

ALEX FERREIRA DE FREITAS

**PRODUTIVIDADE DE MINICEPAS E ENRAIZAMENTO DE  
MINIESTACAS DE HÍBRIDOS DE *Eucalyptus globulus* Labill.  
EM RESPOSTA A N, B E Zn**

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
ABRIL - 2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

F866p  
2013

Freitas, Alex Ferreira de, 1981-  
Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de  
híbridos de *Eucalyptus globulus* Labill. em resposta a N, B e  
Zn / Alex Ferreira de Freitas. – Viçosa, MG, 2013.  
xii, 85 f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Plantas - Propagação. 2. Propagação vegetativa.  
3. Eucalipto. 4. Clonagem. 5. *Eucalyptus globulus*.  
6. Eucalipto - Enraizamento. 7. Plantas - Efeito do boro.  
8. Plantas - Efeito do zinco. 9. Plantas - Efeito do nitrogênio.  
10. Boro. 11. Zinco. 12. Nitrogênio. I. Universidade Federal de  
Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Programa de  
Pós-Graduação em Ciência Florestal. II. Título.

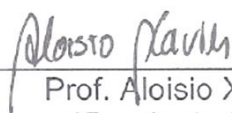
CDO adapt. CDD 634.9232328

ALEX FERREIRA DE FREITAS

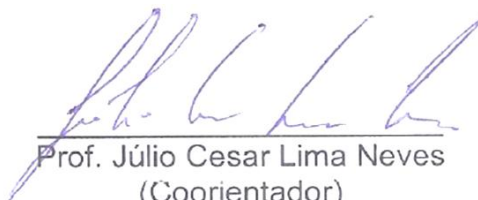
**PRODUTIVIDADE DE MINICEPAS E ENRAIZAMENTO DE  
MINIESTACAS DE HÍBRIDOS DE *Eucalyptus globulus* Labill.  
EM RESPOSTA A N, B E Zn**

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

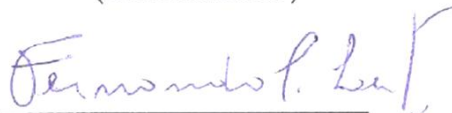
APROVADA: 12 de abril de 2013



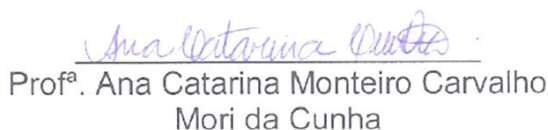
Prof. Aloisio Xavier  
(Coorientador)



Prof. Júlio Cesar Lima Neves  
(Coorientador)



Dr. Fernando Palha Leite



Profª. Ana Catarina Monteiro Carvalho  
Mori da Cunha



Prof. Haroldo Nogueira de Paiva  
(Orientador)

Às pessoas que, em algum momento de minha vida, acreditaram em mim, me motivaram, me ensinaram a amar a CIÊNCIA FLORESTAL e, principalmente, me disseram que eu poderia ser alguém melhor. MUITO OBRIGADO!

## AGRADECIMENTOS

**“...nunca se afaste de seus sonhos, pois se eles se forem, você continuará vivendo, mas terá deixado de existir”**. *Charles Chaplin*.

Hoje eu vivo, e também EXISTO, porque caminhei até aqui! Alcancei o sonho de receber conhecimento dos autores que sempre li. De sentar nas cadeiras que sempre vi; pesquisar o que sempre quis. Esta dissertação é o resultado de muito esforço, e perseverança, é meu sonho realizado, é a prova de que posso almejar voos mais altos. Sem o apoio daqueles que estiveram ao meu lado, isto não seria possível. Meus agradecimentos especiais:

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, por meio do projeto APQ 01018-09, pelo apoio financeiro.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela bolsa de pesquisa que fomentou minha aquisição de conhecimentos.

À Celulose Nipo - Brasileira S.A – CENIBRA, pela autorização de utilização de seus genótipos, em especial ao Dr. Fernando Palha Leite.

À Prof<sup>a</sup>. Ana Catarina Monteiro Carvalho Mori da Cunha pela valiosa contribuição e exemplo acadêmico.

A todos que compõem o Departamento de Engenharia Florestal/ UFV que me receberam de braços abertos, proporcionando condições para meu desenvolvimento científico, profissional e pessoal, me transformando em um ser humano melhor.

A Escola Estadual Effie Rolfs, berço de meus conhecimentos.

