposition to anchor the latter being an essential step for the success of vegetative propagation. However, there is little information on the factors affecting mineral nutrition and relationship rooted in genetic material of seminal origin. Given the above the present study aimed to generate information about the adventitious rooting in minicuttings and evaluate mineral nutrition in ministumps of *Eucalyptus urophylla* through minicutting techniques. The study was divided into two chapters. The first study (Chapter 1) was based on the evaluation of the seminal minigarden in relation to different nutrient solution concentrations and shoot collections to issue pre-disposed to rooting. The second study (Chapter 2) was to evaluate the minicuttings as the morphological and rooting for the different concentrations of nutrient solution, collection and application of indol-3-butyric acid (IBA) and histological analysis of adventitious rooting in relation to solutions nutritious, IBA application and evaluation time. Overall the ministumps obtained 100% survival. The production of minicuttings and leaf contents of macro and micronutrients varied significantly in relation to the nutrient solution and shoot collections. Minicuttings significant variation in the amount of root length of the longest root, rooting and total height of minicuttings and the solution 75% and 100%, the 4th and 7th collected and the presence of IBA was favoring the growth and development the root system and the adventitious rooting. According to the histological analysis it was possible to check the insertion site of the adventitious root to stem from direct connection to the vascular cambium.

Keywords: Root formation, vegetative propagation, plant growth regulator, minicutting technique.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo do eucalipto teve um grande crescimento nas últimas décadas. No Brasil as florestas de eucalipto cobrem cerca de 7,2 milhões de hectares, correspondendo a uma das espécies mais importantes para a produção florestal (IBÁ, 2015).

As espécies do gênero *Eucalyptus* são de grande valor econômico e comercial, e por isso são as espécies mais utilizadas para plantios comerciais no Brasil. Os plantios de eucalipto correspondem a 71,9% do total de florestas plantadas no país. Em 2014 o consumo de madeira proveniente de florestas plantadas teve aumento de 2,6% em relação ao ano anterior (IBÁ, 2015).

A propagação vegetativa de *Eucalyptus* têm se fundamentado no enraizamento de miniestacas obtidas de genótipos superiores o que propicia redução na idade de exploração, aumento na produção de madeira de melhor qualidade e redução nos custos de exploração e transporte (FERREIRA et al., 2004; ASSIS et al., 2004). Entretanto são poucos os estudos referentes aos fatores que interferem na formação de raízes e conseqüentemente no enraizamento de estacas e miniestacas.

A miniestaquia tem sido o método mais utilizado para a clonagem por praticamente todas as empresas florestais, devido às vantagens de operação e ao menor custo (FERREIRA et al., 2004). Dentre as etapas da miniestaquia o enraizamento adventício é essencial na propagação vegetativa nas espécies de grande valor econômico (FETT-NETO et al., 2001). Por isso é muito importante conhecer os fatores que afetam na formação das raízes. Sabe-se que o enraizamento diminui à medida que a planta atinge seu estado de maturação e os fatores que afetam esse processo estão relacionados ao genótipo, as condições fisiológicas da planta de origem, o tipo e tratamento das estacas e com a nutrição mineral, que está intimamente relacionada ao processo de rizogênese (CUNHA et al., 2009).

Segundo Brondani (2012) o manejo ideal de um minijardim em termos de nutrição mineral pode proporcionar propágulos com maior predisposição ao enraizamento. De acordo com Malavasi (1994), qualquer nutriente envolvido no processo metabólico da formação do sistema radicular é considerado essencial no desenvolvimento radicular. Entretanto a função e

importância dos vários nutrientes no desenvolvimento das minicepas ainda não estão totalmente esclarecidas (CUNHA et al., 2009).

É muito importante o entendimento dos aspectos ligados à demanda de nutrientes Pinto et al. (2011), pois a nutrição mineral exerce papel importante no metabolismo e no crescimento da planta, sendo a sua deficiência fator limitante para o desenvolvimento dos processos rizogênicos (CUNHA et al., 2009).

O estado nutricional desempenha papel fundamental para o desenvolvimento radicular, principalmente no que se refere à indução e à formação de raízes adventícias, gerando respostas dependentes da relação nutriente/planta, quanto nas suas concentrações ideais (CUNHA et al., 2009).

Outro fator a ser observado e que interfere diretamente no processo rizogênico é a utilização de auxinas exógenas que propiciam maiores taxas de sobrevivência, qualidade, velocidade, uniformidade no enraizamento (XAVIER et al., 2009). Dentre elas, o ácido indolbutírico (AIB) se destaca por possuir menor mobilidade e maior estabilidade no interior das estacas promovendo resultados positivos na formação de raízes adventícias (BEECKMAN, 2010).

O trabalho teve como objetivo geral, gerar informações sobre o enraizamento adventício em miniestacas e avaliar a nutrição mineral em minicepas de *Eucalyptus urophylla* por meio da técnica de miniestaquia visando subsidiar informações de propagação da espécie.

1.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1.1. Importância do *Eucalyptus urophylla*

O gênero *Eucalyptus* é amplamente usado em todo mundo para estabelecimento de florestas plantadas em áreas tropicais e subtropicais. Devido à redução de espécies nativas e o aumento da utilização de produtos derivados da madeira, as florestas plantadas surgem como alternativa para suprir a demanda de madeira em várias regiões do mundo (HIGASHI et al., 2000).

Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF) hoje no Brasil, as florestas plantadas cobrem cerca de 7,2 milhões de hectares, sendo 5,1, que corresponde a 70% da área total, somente de eucalipto resultando em uma das espécies mais importantes para a produção de biomassa lenhosa e junto com o *Pinus* responsável por abastecer quase metade do mercado brasileiro de madeira (ABRAF, 2013) (Figura 1).

Além dos fatores econômicos, os fatores ambientais representam grandes ganhos para o meio ambiente, os 7,2 milhões de hectares de florestas plantadas absorvem 1 bilhão de toneladas de CO₂ anualmente. O Brasil é considerado uma potência no mercado de produtos florestais devido suas características de clima e solo e do grande desenvolvimento tecnológico e na silvicultura de florestas plantadas. Empresas atuantes nas áreas de papel, celulose, serraria, móveis, laminação, utilizam o eucalipto como fonte de matéria prima e insumo, enquanto empresas de diversos seguimentos como siderurgias utilizam principalmente como fonte de energia (carvão e lenha) (SBS, 2006).

Em Mato Grosso a silvicultura está em grande expansão sendo a região sudeste do estado a que possui maior área plantada e, por conseguinte, a maior volumetria, em mais de 13 milhões de metros cúbicos de eucalipto/ano. Como o objetivo principal dos plantios de Eucalipto de Mato Grosso é a produção de biomassa, esse material é praticamente todo usado na agroindústria, considerando plantios com idade média de 5,5 anos, o volume médio por hectare é de 174,65 m³. Vale salientar que a produção de lenha destinada à indústria de grãos e gado de corte representa somente uma parte da demanda do eucalipto no Estado de Mato Grosso, também compõem o leque de consumidores indústrias frigoríficas de suínos e aves, cerâmicas, laminadoras, construções rurais e urbanas e outros (FAMATO, 2013).

Dentre as espécies introduzidas no Brasil o *Eucalyptus urophylla* é a que apresenta maior estabilidade genética. Sua origem natural ocorre em sete

ilhas da Indonésia (Adonara, Alor, Flores, Lembata (Lomblem), Pantar, Timor e Wetar), sendo as maiores populações concentradas na ilha do Timor e Wetar (PEPE et al., 2004). As zona de ocorrência varia de 7°30' a 10° S de latitude e 122° a 127° E de longitude e altitude de 180 a 3000 m se estendendo por uma faixa de cerca de 500 km. As maiores populações estão em 1000 e 2960 m de altitude. As áreas naturais do *Eucalyptus urophylla* são em zonas climáticas úmidas e semi-úmidas (MARTIN e COSSALTER, 1976; SEIN e MITLOHNER, 2011).

A temperatura varia, em 400 m de altitude, entre 27° a 30°C, podendo cair entre 15° a 21°C a 1900 m. Em Timor a população de *Eucalyptus urophylla* ocorre cerca de 1000 m de altitude, onde é comum ocorrer geadas e neblina e a precipitação é de 1300 a 2000 mm nos períodos chuvosos e na estação de seca, que dura de três a quatro meses, em torno de 50 mm. O clima varia de subtropical seco a tropical úmido (VIEIRA e BUCSAN, 1980; SCANAVACA JUNIOR, 2001; SEIN e MITLOHNER, 2011).

No Brasil, o *Eucalyptus urophylla* foi introduzido por Edmundo Navarro de Andrade em 1919 a partir de sementes retiradas do Jardim Botânico de Bogor, Java, Indonésia e no município de Rio Claro - SP, encontra-se o talhão mais antigo, com mais de 80 anos, plantado com sementes originárias da primeira introdução (MOURA, 2004).

É considerada uma das espécies de maior potencial de reflorestamento devido a sua excelente adaptação ao clima tropical e subtropical do território brasileiro, que permite o crescimento rápido e ininterrupto da espécie (SCANAVACA JUNIOR, 2001)

Apesar de ser uma espécie bastante explorada e o processo de propagação vegetativa estar bem fundamentado, é necessário maiores informações sobre o processo de formação de raízes dos propágulos advindos de miniestacas originadas de minicepas seminais em diferentes concentrações de solução nutritiva (CUNHA et al., 2009).

1.1.2. Enraizamento adventício

Raízes adventícias são aquelas que se desenvolvem a partir de partes aéreas das plantas como, caules e folhas. Essa origem, geralmente endógena, pode ocorrer a partir de células epidérmicas das folhas, do córtex,

do floema, do cambio, do tecido vascular diferenciado ou próximo à base de estacas, e tem como função fixação e absorção de água e minerais e junto com o caule e as folhas compõem a parte vegetativa das plantas (ESAU, 1976; FILHO, 1993).

A formação de raízes ocorre em resposta ao traumatismo produzido pelo corte durante a confecção da estaca, gerando lesão nos tecidos do xilema e floema (FACHINELLO et al., 1994).

Em espécies lenhosas, as raízes adventícias geralmente têm origem em tecidos do floema secundário, câmbio ou calos produzidos na base das estacas, onde a capacidade rizogênica depende da interação de fatores endógenos e exógenos (FRASSETTO, 2007; BRONDANI, 2012).

Barreiras anatômicas específicas como a presença de fibras e esclereídeos no floema primário do caule, formando um anel contínuo pode bloquear mecanicamente os primórdios de raiz e em caules mais velhos a presença de uma bainha de esclerênquima perivascular pode constituir um obstáculo no desenvolvimento das raízes, por estes fatores que a juvenidade do propágulo é importância para o enraizamento (LOVELL e WHITE, 1986).

Segundo Peixe (2007), em espécies consideradas de fácil enraizamento, as raízes adventícias têm sua origem no câmbio vascular ou em tecidos adjacentes, já as espécies de difícil enraizamento a origem ocorre no tecido parenquimático do calo de cicatrização.

O processo de formação de raiz adventícia pode ser dividido em três fases: indução – período que ocorre às primeiras modificações moleculares e bioquímicas que precede a formação dos primórdios da raiz; iniciação – ocorre às divisões celulares, formação do meristema e primórdios da raiz; expressão – crescimento e emergência da raiz (KEVERS et al., 1997; FRASSETTO, 2007).

Existem dois padrões de indução na formação de raízes: direto e indireto. A rota direta assume a existência de células competentes a formarem raízes que quando induzidas, iniciam divisões celulares com polaridade, levando à formação do primórdio radicial, os quais frequentemente estão associados aos tecidos vasculares (FRASSETTO, 2007). A rota indireta envolve um estado inicial de não competência em que as células não respondem ao sinal de indução, ocorrendo divisões não dirigidas das células, geralmente formando calos, as quais sofrem uma nova indução, dividindo-se de modo polar e estabelecendo o primórdio da raiz (GENEVE, 1991).

Na fase de indução, conexões vasculares com o caule são formadas e ocorre a emergência da raiz, sendo que no padrão direto de formação das raízes, células à frente do feixe vascular induzido dividem-se e diferenciam-se em tecido vascular e no padrão indireto a vascularização dos calos normalmente começa a ser feita de modo basípeto, sendo a ligação final estabelecida do tecido vascular até a margem dos feixes vasculares dos calos. A nova raiz cresce através dos tecidos do caule por compressão e/ou por dissolução enzimática das paredes celulares (LOVELL e WHITE, 1986).

Em processos anatômicos na formação de raízes adventícias, uma vez que o corte é feito, as raízes emergem de um grupo de células capazes de se desdiferenciar e se tornar meristema e este grupo de células, com o nome de raiz inicial, localizados em diferentes tecidos do caule, dependendo da espécie, irão diferenciar-se em um primórdio de raiz subseqüentemente formar as raízes adventícias. Ao desenvolver o primórdio raiz, torna-se ligado ao feixe vascular adjacente, e a ponta da raiz continua a crescer para fora, através do córtex, emergente até a epiderme (BEECKMAN, 2010).

Vários fatores podem influenciar no enraizamento de propágulos, dentre eles pode-se citar os fatores ambientais, estado fisiológico, tipo do propágulo, juvenilidade do material, genótipo da planta, tipo de estacas, fitohormônios e nutrição mineral, cuja importância está relacionada a funções específicas para o metabolismo, constituintes de estruturas orgânicas, ativadores de reações enzimáticas e osmorreguladores (HARTMANN et al., 2002; CUNHA, 2009; BEECKMAN, 2010).

1.1.3. Nutrição mineral

Um aspecto importante a ser considerado na formação de raízes adventícias é a nutrição mineral. Os nutrientes têm importante função para diversos processos bioquímicos, moleculares, enzimáticos e fisiológicos que ocorrem na planta (CUNHA, 2009). Segundo Alfenas et al., (2009), teores adequados de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, boro e

magnésio são importantes no processo de diferenciação e formação do sistema radicular. Esses nutrientes exercem importância, pois há uma interação de fatores e da translocação de substâncias sintetizadas nas folhas e gemas em desenvolvimento e esse processo ocorre devido ao bom estado nutricional da planta.

A solução nutritiva é importância para o sucesso da propagação vegetativa e exerce influência direta no enraizamento adventício. A qualidade nutricional da planta matriz irá fornecer propágulos com disposição ao enraizamento e além das minicepas as mudas em formação também precisam garantir o equilíbrio nutricional necessário para o um melhor desenvolvimento (ALFENAS et al., 2009).

A nutrição mineral é importante não apenas no vigor vegetativo da planta-mãe que antecederá as brotações, mas também nos efeitos dos nutrientes nas estacas e na formação de raízes entretanto, poucas informações há sobre interação desses processos (PIRES et al., 2015).

Não existe uma solução nutritiva padrão que pode ser aplicada de maneira geral, sua concentração irá variar de acordo com a exigência nutricional de cada espécie e com o manejo adotado. Os nutrientes necessários para o desenvolvimento são iguais, porém as quantidades exigidas para cada espécie são diferenciadas (BRONDANI, 2012; SILVEIRA et al., 2002).

A nutrição mineral contempla os macro e micronutrientes, todos os nutrientes são importantes no crescimento e desenvolvimento da planta, porém quando se restringe a formação de raízes alguns nutrientes se destacam como o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, boro (CUNHA et al., 2009).

O nitrogênio (N) é um macronutriente que constitui os aminoácidos livres e protéicos e está presente em compostos como as bases nitrogenadas, os ácido nucléicos (DNA e RNA), é importante na produção de triptofano, precursor da auxina AIA e de substâncias de reserva (CUNHA, 2009). Na fase de iniciação, onde ocorre as primeiras divisões celulares e o início dos primórdios radiculares, o nitrogênio auxilia na síntese de RNA, DNA e proteínas, substâncias que interferem ou causam modificações na síntese dessas macromoléculas podem bloquear a iniciação dos primórdios de raízes (HAISSIG, 1974).

Outro importante fato é a alta relação do C/N no processo rizogênico, sendo difícil analisar os efeitos dos nutrientes separadamente. Na formação de raízes há um gasto intenso de energia, que é encontrada em carboidratos e a relação C/N influencia no processo de assimilação de carbono, alocação e particionamento, e portanto, na distribuição de carboidratos dentro da planta (BEECKMAN, 2010).

O fósforo (P) desempenha papel crucial no desenvolvimento inicial de uma planta, como no processo fotossintético, respiração, metabolismo, transferência de energia na célula e componente estrutural do DNA e RNA (GRANT et al., 2001). Entretanto o fósforo apresenta uma relação negativa com a formação de raízes, pois plantas com deficiência de P contêm uma maior concentração de carboidratos que é fonte de energia para iniciação das raízes (ARAÚJO e MACHADO, 2006; CUNHA, 2009).

O potássio (K) é um elemento móvel na planta e não constituinte de nenhuma molécula do vegetal, porém atua em diversos eventos bioquímicos sendo ativador de enzimas, regulador da pressão osmótica e controle dos estômatos e transporte de carboidratos (XAVIER, 2009; MALAVOLTA et al., 1997), nutriente essencial na fase de indução das raízes adventícias.

O cálcio (Ca) tem função constituinte na fotossíntese, movimento citoplasmático, tecidos vegetais e parede celular, garantindo desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular, de modo que sua deficiência pode interferir no processo de iniciação e expressão da raiz (MARSCHNER, 1995).

Higashi et al. (2000) em estudos com *Eucalyptus*, concluíram que quanto maior a concentração de cálcio maior a taxa de enraizamento de propágulos nos clones testados.

O boro (B) é um micronutriente que está relacionado diretamente com o rizogênese, ele é requerido na fase de iniciação, pois atua no processo de divisão celular, regula os níveis endógenos de auxinas aumentando a atividade da AIA oxidase. Sua deficiência tem como primeiro impacto a interrupção do crescimento da planta bem como o não enraizamento de estacas (SOUZA e PEREIRA, 2007; XAVIER, 2009).

Brondani (2012) em experimento com *Eucalyptus benthamii*, verificou que a produção de miniestacas variou significativamente conforme a coleta de brotações e solução nutritiva e clone.

1.1.4. Auxinas

As auxinas são hormônios vegetais que estão relacionados com o crescimento do vegetal, entre outras atividades fisiológicas, atuando no alongamento celular. Sua atuação ocorre na parede celular e ocasiona a distensão e, conseqüentemente, o crescimento do vegetal. Na fase de indução, onde ocorre o primeiro estágio na formação de raiz, as auxinas estimulam a formação de meristemas de raiz (HARTMANN, 2002; FRASSETTO, 2007).

São substâncias sintetizadas pelos os meristemas apicais, caulinares, em folhas jovens, sementes e se espalham por partes da planta e tem importância fundamental no enraizamento de propágulos os estudos dos seus efeitos são fundamentais para se conhecer o processo de formação de raízes adventícias (WENDLING et al., 2000).

Dentre as auxinas com atividades reguladoras de crescimento a mais conhecida é o ácido indolilacético (AIA), que é uma auxina endógena sintetizada nas gemas apicais e nas folhas jovens e tem capacidade de atuar na expansão e no alongamento celular, ajudando também na divisão celular em cultura de tecidos, estimulando assim o enraizamento adventício. (ALMEIDA et al., 2007). Porém nos últimos anos se desenvolveu reguladores de crescimento sintéticos que tem como base os reguladores de crescimento naturais (FRASSETTO, 2007; BRONDANI, 2012). O ácido indolbutírico (AIB) que é uma auxina exógena, criada a partir do AIA, muito utilizada para espécies florestais e agrícolas (BRONDANI, 2012).

Aplicações exógenas de auxinas têm apresentado maiores efeitos na formação de raízes adventícias, pois proporciona maior percentagem, qualidade, velocidade, uniformidade no enraizamento (ALFENAS et al., 2009). Almeida et al. (2007) testou eficiência das auxinas AIB e ANA (ácido naftaleno acético) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* nas concentrações consistiram na utilização do AIB nas dosagens de 0, 1.500, 3.000 e 6.000 mg L⁻¹, aplicadas nas formulações líquida e em pó e na utilização do ANA nas dosagens de 0, 3.000 e 6.000 mg L⁻¹, na formulação líquida e constatou que os clones com maior potencial de enraizamento, de forma geral, apresentaram melhores respostas com a utilização de menores dosagens de AIB, independentemente da forma de aplicação, enquanto para os clones com potencial rizogênico reduzido as maiores dosagens de AIB foram as mais

recomendadas. O ácido indolacético (AIA) não influenciou no enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus cloeziana*.

A descoberta dos efeitos das auxinas endógenas e exógenas como o AIA e o AIB na formação de raízes adventícias e maior enraizamento de estacas, foi um marco na história da propagação vegetativa de plantas (HATMANN, 2002; ALMEIDA, 2007).

Estudos com o gênero *Eucalyptus* mostram que dentre as auxinas exógenas, o AIB tem apresentado melhores efeitos e maior eficiência na promoção de raízes adventícias, sendo a auxina mais utilizada para este gênero, e este fato ocorre devido o AIB possuir menor mobilidade e maior estabilidade no interior das estacas (XAVIER et al., 2009).