A todos os mestres, que participaram desta caminhada, em especial: Prof. Silvio Nolasco, Prof. Paulo Roberto, Prof. Paulo Fontes, Prof.<sup>a</sup> Hermínia Martinez, Prof. Fernando Pinheiro Reis, Prof. Nairam Felix de Barros, Prof.<sup>a</sup> Maria Aparecida Zolnier, Prof. Eduardo Euclides de Lima e Borges, Prof. Ismael Eleotério Pires e Prof. Sebastião Valverde e todos os demais que tiveram resignação para me ensinar.

Aos meus coorientadores Prof. Julio Cesar Lima Neves e Prof. Aloisio Xavier que me transmitirem pacientemente seus conhecimentos.

Ao meu orientador e amigo, Prof. Haroldo Nogueira de Paiva, exemplo de profissionalismo e dedicação, pelas sugestões, experiências partilhadas e sua grandiosa paciência com minhas dificuldades em superar alguns obstáculos que a vida colocou em meu caminho. OBRIGADO POR ACREDITAR EM MIM!

A Prof<sup>a</sup>. Silvana Garcia, pessoa ímpar que Deus colocou em meu caminho, pelo apoio estatístico e psicológico.

Ao Prof. Acelino Couto Alfenas, por acreditar em meu potencial e apoio constante em minha vida pessoal e profissional.

Aos funcionários do Viveiro de Pesquisas Florestais do DEF/UFV Geraldo Magela, João Geraldo e Mauricio Araujo.

Aos membros da equipe de propagação e nutrição de plantas arbóreas, Marciel, Marcela, Jonathas, Antenor, Rodrigo Rabe, Rodrigo Leite, Felipe, Tales e Brener que, derramaram suor pelo sucesso deste experimento.

Aos meus amigos Leandro e Silvano, que me antecederam na busca de maiores conhecimentos sobre a propagação dos híbridos de *E. globulus*. A Poliana, Julenice, Loane, Glauciana, Talita, Marcelo, Kida, Edival, Reginaldo, Márcia e a Lumma Papaspyrou que de várias formas me motivaram e não me deixaram desistir, apesar das mais diversas turbulências.

A todos da Vila Alves, em especial vô Lino e vó Maria (*in memoriam*)

Ao vô Toninho e vó Nana, pelas orações.

A minha mãe de coração, eterna “DODOIA”! (*in memoriam*)

Ao Sr. Darci e Dona Francisca, sempre presentes!

A Jessyca e Isabela minhas filhas de coração.

Ao Alair, Alan e Geanny, meus GRANDES irmãos e mestres.

A meus pais: Sebastião, meu melhor amigo, obrigado pelo exemplo de luta pelo conhecimento; Cristina, alicerce do meu aprendizado.

A minha Amada esposa FRAN e a minha linda filha MILENA, minha razão de viver, pelos momentos de nossas vidas que deixamos de partilhar. Vocês foram simplesmente fundamentais.

E por ultimo, e mais importante, a DEUS, por me dar forças para lutar e colocar TODAS estas pessoas caminhando ao meu lado.

**“Louvado seja DEUS!!!!!!”**

## BIOGRAFIA

ALEX FERREIRA DE FREITAS, filho de Sebastião José de Freitas e Teresa Cristina Ferreira da Silva, nasceu em 17 de Julho de 1981, em Viçosa, MG.

Em 1999 concluiu o 2º grau na Escola Estadual Effie Rolfs, em Viçosa, MG, onde estudou durante sua infância e adolescência.

No ano seguinte ingressou na equipe do Laboratório de Patologia Florestal DFP/UFV, sendo responsável pelas atividades silviculturais e participando de muitos projetos de pesquisas ali desenvolvidos, trabalhou neste local até 2010.

Já em 2009, graduou-se em Administração de Empresas pela Faculdade de Viçosa, em Viçosa, MG, onde ingressou mediante bolsa do programa Universidade para todos (PROUNI).

Auxiliou na elaboração do projeto e implantação do viveiro de pesquisas da empresa CLONAR resistência a doenças, no município de Cajurí-MG, em 2010.

Em 2011 ingressou no programa de Pós-graduação, em nível de mestrado em ciência florestal, na área de concentração em silvicultura, na Universidade Federal de Viçosa, MG.

Em agosto de 2012, assumiu a assistência técnica da Sociedade de Investigações Florestais, sendo responsável pela implantação e gestão do setor de sementes e mudas florestais além de fazer parte da equipe de edição do jornal SIF.