As concentrações dessas substâncias variam muito com a espécie, clone, estado de maturação do propágulo, forma de aplicação, tipo de estacas, condições ambientais, entre outros. Entretanto, estudos com espécies de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* demonstram que com a técnica de miniestaquia resultados positivos no enraizamento e sobrevivência de miniestacas são obtidos com concentrações entre 1.000 e 2.000 mg L⁻¹ (WENDLING, 2010).

Os reguladores de crescimento ou fitorreguladores podem ser aplicados de três maneiras distintas: via líquida, pó e gel. Na via líquida as bases das estacas são imersas na solução do fitorregulador por períodos variáveis de tempo em função das concentrações do hormônio e do tipo de material, entretanto, para diversos materiais, o tempo recomendado de aplicação é em torno de 10 segundos. Na aplicação via pó, a base das miniestacas é introduzida no pó que contém o hormônio (WENDLING, 2010; ALFENAS et al., 2009).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e Doenças do Eucalipto**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Editora UFV. 2009. 500p.

ALMEIDA, F. D. de. et al. **Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell.** Revista Árvore. Viçosa. .31. n.3. 2007. p.455-463.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. de T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 251-280.

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 21th century. New Delhi, Research Sign Post, 2004. v.1. p.303-333.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF: ano de base 2013**. Brasília. 2014. 142 p. Disponível em: http://www.abraflor.org.br/estatistica/ABRAF13/ABRAF13_BR.pdf>. Acessado: 02 de agosto de 2015.

BEECKMAN, T. **Root Development**. Annual plant reviews , VIB Department of Plant Systems Biology Ghent University. v. 37. ed. 1, United Kingdom. 2010. 387p.

BRONDANI, G.E. **Aspectos morfofisiológicos na clonagem de *Eucalyptus benthamii***. 2012. 184p. Tese (Doutorado em Ciências, opção em Silvicultura e Manejo Florestal), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CUNHA, A.C.M.C.M.; PAIVA, H.N.; BARROS, N.F.; LEITE, H.G.; LEITE, F.P. **Influência do estado nutricional de minicepas com enraizamento de miniestacas de eucalipto**. Revista Brasileira de Ciências do Solo. Viçosa. p 591-600. 2009.

ESAU, K. **Plant Anatomy**. 2 ed. New York: J. Wiley, 1965, p. 69.

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. 179 p.

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO ESTADO DE MATO GROSSO - FAMATO. **Diagnóstico de Florestas Plantadas do Estado de Mato Grosso**. – Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária (Imea) – Cuiabá: 2013.

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

FETT-NETO, A.G.; FETT, J.P.; GOULART, L.W.V.; PASQUALI, G.; TERMIGNONI, R.R. & FERREIRA, A.G. **Distinct effects of auxin and light on adventitious root development in *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus globulus*.** *Tree Physiol.*, 21:457-464, 2001.

FILHO, C.F.D. **Morfologia vegetal.** Jaboticabal: FUNEP/ UNESP, 1993. 243p.

FRASSETTO, E. G. **Enraizamento adventício de estacas de *Sebastiania schottiana* Müll. Arg.** 2007. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de concentração em Silvicultura, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Santa Maria, RS.

GENEVE, R.L. Patterns of adventitious root formation. In english ivy. **Journal of Plant Grow.** v. 10, p.215-220, 1991

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

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. Importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações agrônomicas.** n. 95. Piracicaba. 2001.

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

HARTMANN, H. T.; et al. **Planta Propagation: principles and practicas.** 7th ed. New York: Engle Wood Clippis. 2002. 880 p.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. **Propagação vegetativa do *Eucalyptus*: princípios básicos e sua evolução no Brasil.** Circular técnica – IPEF. Piracicaba, n 192. 2000.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES PLANTADAS - IBÁ. **Relatório Ibá 2015.** São Paulo. 2015. 79 p. Disponível em: http://www.iba.org/images/shared/iba_2015.pdf> Acessado em 09 de novembro de 2015.

KEVERS, C.; et al. **Hormonal control of adventitious rooting progress and questions.** *Angewandte Botanik*, v. 71-79, 1997

LOVELL, J.; WHITE, P. H. Anatomical changes during adventitious root formation. In: JACKSON, M. B. **New root formation in plants and cuttings.** Dordrecht, Martinus Nijhoff Publishers, 1986, p. 111-140.

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

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas (princípios e aplicações)**. ed. 2. Piracicaba. 1997. 319 p.
- MARSCHNER, B.H. **Mineral nutrition of higher plants**. Academic Press, 889 p, London, 1995.
- MARTIN, B.; COSSALTER, C. Les *Eucalyptus* des Iles de la Sonde. **Bois et Forêts des Tropiques**, n. 165, p.3-20, Jan/Fev. 1976.
- MOURA, V. P. G. **O germoplasma de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake no Brasil**. Comunicado técnico 111, 12p, 2004.
- PEPE, B., SURATA, K., SUHARTONO, F., SIPAYNUG, M., PURWANTO, A.; DVORAK, W.S. **Conservation status of natural populations of *Eucalyptus urophylla* in Indonesia and international efforts to protect dwindling gene pools**. Forest Genetic Resources N.31: 62-64. FAO, Rome. 2004.
- PINTO, S.I.C.; NETO, A.E.F., NEVES, J.C.L., FAQUIM, V.; MORETTI, B.S. **Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva**. Revista Brasileira de Ciências do Solo. Viçosa, p 523-533, 2011.
- PIRES, P. P.; WENDLING, I.; AUER, C.; BRONDANI, G. E. Sazonalidade e soluções nutritivas na miniestaquia de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.2, p.283-293, 2015.
- SCANAVACA JUNIOR, L. **Caracterização silvicultural, botânica e tecnológica do *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake e de seu potencial para utilização em serraria**. 2001. 96p. Dissertação Ciências, Área de Concentração: Ciências Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.
- SEIN, C. C.; MITLOHNER, R. ***Eucalyptus urophylla* S.T. Blake Ecology and silviculture in Vietnam**. Center for International Forestry Research CIFOR. 2011. 14p.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N.; KRÜGNER, T.L. Estado nutricional de *Eucalyptus citriodora* Hook cultivado sob diferentes doses de boro e sua relação com a agressividade de *Botryosphaeria ribis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 53, p. 57–70, 1998.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA – SBS. **Fatos e números do Brasil floresta**. São Paulo. 2006. 105p. Disponível em: <http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/SBS-2005.pdf>> Acessado: 01 de novembro de 2015.
- SOUZA, A.V.; PEREIRA, A.M.S. Enraizamento de plantas cultivadas in vitro. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Campus de Botucatu, v.9, n.4, p.103-117. Botucatu. 2007.
- WENDLING, I.; XAVIER, A.; GOMES, J.M.; PIRES, I.E.; ANDRADE, H.B. Efeito do regulador de crescimento AIB na propagação de clones de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 187–192, 2000.

WENDLING, I.; BRONDANI, G.E.; DUTRA, L.F.; HANSEL, F.A. Mini-cuttings technique: a new ex vitro method for clonal propagation of sweetgum. **New Forests**, Dordrecht, v. 39, n. 3, p. 343–353, 2010. DOI: 10.1007/s11056-009-9175-2.

VIEIRA, F. S.; BUCSAN, B. **Ocorrências naturais de *Eucalyptus urophylla* na Indonésia. *Silvicultura***, n. 14, p. 359-361, 1980.

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

1. PRODUTIVIDADE, SOBREVIVÊNCIA E TEOR FOLIAR DE MINICEPAS DE *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA E COLETAS DE BROTAÇÕES

RESUMO

A propagação vegetativa de *Eucalyptus urophylla* via miniestaquia tem sido um método eficiente para a obtenção de propágulos com elevados índices de enraizamento. O enraizamento adventício em propágulos é influenciado por fatores intrínsecos e extrínsecos do material vegetal, e o conhecimento da ação deles é fundamental para o sucesso da produção de mudas por miniestaquia. O controle do manejo do minijardim seminal é fundamental para obtenção de brotações com qualidades e quantidades suficientes. Este trabalho teve como objetivo avaliar a sobrevivência, a produção e o teor foliar de nutrientes de minicepas de *Eucalyptus urophylla* em relação à solução nutritiva e coleta de brotações. As brotações originaram-se de minicepas seminais fertirrigadas de solução nutritiva em três concentrações: 25%, 75% e 100%, com seis coletas de brotações ao longo do tempo. Para as variáveis sobrevivência e produção de miniestacas, o experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados em arranjo fatorial (3x7) com parcelas subdivididas no tempo, sendo os fatores constituídos por solução nutritiva (S1 – 100%, S2 – 75%, S3 – 25% da concentração dos sais) e coleta de brotos (sete coletas). O teor foliar foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (3x2) com parcelas subdivididas no tempo, sendo os fatores constituídos por solução nutritiva (S1 – 100%, S2 – 75%, S3 – 25% da concentração dos sais) e duas coletas de brotos, com cinco repetições. A sobrevivência das minicepas não variou significativamente em relação à solução nutritiva e coleta de brotações. Todas as minicepas apresentaram 100% de sobrevivência. A produção de miniestacas (NM) variou significativamente em relação à solução nutritiva e as coletas de brotações. A solução de 100% e a sexta coleta resultaram na maior NM. O teor de nutrientes foliar variou significativamente em relação à solução nutritiva e coleta de brotações. A solução de 100% e a quarta coleta foram as que apresentaram as maiores médias de acúmulo de macro e micronutrientes nas folhas das minicepas.

Palavras-chave: Enraizamento adventício, miniestaquia, fertirrigação.

PRODUCTIVITY, SURVIVAL AND CONTENT LEAF OF *Eucalyptus urophylla* MINISTUMPS AT A CONCENTRATION OF DIFFERENT FUNCTION AND NUTRIENT SOLUTION SHOOTS COLLECTIONS

ABSTRACT

The *Eucalyptus urophylla* is a species of great economic and commercial value in this sense vegetative propagation via minicutting has been an effective method for obtaining propagules with high rates of rooting. The adventitious rooting of minicuttings is influenced by intrinsic and extrinsic factors of plant material, and their share of knowledge is critical to the success of the production of clones by minicutting. Control of the management of seminal minigarden is fundamental to obtain shoots with sufficient qualities and quantities. This study aimed to evaluate the survival, production and leaf content of nutrients in *Eucalyptus urophylla* ministumps regarding to the nutrient solution and shoots collections. Shoots originated from ministumps seminal, nutrient solution fertigated in three concentrations: 25%, 75% and 100%, with six collections of shoots. For the variables survival and minicuttings production, the experiment was conducted in a randomized block design in a factorial arrangement (3x7) with split plot in the time, and the factors consisting of nutrient solution (S1 - 25% S2 - 75% S3 - 100%) and shoot collections (seven collections). The leaf content was conducted in a completely randomized design in a factorial arrangement (3x2) with split plot in the time, and the factors consisting of nutrient solution (S1 - 25% S2 - 75% S3 - 100%) and two shoot collection, with five replications. The survival of ministumps did not vary significantly in relation to the nutrient solution and shoot collections. All ministumps had 100% survival. The minicuttings production (NM) varied significantly in relation to the nutrient solution and the shoot collections. The solution 100% and the sixth collection presented the highest NM. The foliar nutrient content varied significantly in relation to the nutrient solution and shoot collections. The solution 100% and the 4th were those that presented the highest average macro and micronutrient accumulation in the leaves of ministumps.

Keywords: Adventitious rooting, ministumps, minicutting, fertigation, nutritional content of leaves.

1.2. INTRODUÇÃO

Os métodos de propagação vegetativa propiciam redução na idade de exploração, maior produção de madeira de melhor qualidade e redução nos custos de exploração e transporte. Nesse sentido a miniestaquia têm se fundamentado no enraizamento de miniestacas obtidas de genótipos superiores (minicepas) que constituiu o método mais utilizado para a clonagem por praticamente todas as empresas florestais (ASSIS, 2004).

Segundo Ferrari et al., (2004) minicepas são plantas que podem ser originadas a partir de sementes ou por estaquia convencional que depois de podadas fornecerão propágulos denominados miniestacas para a formação das futuras mudas. O conjunto das minicepas forma o minijardim seminal.

Dentre os fatores de avaliação das minicepas estão sobrevivência, produtividade de miniestacas e teor foliar, que é o acúmulo de nutrientes em suas folhas. Esses fatores estão intimamente ligados as condições de manejo adotado, ao tempo de cultivo, a coleta de brotações, aos aspectos ambientais e as condições nutricionais. O desequilíbrio entre eles afeta diretamente as minicepas, podendo interferir em seu desenvolvimento com a perda do vigor fisiológico e a formação de propágulos com baixos índices de enraizamento (CUNHA et al., 2009b).

Em relação às condições nutricionais, a utilização de solução nutritiva vem se tornando um método eficiente para suprir as necessidades nutricionais das plantas. O manejo ideal de um minijardim em termos de nutrição mineral pode proporcionar propágulos com maior predisposição ao enraizamento e qualquer nutriente envolvido no processo metabólico da formação do sistema radicular é considerado essencial. Entretanto, a função e importância dos vários nutrientes ainda não estão totalmente esclarecidas (CUNHA, 2009b; ALFENAS et al., 2009).

Diante do exposto, o presente trabalho apresenta as seguintes hipóteses e objetivos:

1.2.1. Hipóteses

- A sobrevivência e os nutrientes foliares das minicepas de *Eucalyptus urophylla* variam de acordo com as coletas de brotações e concentrações de soluções nutritivas.
- A quantidade de brotações de *Eucalyptus urophylla* varia de acordo com as coletas e concentrações de soluções nutritivas.

1.2.2. Objetivos

- Avaliar a influência de diferentes concentrações de solução nutritiva e coletas de brotações sobre a sobrevivência e teores foliares de nutrientes em minicepas de *Eucalyptus urophylla*.
- Quantificar e avaliar a produtividade de miniestacas por minicepas de *Eucalyptus urophylla* sob efeito de diferentes concentrações de solução nutritiva e coletas de brotações.

1.3. MATERIAL E MÉTODOS

1.3.1. Caracterização geral

O experimento foi conduzido no viveiro Nitácuá, localizado em Cuiabá, Mato Grosso, que pertence a Mesorregião Geográfica Centro-Sul Mato-Grossense e a Microrregião Geográfica de Cuiabá. Localiza-se a 15°35'56" de latitude sul e 56°06'01" de longitude oeste, em uma altitude média de 165 m, com o clima tipo AW (chuvas de verão-outono), segundo a classificação de Köppen. As principais médias anuais de temperatura correspondem à de 37°C nos meses mais quentes (agosto a outubro) e de 25°C, nos meses mais frios (abril a junho). A precipitação média anual situa-se em torno de 1.200 mm (Quadro 1).

QUADRO 1- DADOS DE TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA, TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA E UMIDADE RELATIVA MÉDIA NO PERÍODO DE JUNHO DE 2014 À JANEIRO DE 2016.

| Meses | Temp. Máx. Média °C | Temp. Min. Média °C | Umidade relativa Média % |
|--------|---------------------|---------------------|--------------------------|
| jun/14 | 31,02 | 19,77 | 72,63 |
| jul/14 | 31,02 | 17,88 | 70,68 |
| ago/14 | 35,25 | 19,15 | 55,13 |
| set/14 | 37,00 | 23,72 | 58,73 |
| out/14 | 36,82 | 24,15 | 67,44 |
| nov/14 | 34,53 | 24,02 | 69,78 |
| dez/14 | 33,13 | 23,73 | 74,83 |
| jan/15 | 34,10 | 23,13 | 73,27 |
| fev/15 | 33,33 | 23,34 | 76,60 |
| mar/15 | 33,49 | 23,14 | 77,83 |
| abr/15 | 32,87 | 23,31 | 78,03 |
| mai/15 | 31,92 | 21,96 | 75,19 |
| jun/15 | 32,84 | 19,14 | 67,65 |
| jul/15 | 32,01 | 18,33 | 67,78 |
| ago/15 | 36,82 | 19,46 | 50,10 |
| set/15 | 37,62 | 23,51 | 52,76 |
| out/15 | 35,32 | 24,34 | 61,79 |
| nov/15 | 33,50 | 24,63 | 71,52 |
| dez/15 | 32,50 | 24,49 | 68,65 |
| jan/16 | 30,31 | 24,08 | 71,00 |

Dados coletados pela estação 83361 de Cuiabá – MT, latitude -15,61°, longitude -56,1° e altitude 145 metros, retirados do banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

1.3.2. Implantação e constituição do minijardim seminal

As minicepas foram constituídas a partir de sementes de *Eucalyptus urophylla*, oriundas de polinização cruzada de matrizes localizada em experimento no município de Itatinga - SP. A semeadura ocorreu no mês de julho de 2014 em bandejas de isopor contendo substrato comercial a base matéria orgânica composto por esterco de galinha, húmus de minhoca e vermiculita na proporção 1:1 (v/v). As sementes foram depositadas superficialmente no substrato e sobre elas foi peneirada uma fina camada do mesmo substrato. Foi semeada uma semente por célula da bandeja e feita irrigação diária.

Sete dias após a semeadura, as mudas foram selecionadas quanto à sanidade (isentas de doenças ou qualquer ataque por inseto), ao formato (crescimento ortotrópico normal) e à altura total (em torno de 5 cm de altura) e transplantadas para vasos plásticos de 3,0 L, com aberturas na parte inferior, contendo ao fundo uma camada de 3 cm de brita, para facilitar a drenagem e preenchido com substrato composto areia fração fina ($0,10 \text{ mm} < \text{diâmetro de partícula} < 0,25 \text{ mm}$), peneirada em malha 3 mm e lavada com água deionizada (Figura 1 - B).

Os vasos foram colocados no minijardim em área coberta com sombrite 50% com apenas uma planta por vaso sendo irrigadas duas vezes por dia utilizando uma mangueira de jardim e fertilizadas com a solução nutritiva, conforme mostrado a seguir na Tabela 1, a cada três dias na concentração de 50% em todas as mudas. Esse processo teve o intuito de fortalecer e nutrir as mudas para posteriormente realizar o processo de constituição do minijardim. Após 70 dias da repicagem efetuou-se a quebra do caule da planta 18 cm acima da sua porção basal, com a finalidade de quebrar a dominância apical e induzir a formação de brotos axilares, que começaram surgir após 21 dias (Figura 1).

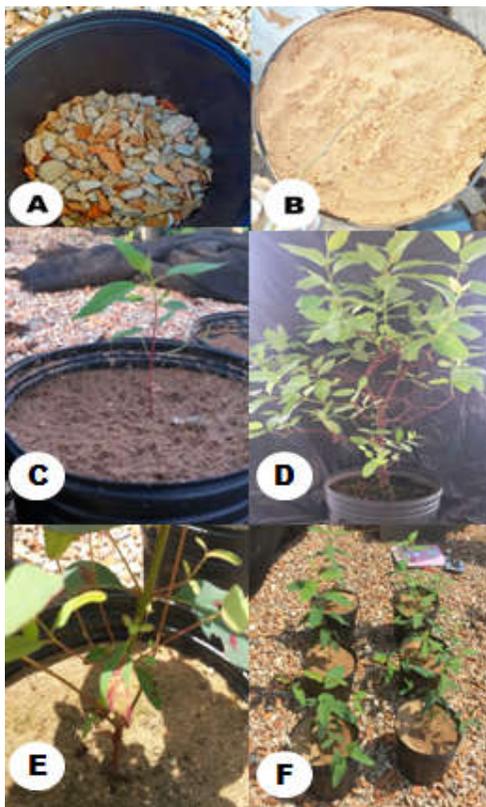


FIGURA 1 - UNIDADE EXPERIMENTAL PARA A CONSTITUIÇÃO DO MINIJARDIM SEMINAL DE *Eucalyptus urohylla*. DETALHE DO VASO COM CAMADA DE BRITA NO FUNDO (A); DETALHE DO VASO COM SUBSTRATO AREIA FINA (B); MUDAS APÓS O TRANSPLANTE PARA VASOS PLÁSTICOS (C); MINICEPA ESTABELECIDAS (D); DESENVOLVIMENTO DAS BROTAÇÕES AOS 97 DIAS (E); DISPOSIÇÃO DOS VASOS COM AS MINICEPAS (F).

Para formação das minicepas, foi realizada a poda da parte aérea aos 18 cm acima da base da muda, aos 21 dias após a quebra do caule, e se iniciou a adubação conforme os tratamentos das concentrações da solução nutritiva proposta (Tabela 1), nas concentrações de 25%, 75% e 100%, de acordo com o arranjo dos blocos. As unidades experimentais foram dispostas sobre área de 0,12m² coberta com uma camada de 10 cm de brita.

1.3.3. Manejo das minicepas

Os tratamentos para o manejo das minicepas, foram composto por solução nutritiva baseados nas seguintes concentrações: S1 – 25% de solução nutritiva, S2 – 75% de solução nutritiva e S3 – 100% de solução nutritiva em relação a concentração original dos sais (Tabela 1).