## SUMÁRIO:

|  |           |
|--|-----------|
| RESUMO .....   | vii       |
| ABSTRACT.....  | ix        |
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 1         |
| 2.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....  | 3         |
| <br>   |           |
| <b>PRODUTIVIDADE DE MINICEPAS E ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE HÍBRIDOS DE <i>Eucalyptus globulus</i> LABILL. EM RESPOSTA A N .....</b>  | <b>4</b>  |
| RESUMO .....   | 4         |
| ABSTRACT.....  | 5         |
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 6         |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS .....  | 9         |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 13        |
| 4. CONCLUSÕES: .....   | 27        |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 27        |
| <br>   |           |
| <b>PRODUTIVIDADE DE MINICEPAS E ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE HÍBRIDOS DE <i>Eucalyptus globulus</i> LABILL. EM RESPOSTA A B.....</b>   | <b>30</b> |
| RESUMO .....   | 30        |
| ABSTRACT.....  | 31        |
| INTRODUÇÃO .....   | 32        |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS .....  | 34        |
| 4. CONCLUSÕES: .....   | 52        |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 52        |
| <br>   |           |
| <b>PRODUTIVIDADE DE MINICEPAS E ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE HÍBRIDOS DE <i>Eucalyptus globulus</i> LABILL. EM RESPOSTA A Zn. ....</b> | <b>55</b> |
| RESUMO .....   | 55        |
| ABSTRACT.....  | 56        |
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 57        |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS .....  | 58        |
| 2. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 63        |
| 4. CONCLUSÕES: .....   | 75        |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 75        |
| <br>   |           |
| CONCLUSÕES GERAIS:.....  | 78        |
| ANEXOS: .....  | 79        |



## RESUMO

FREITAS, Alex Ferreira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril, de 2013. **Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus globulus* Labill. em resposta a N, B e Zn.** Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Coorientadores: Aloisio Xavier e Júlio César Lima Neves.

Os híbridos de *Eucalyptus globulus* têm despertado o interesse do segmento de celulose e papel, em razão de possuírem excelente rendimento em celulose, baixo teor de lignina e menor consumo de cloro no branqueamento, semelhante à espécie pura, contornando restrições quanto à adaptação climática e enraizamento. Este trabalho objetivou avaliar a produtividade de minicepas e o enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus globulus* em resposta a doses de nitrogênio (36, 72, 109, 164 e 218 mg L<sup>-1</sup>), de zinco (19, 37, 56, 84 e 112 µg L<sup>-1</sup>) e boro (78, 157, 237, 356 e 475 µg L<sup>-1</sup>) em solução nutritiva. Adotou-se arranjo de parcelas subdivididas, em delineamento de blocos ao acaso, com três repetições, em que as parcelas referem-se às doses e as subparcelas às minicepas de cinco clones, sendo: C-04 e C-16 (*Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*); C-26 e C-30 (*Eucalyptus grandis* x *E. globulus*) e 1213 (*Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*) utilizado como referencial. Posteriormente a 30 dias de aplicação dos tratamentos, iniciou-se a avaliação de sobrevivência e produtividade das minicepas, bem como a sobrevivência, enraizamento, porcentagem de raízes visíveis na extremidade inferior do tubete, massa de matéria seca de parte aérea, massa de matéria seca de raiz e massa de matéria seca total das miniestacas apicais com 10 cm sem redução foliar, posteriormente a 30 dias em casa de vegetação. As avaliações de produtividade ocorreram semanalmente e o estaqueamento a cada 15 dias. Os dados analisados são referentes ao período de março a maio de 2012 e remetem a três experimentos distintos, conduzidos simultaneamente, um para cada nutriente. Durante a condução dos experimentos não foram observados sintomas de deficiência nem de toxidez nas minicepas avaliadas e não houve mortalidade nas mesmas. Verificou-se, para nitrogênio, efeito significativo das doses para produtividade mensal das minicepas dos clones C-16 (169,05 mg L<sup>-1</sup>), C-26 (146,67 mg L<sup>-1</sup>) e para C-04 e 1213, efeito linear positivo. O mesmo ocorreu para massa de matéria seca da parte aérea nos clones C-16 (137,94