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA BÁSICA PARA A FERTIRRIGAÇÃO DO MINIJARDIM DE *Eucalyptus urophylla*.

| Nutriente | Solução Nutritiva (mg/L) | Fonte de Macro e Micronutriente | FQ / PM | (mg L ⁻¹) |
|--------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--|-----------------------|
| N-NO ₃ ⁻ | 60,00 | Sulfato de amônio (Merck®) | (NH ₄) ₂ SO ₄ / 132,14 | 44,57 |
| N-NH ₄ ⁺ | 30,00 | Nitrato de amônio (Reagex®) | NH ₄ NO ₃ / 80,04 | 140,50 |
| P | 12,00 | Monoamôniofostato (Mallinckrodt®) | NH ₄ H ₂ PO ₄ / 115,03 | 44,57 |
| Ca | 40,00 | Nitrato de cálcio (Labsynth®) | Ca (NO ₃) ₂ .4H ₂ O / 236,15 | 57,18 |
| K | 80,00 | Cloreto de potássio (Ecibra®) | KCl / 74,56 | 400,00 |
| S | 10,00 | Cloreto de cálcio (Synth®) | CaCl ₂ .2H ₂ O / 147,02 | 111,13 |
| Mg | 12,00 | Sulfato de magnésio (Mallinckrodt®) | MgSO ₄ .7H ₂ O / 246,48 | 60,49 |
| B | 0,481 | Ácido bórico (Ecibra®) | H ₃ BO ₃ / 61,83 | 2,750 |
| Cu | 0,100 | Sulfato de cobre (Mallinckrodt®) | CuSO ₄ .5H ₂ O / 249,68 | 0,3929 |
| Fe | 2,00 | Sulfato de ferro (Synth®) | FeSO ₄ .7H ₂ O / 278,02 | 9,9520 |
| Mo | 0,02 | Molibdato de sódio (Merck®) | Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O / 241,95 | 0,0504 |
| Mn | 1,60 | Sódio - EDTA (Nuclear®) | Na ₂ -EDTA.2H ₂ O / 372,24 | 13,31 |
| Zn | 0,065 | Sulfato de zinco (Mallinckrodt®) | ZnSO ₄ .7H ₂ O / 287,54 | 0,285 |

Fonte: Brondani (2012).

Os sais de nutrientes utilizados na formulação da solução nutritiva foram pesados em balança de precisão e posteriormente diluídos em água destilada nas proporções estabelecidas na Tabela 1 e armazenados em garrafas pet. O pH da solução nutritiva foi aferido com peagâmetro, mantendo-se constante em 5,9, e quando necessário corrigido com ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de sódio (NaOH), ambos a 1M.

A fertirrigação das minicepas foi realizada às terças e sábados no período matutino, com adição de 100 mL de solução nutritiva básica por vaso e molhando somente a parte do substrato para evitar queima das folhas.

1.3.4. Sobrevivência de minicepas e produção de miniestacas

O experimento foi conduzido por 18 meses e nesse período foram realizadas sete coletas de brotações com intervalo variando de 30 a 55 dias de acordo com a produtividade de brotações.

A sobrevivência das minicepas foi monitorada ao longo das coletas de brotações, assim como a produção de miniestacas e os dados

O número de miniestacas/m²/ano foi calculado a partir da seguinte fórmula (Brondani, 2012):

$$NM = \frac{NMI \times DA}{IC \times AE}$$

Onde:

NM = número de miniestacas por minicepa por metro quadrado ao ano (miniestaca/m²/ano¹);

NMI = número de miniestaca por minicepa;

DA = total de dias do ano (serão considerados 365 dias);

IC = intervalo em dias entre cada coleta de brotações (variável de acordo com a produtividade);

AE = área efetiva de cada minicepa (m²).

1.3.5. Teor de nutrientes nas folhas

O teor nutricional foliar foi avaliado, em laboratório especializado, na 4^a e 7^a coleta, nos meses de abril e novembro respectivamente. Tais coletas foram relacionadas para a amostragem, a fim de comparar o comportamento dos teores foliares ao longo das coletas. As amostras foliares foram misturadas para atingir a quantidade de matéria seca necessária à determinação dos teores nutricionais foliares. Dessa forma, o experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (3x2) com parcelas subdivididas no tempo, sendo os fatores constituídos por solução nutritiva (S1 – 25%, S2 – 75%, S3 – 100%) e duas coletas de brotos, com cinco repetições. As folhas coletadas das porções basal, intermediária e superior (jovens e maduras) das minicepas, foram pesadas, lavadas com água deionizadas e colocadas para secar em estufas de circulação forçada a 60°C até apresentarem massa constante. Após esse processo, as folhas foram moídas até apresentarem a consistência de pó.

Os macro e micronutrientes foram determinados pelo método descrito por Malavolta, Veto e Oliveira (1989). O N total foi determinado pelo método de digestão em ácido sulfúrico, Semi-MicroKjeldahl. Os elementos P, S, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn foram determinados pelo método de digestão em ácido nítrico-perclórico. O P foi determinado por colorimetria de metavanadato de amônio e o S por turbidimetria de sulfato de bário, com leitura em espectrofotômetro. O K foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica em fotômetro de chama com lâmpada de cátodo oco de K.

Os elementos Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica. O B foi determinado por digestão da matéria seca por meio de incineração em meio alcalino pelo método de colorimetria de azometina, seguida de leitura em espectrofotômetro.

Na tabela 2 apresentam informações que relacionam o teor foliar das brotações de minicepas conduzidas em sistema de minijardim de *Eucalyptus* com os macro e micronutrientes onde é possível verificar os índices de variação podendo-os classificar como alto, adequado, baixo e deficiente. Esses valores foram usados para discutir os resultados encontrados.

TABELA 2 - INTERVALO DOS TEORES FOLIARES DE MACRO E MICRONUTRIENTES PARA BROTAÇÕES DE *Eucalyptus*, EM CONDIÇÕES DE MINIJARDIM AOS 14 DIAS.

| Nutriente | Alto ⁽¹⁾ | Adequado ⁽¹⁾ | Baixo ⁽¹⁾ | Deficiente ⁽¹⁾ |
|-----------|--|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| | Macronutriente (g kg ⁻¹) | | | |
| N | $\partial > 40,0$ | $28,0 < \partial \leq 40,0$ | $20 \leq \partial \leq 28,0$ | $\partial < 20,0$ |
| P | $\partial > 4,0$ | $2,5 < \partial \leq 4,0$ | $1,5 \leq \partial \leq 2,5$ | $\partial < 1,5$ |
| K | $\partial > 30,0$ | $15,0 < \partial \leq 30,0$ | $10,0 \leq \partial \leq 15,0$ | $\partial < 10,0$ |
| Ca | $\partial > 7,0$ | $5,0 < \partial \leq 7,0$ | $3,0 \leq \partial \leq 5,0$ | $\partial < 3,0$ |
| Mg | $\partial > 4,0$ | $2,0 < \partial \leq 4,0$ | $1,0 \leq \partial \leq 2,0$ | $\partial < 1,0$ |
| S | $\partial > 2,5$ | $2,0 < \partial \leq 2,5$ | $1,3 \leq \partial \leq 2,0$ | $\partial < 1,3$ |
| Nutriente | Micronutriente (mg kg ⁻¹) | | | |
| B | $\partial > 70,0$ | $35,0 < \partial \leq 70,0$ | $20,0 \leq \partial \leq 35,0$ | $\partial < 20,0$ |
| Cu | $\partial > 15,0$ | $8,0 < \partial \leq 15,0$ | $5,0 \leq \partial \leq 8,0$ | $\partial < 5,0$ |
| Fe | $\partial > 220,0$ | $100,0 < \partial \leq 220,0$ | $75,0 \leq \partial \leq 100,0$ | $\partial < 75,0$ |
| Mn | $\partial > 700,0$ | $250,0 < \partial \leq 700,0$ | $150,0 < \partial \leq 250,0$ | $\partial < 150,0$ |
| Zn | $\partial > 80,0$ | $30,0 < \partial \leq 80,0$ | $20,0 < \partial \leq 30,0$ | $\partial < 20,0$ |

(1) Extraído de Alfenas et al. (2004), Brondani, 2012b, Higashi; Silveira e Gonçalves (2005), Cunha et al. (2009b) e Cunha et al. (2009c). ∂ = valor médio do nutriente considerado.

1.3.6. Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade de Lilliefors ($P < 0,05$) e homogeneidade de Bartlett ($P < 0,05$) e transformados quando necessário. Em seguida foi realizada a análise de variância ANOVA ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) utilizando o software R.

1.3.7. Delineamento experimental

O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados em arranjo fatorial (3x7) com parcelas subdivididas no tempo,

sendo os fatores constituídos por solução nutritiva (S1 – 25% da solução nutritiva básica, S2 – 75% da solução nutritiva básica, S3 – 100% da solução nutritiva básica) e coleta de brotos (sete coletas). Foram utilizados seis blocos contendo seis plantas cada um, com duas plantas por parcela. Dentro de cada bloco os vasos foram dispostos no espaçamento de 30 cm x 30 cm. A distância entre blocos foi de 40 cm.

1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sobrevivência apresentou os valores máximos de 100% para as três concentrações de solução nutritiva nas 7 coletas de brotações. Em geral, os altos valores percentuais de sobrevivência das minicepas de *Eucalyptus urophylla* corroboram com os observados na literatura, indicando que tais resultados são adequados para a condução de minijardins clonais, conforme afirmaram Alfenas et al., (2004) e Brondani (2012a). Estudos realizados por Brondani (2012b) apresentaram valores superiores a 95% de sobrevivência das minicepas de *Eucalyptus benthamii*. Titon et al., (2003) observaram taxa de sobrevivência de minicepas superior a 98%, o que indicou alto potencial à emissão de novas brotações. Cunha et al., (2005) obtiveram 88% de sobrevivência para o sistema de canaletão e 100% para o sistema com tubetes com *Eucalyptus benthamii*.

Em relação às sucessivas coletas de brotações os valores de sobrevivência corroboram com os da literatura, o que revela a longevidade das minicepas do gênero *Eucalyptus* e, por conseguinte o vigor vegetativo das minicepas que favorece a formação de propágulos com maiores índices na formação de raízes adventícias (SOUZA et al., 2014; BRONDANI et al., 2012a; ROSA et al., 2008; TITON et al., 2003).

De acordo com as concentrações de solução nutritiva (25%, 75% e 100%) Higashi et al., (2002) indicaram elevada sobrevivência de minitouças com clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* quando se empregado 25% da concentração da solução nutritiva básica. Porém, é importante ressaltar que o estado nutricional da planta-matriz influencia diretamente quanto ao aspecto e o vigor vegetativo das minicepas e na formação de brotos e apresenta nas miniestacas efeito significativo no processo rizogênico (ASSIS et al., 2004). Dessa forma as soluções nutritivas devem ser ajustadas de acordo com cada espécie com a finalidade de manter sempre o vigor e os níveis adequados de nutrientes tanto nas plantas quanto nas brotações (ASSIS e MAFIA, 2007).

Os altos valores de sobrevivência das minicepas do gênero *Eucalyptus* após diversas coletas de brotações se dão devido a sua fisiologia que possui uma grande capacidade de regeneração após desfolhamentos e cortes da parte aérea (HIGA e STURION, 1997). Esse rápido desenvolvimento

se dá devido à presença de gemas axilares bem como lignotúberes ou protuberâncias presentes na base de árvores e de mudas das espécies de eucalipto que são estruturas de reservas e importantes na recuperação da planta após diversos cortes (REIS e REIS, 1997). Os lignotúberes se desenvolvem após a germinação no cotilédone das plantas e funciona como órgão de armazenamento de reservas da planta que a utiliza em situações de estresse fisiológico (CARRODUS e BLAKE, 1970). Sua constituição é a mesma da madeira adjacente, porém retorcidos e com elevada teor de reservas alimentares e gemas (HIGA e STURION, 1997; REIS e REIS, 1997). As gemas adventícias são outra fonte alternativa de energia, que se encontra na base das folhas, que é acionada após a planta sofrer algum dano, ou quando se faz o corte da gema apical, permitindo a rápida recuperação (JACOBS, 1955).

Não houve interação ($p < 0,05$) entre os fatores testados quanto à produção de miniestacas por metro quadrado ano (NM) (Apêndice A). Esses resultados revelaram compatibilidade positiva aos tratos culturais adotados, aos bons níveis nutricionais e hídricos, como também ao manejo das minicepas, viabilizando o cultivo das minicepas para a produção de brotações. O número de miniestacas por metro quadrado ano (NM) variou significativamente em relação à solução nutritiva e a coleta de brotações.

Analisando a variação de produção de miniestacas por metro quadrado ano em relação à solução nutritiva, verificou-se que houve diferenças significativas entre as três soluções, 25%, 75% e 100%, sendo a de 100% a que apresentou as melhores médias. Em termos gerais, a produtividade de miniestacas por metro quadrado ano obteve em média 635,32 miniestacas para a solução nutritiva de 25%, 1051,55 para a solução de 75% e 1294,03 para a solução de 100% (Figura 2).

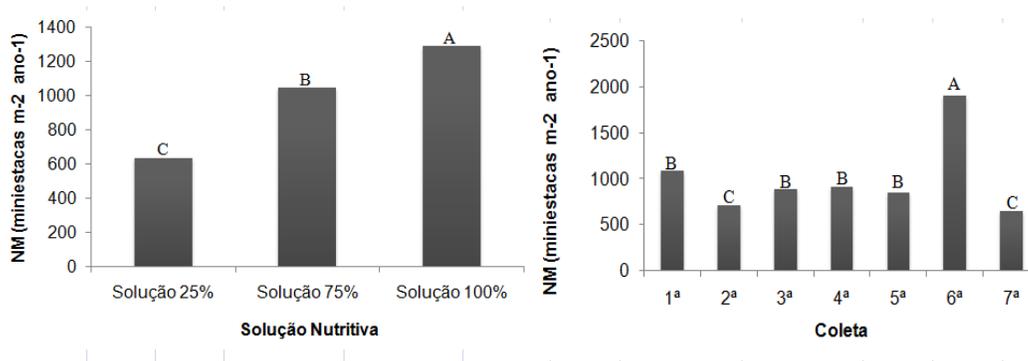


FIGURA 2 - DADOS MÉDIOS DO NÚMERO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO ANO DE MINICEPAS DE *Eucalyptus urophylla*. SOLUÇÃO NUTRITIVA (A); COLETA (B). MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO O TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE.

De acordo com Rocha (2013), o estado nutricional influencia diretamente na produtividade, na qualidade das mudas e, conseqüentemente, no enraizamento e na formação de raízes adventícias das miniestacas. Com isso explicam-se os resultados onde a solução nutritiva de 100% foi a que apresentou melhores resultados para produção de miniestacas por metro quadrado ano, pois em relação às demais soluções ela é a que tem o maior aporte de nutrientes.

Relacionando o número de miniestacas por metro quadrado ano com as coletas de brotações observou-se diferenças significativa e oscilações da variável onde a 6ª coleta diferenciou estatisticamente das demais.

O NM apresentou oscilações durante as sete coletas, o que está de acordo com resultados descritos na literatura com miniestaquia para as espécies do gênero *Eucalyptus*, como os realizados por (SOUZA JUNIOR e WENDLING, 2003; CUNHA et al., 2005; ROSA et al., 2008; BRONDANI et al., 2012a; FREITAS 2013). É comum haver oscilações na produção de miniestacas em relação às coletas, ocorrendo picos de produção seguidos de intenso decréscimo. Este comportamento está associado a diversos fatores dentre eles a temperatura, pois altas temperaturas afetam a em relação a absorção de nutrientes e desnaturação de enzimas e aumenta a transpiração e perda de água pelas folhas, provocando a necrose dos tecidos, fotoperíodo, fatores genéticos, intervalo entre coletas, aspectos nutricionais, juvenildade das minicepas, os quais afetam significativamente a produção de miniestacas

ao longo do tempo (ROCHA et al., 2013; BRONDANI et al., 2012b; CUNHA et al., 2009c; ALFENAS, et al. 2004; XAVIER, 2009).

Os menores valores de NM foram apresentados na 2ª e da 7ª coleta. Em relação à 2ª coleta este comportamento pode ser em função da necessidade de adaptação inicial das minicepas ao ambiente após a quebra de dominância apical e a poda para indução de brotação. Resultados semelhantes foram obtidos por Rosa et. al., (2008) que justificou tal fato devido ao possível estresse causado pela poda das mudas em virtude da primeira coleta, o que afetou o vigor vegetativo das plantas. A redução de NM da 6ª para a 7ª coleta pode indicar o queda das reservas das minicepas em relação às interferências e podas realizadas para indução de brotações (WENDLING, et al., 2003).

Quanto ao teor de nutrientes das folhas das minicepas. O quadro de análise de variância (Apêndice B) apresentou médias significativas de teores foliares para fósforo (P), potássio (K), zinco (Zn), enxofre (S), boro (B), zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) em brotações de minicepas de *Eucalyptus urophylla* em relação às soluções nutritivas.

O P e o S apresentaram significância para solução nutritiva e coleta de brotações. A solução de 75% e 100% apresentaram as maiores médias e a 4ª favoreceu o teor foliar de ambos os nutrientes (Figura 3 e Figura 4).

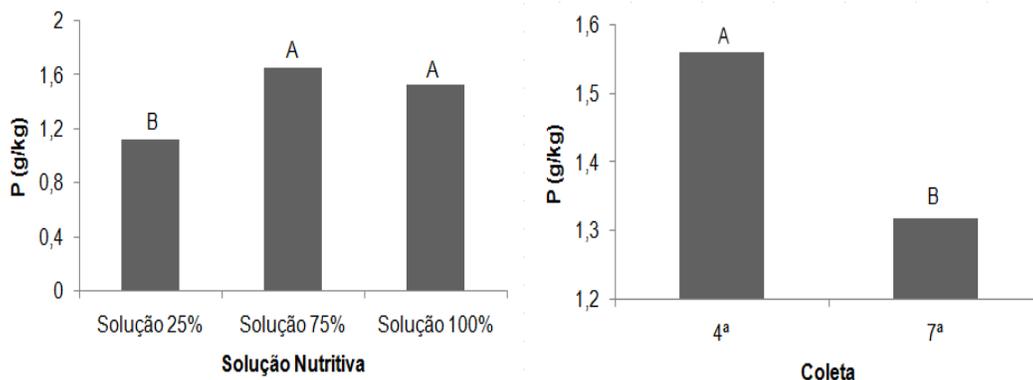


FIGURA 3 - DADOS MÉDIOS DO TEOR FOLIAR DE FÓSFORO (P) DE MINIESTACAS *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA E COLETA DE BROTAÇÕES. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO O TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE.

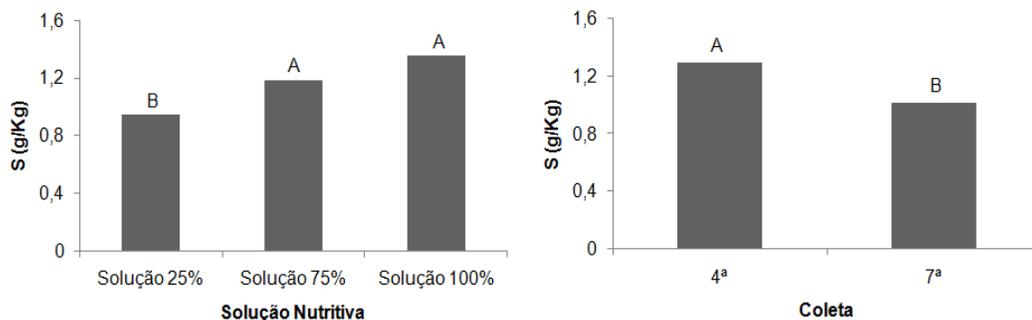


FIGURA 4 - DADOS MÉDIOS DO TEOR FOLIAR DE ENXOFRE (S) DE MINIESTACAS *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA E COLETA DE BROTAÇÕES. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO O TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE.

O teor foliar do K houve interação entre os fatores. A solução de 75% e 100% apresentaram os melhores resultados para ambas coletas a 4ª coleta com os favoreceu teor foliar de K (Figura 5).

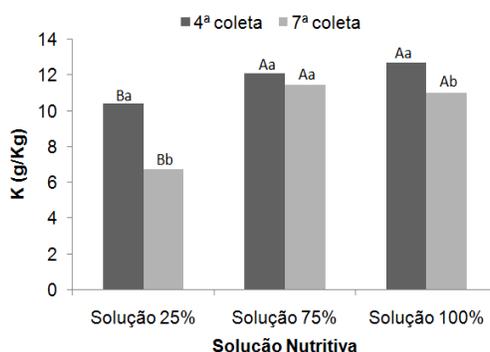


FIGURA 5 - DADOS MÉDIOS DO TEOR FOLIAR DE POTÁSSIO (K) DE MINIESTACAS *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À INTERAÇÃO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA E COLETA DE BROTAÇÕES. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA MAIÚSCULA PARA AS DIFERENTES SOLUÇÕES E MESMA CONCENTRAÇÃO DE COLETA E LETRAS MINÚSCULAS ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE COLETA DENTRO DA MESMA SOLUÇÃO NUTRITIVA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO.