mg L<sup>-1</sup>) e C-26 (efeito linear positivo); para matéria seca de raiz nos clones C-30 (efeito linear positivo) e 1213 (218 mg L<sup>-1</sup>) e para a massa de matéria seca total no caso do clone C-26, que também obteve efeito linear positivo, indicando a necessidade de estudos adicionais com doses mais elevadas. No experimento com zinco, ocorreu influência positiva deste nutriente na frequência relativa de raízes visíveis na extremidade inferior do tubete e na massa de matéria seca total para o clone C-04 de forma linear negativa e quadrática (70,0 µg L<sup>-1</sup>), respectivamente, o que também pode ser verificado para o clone C-16 quanto à massa de matéria seca da parte aérea e na massa de matéria seca total, ambas de forma linear positiva. Para o boro, verificou-se influência na produtividade do clone C-30 (290 µg L<sup>-1</sup>), na produção de matéria seca total do clone C-26 (277 µg L<sup>-1</sup>), na frequência relativa de raízes visíveis na extremidade inferior do tubete para o clone C-16, de forma linear positiva, e na massa de matéria seca de parte aérea para o clone C-04, de forma linear negativa. De forma geral verificou-se resultados expressivos para a sobrevivência e o enraizamento das miniestacas dos híbridos de *Eucalyptus globulus* cujas médias alcançadas foram semelhantes ao clone 1213 e superiores às descritas na literatura no caso de genótipos puros de *Eucalyptus globulus*.

## ABSTRACT

FREITAS, Alex Ferreira, M.Sc., Federal Universidade Federal de Viçosa, april, 2013. **Productivity of mini-stumps and rooting of mini-cuttings from hybrids *Eucalyptus globulus* Labill. in response to N, B and Zn.** Advisor: Haroldo Nogueira de Paiva. Co-advisors: Aloisio Xavier and Júlio César Lima Neves.

The hybrids of *Eucalyptus globulus* have aroused interest of The Pulp and Paper Sector because of its excellent pulp yield, low lignin content and lower consumption of chlorine in bleaching, similar to pure specie, bypassing restrictions on climate adaptation and rooting. The objective of this study was to evaluate the productivity of mini-stumps and the rooting of mini-cuttings from hybrids of *Eucalyptus globulus* in response to doses of nitrogen (36, 72, 109, 164 and 218 mg L<sup>-1</sup>), zinc (19, 37, 56, 84 and 112 µg L<sup>-1</sup>) and boron (78, 157, 237, 356 and 475 µg L<sup>-1</sup>) in nutritive solution. We adopted a split plot arrangement in a randomized block design with three replications, in which the plots refers to the doses and subplots to mini-stumps of five clones, being: C-04 and C-16 (*Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*), C-26 and C-30 (*Eucalyptus grandis* x *E. globulus*) and 1213 (*Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*) used as referential. After 30 days of treatment application, began evaluating survival and productivity of mini-stumps well as survival, rooting, percentage of visible roots in the lower end of the tube, mass of shoot dry matter, mass of root dry matter and total dry weight mass of apical mini-cuttings with 10 cm and without cutted leafs, later than 30 days in a greenhouse. Assessments of productivity occurred weekly and piling every 15 days. The data analyzed, during the period from March to May 2012, refers to three separate experiments, conducted simultaneously, one for each nutrient. During the conduct of the experiments were not observed symptoms of deficiency and toxicity in mini-stumps evaluated, and there was no mortality. It was found, for nitrogen, a significant effect of the doses on the monthly productivity of mini-stumps of clones C-16 (169.05 mg L<sup>-1</sup>), C-26 (146.67 mg L<sup>-1</sup>) and for C-04 and 1213 a positive linear effect. The same occurred for the mass of shoot dry matter in clones C-16 (137.94 mg L<sup>-1</sup>) and C-26 (positive linear effect), for the root dry matter in clones C-30 (positive linear effect) and 1213 (218 mg L<sup>-1</sup>) and for the mass of

total dry matter in the case of clone C-26, which also got positive linear effect, indicating a need for further studies with higher doses. In the experiment with zinc occurred positive influence of this nutrient in the relative frequency of visible roots at the lower end of the tube and in the mass of total dry matter for clone C-04 in linear negative and quadratic form ( $70.0 \mu\text{g L}^{-1}$ ) respectively, what can also be checked for the clone C-16 as to mass of shoot dry matter and to mass of total dry matter, both linearly positive. For boron, it was found influence on the productivity of clone C-30 ( $290 \mu\text{g L}^{-1}$ ), on the production of total dry matter of clone C-26 ( $277 \mu\text{g L}^{-1}$ ), on the relative frequency of visible roots at the lower end of the tube of clone C-16, linearly positive, and on the mass of shoot dry matter of clone C-04, linearly negative. Overall, there were significant results for the survival and rooting of mini-cuttings of hybrids of *Eucalyptus globulus*, whose averages achieved were similar to those of clone 1213 and superior to those described at bibliography in the case of pure genotypes of *Eucalyptus globulus*.

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre os diversos produtos que compõe o portfólio do setor florestal brasileiro, a celulose e o papel merecem destaque, uma vez que, em 2011, responderam por 74,6% das exportações do setor e em 2010 esta cadeia produtiva empregava 69.441 pessoas, sendo o Brasil o 3º maior produtor mundial de celulose (BRACELPA, 2012; MAPA, 2012).

O gênero mais importante para a produção de papel e celulose e ainda para todo o setor florestal brasileiro é o *Eucalyptus*, pois responde por 74,8% da área plantada (4,8 milhões de ha). Destes, 71,2% é de responsabilidade do segmento de Papel e Celulose (ABRAF, 2008). Alfenas et al. (2009) ressaltaram que no Brasil, o plantio do eucalipto é intensivo e baseado principalmente em florestas clonais formadas com materiais-elite e de elevada produtividade média.

Dentre as várias espécies de *Eucalyptus* uma tem despertado o interesse do segmento de celulose e papel brasileiro, o *Eucalyptus globulus*. Isto, segundo Fonseca et al. (2010), em razão deste possuir excelente rendimento em celulose, alta densidade da madeira e baixo teor de lignina. No entanto, esta é uma espécie tipicamente de clima temperado e apresenta restrição quanto à adaptação às regiões em que ocorrem altas temperaturas e invernos secos, tendo produtividades insatisfatórias. Alfenas et al. (2009) classificaram esta espécie como recalcitrante à rizogênese e afirmaram que esta característica é também um fator complicador para utilização da mesma.

Neste sentido, Assis & Mafia (2007) afirmaram que a hibridação interespecífica é uma forma de contornar os obstáculos do desenvolvimento de materiais genéticos, que conciliem qualidade da madeira e maior produtividade, com razoável competência rizogênica e adaptação às condições climáticas das regiões mais quente do Brasil.

Fonseca et al. (2010) também apoiaram a utilização de genótipos híbridos de *Eucalyptus globulus* no melhoramento da qualidade da madeira para celulose e afirmaram que estes têm mostrado a mesma tendência da espécie pura para características da madeira. Xavier et al. (2013) relataram que no Brasil, as hibridações interespecíficas tem sido obtidas principalmente com *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*.

Os possíveis benefícios da utilização de genótipos híbridos de *Eucalyptus globulus*, para o segmento de celulose e papel são relatadas em várias literaturas científicas. Porém, para que estes benefícios se tornem concretos, posteriormente a seleção das matrizes superiores é necessário determinar mecanismos economicamente viáveis para propagação destes indivíduos.

Assis et al. (2004) afirmaram que a propagação vegetativa é uma importante ferramenta para aumentar a competitividade da indústria de base florestal. Já Cunha et al. (2008) afirmaram que o sucesso da produção massal de mudas via enraizamento adventício depende do conhecimento dos fatores que afetam a formação de raízes e suas implicações. Outro fator relevante na propagação massal de indivíduos superiores é a produtividade das minicepas, uma vez que a miniestaca é o principal insumo para formação de florestas clonais.

Desta forma, todos os esforços devem ser despendidos no aperfeiçoamento das técnicas de manejo do minijardim clonal de híbridos de *Eucalyptus globulus* (Alfenas et al., 2009; Xavier et al., 2013). Pode-se considerar o minijardim clonal como a base do setor florestal e seu manejo, de uma forma geral, o alicerce de uma propagação massal eficaz.

O manejo nutricional do minijardim clonal é apontado por Higashi et al. (2002); Cunha et al. (2008); Alfenas et al. (2009) e Xavier et al. (2013) como um dos fatores de maior relevância na produção massal de propágulos vegetativos, logo fundamental para a propagação clonal de qualquer espécie.

No caso específico do *Eucalyptus globulus*, Alfenas et al. (2009) afirmaram que aparentemente, trata-se de uma espécie com maior demanda nutricional pois, pequenos ajustes realizado por Assis (2001) citado por Fonseca et al. (2010) no processo atual de miniestaquia, sobretudo na solução nutritiva, surtiram bons resultados.

Desta forma, a escassez de trabalhos relacionados ao manejo nutricional do minijardim clonal de híbridos de *Eucalyptus globulus*, principalmente quanto a influência das concentrações dos nutrientes na solução nutritiva e sua relação com a produtividade das minicepas e enraizamento das miniestacas, justificou-se a análise do efeito dos nutrientes, nitrogênio, boro e zinco, em diferentes doses.