Todos os micronutrientes (B, Zn, Cu, Fe, Mn) foram significativos em relação às soluções nutritivas e a coleta de brotações.

O B foi significativo somente para o fator coleta sendo a 4ª coleta apresentando os melhores resultados (Figura 6).

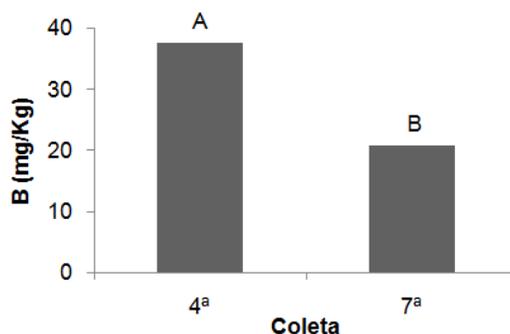


FIGURA 6 - DADOS MÉDIOS DO TEOR FOLIAR DE BORO (B) DE MINIESTACAS *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À COLETA DE BROTAÇÕES. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO O TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE.

Para os nutrientes Cu e Fe a solução nutritiva foi significativa. Para o Cu a solução de 100% diferenciou das demais e para Fe a de 25% obteve maior média (Figura 7).

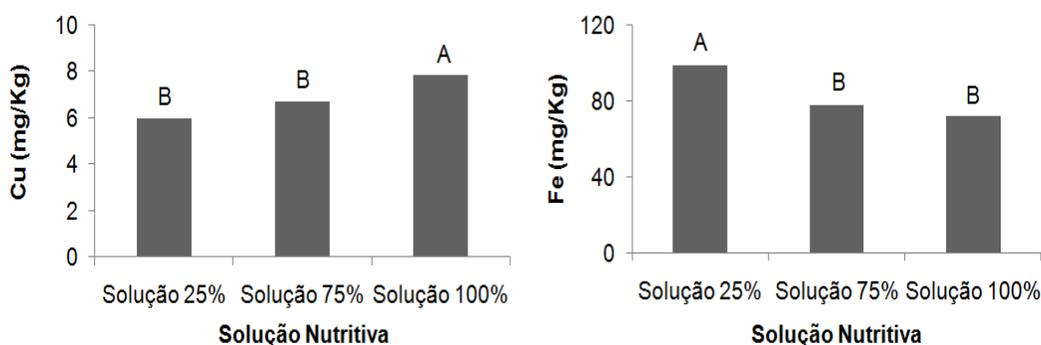


FIGURA 7 - DADOS MÉDIOS DO TEOR FOLIAR DE COBRE (Cu) E FERRO (Fe) DE MINIESTACAS *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO O TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE.

Houve interação entre solução nutritiva e coleta de brotação para os micronutrientes Zn e Mn. A solução de 75% obteve média elevada para a 4ª coleta e a de 100% favoreceu o teor de Zn para a 7ª coleta. Em relação às soluções não houve diferença significativa entre elas dentro das respectivas coletas (Figura 8).

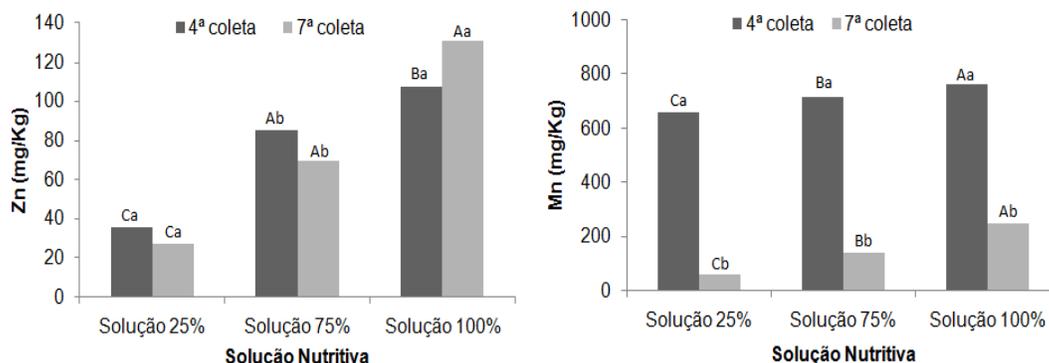


FIGURA 8 - DADOS MÉDIOS DO TEOR FOLIAR DE ZINCO (Zn) E MANGANÊS (Mn) DE MINIESTACAS *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À INTERAÇÃO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA E COLETA DE BROTAÇÕES. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA MAIÚSCULA PARA AS DIFERENTES SOLUÇÕES E MESMA CONCENTRAÇÃO DE COLETA E LETRAS MINÚSCULAS ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE COLETA DENTRO DA MESMA SOLUÇÃO NUTRITIVA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO.

Para Mn independentemente da coleta a solução de 100% diferenciou estatisticamente das demais obtendo maiores médias. Analisando cada solução nutritiva em relação a coleta a de 25% obteve maior média para a 4ª coleta e a de 75% e 100% forma iguais estatisticamente.

De acordo com as médias gerais encontradas na tabela ANOVA (Apêndice B) dos nutrientes P, K, S, B, Zn, Cu, Fe e Mn pode-se classificar os nutrientes em níveis alto, adequado, baixo e deficiente de acordo com a Tabela 3.

TABELA 3 - MÉDIAS DOS TEORES FOLIARES DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS DE MACRO E MICRONUTRIENTES COM VALORES CONSIDERADOS ALTO, ADEQUADO, BAIXO E DEFICIENTE PARA BROTAÇÕES DE *Eucalyptus* COM IDADE DE SETE A 14 DIAS, EM CONDIÇÕES DE MINIJARDIM.

| Nutriente | Alto ⁽¹⁾ | Adequado ⁽¹⁾ | Baixo ⁽¹⁾ | Deficiente ⁽¹⁾ |
|------------|---------------------|-------------------------|----------------------|---------------------------|
| P (g/Kg) | | | | 1,44 |
| K (g/Kg) | | | 10,75 | |
| S (g/Kg) | | | 1,16 | |
| B (mg/Kg) | | | 29,29 | |
| Zn (mg/Kg) | | 76,09 | | |
| Cu (mg/Kg) | | | 6,87 | |
| Fe (mg/Kg) | | | 83,06 | |
| Mn (mg/Kg) | | 431,73 | | |

(1) Extraído de Alfenas et al. (2004), Brondani, 2012b, Higashi; Silveira e Gonçalves (2005), Cunha et al. (2009b) e Cunha et al. (2009c). \bar{x} = valor médio do nutriente considerado.

O estado nutricional desempenha papel fundamental para o desenvolvimento radicular, principalmente no que se refere à indução e à formação de raízes adventícias além de ser um dos fatores determinantes para o desempenho e sucesso da propagação vegetativa (CUNHA et al., 2009a). Entretanto os níveis ideais de concentração de nutrientes são determinados de maneira específica para cada espécie por isso são necessários ajustes em relação ao genótipo, ao sistema de manejo e as condições ambientais (ALFENAS et al., 2004).

O fósforo (P) e o enxofre (S) apresentaram médias significativas em relação às soluções nutritivas e coletas, porém houve um decréscimo do incremento dos nutrientes ao longo das coletas o que resultou em resultado inferior na 7ª coleta os índices foram considerados deficientes e baixos, respectivamente para condições de minijardim.

Segundo Grant e. al., (2001) e Beeckman (2010) o P desempenha papel crucial no desenvolvimento inicial de uma planta, como no processo fotossintético, respiração, metabolismo, transporte, transferência de energia na célula e componente estrutural do DNA e RNA além de exercer influência no comprimento da raiz. Como resultado, os sintomas de deficiência de P incluem diminuição na altura da planta, atraso na emergência das folhas e redução na brotação e desenvolvimento de raízes secundárias, na produção de matéria seca e na produção de sementes (FAQUIN, 2005; GRANT et al., 2001). Em relação ao processo rizogênico a deficiência de P apresenta resulta no aumento da concentração de carboidratos nas raízes em relação a plantas que apresentam níveis adequados de P (MARSCHNER, 1995; ARAÚJO; MACHADO, 2006). Isto ocorre adenosina trifosfato (ATP) é requerido nas conversões enzimáticas que degradam o carboidrato, que é a fonte de energia necessária para a iniciação de raízes (CUNHA et al., 2009b; HAISSIG, 1974). Entretanto Anuradha e Marayanan (1991) e Bucio et al., (2002) relataram aumento no alongamento de raízes e formação de raízes laterais na deficiência de P.

O S apresentou nível baixo de teor foliar ao longo das duas coletas sendo que houve uma redução da 4ª para a 7ª coleta. O valor reduzido de S provoca uma série de distúrbio metabólicos, pois sua principal função é a participação e diversos compostos e reações. Nestas condições, ocorre uma diminuição na síntese de proteínas e açúcares, um acúmulo de N- orgânico

solúvel e N-NO_3^- e, com isto, uma redução no crescimento da planta e no processo rizogênico. Estes fatores justificam a importância deste nutriente na fase de indução, pois a iniciação dos primórdios requer síntese de proteínas, bem como carboidratos como fonte de energia (FAQUIN, 2005; MALAVOLTA, 2006; CUNHA et al., 2009b).

Para o potássio (K) houve interação entre os fatores e assim como os demais nutrientes houve redução no teor foliar entre a 4ª e 7ª coleta sendo a média geral classificada como teor foliar baixo. O K é o segundo nutriente mais exigido pela planta ficando somente atrás no N. Na planta o K tem como principal função a ativação enzimática e sua deficiência podem ser observadas algumas mudanças químicas são observadas, incluindo o acúmulo de carboidratos solúveis, decréscimo no nível de amido e acúmulo de compostos nitrogenados solúveis sendo os carboidratos fonte essenciais de energia para indução de raízes (FAQUIN, 2005).

Outra função essencial do K é na osmorregulação de células da planta, onde a expansão celular, atividade meristemática e a abertura e fechamento dos estômatos dependem de um ótimo celular e, para tal, o K é indispensável. Para que haja a alongação normal das células meristemáticas das plantas é necessário o afrouxamento da parede celular, provavelmente induzido pelo hormônio endógeno AIA (Ácido Indolacético) e um acúmulo de soluto (K e açúcares redutores) no vacúolo para criar um potencial osmótico interno (CUNHA et al., 2009a; MALAVOLTA, 2006; FAQUIN, 2005;).

A atividade meristemática está relacionada diretamente na fase de iniciação da formação de raiz caracterizando a importância do K para o processo rizogênico. Schwambach et. al., (2005) ressaltou que a deficiência de K resultou em número de raiz e comprimento de raiz inferiores em experimento com *E. globulus*. Entretanto Cunha et. al., (2008) verificaram efeitos negativos das concentrações de K na solução nutritiva para um clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, recomendando redução da concentração de K na solução de fertirrigação. Esses efeitos podem ter ocorrido pois o K é um nutriente de elevada mobilidade (VIEIRA et al., 2010).

Dentre os micronutrientes o boro (B) tem interferência direta na rizogênese, pois desempenha papel fundamental na estruturação da parede celular durante o desenvolvimento de tecidos vegetais, controlando os níveis endógenos de auxinas e faz parte da síntese do RNA e atua no processo de

divisão celular afetando o enraizamento (BRONDANI et al., 2012b; MALAVOLTA, 2006). Cunha et al., (2009a) relata influência positiva no aumento das doses de boro em clones de eucalipto nas taxas de enraizamento.

Os micronutrientes Zn e Mn apresentaram interação entre solução nutritiva e coleta de brotações e índices adequados de teor foliar. O Zn dentre suas funções está a de biossíntese de triptofano que é um precursor da auxina endógena AIA dessa forma concentrações adequadas do microelemento favorece a síntese de auxina endógena promovendo a rizogênese nas miniestacas e aumentando o enraizamento (SCHWAMBACH et al., 2005; BRONDANI et al., 2012b). Segundo Cunha et al., (2009a) observou-se influência, positiva no enraizamento dos clones de eucalipto, indicando a necessidade de incremento nas doses de zinco para obter aumento nas taxas de enraizamento, mesmo as miniestacas estando com teores adequados do nutriente.

Os efeitos do Mn no enraizamento ainda são muito contraditórios. O Mn está envolvido no alongamento celular e como co-fator em algumas peroxidases e sua deficiência causa problemas na extensão celular e na lignificação das raízes (KIRKBY e RÖMHELD, 2007). Entretanto no processo de indução de raiz o Mn promove ação de enzimas que oxidam o AIA, o que promove a destruição da auxina que é um do principal hormônio indutor da rizogênese (MARSCHNER, 1995; KIRKBY e RÖMHELD, 2007). Cunha et al. (2009a) verificou-se efeito positivo significativo das concentrações de manganês no enraizamento das miniestacas em clones de eucalipto onde pode-se inferir a necessidade de aumentar as doses de manganês para o respectivo clone.

O Fe e o Cu apresentaram índices considerados baixos de acordo com a tabela 6. Kirkby e Romheld (2007), o Fe é um nutriente pouco móvel e participa da biossíntese de enzimas com grupamento heme, como a peroxidase. Essa enzima é importante na formação da parede celular e na lignificação, processos fundamentais na indução e no crescimento das raízes adventícias. Cunha et al., (2008) reportaram correlações negativas entre os teores de Fe com a produtividade de brotações das minicepas de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e para *Eucalyptus grandis*, quando conduzidos em minijardim seminal em leito de areia destacando que há grande

variação da frequência de casos da concentração de Fe ter sido considerada como adequado, baixo e deficiente, indicando a necessidade de outros estudos relacionados a nutrição com Fe para a indução de brotações.

O baixo índice de Cu é considerável favorável na fase de iniciação do processo rizogênico, pois apresenta uma baixa na atividade de peroxidases, AIA oxidase e polifenol oxidase, com isso na redução da oxidação do AIA aumenta-se os níveis do hormônio, que é o principal na formação de raízes adventícias (CUNHA et al., 2009b; MARSCHNER, 1995). Entretanto tais resultados não diminuem a importância do Cu nas plantas que executa funções importantes em diversos processos metabólicos das plantas e sua deficiência pode reduzir a taxa fotossintética (FAQUIN, 2005).

Os resultados indicam que as faixas de concentrações consideradas adequadas pela literatura não se aplicam a todos os genótipos, sendo necessário o estabelecimento de níveis adequados para cada de acordo com o material genético. De acordo com as determinações dos teores foliares nutricionais das minicepas de *Eucalyptus urophylla* é necessário ajustes nas concentrações da solução nutritiva básica (Tabela 1) e futuros estudos envolvendo minicepas de origem seminal conduzidas em minijardim de acordo com a metodologia adotada no presente estudo.

1.5. CONCLUSÃO

- Todas as minicepas tiveram 100% de sobrevivência;
- A solução de 100% e a 6ª coleta de brotações favoreceram a NM;
- A solução de 100% e a 4ª coleta de brotações favoreceram o acúmulo foliar de macro e micronutrientes das minicepas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANURADHA, M.; NARAYANAN, A. Promotion of root elongation by phosphorus deficiency. **Plant and Soil**, v.136, n.2, p. 273-275, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF: ano de base 2013**. Brasília. 2014. 142 p. Disponível em: http://www.abraflor.org.br/estatistica/ABRAF13/ABRAF13_BR.pdf>. Acessado: 10 de outubro de 2015.

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e Doenças do Eucalipto**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Editora UFV. 2009. 500p.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. de T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 251-280.

ASSIS, T.; FETT-NETO, A. G.; ALFENAS, A. C. Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwoods with emphasis on Eucalyptus. In: WALTERS, C.; CARSON, M. (Eds.). **Plantation Forest Biotechnology for the 21st Century**. India: Research Signpost, 2004. p. 303-333.

ASSIS, T.F.; MAFIA, R.G. **Hibridação e clonagem**. In: BORÉM, A. (Ed.). **Biologia florestal**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, 2007. p. 93–121.

BEECKMAN, T. **Root Development**. Annual plant reviews , VIB Department of Plant Systems Biology Ghent University. v. 37. ed. 1, United Kingdom. 2010. 387p.

BRONDANI, G.E., WENDLING, I., GROSSI, F., DUTRA, L. F., ARAUJO, M. A. Miniestquia de *Eucalyptus Benthamii* × *Eucalyptus Dunnii*: (I) Sobrevivência de Minicepas e Produção de Miniestacas em Função das Coletas e Estações do Ano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 11-21, jan.-mar., 2012a.

BRONDANI, G. B.; BACCARIN, F. J. B.; ONDAS, H. W. W.; , GONÇALVES, A. N.; ALMEIDA, M. Avaliação morfológica e produção de minijardim clonal de *Eucalyptus benthamii* em relação a Zn e B. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 70, p. 151-164, abr./jun. 2012b

BUCIO, J. L. et al. Phosphate availability alters architecture and causes changes in hormone sensitivity in the Arabidopsis root system. **Plant Physiology**, v.129, n.1, p.244-256, 2002.

CARRODUS, B.B. & BLAKE, T.J. Studies on the lignotubers of *Eucalyptus obliqua* L'Herit. I. The nature of the lignotuber. **New Phytology**, v.69, n.4, p. 1069-72, 1970.

CUNHA, A. C. M. C. M.; WENDLING, I.; SOUZA JUNIOR, L. Produtividade e sobrevivência de minicepas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage em

- sistema de hidroponia e em tubete. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 307-310, 2005.
- CUNHA, A.C.M.C.M.; PAIVA, H.N.; BARROS, N.F.; LEITE, H.G.; LEITE, F.P. Relação do estado nutricional de miniestacas com o número de miniestacas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 79, p. 203–213, 2008.
- CUNHA, A.C.M.C.M.; PAIVA, H.N.; BARROS, N.F.; LEITE, H.G.; LEITE, F.P. **Influência do estado nutricional de minicepas com enraizamento de miniestacas de eucalipto**. Revista Brasileira de Ciências do Solo. Viçosa. p 591-600. 2009a.
- CUNHA, A.C.M.C.M.; PAIVA, H.N.; XAVIER, A.; OTONI, W. **Papel da Nutrição Mineral na Formação de Raízes Adventícias em Plantas Lenhosas**. Pesquisa Florestal Brasileira – EMBRAPA, n.58, p.35-47, Colombo, 2009b.
- CUNHA, A. C. M. C. M.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; BARROS, N. F. de.; LEITE, F. P. Relações entre variáveis climáticas com produção e enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.2, p.195-203, 2009c.
- FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. 2005. 186p. Trabalho de Conclusão de Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente Lavras: UFLA / FAEPE.
- FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. Propagação vegetativa de espécies florestais. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2004. 22 p. Embrapa Florestas. Documentos, 94.
- FREITAS, A. F. **Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus globulus* Labill. em resposta a N, B e Zn**. 2013. 85p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. Importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações agrônômicas**. n. 95. Piracicaba. 2001.
- HAISSIG, B. E. Metabolism during adventitious root primordium initiation and development. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 4, p. 324-337, 1974.
- HAISSIG, B.E. Metabolic processes in adventitious rooting of cuttings In: JACKSON, M.B. New root formation in plants and cuttings. Dordrecht: **Martinus Nijhoff**, 1986. p.141-189.
- HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N. Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*. Piracicaba: IPEF, 2002. 21 p. (IPEF. **Circular Técnica**, 194).
- JACOBS, M.R. Growth habits in *Eucalypts*. Canberra: **Forestry and Timber Bureau**, 1955. 262p.

- KIRKBY, E.A. & RÖMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: Funções absorção e mobilidade. **Inf. Agron.**, 118:1-24, 2007.
- LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A. ; SILVA, M. R. da ; SAAD, J. C. C. Estresse hídrico em plantio de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em função do solo, substrato e manejo hídrico de viveiro. **Revista Árvore** (Impresso), v. 35, p. 31-39, 2011.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.
- MARSCHNER, H. (Ed.) Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press. 1995. 889p.
- ROCHA, J. H. T.; BACKES, C.; BORELLI, K; PRIETO, M. R.; SANTOS, A. J. M.; GODINHO, T. O. Concentração de nutrientes e intensidade de cor verde em miniestacas de eucalipto. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 29, n. 6 , p. 1848-1856, 2013.
- ROCHA, J. H. T; PIETRO, M. R.; BORELLI, K.; Backes, C.; NEVES, M. B. Produção e desenvolvimento de mudas de eucalipto em função de doses de fósforo. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 4, p. 535-543, 2013.
- ROSA, L. S.; GROSSI, F. ; WENDLING, I.; REISSMANN, C. B . Efeito do nitrogênio no estado nutricional e na produção de biomassa em minicepas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **CERNE** (UFL), v. 13, p. 17-22, 2008.
- SOUZA, C. C.; XAVIER, A.; LEITE, F. P.; SANTANA, R. C.; PAIVA, H. N. Densidade de minicepas em minijardim clonal na produção de mudas de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 77, p. 49-56, jan./mar. 2014.
- 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, 2003.
- TITON, M.; XAVIER, A.; REIS, G.G.; 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.
- VIEIRA, Elvis Lima; SOUZA, Gírlene Santos de; SANTOS, Anacleto Ranulfo dos; SANTOS SILVA, Jain dos. **Manual de Fisiologia Vegetal**. São Luis: EDUFMA, 2010. 230p.
- WENDLING, I., XAVIER, A., PAIVA, H.N.de. Influência da miniestaquia seriada no vigor de minicepas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, 27 (5): 611-618, 2003.

2. ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA, COLETAS DE BROTAÇÕES E INFLUÊNCIA DO AIB

RESUMO

O *Eucalyptus urophylla* é uma espécie de grande valor econômico e comercial por isso tem sido bastante utilizada em viveiros para a propagação clonal. O enraizamento adventício é parte fundamental no processo de propagação vegetativa e apesar da evolução das técnicas de enraizamento, os fundamentos biológicos e anatômicos do processo rizogênico são pouco conhecidos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus urophylla* em relação às concentrações de solução nutritiva, coleta de brotações e ácido indolbutírico (AIB) e analisar histologicamente o enraizamento adventício em relação à concentração de solução nutritiva, AIB e tempo de avaliação visando identificar a origem da conexão vascular. Foram coletadas brotações oriundas de minicepas manejadas com três concentrações de solução nutritiva 25%, 75% e 100% fertirrigadas com 100ml de solução básica. A região basal das miniestacas foram imersas por 10 segundos em solução hidroalcoólica de AIB em duas diferentes concentrações (0 – isento de AIB; 1000 mg L⁻¹) em sete coletas sucessivas para avaliação da quantidade de raiz, comprimento da raiz mais longa, enraizamento e altura total das miniestacas. Para as análises histológicas as amostras foram desidratadas em solução alcoólico-etílica emblocadas em resina de hidroxietil metacrilato, montado lâminas histológicas, analisadas e fotomicrografadas com microscópio de luz em escala micrométrica. O experimento foi conduzido em duas partes sendo a primeira em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (3x2), sendo os fatores constituídos por solução nutritiva (S1 – 100%, S2 – 75%, S3 – 25%) e ausência e presença de AIB (0 e 1.000 mg.L⁻¹), com quatro repetições, cada uma com quatro miniestacas. A solução de 100% e a presença de AIB favoreceu a indução de maior quantidade de raiz, comprimento da raiz mais longa e altura total das miniestacas para a 1ª coleta. Não foi verificado diferença significativa para a 2ª e 3ª coletas. Para o enraizamento na 1ª coleta a solução de 75% apresentou melhor média e na 2ª coleta a solução de 75% e 100%, independentemente do AIB favoreceu o enraizamento. A segunda etapa correspondeu da 4ª a 7ª coleta foi conduzido no delineamento bloco casualizado em arranjo fatorial (3x2x4) com parcelas subdivididas no tempo, sendo os fatores constituídos por solução nutritiva (S1 – 100%, S2 – 75%, S3 – 25%), AIB (ausência e 1.000 mg.L⁻¹) e por coleta de brotações (4 coletas), com cinco blocos contendo sete miniestacas cada uma. A análise histológica foi conduzido no delineamento bloco casualizado em arranjo fatorial (3x2x4) com parcelas subdivididas no tempo, sendo os fatores constituídos por solução nutritiva (S1 – 25%, S2 – 75%, S3 – 100%), ausência e presença de AIB (ausência e 1.000 mg.L⁻¹) e por quatro tempos de avaliação (0, 10, 20 e 30 dias). Houve interação entre os fatores para quantidade de raiz,

comprimento da raiz mais longa, percentagem de enraizamento e altura total das miniestacas. No geral, a solução nutritiva de 75% e 100%, a presença de AIB e a 4ª e 7ª coleta apresentaram os melhores resultados quanto o enraizamento adventício. Foi verificado histologicamente a formação de centros meristemáticos junto ao câmbio vascular, sendo que a raiz adventícia apresentou conexão direta com o câmbio vascular.

Palavras-chave: Rizogênese, miniestaquia, ácido indolbutírico, análise histológica

ABSTRACT

The *Eucalyptus urophylla* is a species of great economic and commercial value because it has been widely used in nurseries for clonal propagation. The adventitious rooting is a fundamental part in the vegetative propagation process and despite the development of rooting techniques, biological and anatomical foundations of rizogênico process are poorly understood. The objective of this study was to evaluate the rooting of cuttings of *Eucalyptus urophylla* in relation to the nutrient solution concentrations, shoot collection and IBA and analyze histologically the adventitious rooting in relation to the concentration of nutrient solution, IBA and evaluation time targeting identifying the origin of the vascular connection. Shoots were collected originated from ministumps managed with three nutrient solution concentrations of 25%, 75% and 100% fertigated with 100ml of basic solution. The basal region of the cuttings were dipped for 10 seconds in hydroalcoholic solution IBA at two different concentrations (0 - free of AIB; 1000 mg L⁻¹) in seven successive sampling to evaluate the amount of root, the longest root length, rooting and total height of cuttings. For histological analysis samples were dehydrated in alcohol-ethyl solution embedded in resin hydroxyethyl methacrylate, mounted histological slides, analyzed and photomicrographed with light microscope on a micrometric scale. The experiment was conducted in two parts with the first completely randomized in a factorial arrangement (3x2), and the factors consisting of nutrient solution (S1 - 100% S2 - 75% S3 - 25%) and the absence and presence of IBA (0 and 1,000 mg L⁻¹), with four replications, each with four cuttings. A solution of 100% and the presence of IBA favored the induction of a greater amount of root, the longest root length and total height of the cuttings for the 1st collection. It was not found significant difference for the 2nd and 3rd collections. For rooting the 1st collects 75% solution showed better average and the 2nd collect the solution of 75% and 100%, regardless of IBA favored rooting. The second stage corresponded 4th to 7th collection was conducted in the design randomized block in factorial arrangement (3x2x4) with split plot, and the factors consisting of nutrient solution (S1 - 100% S2 - 75% S3 - 25%) , IBA (absence and 1,000 mg L⁻¹) and collection of shoots (4 collections) with five blocks containing seven minicuttings each. Histological analysis was conducted in the design randomized block in factorial arrangement (3x2x4) with split plot, and the factors consisting of nutrient solution (S1 - 25% S2 - 75% S3 - 100%), absence and presence of IBA (1000 absence and mg.L⁻¹) and four evaluation times (0, 10, 20 and 30 days). There was interaction between the factors for the amount of root, the longest root length, rooting percentage and total height of cuttings. Overall, the nutrient solution 75% and 100%, the presence of IBA and the 4th and 7th collection showed the best results as the adventitious rooting. It was histologically verified the formation of meristematic centers by the vascular cambium, and the adventitious root showed a direct connection to the vascular cambium.

Keywords: root formation, minicutting, indol-3-butyric acid (IBA), histological analysis

2.1. INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* é amplamente usado em todo mundo para estabelecimento de florestas plantadas em áreas tropicais e subtropicais. Devido o aumento da utilização de produtos derivados da madeira, as florestas plantadas surgem como alternativa para suprir a demanda de madeira em várias regiões do mundo (SCANAVACA JUNIOR e GARCIA, 2004).

A espécie *Eucalyptus urophylla* tem grande importância, pois é usado principalmente a produção de celulose, lenha e de carvão vegetal. Outro uso principal da madeira é para as placas, embora ele também é usado para postes elétricos de transmissão, postes de longa duração, carpintaria e de compensados e aglomerados em geral. Do ponto de vista ecológico é útil para proteger margens do rio e proporcionando sombra (SEIN e MITLOHNER, 2011).

A propagação vegetativa vem auxiliar na obtenção de mudas de alta qualidade a partir da clonagem de genótipos superiores a fim de facilitar a produção de mudas para plantios homogêneos. Dentre as técnicas de propagação vegetativa a miniestaquia tem vantagens na operação e o menor custo a e tem sido o método mais utilizado para a clonagem por praticamente todas as empresas florestais (FERREIRA et al., 2004). A miniestaquia surge como alternativa para suprir a necessidade do resgate da juvenilidade do material vegetativo, apontada por diversos autores como limitante da capacidade de indução radicial geradas pelo processo de maturação (FERRIANI et al., 2010; HARTMANN et al., 2011). Para sucesso do processo de propagação é necessário obter propágulo, também chamado de miniestacas, que tenham herdado o vigor vegetativo da planta matriz. Dentre as fases da propagação vegetativa o enraizamento adventício é uma etapa essencial e complexa na propagação vegetativa nas espécies de grande valor econômico (FETT-NETO et al., 2001).

A nutrição mineral pode influenciar de duas maneiras distintas o enraizamento: do vigor vegetativo da planta mãe de onde são retiradas as brotações ou do próprio estado nutricional no material coletado. Uma planta com composição nutricional equilibrada irá aumentar a capacidade de produção de propágulos predispostos ao enraizamento (BRONDANI et al.,

2014b; ALFENAS et al., 2009). Sua importância não se limita apenas no vigor vegetativo da planta-mãe que antecederá as brotações, mas também os efeitos dos nutrientes nas estacas e a formação de raízes estão intimamente ligados, porém há poucas informações sobre a interação desses processos (CUNHA et al., 2009a; CUNHA et al., 2009c).

A formação de raiz adventícia inicia-se na desdiferenciação celular, após ocorre à reaquisição do estado meristemático primário onde as células dos tecidos vasculares adquirem a condição de células meristemáticas, com isso forma-se os campos morfogenéticos radiciais originando os meristemas radiciais e formando as ligações vasculares (BALTIERRA et al., 2004; MERCIER, 2004), este processo compreende as seguintes fases: indução – período que ocorre às primeiras modificações moleculares e bioquímicas que precede a formação dos primórdios da raiz; iniciação – ocorre às divisões celulares, formação do meristema e primórdios da raiz; expressão – crescimento e emergência da raiz (GOULART, et al., 2015; KEVERS et al., 1997).

Em espécies lenhosas os propágulos, como estacas e miniestacas, as raízes adventícias geralmente tem origem em tecidos do floema secundário, câmbio ou calos produzidos na base das estacas sendo que a capacidade rizogênica depende da interação de fatores endógenos e exógenos (FRASSETTO, 2007; BRONDANI, 2012). Entretanto raízes adventícias originadas da formação de calos apresentam-se como problemático, pois são constituídos por massas proliferativas e desdiferenciadas de células parenquimáticas, tipicamente desorganizadas, pouco diferenciadas e em diferentes graus de lignificação (GOURLAT et al., 2014). Assim, as células meristemáticas dividem-se e originam primórdios radiculares, ocorrendo diferenciação de raízes adventícias a partir de células adjacentes ao câmbio e ao floema secundário o que causa uma de conexão vascular frágil comprometendo a qualidade da muda e a funcionalidade do sistema radicular (HAISSIG, 1973; GOULART et al., 2014; BRONDANI, 2012; LI et al., 2009).

A utilização de reguladores vegetais exógenos apresenta-se com eficiência no processo rizogênico e na propagação vegetativa com a otimização do enraizamento através da indução, aumento no número de raízes e melhora na qualidade das raízes formadas, sendo o ácido indolbutírico (AIB) o mais

utilizado por ser uma substância mais estável (BRONDANI et al., 2014; ALFENAS et al., 2009)

Apesar de os avanços tecnológicos relacionados à miniestaquia ainda são escassas as informações referente aos fatores que influênciam os processos fisiológicos na etapa de enraizamento e estudos que contemplam os fundamentos biológicos e anatômicos da formação de raízes adventícias no processo de enraizamento. O conhecimento das alterações ocorridas a nível histológico e anatômico durante o processo rizogênico fornecerá informações importantes que auxiliará em novas abordagens na otimização e maximização da propagação clonal de *Eucalyptus*. das miniestacas e na produção de mudas clonais.

Baseado no exposto o presente trabalho apresenta as seguintes hipótese e objetivo:

2.1.1. Hipótese

- O enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus urophylla* varia de acordo com as concentrações de solução nutritiva, coleta de brotações e AIB.
- A indução da raiz adventícia varia de acordo com a concentração de solução nutritiva, AIB e tempo de avaliação, sendo possível identificar a origem da conexão vascular

2.1.2. Objetivo

- O objetivo deste trabalho foi avaliar o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus urophylla* em relação às concentrações de solução nutritiva, coleta de brotações e influência do AIB.
- Analisar histologicamente o enraizamento adventício em relação à concentração de solução nutritiva, AIB e tempo de avaliação visando identificar a origem da conexão vascular.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. Caracterização geral

O experimento foi conduzido no viveiro Nitácuá, localizado em Cuiabá, Mato Grosso, que pertence a Mesorregião Geográfica Centro-Sul Mato-Grossense e a Microrregião Geográfica de Cuiabá. Localiza-se a 15°35'56" de latitude sul e 56°06'01" de longitude oeste, em uma altitude média de 165 m, com o clima tipo AW (chuvas de verão-outono), segundo a classificação de Köppen. As principais médias anuais de temperatura correspondem à de 37 °C nos meses mais quentes (agosto a outubro) e de 25°C, nos meses mais frios (abril a junho). A precipitação média anual situa-se em torno de 1.200 mm (Quadro 2).

QUADRO 2 - DADOS DE TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA, TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA E UMIDADE RELATIVA MÉDIA NO PERÍODO DE JUNHO DE 2014 À JANEIRO DE 2016.

| Meses | Temp. Máx. Média °C | Temp. Mín. Média °C | Umidade relativa Média % |
|--------|---------------------|---------------------|--------------------------|
| jun/14 | 31,02 | 19,77 | 72,63 |
| jul/14 | 31,02 | 17,88 | 70,68 |
| ago/14 | 35,25 | 19,15 | 55,13 |
| set/14 | 37,00 | 23,72 | 58,73 |
| out/14 | 36,82 | 24,15 | 67,44 |
| nov/14 | 34,53 | 24,02 | 69,78 |
| dez/14 | 33,13 | 23,73 | 74,83 |
| jan/15 | 34,10 | 23,13 | 73,27 |
| fev/15 | 33,33 | 23,34 | 76,60 |
| mar/15 | 33,49 | 23,14 | 77,83 |
| abr/15 | 32,87 | 23,31 | 78,03 |
| mai/15 | 31,92 | 21,96 | 75,19 |
| jun/15 | 32,84 | 19,14 | 67,65 |
| jul/15 | 32,01 | 18,33 | 67,78 |
| ago/15 | 36,82 | 19,46 | 50,10 |
| set/15 | 37,62 | 23,51 | 52,76 |
| out/15 | 35,32 | 24,34 | 61,79 |
| nov/15 | 33,50 | 24,63 | 71,52 |
| dez/15 | 32,50 | 24,49 | 68,65 |
| jan/16 | 30,31 | 24,08 | 71,00 |

Dados coletados pela estação 83361 de Cuiabá – MT, latitude -15,61°, longitude -56,1° e altitude 145 metros, retirados do banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

2.2.2. Implantação e constituição do minijardim seminal

As minicepas foram constituídas a partir de sementes de *Eucalyptus urophylla*, oriundas de polinização cruzada de matrizes localizada em experimento no município de Itatinga - SP. A semeadura ocorreu no mês de julho de 2014 em bandejas de isopor contendo substrato comercial a base matéria orgânica composta por esterco de galinha, húmus de minhoca e vermiculita na proporção 1:1 (v/v). As sementes foram depositadas superficialmente no substrato e sobre elas foi peneirada uma fina camada do mesmo substrato. Foi semeada apenas uma semente por célula da bandeja e feita irrigação diária.

Aos 7 dias após a semeadura, as mudas foram selecionadas quanto à sanidade (isentas de doenças ou qualquer ataque por inseto), ao formato (crescimento ortotrópico normal) e à altura total (em torno de 5 cm de altura) e transplantadas para vasos plásticos de 3,0 L, com aberturas na parte inferior, contendo ao fundo uma camada de 3 cm de brita, para facilitar a drenagem e preenchido com substrato composto areia fração fina ($0,10 \text{ mm} < \text{diâmetro de partícula} < 0,25\text{mm}$), peneirada em malha 3 mm e lavada com água deionizada (Figura 9 - B).

Os vasos foram colocados no minijardim em área coberta com sombrite 50% sendo irrigadas duas vezes por dia utilizando uma mangueira de jardim e fertilizadas com a solução nutritiva, a cada três dias na concentração de 50%. Esse processo teve o intuito de fortalecer e nutrir as mudas para posteriormente realizar o processo de constituição do minijardim. Após 70 dias da repicagem efetuou-se a quebra do caule da planta 18 cm acima da sua porção basal, com a finalidade de quebrar a dominância apical e induzir a formação de brotos axilares, que começaram após 21 dias (Figura 9).

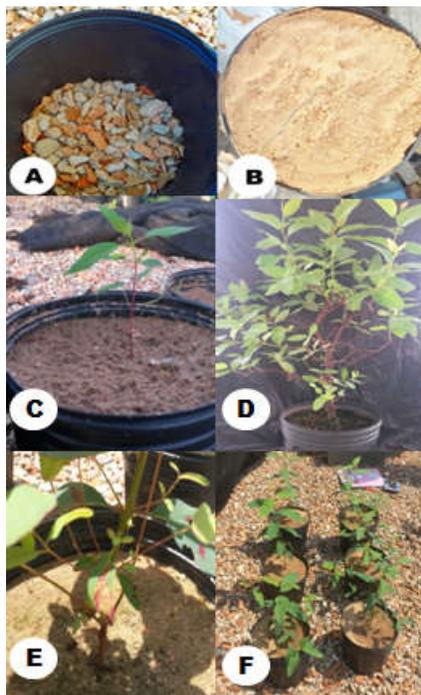


FIGURA 9 - UNIDADE EXPERIMENTAL PARA A CONSTITUIÇÃO DO MINIJARDIM SEMINAL DE *Eucalyptus urohylla*. DETALHE DO VASO COM CAMADA DE BRITA NO FUNDO (A); DETALHE DO VASO COM SUBSTRATO AREIA FINA (B); MUDAS APÓS O TRANSPLANTE PARA VASOS PLÁSTICOS (C); MINICEPA ESTABELECIDAS (D); DESENVOLVIMENTO DAS BROTAÇÕES AOS 97 DIAS (E); DISPOSIÇÃO DOS VASOS COM AS MINICEPAS (F).

Para formação das minicepas, foi realizada a poda da parte aérea aos 18 cm acima da base da muda, aos 21 dias após a quebra do caule, e se iniciou a adubação conforme os tratamentos das concentrações da solução nutritiva nas concentrações de 25%, 75% e 100%, de acordo com o arranjo dos blocos. As unidades experimentais foram dispostas sobre área de 0,12m² coberta com uma camada de 10 cm de brita.

2.2.3. Manejo das minicepas

Os tratamentos foram composto por solução nutritiva baseados nas seguintes concentrações: S1 – 25% de solução nutritiva, S2 – 75% de solução nutritiva e S3 – 100% de solução nutritiva em relação a concentração original (Tabela 4).

TABELA 4 - COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA BÁSICA PARA A FERTIRRIGAÇÃO DO MINIJARDIM DE *Eucalyptus urophylla*.

| Nutriente | Solução Nutritiva (mg/L) | Fonte de Macro e Micronutriente | FQ / PM | (mg L ⁻¹) |
|--------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--|-----------------------|
| N-NO ₃ ⁻ | 60,00 | Sulfato de amônio (Merck®) | (NH ₄) ₂ SO ₄ / 132,14 | 44,57 |
| N-NH ₄ ⁺ | 30,00 | Nitrato de amônio (Reagex®) | NH ₄ NO ₃ / 80,04 | 140,50 |
| P | 12,00 | Monoamôniofosfato (Mallinckrodt®) | NH ₄ H ₂ PO ₄ / 115,03 | 44,57 |
| Ca | 40,00 | Nitrato de cálcio (Labsynth®) | Ca (NO ₃) ₂ .4H ₂ O / 236,15 | 57,18 |
| K | 80,00 | Cloreto de potássio (Ecibra®) | KCl / 74,56 | 400,00 |
| S | 10,00 | Cloreto de cálcio (Synth®) | CaCl ₂ .2H ₂ O / 147,02 | 111,13 |
| Mg | 12,00 | Sulfato de magnésio (Mallinckrodt®) | MgSO ₄ .7H ₂ O / 246,48 | 60,49 |
| B | 0,481 | Ácido bórico (Ecibra®) | H ₃ BO ₃ / 61,83 | 2,750 |
| Cu | 0,100 | Sulfato de cobre (Mallinckrodt®) | CuSO ₄ .5H ₂ O / 249,68 | 0,3929 |
| Fe | 2,00 | Sulfato de ferro (Synth®) | FeSO ₄ .7H ₂ O / 278,02 | 9,9520 |
| Mo | 0,02 | Molibdato de sódio (Merck®) | Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O / 241,95 | 0,0504 |
| Mn | 1,60 | Sódio - EDTA (Nuclear®) | Na ₂ -EDTA.2H ₂ O / 372,24 | 13,31 |
| Zn | 0,065 | Sulfato de zinco (Mallinckrodt®) | ZnSO ₄ .7H ₂ O / 287,54 | 0,285 |

* O pH foi ajustado para 5,9 a 25°C com ácido clorídrico (HCl) ou hidróxido de sódio (NaOH), ambos a 1M. FQ = fórmula química, PM = peso molecular. Fonte: Brondani (2012).

Os sais de nutrientes utilizados na formulação da solução nutritiva foram pesados em balança de precisão e posteriormente diluídos em água destilada nas proporções estabelecidas na Tabela 6 e armazenados em garrafas pet. O pH da solução nutritiva foi aferido com pHmetro, mantendo-se constante em 5,9, e quando necessário corrigido com ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de sódio (NaOH), ambos a 1M.

A fertirrigação das minicepas foi realizada às terças e sábados no período matutino, com adição de 100 mL de solução nutritiva básica por vaso e molhando somente a parte do substrato para evitar queima das folhas.

2.2.4. Coleta das brotações e preparo das miniestacas

Os brotos foram coletados no período matutino com tesoura de poda e de maneira seletiva no momento em que as brotações atingiram comprimento superior a 5 cm e mais de 2 pares de gemas. Para as coletas posteriores foram mantidas nas minicepas os brotos com tamanho inferior a 3 cm e dois pares de gemas.

Os brotos cortados foram armazenados em caixas de isopor com água destilada visando mitigar as perdas de turgescência celular. O preparo das miniestacas ocorreu a partir de um corte na região basal mantendo o seu ápice e sua área foliar foi reduzida a 50%, do tamanho original, em torno de 5 cm de altura, compondo as unidades experimentais.

2.2.5. Condições de enraizamento

As miniestacas padronizadas foram inseridas em torno de 1 a 2 cm de sua base em substrato composto pela mistura de fibra de coco, húmus de minhoca, esterco de galinha e casca de arroz carbonizada na proporção 1:1. Para o cultivo utilizou-se recipientes de polietileno, em formato quadrangular (100 cm³), os quais foram emersos em solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) a 0,25% de cloro ativo por 24 horas com a finalidade de assepsia. Para o enraizamento, as brotações foram acondicionadas em caixas de isopor contendo água fria, para preparo das miniestacas obedecendo ao menor tempo possível, para evitar a perda de turgor e a oxidação da base das miniestacas.

As miniestacas preparadas foram acondicionadas em casa de vegetação automatizada, coberta com plástico de polietileno de baixa densidade (PEDB) e recoberta com sombrite de 50% com irrigação via nebulização. A temperatura e umidade do ar fora controladas a 35°C e 90%, respectivamente. Os recipientes ficaram suspensos em bancadas de 1,5m de altura, feita de tela galvanizada.

As miniestacas permaneceram entre 30 e 35 dias na casa de vegetação, onde houve a coleta dos dados de temperatura do ar e umidade (Apêndice K). A temperatura do substrato foi aferida com a utilização de um termômetro com haste de aço que foi introduzido no substrato para o monitoramento

Posteriormente as miniestacas foram transferidas para a casa de sombreamento, coberta com sombrite de 50%, para aclimatação, com irrigação diária, onde permaneceram de 15 a 25 dias. Após a aclimatização, as miniestacas foram transferidas para uma área a pleno sol, com irrigação diária, para o processo de rustificação pelo período de 30 dias.

Na fase de pleno sol as miniestacas receberam fertirrigação da solução nutritiva básica (Tabela 6). Na 1^a a 3^a coleta utilizou-se 1,5 L/m² da

solução de 75% em todas as mudas, pela manhã duas vezes na semana. Da 4^a a 7^a coleta aplicou-se, pela manhã duas vezes na semana, 1,5 L/m² da solução de 25%, 75% e 100% nas mudas correspondentes aos tratamentos de 25%, 75% e 100% aplicados nas minicepas.

2.2.6. Aplicação de ácido indolbutírico (AIB)

Foi realizada a aplicação do AIB nas concentrações de 0 (isento de AIB) e 1.000 mg m⁻² com o fim de comparar a necessidade da utilização do fitorregulador de crescimento no processo de rizogênese.

A aplicação do AIB foi por via líquida com imersão da base da miniestacacurante 10 segundos em solução hidroalcoólica (1:1, água: álcool, v/v).

2.2.7. Análise histológica

Das miniestacas coletadas, efetuou-se amostragem da porção basal para analisar histologicamente o enraizamento nos períodos de 0 (instante do plantio), 10, 20 e 30 dias. As amostras foram fixadas em uma solução de formaldeído e glutaraldeído (KARNOVSKY, 1965) e submetidas a três séries de vácuo por 15 minutos, para a remoção de ar. Em seguida, as amostras foram desidratadas em solução alcoólico-etílica em concentrações crescentes (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100% v/v) permanecendo por 10 minutos, sendo em seguida, emblocadas em resina de hidroxietil metacrilato (Leica®). As amostras foram seccionadas a 10 µm com uso do micrótomo rotativo manual acoplado com navalha do tipo C. Os cortes foram corados com azul de toluidina (0,05%, v/v) em tampão de fosfato e ácido cítrico (SAKAI) e montado em lâminas histológicas com resina sintética (Entellan®). As lâminas histológicas foram analisadas e fotomicrografadas com microscópio de luz em escala micrométrica sendo as imagens capturadas com câmera digital (Figura 10).

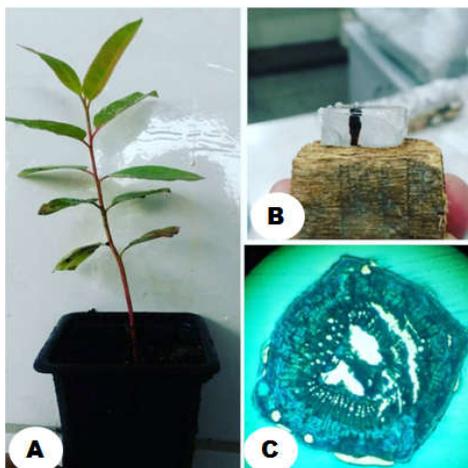


FIGURA 10 - DETALHE DA MINIESTACA (A); AMOSTRA EMBLOCADAS EM RESINA DE HIDROXIETIL METACRILATO (B); DETALHE DA LÂMINA HISTOLÓGICA (C).

2.2.8. Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade de Lilliefors ($P < 0,05$) e homogeneidade de Bartlett ($P < 0,05$) e transformados quando necessário. Em seguida foi realizada a análise de variância ANOVA ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) utilizando o software R.

2.2.9. Tratamentos e delineamento experimental

Foram realizados 2 experimentos. O primeiro corresponde da 1ª a 3ª coleta que ocorreu em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (3×2), sendo os fatores constituídos por solução nutritiva (S1 – 25% da solução nutritiva básica, S2 – 75% da solução nutritiva básica, S3 – 100% da solução nutritiva básica) e ausência e presença de AIB (0 e 1.000 mg.L^{-1}), com quatro repetições formadas por quatro miniestacas cada uma.

O segundo experimento corresponde da 4ª a 7ª coleta foi conduzido no delineamento bloco casualizado em arranjo fatorial ($3 \times 2 \times 4$) com parcelas subdivididas no tempo, sendo os fatores constituídos por solução nutritiva (S1 – 100%, S2 – 75%, S3 – 25%), AIB (ausência e 1.000 mg.L^{-1}) e por coleta de brotações (4 coletas), com cinco blocos contendo sete miniestacas cada uma.

Para a análise histológica o experimento foi conduzido no delineamento bloco casualizado em arranjo fatorial (3x2x4) com parcelas subdivididas no tempo, sendo os fatores constituídos por solução nutritiva (S1 – 25%, S2 – 75%, S3 – 100%), ausência e presença de AIB (ausência e 1.000 mg.L⁻¹) e por quatro tempos de avaliação (0, 10, 20 e 30 dias). Foram selecionadas miniestacas ao longo do experimento na casa de vegetação. Ao 0 dias e 10 dias foram selecionou-se 3 miniestacas de cada tratamento e cada bloco, aos 20 e 30 foram selecionadas 5 miniestacas por tratamento e bloco de forma aleatória.

Após a rustificação avaliou-se a contagem da quantidade de raiz (un), comprimento da raiz mais longa (cm), percentual de enraizamento na saída da rustificação (%) e a altura total da miniestaca (cm) utilizando-se régua graduada em centímetro.

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância houve interação ($p < 0,05$) entre a solução nutritiva e o regulador de crescimento (AIB) para a 1ª coleta de miniestacas de *Eucalyptus urophylla*. No entanto, na 2ª e 3ª coleta para as variáveis, quantidade de raiz, comprimento da raiz mais longa e altura total das miniestacas não foram significativas estatisticamente, independente da concentração de AIB testada.

Da 4ª a 7ª coleta houve interação entre solução nutritiva, coleta de brotações e AIB, ao nível de 5% de significância, para a quantidade de raiz, raiz mais longa e altura total de miniestacas para *Eucalyptus urophylla*.

A variável quantidade de raiz para a 1ª coleta ocorreu interação para os fatores (Apêndice C) (Figura 11).

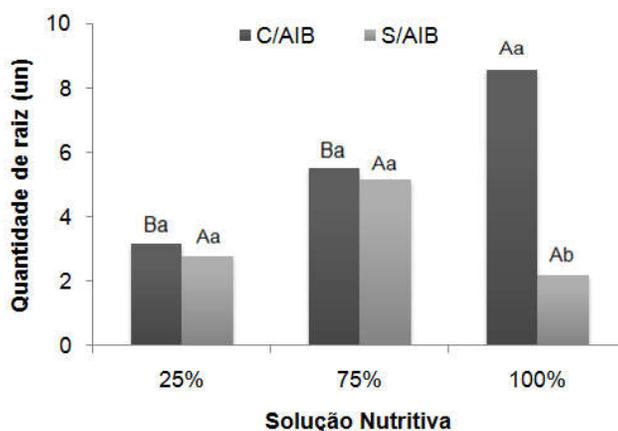


FIGURA 11 - DADOS MÉDIOS DA QUANTIDADE DE RAIZ PARA A 1ª COLETA DE *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA E REGULADOR DE CRESCIMENTO (AIB). MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA MAIÚSCULA PARA AS DIFERENTES SOLUÇÕES E MESMA CONCENTRAÇÃO DE AIB E LETRAS MINÚSCULAS ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE AIB DENTRO DA MESMA SOLUÇÃO NUTRITIVA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO.

Comparando os resultados entre as três soluções nutritivas com aplicação do regulador de crescimento, a solução de 100% obteve a maior média com valor de 8,56, diferenciando estatisticamente

A Tabela 5 apresenta os valores médios para quantidade de raiz considerando três fatores: solução nutritiva, coleta de brotações e AIB (Apêndice D).

TABELA 5 - DADOS MÉDIOS PARA QUANTIDADE DE RAIZ DE *Eucalyptus urophylla* DA 4ª A 7ª COLETA EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA, COLETA DE BROTAÇÕES E AIB.

| Coleta Solução\AIB | 4ª | | 5ª | |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | S/AIB | C/AIB | S/AIB | C/AIB |
| 100% | 3,00 (a,a,b) | 6,17 (a,a,a) | 1,48 (a,b,a) | 0,57 (a,c,a) |
| 75% | 3,60 (a,a,a) | 3,82 (b,a,a) | 1,20 (a,b,a) | 1,34 (a,b,a) |
| 25% | 4,62 (a,a,a) | 2,08 (c,a,b) | 1,80 (a,b,a) | 1,71 (a,a,a) |

| Coleta Solução\AIB | 6ª | | 7ª | |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | S/AIB | C/AIB | S/AIB | C/AIB |
| 100% | 0,42 (c,b,a) | 1,37 (a,c,a) | 1,99 (a,a,a) | 2,72 (a,b,a) |
| 75% | 3,65 (a,a,a) | 1,62 (a,b,b) | 3,22 (a,a,a) | 2,75 (a,a,a) |
| 25% | 1,94 (b,b,a) | 2,17 (a,a,a) | 2,37 (a,b,a) | 2,21 (a,a,a) |

Comparação de média para 3 fatores. Primeira letra indica comparação da solução para cada nível de coleta e AIB. Segunda letra indica a comparação da coleta dentro de cada nível de solução e AIB. Terceira letra indica a comparação do AIB dentro da solução e coleta.

Considerando a ausência de AIB em relação às três concentrações de solução nutritiva apenas a 6ª coleta apresentou diferença significativa, sendo que a solução de 75% de concentração nutritiva tem a maior média. Com a presença de AIB, a 4ª coleta para a solução de 100% tem a maior média, diferenciando-se das demais soluções

Na solução de 100% de concentração nutritiva e sem AIB, a 4ª e 7ª coleta são iguais estatisticamente, possuindo ambas as maiores médias. Com AIB a 4ª coleta favoreceram o número de raiz.

Na solução de 75% sem AIB, 4ª, 6ª e 7ª coleta são estatisticamente iguais, possuindo as maiores médias. Com a presença de AIB, a 4ª e 7ª coleta apresentaram as maiores médias.

A solução nutritiva 25% sem AIB, a 4ª coleta possui a maior média diferenciando estatisticamente das demais. Com a presença de AIB as médias são iguais estatisticamente em todas as coletas.

Em relação às coletas a 4ª coleta, para solução de 100% com AIB apresentou a maior média do que a solução de 100% sem AIB. Para 75% não houve diferença significativa em relação ao AIB já a solução de 25% sem AIB apresentou média superior em relação à presença do regulador. Na 5ª coleta, não houve diferença na solução de 100%, 75% e 25% em relação ao AIB. A 6ª coleta apresentou diferença significativa somente para a solução de 75% com

AIB e na 7ª coleta, não houve diferença na solução de 100%, 75% e 25% em relação ao AIB.

Apesar dos resultados satisfatórios para as miniestacas com ausência do regulador de crescimento AIB, encontrados principalmente na 4ª e 7ª coletas, as melhores médias foram encontrados quando se fez a utilização de AIB, o que indica que o regulador de crescimento favorece o aumento na quantidade de raiz.

Resultados foram superiores aos encontrados por Souza Junior (2008) onde o tratamento de 1000 mg L⁻¹ obteve média de 2,5 de raízes por miniestacas e também aos encontrados por Titon et al., (2002), onde as médias para quantidade de raiz para miniestacas de *Eucalyptus grandis* era de 3,0 a 3,5. Rufato e Kersten (2000), também observaram a influência do AIB no aumento do número de raízes em estaca de pessegueiro. Esses autores acreditam que isso ocorreu devido à característica do regulador vegetal AIB em estimular a emissão de raízes. Sarzi e Piveta (2005) observaram em *Rosa canina*, que o número de raízes aumentou gradativamente com a aplicação exógena de AIB até a concentração de 3000 mg L⁻¹, a partir desta concentração o regulador de crescimento começou a apresentar sinais de toxidez.

O número de raízes por estaca é um dado muito importante no enraizamento, uma vez que o vigor das mudas está diretamente relacionado ao tamanho e à quantidade de raízes, conforme observações feitas por Fischer (2008) e Campos et al., (2005).

Analisando os resultados da maior raiz (RML) da 1ª coleta para cada concentração de solução nutritiva a de 25% a obteve maior média para as miniestacas S/AIB (13,56 cm) em relação às miniestacas C/AIB (9,73 cm), apesar os dois resultados serem considerados iguais estatisticamente (Figura 6), neste caso, não se justifica a utilização da auxina para o RML (Apêndice E). Resultados superiores foram verificados: 75 e 100 % de solução nutritiva, no tratamento com 100 % de solução nutritiva e favoreceu o maior comprimento de raiz com o uso de AIB apresentando médias de 23,51 cm com a presença de AIB e 14,11 cm com ausência de AIB (Figura 12).

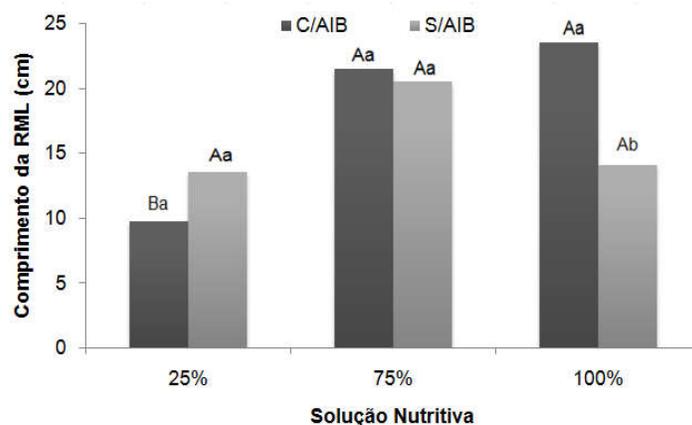


FIGURA 12 - DADOS MÉDIOS DA MAIOR RAIZ (RML) PARA A 1ª COLETA DE *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA E REGULADOR DE CRESCIMENTO (AIB). MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA MAIÚSCULA PARA AS DIFERENTES SOLUÇÕES E MESMA CONCENTRAÇÃO DE AIB E LETRAS MINÚSCULAS ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE AIB DENTRO DA MESMA SOLUÇÃO NUTRITIVA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO.

Relacionando as soluções nutritivas e a ausência de AIB, apenas a 7ª coleta apresentou diferença significativa, sendo que a solução de 25% e 75% foram as que mais favoreceram o desenvolvimento da maior raiz Com a presença de AIB, solução de 75% e 100% na 4ª coleta apresentaram as maiores medias, diferenciando-se da solução de 25% (Tabela 6) (Apêndice F).

TABELA 6 - DADOS MÉDIOS DA MAIOR RAIZ DE *Eucalyptus urophylla* DA 4ª A 7ª COLETA EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA, COLETA DE BROTAÇÕES E AIB.

| Coleta Solução\AIB | 4ª | | 5ª | |
|-----------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| | S/AIB | C/AIB | S/AIB | C/AIB |
| 100% | 17,22 (a,a,a) | 20,57 (a,a,a) | 5,15 (a,c,a) | 3,17 (a,c,a) |
| 75% | 19,65 (a,a,a) | 19,04 (a,a,a) | 4,02 (a,b,a) | 5,70 (a,b,a) |
| 25% | 22,26 (a,a,a) | 12,80 (b,a,b) | 5,68 (a,c,a) | 7,84 (a,b,a) |

| Coleta Solução\AIB | 6ª | | 7ª | |
|-----------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| | S/AIB | C/AIB | S/AIB | C/AIB |
| 100% | 1,16 (a,c,a) | 4,42 (a,c,a) | 9,44 (b,b,a) | 10,59 (a,b,a) |
| 75% | 5,24 (a,b,a) | 3,89 (a,b,a) | 17,23 (a,a,a) | 14,97 (a,a,a) |
| 25% | 4,43 (a,c,a) | 5,10 (a,b,a) | 15,16 (a,b,a) | 14,55 (a,a,a) |

Comparação de media para 3 fatores. Primeira letra indica comparação da solução para cada nível de coleta e AIB. Segunda letra indica a comparação da coleta dentro de cada nível de solução e AIB. Terceira letra indica a comparação do AIB dentro da solução e coleta.

Analisando cada solução a de 100% sem e com AIB, a 4ª coleta obteve a maior média nos valores de 17,222 e 20,574 respectivamente diferenciando estatisticamente das demais coletas favorecendo o crescimento

da RML. A solução de 75% sem e com AIB, apresentaram as maiores médias na 4ª e a 7ª coletas sendo estatisticamente iguais. Na solução de 25% sem AIB, a 4ª coleta possui a maior media diferenciando das demais e já com AIB estes resultados ocorreram na 4ª e 7ª coletas.

Verificando a presença e a ausência de AIB dentro de cada coleta em relação às soluções nutritivas a 5ª, 6ª e 7ª coletas não foram significativas ao RML, já a 4ª coleta a solução de 25% sem AIB apresentou maior média o que do ponto de vista econômico é um resultado favorável, pois não se faz necessário os gastos com regulador de crescimento.

Resultados semelhantes ao da 1ª coleta foram encontrados por Oliveira et al., (2005) em estudos com estacas lenhosas e semilenhosas de pessegueiro concluiu que o comprimento da maior raiz foi positivamente influenciado pelo AIB possivelmente pela antecipação na emissão das raízes, o que possibilitou maior período de crescimento. Entretanto da 4ª a 7ª coleta as médias sem a utilização do AIB foram superiores apesar de não terem apresentado diferenças significativas em relação às miniestacas C/ AIB isso pode ter ocorrido, pois segundo devido ao vigor vegetativo da planta mãe, pois segundo Cunha et al., (2009), as auxinas atuam somente na indução das raízes no processo rizogênico, ou seja, no desenvolvimento inicial das raízes, a partir deste momento, no processo de alongamento e crescimento radicial o boro (B) tem papel fundamental facilitando o transporte através das membranas estimulando o crescimento. Da mesma forma, Middleton et al. (1978), Eliasson (1978), Lewis (1980), Hirsch et al., (1982) e Jarvis et al., (1984) afirmam que a iniciação de raízes nas estacas é estimulada pela auxina, e o posterior crescimento pelo B. Para Assis e Teixeira (1998), o B tem sido considerado mais importante no crescimento de raízes do que no enraizamento.

O enraizamento apresentou resultados significativos para a 1ª, 2ª e da 4ª a 7ª coletas. A 1ª coleta a somente a solução nutritiva houve efeito significativo sendo a solução de 75% com 84,3% de enraizamento (Figura 13) (Apêndice G).