## 2.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF- Associação Brasileira de produtores de florestas plantadas. **Anuário Estatístico da ABRAF 2008**. Disponível em: < <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF08-BR.pdf> >. Acesso em: 20 jul. 2012.

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

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.

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

BRACELPA – Associação Brasileira de Celulose e Papel. Dados estatísticos. Disponível em: < <http://www.bracelpa.org.br/bra2/?q=node/34> >. Acesso em: 12 jul. 2012.

CUNHA, A. C. M. C. M.; PAIVA, H. N.; BARROS, N. F.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; Relação do estado nutricional de minicepas com o número de miniestacas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 79, p. 203-213, set. 2008.

FONSECA, S.M.; RESENDE, M.D.V.; ALFENAS, A.C.; GUIMARÃES, L.M.S.; ASSIS, T.F.; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prático de melhoramento genético do eucalipto**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010. 200p.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N.; **Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de Eucalyptus**. Piracicaba: IPEF, 2002. 24 p. (Circular Técnica, 194).

MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, **Indicadores e estatística**; Disponível em:< <http://www.agricultura.gov.br> > Acesso em: 20 jul. 2012.

XAVIER, A. WENDLING, I. SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2013. 278p.

## PRODUTIVIDADE DE MINICEPAS E ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE HÍBRIDOS DE *Eucalyptus globulus* LABILL. EM RESPOSTA A N

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de minicepas e o enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus* em resposta a doses de nitrogênio em fertirrigação de minijardim clonal. Para isso utilizou-se cinco clones, sendo: dois clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* (C-04 e C-16); dois clones de *Eucalyptus grandis* x *E. globulus* (C-26 e C-30) e um clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (1213) como referência. Foram testadas cinco doses de N (36, 72, 109, 164 e 218 mg L<sup>-1</sup>) no arranjo de parcelas subdivididas com três repetições e 16 minicepas por clone, sendo as parcelas compostas pelas doses e as subparcelas pelos clones, em delineamento estatístico de blocos ao acaso. Após seis meses de implantação, utilizando solução nutritiva padrão, aplicou-se os tratamentos por 30 dias e iniciou-se a coleta das miniestacas semanalmente e o estaqueamento a cada 15 dias, durante 90 dias. Avaliou-se a sobrevivência e produtividade das minicepas e a sobrevivência, porcentagem de enraizamento, raízes visíveis na extremidade inferior do tubete, massa de matéria seca de parte aérea, massa de matéria seca de raiz e massa de matéria seca total para as miniestacas, posteriormente a 30 dias em casa de vegetação. Durante a condução da experimentação não foram observados sintomas de deficiência e toxidez nas minicepas avaliadas e não houve mortalidade nas mesmas. Verificou-se a existência de efeito significativo das doses de nitrogênio para produtividade mensal das minicepas dos clones C-16 (169,05 mg L<sup>-1</sup>), C-26 (146,67 mg L<sup>-1</sup>) e para C-04 e 1213, efeito linear positivo. O mesmo ocorreu para matéria seca da parte aérea nos clones C-16 (137,94 mg L<sup>-1</sup>) e C-26 (efeito linear positivo); para matéria seca de raiz nos clones C-30 (efeito linear positivo) e 1213 (218 mg L<sup>-1</sup>) e para a matéria seca total no caso do clone C-26, que também obteve efeito linear positivo, indicando a necessidade de estudos posteriores com doses mais elevadas, assim como os demais clones nesta condição.

**Palavras-chave:** Miniestaquia, nutrição mineral e propagação vegetativa.



## PRODUCTIVITY OF MINI-STUMPS AND ROOTING OF MINI-CUTTINGS FROM HYBRIDS *Eucalyptus globulus* LABILL. IN RESPONSE TO N

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the productivity of mini-stumps and the rooting of mini-cuttings from hybrid clones of *Eucalyptus globulus* in response to nitrogen doses in fertigation of mini-clonal hedge. For this we used five clones, namely: two of *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* (C-04 and C-16), two of *Eucalyptus grandis* x *E. globulus* (C-26 and C-30) and one of *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (1213) as referential. Five N rates were tested (36, 72, 109, 164 and 218 mg L<sup>-1</sup>) in a split plot arrangement with three replications and 16 mini-stumps per clone, being the plots composed by doses and the subplots by clones, in statistical design of randomized blocks. Six months after implementation, using standard nutritive solution, we applied treatments for 30 days and began collecting the mini-cuttings weekly and piling every 15 days, during 90 days. It was evaluated the survival and productivity of mini-stumps well as survival, rooting, visible roots at the lower end of the tube, mass of shoot dry weight, mass of root dry weight and mass of total dry matter of the mini-cuttings, after 30 days in a greenhouse. During the conduct of the experiment were not observed symptoms of deficiency and toxicity in mini-stumps evaluated, well as there was no mortality.