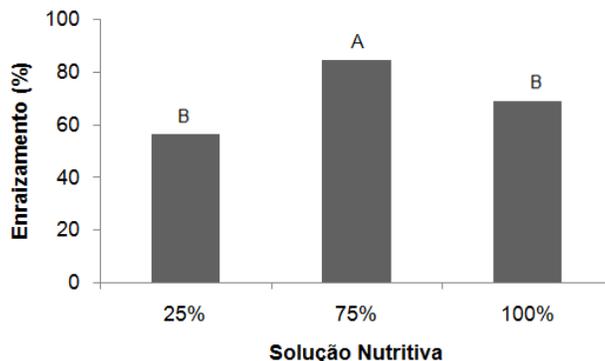


FIGURA 13 - DADOS MÉDIOS DO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS PARA A 1ª COLETA DE *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFERENCIAM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO.

A 2ª coleta a interação solução nutritiva e AIB foi significativa para enraizamento. Observou-se que somente a solução de 25% com presença de AIB obteve percentual de enraizamento inferior aos demais tratamentos (Figura 14) (Apêndice G).

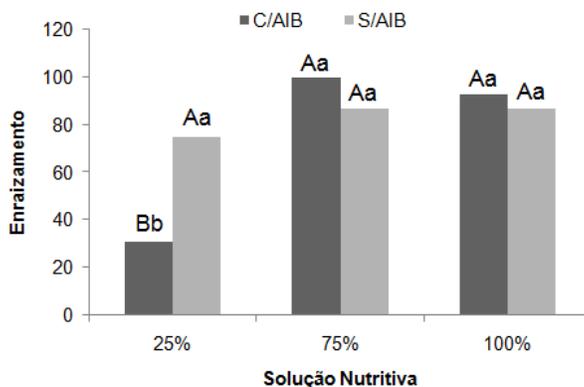


FIGURA 14 - DADOS MÉDIOS DO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS PARA A 2ª COLETA DE BROTO DE *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA E AIB. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA MAIÚSCULA PARA AS DIFERENTES SOLUÇÕES E MESMA CONCENTRAÇÃO DE AIB E LETRAS MINÚSCULAS ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE AIB DENTRO DA MESMA SOLUÇÃO NUTRITIVA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO.

No 2º experimento que configura da 4ª a 7ª coleta a solução nutritiva e as coletas apresentaram diferenças significativas para o enraizamento. A solução de 25% e 75% favoreceu o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus urophylla* (Figura 15). Em relação as coletas a 4ª e

7ª coletas apresentaram resultados superiores diferenciando das demais (Figura 16). (Apêndice H).

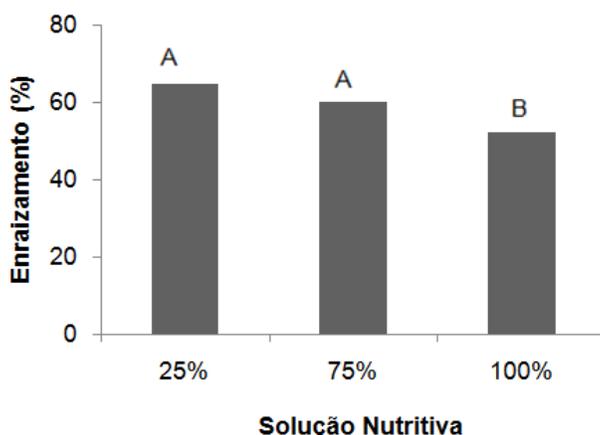


FIGURA 15 - DADOS MÉDIOS DO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS PARA A 4ª a 7ª COLETA DE BROTO DE *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFERENCIAM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO.

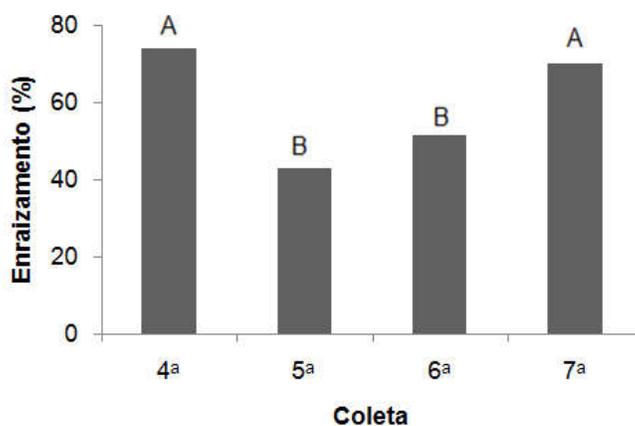


FIGURA 16 - DADOS MÉDIOS DO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS PARA A 4ª a 7ª COLETA DE BROTO DE *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO ÀS COLETAS. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NÃO DIFERENCIAM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO.

Resultados semelhantes a esses foram obtidos em outras espécies de *Eucalyptus*, observando-se elevados índices de enraizamento ao utilizar a

técnica da miniestaquia (XAVIER e COMÉRIO, 1996; TITON et al., 2002, ASSIS et al., 2004, WENDLING e DUTRA, 2010).

Cunha et al., (2009c), obteve resultados superiores em clones de eucalipto em relação a solução nutritiva, isto pode ter ocorrido devido as miniestacas originarem-se material seminal o que pode ter reduzido os índices de enraizamento, entretanto a solução de 75% para a 1ª coleta e 2ª coleta e de 100% para a 2ª coleta apresentaram índices acima dos 80% de enraizamento. Ainda segundo o mesmo autor a nutrição mineral desempenha papel fundamental no enraizamento adventício, entretanto as faixas de concentrações ideais dos nutrientes são específicas para cada genótipo sendo que cada solução nutritiva deve ser manejada de acordo com as exigências da espécie resultando no aumento do potencial de enraizamento das miniestacas.

Gourlart et al., (2008) apresentou resultado em que o enraizamento das miniestacas em resposta à aplicação de 0 a 1.000 mg L⁻¹ de AIB apresentou-se pouco diferenciado no clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, ocorrendo decréscimos a partir dessa dosagem. Já Wendling (1999) em miniestaquia de clones de *Eucalyptus* spp., em que as concentrações entre 1.000 e 2.000 mg L⁻¹ foram mais eficientes no enraizamento. Apesar da pouca diferenciação do AIB no enraizamento, a utilização do regulador de crescimento faz raízes adventícias renovarem sua atividade de divisão celular, as quais se desenvolvem em meristema apical da raiz de maneira análoga a formação de raízes laterais (FOGAÇA e FETT-NETO, 2005). Assim o AIB atua como agente motivador das concentrações endógenas de auxinas acelerando o metabolismo a partir de alterações de enzimas, carboidratos, RNA, DNA, proteínas e conseqüentemente o processo de indução de raízes adventícias (BRONDANI, 2014; HUSEN, 2008).

No período de coleta dos dados foi verificada ampla variação de temperatura sendo nos meses de junho a outubro correspondente a 5ª e 6ª coletas apresentou elevadas temperaturas (Quadro 2). Valores baixos para a o enraizamento em pleno sol, podem ser explicados em parte pela amplitude de temperatura observada na região onde o experimento foi instalado, especialmente se considerarmos a ausência de estrutura de proteção, visto que as miniestacas encontravam-se em pleno sol. A temperatura, neste caso, assim como a luminosidade, podem influenciar de modo determinante a na emissão de raízes adventícias, como no enraizamento (BERTOLOTTI e

GONÇALVES, 1980; HARTMANN, KESTER e DAVIS 1997; TAIZ e ZEIGER, 2004; ALFENAS et al., 2009). Segundo Cunha et al., (2009b) e Gomes (1987), amplas oscilações térmicas são altamente deletérias ao enraizamento. Essa variação na pode explicar os resultados inferiores nas respectivas coletas. Corrêa e Fett-Neto (2004) observa que temperatura pode influenciar o enraizamento, atuando principalmente na absorção de nutrientes e no metabolismo. No entanto, temperatura excessivamente alta, durante a fase de enraizamento, estimula o desenvolvimento de gemas laterais antes do aparecimento de raízes (HARTMANN et al., 2011).

A altura total de miniestacas (AT) obteve os maiores valores para tratamento de 100% com a presença de AIB, apresentando média de 31,74 (cm) (Figura 17), para ausência de AIB a melhor média foi obtida para solução de 75% (Apêndice I). Esses resultados são semelhantes aos apresentados por Alcantara et al., (2007) que observou resultados superiores sem aplicação de AIB na miniestaquia de *Pinus taeda*.

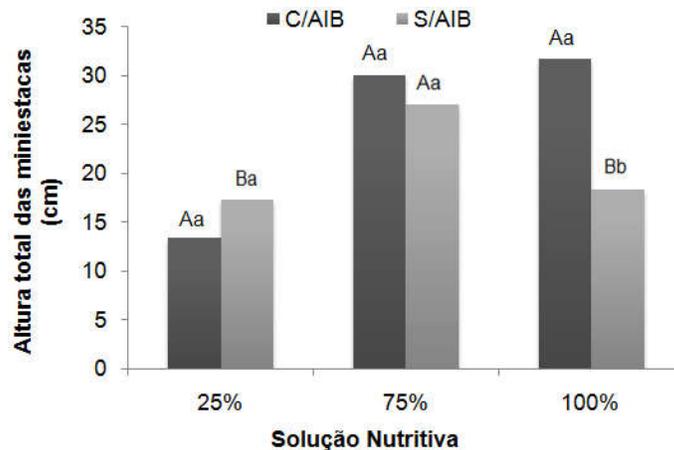


FIGURA 17 - DADOS MÉDIOS DA ALTURA TOTAL DE MINIESTACAS PARA A 1ª COLETA DE BROTO DE *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA E AIB. MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA MAIÚSCULA PARA AS DIFERENTES SOLUÇÕES E MESMA CONCENTRAÇÃO DE AIB E LETRAS MINÚSCULAS ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE AIB DENTRO DA MESMA SOLUÇÃO NUTRITIVA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO.

Relacionando as soluções nutritivas e a ausência de AIB, somente as 6ª e 7ª coletas apresentaram diferenças significativas, sendo que a solução de 100% com as menores médias para ambas. Com a presença de AIB,

somente a 4^a coleta se diferenciou das demais sendo a soluções de 100 e 75% com as melhores médias (Tabela 7) (Apêndice J).

TABELA 7 - VALORES MÉDIOS PARA ALTURA TOTAL DE MINIESTACAS (AT) DE *Eucalyptus urophylla* DA 4^a A 7^a COLETA DE BROTO EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA, COLETA DE BROTAÇÕES E AIB.

| Coleta Solução\AIB | 4 ^a | | 5 ^a | |
|-----------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| | S/AIB | C/AIB | S/AIB | C/AIB |
| 100% | 29,74 (a,a,a) | 34,28 (a,a,a) | 10,99 (a,b,a) | 7,68 (a,b,a) |
| 75% | 33,60 (a,a,a) | 30,35 (a,a,a) | 7,46 (a,c,a) | 10,24 (a,b,a) |
| 25% | 34,34 (a,a,a) | 20,36 (b,a,b) | 11,60 (a,c,a) | 13,02 (a,b,a) |

| Coleta Solução\AIB | 6 ^a | | 7 ^a | |
|-----------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| | S/AIB | C/AIB | S/AIB | C/AIB |
| 100% | 5,37 (b,c,a) | 10,59 (a,b,a) | 15,25 (b,b,a) | 15,37 (a,b,a) |
| 75% | 12,69 (a,b,a) | 8,95 (a,b,a) | 26,01 (a,a,a) | 21,43 (a,a,a) |
| 25% | 10,64 (a,c,a) | 11,08 (a,b,a) | 24,32 (a,b,a) | 22,18 (a,a,a) |

Comparação de média para 3 fatores. Primeira letra indica comparação da solução para cada nível de coleta e AIB. Segunda letra indica a comparação da coleta dentro de cada nível de solução e AIB. Terceira letra indica a comparação do AIB dentro da solução e coleta.

Analisando cada solução a de 100% e 75% apresentaram maiores médias para a 4^a coleta independentemente da aplicação de AIB favorecendo a altura total das miniestacas. Já a solução de 25% sem AIB somente a 4^a coleta obteve média significativa e com AIB a 4^a e 7^a coletas resultaram nas maiores médias.

Verificando a presença e a ausência de AIB dentro de cada coleta em relação às soluções nutritivas a 5^a, 6^a e 7^a coletas não foram significativas ao AT, já a 4^a coleta a solução de 25% sem AIB apresentou maior média.

A utilização de auxinas exógenas propicia maiores taxas de sobrevivência, qualidade, velocidade e uniformidade no enraizamento (FRASSETTO, 2007). Segundo Almeida et al., (2007), em estudos com *Eucalyptus cloeziana*, os clones que apresentaram maior potencial de enraizamento foram os que tiveram menor dosagem de AIB, que foi de 1500 mg L⁻¹. Goulart et al., (2008) apresentaram resultados com *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* onde as doses 500 mg L⁻¹ a 2000 mg L⁻¹ foram os mais eficientes para os clones estudados em relação a sobrevivência, enraizamento e altura das miniestacas. Resultados semelhantes ao trabalho foram apresentados por Brondani et al., (2014), onde a interação de três clones, oito coletas de brotações, seis combinações de Zn e B, na ausência e presença de AIB foram significativos, sendo que a presença de AIB favoreceu o

enraizamento adventício. A aplicação de 1.000 a 2.000 mg/l de AIB proporcionou os melhores índices de enraizamento e sobrevivência de miniestacas, na maioria dos clones de *Eucalyptus grandis* (TITON et al., 2003).

Assim a grande variação entre os tratamentos e os resultados das variáveis quantidade de raiz, raiz mais longa (RML), enraizamento e altura total das miniestacas (AT), podem estar diretamente relacionada ao teor endógeno de auxinas, dos co-fatores e inibidores nas estacas, no vigor vegetativo advindo das soluções nutritivas utilizadas nas minicepas e das diferenças morfológicas encontrada (FRASSETTO, 2006).

Os resultados do experimento demonstram que as soluções de 100% e 75% foram as que apresentaram as maiores médias para as variáveis em estudo. Esses resultados condizem com a literatura que afirma que plantas fornecedoras de propágulo bem nutridas fornecerão miniestacas com maior disposição ao enraizamento, com melhor qualidade de mudas e de sistema radicular (OLIVEIRA et al., 2012). Segundo Schwambach et al., (2005) em estudos com *Eucalyptus globulus* a nutrição mineral desempenhou papel importante na indução e formação de raízes adventícias nas variáveis: número de raízes, comprimento e porcentagem de enraizamento.

Em relação as coletas os fatores ambientais, como luz, temperatura, umidade e o tempo da coleta também têm papel preponderante na rizogênese em *Eucalyptus* (OLIVEIRA et al., 2012). A temperatura pode potencialmente influenciar capacidade de enraizamento adventício em muitos aspectos, tais como a absorção de água e nutrientes e metabolismo em geral, promover ou inibir a ação enzimática. Nas minicepas a temperatura pode influenciar no estado fisiológico e depois afetar o desenvolvimento raízes adventícias em estacas ou têm um efeito direto durante o processo de enraizamento adventício (BECKMANN, 2010). Nesse sentido as coletas que apresentaram as menores médias em todas as variáveis estudadas foram a 5ª e 6ª coletas que foi realizada entres os meses de junho a outubro, considerados um período de altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar. De acordo com Correa e Fett-Neto, (2004) em estudos realizados com *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus globulus* observou que as duas espécies apresentaram preferências de temperatura e sensibilidades diferentes para maior e menor temperatura em relação ao enraizamento. Em *E. globulus* as temperaturas mais altas

constantes pareceu reduzir a porcentagem de enraizamento, na densidade radicular e alongamento.

Na 2ª e 3ª coleta os resultados não significativos apontam que utilizando a solução de 25%, 75% ou 100% tem efeito equivalente na quantidade de raiz, RML e na AT. Este resultado do ponto de vista econômico é favorável pois a redução da concentração da solução nutritiva permite uma economia nos custos do viveiro.

Análises anatômicas das miniestacas observou-se no início da avaliação para as três concentrações de solução nutritiva e AIB (0 dias), observa-se disposição normal do córtex, câmbio vascular, vasos condutores e a presença de ductos condutores subepidérmicos (Figura 18 A-F). Aos 10 dias de cultivo em casa de vegetação para as soluções de 25% e 75% independentemente da aplicação de AIB, verifica-se que não ocorreu alteração da organização celular dos tecidos, entretanto para a solução de 100% sem AIB, percebe-se a formação de centros meristemáticos junto ao câmbio vascular e no tratamento com presença do regulador de crescimento verificou-se formação endógena de primórdios radiculares a partir do câmbio vascular, com progressão de formação dos primórdios do ápice radicial e indução de raiz adventícia (Figura 18 G-L). Aos 20 dias, inicia-se a formação dos centros meristemáticos junto ao câmbio para os tratamentos com solução de 25% e 75% (Figura 18 M-R). Ao fim dos 30 dias ocorreu indução de raiz adventícia mediante a emergência e o alongamento dos mesmos apresentando conexão com o câmbio vascular para todos os tratamentos (Figura 18 S-X).

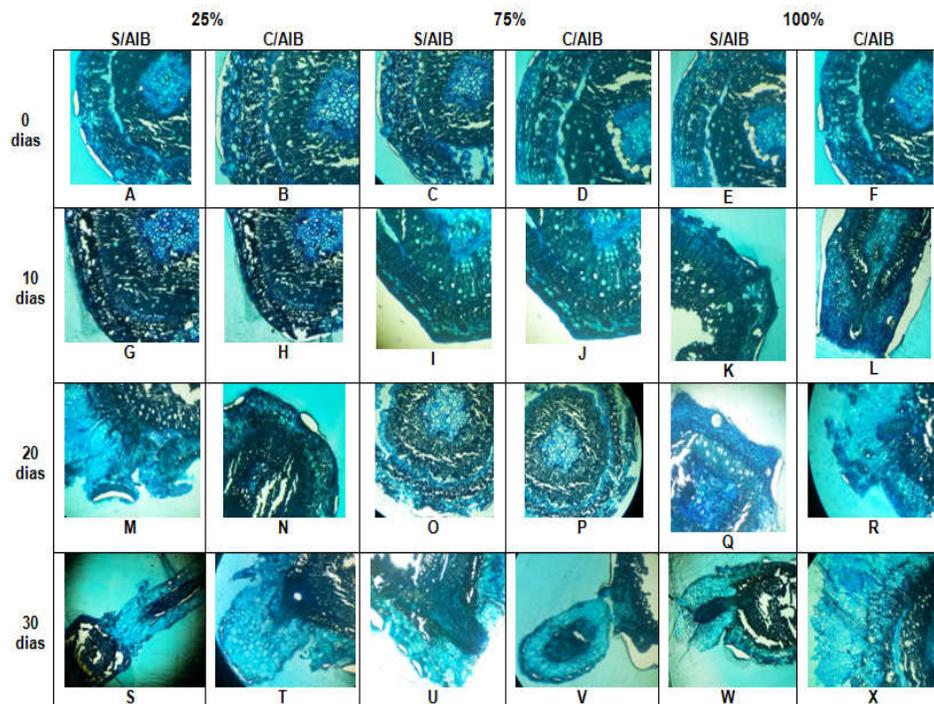


FIGURA 18 - HISTOLOGIA DO ENRAIZAMENTO EM MINIESTACAS DE *Eucalyptus urophylla*. (A-F) CORTE TRANSVERSAL DA REGIÃO DO CAULE APÓS O TRATAMENTO COM SOLUÇÃO NUTRITIVA E AIB, 0 DIAS; (G-L) CORTE TRANSVERSAL DA REGIÃO DO CAULE TRATADA COM SOLUÇÃO NUTRITIVA E AIB, 10 DIAS; (M-R) CORTE TRANSVERSAL DA REGIÃO DO CAULE TRATADA COM SOLUÇÃO NUTRITIVA E AIB, APRESENTANDO FORMAÇÃO DE CENTROS MERISTEMÁTICOS JUNTO AO CÂMBIO VASCULAR E INDUÇÃO DE RAIZ ADVENTÍCIA, 20 DIAS; (S-X) CORTE TRANSVERSAL DA REGIÃO DO CAULE TRATADA COM SOLUÇÃO NUTRITIVA E AIB, APRESENTANDO INDUÇÃO DA RAIZ ADVENTÍCIA, 30 DIAS. BARRA: 100 μ M.

A histologia das miniestacas enraizadas de *Eucalyptus urophylla* aponta conexão direta com o câmbio vascular e de acordo com as amostras estudadas sem a presença de calo, o que corresponde alta qualidade na formação de raízes adventícias e em todo o sistema radicular de forma geral. A presença de calo apresenta-se como problemático ao momento que o calo ocupa uma região de conexão vascular, tornando a região muito frágil comprometendo a qualidade da muda e a funcionalidade do sistema radicular (HAISSIG, 1973; GOULART, et al., 2014; BRONDANI, 2012; LI et al., 2009). Resultados semelhantes foram observados por Oliveira (2014) onde as análises histológicas apontaram formação de centros meristemáticos junto ao câmbio vascular e a raiz adventícia formou-se em conexão direta ao câmbio em *Eucalyptus cloeziana*. Segundo Oliveira (2014) e Gonçalves (1998) raízes adventícias formadas a partir de uma conexão direta com o câmbio vascular

permite a formação de uma muda de alta qualidade, com sistema radicular adequado permitindo uma melhor absorção de água e nutrientes.