Was verified the existence of a significant effect of N rates on monthly productivity of mini-stumps of clones C-16 (169.05 mg L<sup>-1</sup>), C-26 (146.67 mg L<sup>-1</sup>) and, for C-04 and 1213, positive linear effect. The same occurred for shoot dry matter in clones C-16 (137.94 mg L<sup>-1</sup>) and C-26 (positive linear effect), for root dry matter in clones C-30 (positive linear effect) and 1213 (218 mg L<sup>-1</sup>) and for total dry matter in the case of clone C-26, that also achieved positive linear effect, indicating the need for further studies with higher doses, well as other clones in this condition.

**Key-words:** Mini-cutting, mineral nutrition, vegetative propagation.

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre as várias espécies de *Eucalyptus*, uma tem despertado o interesse do segmento de celulose e papel brasileiro, o *Eucalyptus globulus*. Isto, em razão de possuir excelente rendimento em celulose, alta densidade da madeira, baixo teor de lignina e menor consumo de cloro no branqueamento (FONSECA et al., 2010). Estes autores ainda acreditam que o fato de ser uma espécie tipicamente de clima temperado, com certa restrição de adaptação às regiões com altas temperaturas e invernos secos, além de sua dificuldade no enraizamento, sendo considerada recalcitrante à rizogênese (ALFENAS et al., 2009) são alguns motivos para que não seja plantada em larga escala no Brasil.

Neste sentido, Assis & Mafia (2007) afirmaram que a técnica de hibridação interespecífica é uma forma de contornar estes obstáculos através do desenvolvimento de materiais genéticos que conciliem qualidade da madeira, produtividade, competência rizogênica, além de adaptação às condições climáticas das regiões mais quentes do Brasil.

Os possíveis benefícios da utilização de genótipos híbridos de *Eucalyptus globulus* devem ser potencializados por técnicas economicamente viáveis para propagação destes indivíduos superiores. Assis et al. (2004) afirmaram que a propagação vegetativa é uma das mais importantes ferramentas para aumentar a competitividade da indústria, pois transforma os ganhos genéticos em benefícios, sendo esta técnica de grande relevância para a propagação massal das matrizes superiores. Cunha et al. (2008) complementam ao afirmarem que o sucesso da produção de mudas via enraizamento adventício está relacionado ao conhecimento dos fatores que afetam a formação de raízes.

O manejo nutricional do minijardim clonal é apontado por Higashi et al. (2002); Cunha et al. (2008); Alfenas et al. (2009) e Xavier et al. (2013) como um dos fatores de maior relevância na produção massal de propágulos vegetativos.

Sendo o nitrogênio um dos nutrientes mais demandados pelas plantas, conhecer sua ação na produtividade das minicepas de diferentes clones híbridos de *Eucalyptus globulus*, bem como na formação de raízes adventícias,

é fundamental para o sucesso deste processo de propagação que visa tornar o setor florestal brasileiro ainda mais competitivo no contexto global.

Gomes & Paiva (2011) afirmaram que este nutriente é parte integrante de enzimas, proteínas estruturais e ácidos nucleicos. O nitrogênio é absorvido pelas plantas, principalmente, nas formas de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) (SALISBURY & ROSS, 1992; TAIZ & ZEIGER, 2004).

Normalmente o  $\text{NO}_3^-$  é a forma mais absorvida, porém, isto depende da espécie da planta e alguns fatores como o pH, a temperatura e o teor de carboidratos nas raízes (MARSCHNER, 1995). Para o gênero *Eucalyptus*, Moore & Keratis (1971), citados por Grespan *et al.*, (1998), trabalhando com doze espécies, em diferentes relações amônio-nitrato mostraram que estas diferiram muito quanto à resposta a formas de N, independentemente do grupo taxonômico, mas apresentando correlação com os habitats ecológicos de cada espécie.

Segundo Martinez & Clemente (2011) a tolerância ao  $\text{NH}_4^+$  varia entre as espécies mas recomenda-se, para solução nutritiva, de 10 a 20% de N total como  $\text{NH}_4^+$ , apesar de que determinadas plantas, como o eucalipto, suportam proporções bem maiores. Para Gomes & Paiva (2011) a produção máxima de matéria seca para espécies florestais, principalmente as contidas no gênero *Eucalyptus* ocorre, na maioria das vezes, com uma relação nitrato/amônio em torno de 1/1 e a produção de raízes com maior quantidade de nitrato.