A aplicação de auxinas na base das miniestacas tem auxiliado no sucesso do enraizamento de diversas espécies florestais, influenciando também, na sobrevivência e aumento no índice de enraizamento (HARTMANN et al., 2011; WENDLING et al., 2010; SCHWAMBACH et al., 2005). Neste sentido o resultado do estudo foi superior ao encontrado por Brondani (2012) em estudos com clones de *Eucalyptus benthamii* que observou resultados positivos na aplicação de AIB na indução de raízes, sendo que a concentração de 2.000 mg L⁻¹ promoveu maior velocidade e porcentagem de enraizamento de acordo com as análises histológicas sendo que somente aos 21 dias, verificou-se a polarização do ápice radicial e indução de raiz adventícia. Tal resultado pode ter ocorrido devido à interação na aplicação do regulador de crescimento com as concentrações de soluções nutritivas, pois aos 10 dias de cultivo em casa de vegetação já era possível verificar o início da indução de raiz adventícia para a solução de 100% com aplicação de AIB. De acordo com Goulart et al., (2014) as condições fisiológicas da planta doadora de propágulos dependem de um conjunto de fatores intrínsecos que poderão ou não atuar no metabolismo da planta, na ocasião da coleta das estacas, os quais influenciarão a rizogênese das referidas estacas. Segundo Schwambach et al, (2005) em estudos com *Eucalyptus globulus* a nutrição mineral desempenhou papel importante na indução e formação de raízes adventícias nas variáveis: número de raízes, comprimento e porcentagem de enraizamento.

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho há a necessidade de maiores estudos sobre a influência desses fatores na formação de raízes adventícias em *Eucalyptus urophylla* e assim otimizar as condições necessárias para o sucesso na propagação de genótipos da espécie. São necessários estudos que contemplem a nutrição mineral das minicepas e a resposta nas miniestacas visando otimizar a propagação de *Eucalyptus urophylla*.

2.4. CONCLUSÃO

- O enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus urophylla* depende da solução nutritiva, da coleta de brotações, da aplicação de AIB;
- Em termos gerais, as miniestacas oriundas das minicepas fertirrigadas com as soluções nutritivas de 75% e 100% associadas a presença de AIB na concentração de 1.000 mg L^{-1} e a 4ª e 7ª coletas apresentaram os maiores índices de enraizamento.
- As análises histológicas da rizogênese localizou-se a inserção da raiz adventícia ao caule a partir de conexão direta com o câmbio vascular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e Doenças do Eucalipto**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Editora UFV. 2009. 500p.

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. .31. n.3. 2007. p.455-463.

ASSIS, T. F.; TEIXEIRA, S. L. Enraizamento de plantas lenhosas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Ed.) **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, v. 1, 1998. p. 261- 296.

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 21th century. New Delhi, Research Sign Post, 2004. v.1. p.303-333.

BALTIERRA, X. C.; MONTENEGRO, G.; GARCÍA, E. Ontogeny of in vitro rooting processes in *Eucalyptus globulus*. **Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant**, v. 40, p. 499-503, 2004.

BEECKMAN, T. **Root development**. Annual plant reviews , VIB Department of Plant Systems Biology Ghent University. v. 37. ed. 1, United Kingdom. 2010. 387p.

BORGES, S. R.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S.; MELO, L. A.; ROSADO, A. M. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.3, p.425-434, 2011

BRONDANI, G.E., BACCARIN, F. J. B., BERGONCI, T., GONÇALVES, A. N., ALMEIDA, M. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii*: efeito do genótipo, AIB, zinco, boro e coletas de brotações. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 147-156, jul./set. 2014a.

BRONDANI, G.E., BACCARIN, F. J. B.; GONÇALVES, A. N., ALMEIDA, M. Nutritional content in *Eucalyptus benthamii* mini-stump leaves. **Acta Scientiarum**. Agronomy. Maringá, v. 36, n. 4, p. 465-474, Oct.-Dec., 2014b.

BRONDANI G. E.; BACCARIN, F. J. B.; ONDAS, H. W. W.; STAPE, J. L.; • GONÇALVES, A. N.; ALMEIDA, M. Low temperature, IBA concentrations and optimal time for adventitious rooting of *Eucalyptus benthamii* mini-cuttings. *Journal of Forestry Research*, 23(4): 583–592, 2012.

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

CORREA, L. R.; FETT-NETO, A. G. Effects of temperature on adventitious root development in microcuttings of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. **Journal of Thermal Biology**, v.29, p.315-324, 2004.

CUNHA, A.C.M.C.M.; PAIVA, H.N.; XAVIER, A.; OTONI, W. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira** – EMBRAPA, n.58, p.35-47, Colombo, 2009a.

CUNHA, A. C. M. C. M.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; BARROS, N. F.; LEITE, F. P. Relações entre variáveis climáticas com produção e enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 195–203, 2009b. DOI: 10.1590/S0100-67622009000200001.

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

ELIASSON, L. Effects of nutrients and light on growth and root formation in *Pisum sativum* cuttings. **Physiologia Plantarum**, v. 43, p. 13-18, 1978.

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

FERRIANI, A. P., ZUFFELLATO-RIBAS, K. C., WENDLING, I. Miniestaquia aplicada a espécies florestais. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 4, n. 2, p. 102-109, jul-dez, 2010.

FETT-NETO, A.G.; FETT, J.P.; GOULART, L.W.V.; PASQUALI, G.; TERMIGNONI, R.R. & FERREIRA, A.G. Distinct effects of auxin and light on adventitious root development in *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiol.**, 21:457-464, 2001.

FISCHER, D. L. O.; JOSÉ CARLOS FACHINELLO, J. C.; ANTUNES, L. E. C.; TOMAZ, Z. F. P.; GIACOBBO, C. L. Efeito do ácido indolbutírico e da cultivar do enraizamento de estacas lenhosas de mirtilo. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 2, p. 285-289, Junho 2008.

FOGAÇA, C.M.; FETT-NETO, A.G. Role of auxin and its modulators in the adventitious rooting of *Eucalyptus* species differing in recalcitrance. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 45, n. 1, p. 1–10, 2005. DOI: 10.1007/s10725-004-6547-7

FRASSETTO, E.G.; et al. **Enraizamento de estacas de *Sebastiania schottiana* em solução hídrica**. In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA (JAI), 21., 2006, Santa Maria. Anais...Santa Maria: UFSM. 2006.

GOMES, A. L. **Propagação clonal: princípios e particularidades**. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1987. 69p.

GONÇALVES, J.C.; DIOGO, G.; AMANCIO, S. In vitro propagation of chestnut *Castanea sativa* x *C. crenata*: Effects of rooting treatments on plant survival, peroxidase activity and anatomical changes during adventitious root formation. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 72, n. 3, p.265–275, 1998.

GOULART, P. B.; XAVIERA, A.; CARDOSO, N. Z. Efeito dos Reguladores de Crescimento AIB E ANA no Enraizamento de Miniestacas de Clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.6, p.1051-1058, 2008.

HAISSIG, B. E. **Origins of adventitious roots**. Institute of Forest Genetics, Rhineland. 4 (2): 299-310, 1973.

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

HARTMANN, H. T.; et al. **Plant Propagation: principles and practicas**. 7th ed. New York: Englewood Clippis. 2002. 880 p.

HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N. **Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus***. Piracicaba: IPEF, 2002. 21 p. (IPEF. Circular Técnica, 194).

HIRSCH, A. M.; PENGELLY, W. L.; TORREY, J. G. Endogenous IAA levels in boron deficient and control root tips of sunflower. **Botanical Gazette**, v. 143, p. 15-19, 1982

HUSEN, A. Clonal propagation of *Dalbergia sissoo* Roxb. and associated metabolic changes during adventitious root primordium development. **New Forests**, Dordrecht, v. 36, n. 1, p. 13–27, 2008. DOI: 10.1007/s11056-007-9079-y.

JARVIS, B. C.; ALI, A. H. N.; SHAHEED, A. I. Auxin and boron interrelation to the rooting response and ageing of mung bean cuttings. **New Phytologist**, v. 95, p. 509-518, 1983.

KARNOVSKY, M.J. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology**, New York, v. 27, p. 137–138, 1965

KEVERS, C.; et al. Hormonal control of adventitious rooting progress and questions. **Angewandte Botanik**, v. 71-79, 1997.

LEWIS, D. H. Boron, lignification and the origin of vascular plants - a unified hypothesis. **New Phytologist**, v. 84, p. 209-229, 1980.

LI, S.W.; XUE, L.; XU, S.; FENG, H.; AN, L. Mediators, genes and signaling in adventitious rooting. **The Botanical Review**, New York, v. 75, n. 2, p. 230–247, 2009. DOI: 10.1007/s12229-009-9029-9.

MERCIER, H. Auxinas. In: KERBAUY, G. B. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 215-249.

MIDDLETON, W.; JARVIS, B. C.; BOOTH, A. The boron requirement for root development in stem cuttings of *Phaseolus aureus* Roxb. **New Phytologist**, v. 81, n. 2, p. 287-297, 1978.

OLIVEIRA, L. S. **Propagação de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell.** 2014. 144p. Tese (Doutorado em Ciências, opção em Silvicultura e Manejo Florestal), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

OLIVEIRA, L. S.; XAVIER, A.; DIAS, P. C.; CORREIA, A. C. G.; BORGES, S. R.; TAKAHASHI, E. K.; PAIVA, H. N. Enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* e de *Eucalyptus grandis* x *E. globulus*. **Scientia Forestalis** (IPEF)^{JCR}, v. 40, p. 507-516, 2012.

SCANAVACA JUNIOR L, GARCIA J. N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Florestalis** 2004; (65): 120-129.

SCHWAMBACH, J.; FADANELLI, C.; FETT-NETO, A.G. Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, Oxford, v. 25, n. 4, p. 487–494, 2005. DOI: 10.1093/treephys/25.4.487

SEIN, C. C.; MITLOHNER, R. ***Eucalyptus urophylla* S.T. Blake Ecology and silviculture in Vietnam.** Center for International Forestry Research CIFOR. 2011. 26p.

SOUZA JUNIOR, L. et al. Miniestaquia de *Grevillea robusta* A. Cunn. à partir de propágulos juvenis. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 455-460, 2008.

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

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

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

WENDLING, I.; BRONDANI, G.E.; DUTRA, L.F.; HANSEL, F.A. Mini-cuttings technique: a new ex vitro method for clonal propagation of sweetgum. **New Forests**, Dordrecht, v. 39, n. 3, p. 343–353, 2010. DOI: 10.1007/s11056-009-9175-2.

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

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

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

ZHU, X.Y.; CHAI, S.J.; CHEN, L.P.; ZHANG, M.F.; YU, J.Q. Induction and origin of adventitious roots from chimeras of *Brassica juncea* and *Brassica oleracea*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Dordrecht, v. 101, n. 3, p. 287–294, 2010. DOI: 10.1007/s11240-010-9686-8.

APÊNDICES

APÊNDICE A - TABELA DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A PRODUÇÃO DE MINIESTACAS DE *Eucalyptus urophylla* POR METRO QUADRADO ANO (NM).

| Causas da Variação | GL | Quadrado Médio |
|--------------------|----|--|
| | | NM (m ² ano ⁻¹) |
| Blocos | 5 | 33,84 ^{ns} |
| Solução (SOL) | 2 | 1216,77* |
| Parcelas | 17 | - |
| Coletas (COL) | 5 | 516,56* |
| SOL x COL | 10 | 21,28 ^{ns} |
| CV (%) | - | 15,72 |
| Média | | 993,64 |

^{ns} Valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. * Valor significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. GL = graus de liberdade, CV. = coeficiente de variação experimental.

APÊNDICE B - TABELA DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TEOR FOLIAR DE FÓSFORO (P), POTÁSSIO (K), ENXOFRE (S), ZINCO (Zn), COBRE (Cu), FERRO (Fe), E MANGANÊS (Mn) EM BROTAÇÕES DE MINICEPAS *Eucalyptus urophylla* EM RELAÇÃO ÀS SOLUÇÕES NUTRITIVAS.

| Causas da Variação | GL | Quadrado Médio | | | | | | | |
|--------------------|----|--------------------|--------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------|
| | | P g/Kg | K g/Kg | S g/Kg | B mg/Kg | Zn mg/Kg | Cu mg/Kg | Fe mg/Kg | Mn mg/Kg |
| Solução | 2 | 0,76* | 35,00* | 0,42* | 53,79 ^{ns} | 19282,90* | 8,79* | 1950,43* | 53509,73* |
| Resíduo | 12 | 0,03 | 0,40 | 0,04 | 35,29 | 102,09 | 0,92 | 151,25 | 589,11 |
| Coleta | 1 | 0,43* | 30,20* | 0,59* | 2169,20* | 2,76 ^{ns} | 2,18 ^{ns} | 224,13 ^{ns} | 2378956,8* |
| SolxCol | 2 | 0,13 ^{ns} | 5,85* | 0,12 ^{ns} | 40,22 ^{ns} | 1050,70* | 0,62 ^{ns} | 645,83 ^{ns} | 4405,60* |
| Resíduo | 12 | 0,04 | 0,95 | 0,05 | 47,41 | 185,20 | 1,28 | 215,85 | 612,08 |
| Total | 29 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Média | | 1,44 | 10,75 | 1,16 | 29,29 | 76,09 | 6,87 | 83,06 | 431,73 |

^{ns} Valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. * Valor significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. GL = graus de liberdade.

APÊNDICE C - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA QUANTIDADE DE RAIZ DE *Eucalyptus urophylla* 1ª A 3ª COLETA.

| Causas da Variação | GL | Quadrado Médio | | |
|--------------------|----|---------------------|----------------------|---------------------|
| | | 1ª Coleta | 2ª Coleta | 3ª Coleta |
| Solução (SOL) | 2 | 15,11 ^{ns} | 12,955 ^{ns} | 1,131 ^{ns} |
| AIB | 1 | 33,646** | 1,760 ^{ns} | 1,624 ^{ns} |
| SOL*AIB | 2 | 24,089** | 3,612 ^{ns} | 0,013 ^{ns} |
| Resíduo | 18 | 5,073 | 3,795 | 1,087 |
| Total | 23 | - | - | - |
| Média | | 4,41 | 3,15 | 2,63 |

^{ns} Valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. * Valor significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. GL = graus de liberdade.

APÊNDICE D - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA QUANTIDADE DE RAIZ DE *Eucalyptus urophylla* 4ª A 7ª COLETA.

| Causas da Variação | GL | Quadrado Médio |
|---------------------------|----------|-----------------------|
| Bloco | 4 | 1,05179 ^{ns} |
| Solução | 2 | 1,96623 ^{ns} |
| Coleta | 3 | 36,10713* |
| AIB | 1 | 0,11936 ^{ns} |
| Solução*Coleta | 6 | 4,24563* |
| Solução*AIB | 2 | 8,22189* |
| Coleta*AIB | 3 | 0,57525 ^{ns} |
| Solução*Coleta*AIB | 6 | 6,64826* |
| Resíduo | 92 | 1,33295 |
| Total | 115 | 2,80647 |
| Média | 2,41 | |

^{ns} Valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. * Valor significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. GL = graus de liberdade.

APÊNDICE E - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA COMPRIMENTO DA RAIZ MAIS LONGA (RML) DE *Eucalyptus urophylla* 1ª A 3ª COLETA.

| Causas da Variação | GL | Quadrado Médio | | |
|--------------------|----|---------------------|----------------------|----------------------|
| | | 1ª Coleta | 2ª Coleta | 3ª Coleta |
| Solução (SOL) | 2 | 192,88** | 80,645 ^{ns} | 71,598 ^{ns} |
| AIB | 1 | 25,62 ^{ns} | 1,106 ^{ns} | 54,376 ^{ns} |
| SOL*AIB | 2 | 89,841** | 23,452 ^{ns} | 45,403 ^{ns} |
| Resíduo | 18 | 19,233 | 30,675 | 27,134 |
| Total | 23 | - | - | - |
| Média | | 16,65 | 14,31 | 10,39 |

^{ns} Valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. * Valor significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. GL = graus de liberdade.

APÊNDICE F - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA COMPRIMENTO DA RAIZ MAIS LONGA (RML) DE *Eucalyptus urophylla* 4ª A 7ª COLETA.

| Causas da Variação | GL | Quadrado Médio |
|---------------------------|----------|------------------------|
| Bloco | 4 | 32,29678 ^{ns} |
| Solução | 2 | 61,19923* |
| Coleta | 3 | 1445,59* |
| AIB | 1 | 3,34362 ^{ns} |
| Solução*Coleta | 6 | 26,97513 ^{ns} |
| Solução*AIB | 2 | 27,22912 ^{ns} |
| Coleta*AIB | 3 | 15,03992 ^{ns} |
| Solução*Coleta*AIB | 6 | 37,90311* |
| Resíduo | 92 | 13,28208 |
| Total | 115 | 54,80433 |
| Média | 10,39 | |

^{ns} Valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. * Valor significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. GL = graus de liberdade.

APÊNDICE G - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ENRAIZAMENTO DE *Eucalyptus urophylla* DA 1ª A 3ª COLETA.

| Causas da Variação | GL | Quadrado Médio | | |
|--------------------|----|---------------------|---------------|---------------------|
| | | 1ª Coleta | 2ª Coleta | 3ª Coleta |
| Solução (SOL) | 2 | 0,158* | 0,408* | 0,054 ^{ns} |
| AIB | 1 | 0,065 ^{ns} | 0,041 | 0,102 ^{ns} |
| SOL*AIB | 2 | 0,033 ^{ns} | 0,019* | 0,044 ^{ns} |
| Resíduo | 18 | 0,030 | 0,046 | 0,042 |
| Total | 23 | - | - | - |
| Média | | 0,69 | 0,79 | 0,68 |

^{ns} Valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. * Valor significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. GL = graus de liberdade.

APÊNDICE H - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ENRAIZAMENTO DE *Eucalyptus urophylla* 4ª A 7ª COLETA.

| Causas da Variação | GL | Quadrado Médio |
|--------------------|----------|---------------------|
| Bloco | 4 | 0,064 ^{ns} |
| Solução | 2 | 0,144* |
| Coleta | 3 | 0,629* |
| AIB | 1 | 0,045 ^{ns} |
| Solução*Coleta | 6 | 0,071 ^{ns} |
| Solução*AIB | 2 | 0,037 ^{ns} |
| Coleta*AIB | 3 | 0,027 ^{ns} |
| Solução*Coleta*AIB | 6 | 0,054 ^{ns} |
| Resíduo | 92 | 0,035 |
| Total | 119 | - |
| Média | 0,592 | - |

^{ns} Valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. * Valor significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. GL = graus de liberdade.

APÊNDICE I - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ALTURA TOTAL DAS MINIESTACAS DA 1ª A 3ª COLETA.

| Causas da Variação | GL | Quadrado Médio | | |
|--------------------|----|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | 1ª Coleta | 2ª Coleta | 3ª Coleta |
| Solução (SOL) | 2 | 369,33** | 212,33 ^{ns} | 225,04 ^{ns} |
| AIB | 1 | 105,56 ^{ns} | 0,146 ^{ns} | 229,42 ^{ns} |
| SOL*AIB | 2 | 151,60** | 86,71 ^{ns} | 98,52 ^{ns} |
| Resíduo | 18 | 25,960 | 54,914 | 67,106 |
| Total | 23 | - | - | - |
| Média | | 22,25 | 22,55 | 23,16 |

^{ns} Valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. * Valor significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. GL = graus de liberdade.

APÊNDICE J - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ALTURA TOTAL DAS MINIESTACAS 4ª A 7ª COLETA.

| Causas da Variação | GL | Quadrado Médio |
|---------------------------|----------|-----------------------|
| Bloco | 4 | 2,02163 ^{ns} |
| Solução | 2 | 1,64188* |
| Coleta | 3 | 40,92586* |
| AIB | 1 | 0,88573 ^{ns} |
| Solução*Coleta | 6 | 1,59123* |
| Solução*AIB | 2 | 0,79572 ^{ns} |
| Coleta*AIB | 3 | 0,3921 ^{ns} |
| Solução*Coleta*AIB | 6 | 1,17094* |
| Resíduo | 92 | 0,49397 |
| Total | 115 | 1,73756 |
| Média | 17,81 | |

^{ns} Valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. * Valor significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. GL = graus de liberdade.

APÊNDICE K - MÉDIAS DOS DADOS DE TEMPERATURA E UMIDADE DO AR ENTRE OS HORÁRIOS DAS 6:00H ÀS 18:00H NA CASA DE VEGETAÇÃO.