Grespan *et al.* (1998) verificaram também a variação entre espécies do gênero *Eucalyptus* nas respostas a diferentes fontes de nitrogênio. De forma geral, a maioria das espécies estudadas teve preferência por amônio, uma vez que mudas de *Eucalyptus urophylla*, *E. pellita* e *E. globulus* desenvolveram-se melhor em solução contendo somente  $\text{NH}_4^+$ . Já *E. camaldulensis* e *E. grandis* apresentaram melhor desenvolvimento quando em solução contendo ambas as formas de N testadas, relação 1/1, ao passo que *E. cloeziana* apresentou melhor resposta em solução contendo somente  $\text{NO}_3^-$ .

Martinez & Clemente (2011) explicaram que o maior rendimento com a absorção de N na forma amoniacal ocorre devido ao fato de que, quando absorvido na forma nítrica, é necessário ser reduzido para, em seguida, se incorporar a esqueletos carbônicos formando os aminoácidos; e este processo

de redução requer considerável quantidade de energia proporcionada pela oxidação de fotoassimilados.

Em relação à produção de raízes com maior quantidade de nitrato, citado por Gomes & Paiva (2011), a arquitetura do sistema radicular pode ser modulada por manchas de altas concentrações de nitrato, aumentando a ramificação e o alongamento de raízes laterais em muitas plantas, explicam Assis et al. (2004). O nitrato tem sido apontado como sinalizador, controlando os caminhos de ramificação de raízes, independentemente de seus efeitos como nutriente no metabolismo (ZHANG et al., 1999).

Bennett et al. (2003) utilizaram diversas fontes de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  para avaliar o efeito sobre a indução radicular *in vitro* e sobrevivência no solo de plantas micropropagadas de *Eucalyptus globulus*, e observaram um maior enraizamento e sobrevivência à campo nas mudas supridas somente com a forma nítrica. Já a fonte  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , adicionada ao meio para suprir as duas formas, desestabilizou o pH e prejudicou a sobrevivência.

Higashi et al. (2000) verificaram os efeitos das doses de nitrogênio na produção e no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* produzidas no sistema de minijardim clonal em leito de areia. Os resultados mostraram que houve interação entre as doses de N e os clones para concentração de nutrientes e percentagem de enraizamento, observando-se relação direta, para um dos clones, entre o aumento da dose de N ministrada às minicepas e o percentual de enraizamento.

Porém, Haissig (1986) observou que a deficiência de N mostrou efeito positivo no enraizamento de estacas de videira destacando que, geralmente, moderadas deficiências de nitrogênio são mais benéficas ao enraizamento do que excesso ou mesmo níveis adequados desse nutriente. Hartmann et al. (2011) também destacam que, geralmente, o enraizamento é negativamente correlacionado com o teor de N.

Acredita-se que as doses e teores de N devem se basear não somente no enraizamento das miniestacas, mas também, na produtividade das minicepas em diferentes estações do ano. Desta forma, objetivou-se avaliar a produtividade de minicepas e o enraizamento das miniestacas de híbridos de *Eucalyptus globulus* em resposta a doses deste nutriente aplicadas em fertirrigação de minijardim clonal.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal, localizado no *campus* da Universidade Federal de Viçosa, na cidade de Viçosa – Minas Gerais, no período de agosto de 2011 a junho de 2012.

Viçosa está situada na Zona da Mata Norte, latitude 20° 45' 20"S e longitude 42° 52'40", a 649 metros acima do nível do mar. O clima desta região é do tipo Cwb (verões chuvosos e invernos frios e secos) segundo a classificação de Köeppen. A temperatura mínima média anual de 13,2°C e 25,6°C, para a temperatura máxima. Umidade relativa do ar média de 80% e precipitação média de 1315 mm/ano (IBGE, 2010).

O efeito de cinco doses de nitrogênio (36, 72, 109, 164 e 218 mg L<sup>-1</sup>) em fertirrigação, foram testadas, sobre a produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de cinco clones, sendo dois clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* (C- 04 e C- 16), dois clones de *Eucalyptus grandis* x *E. globulus* (C-26 e C- 30) e um clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (1213).

Adotou-se um arranjo de parcelas subdivididas no qual as parcelas eram as doses e as subparcelas os clones. Este arranjo foi disposto no delineamento estatístico de blocos ao acaso, em três repetições. Cada parcela foi constituída por 80 minicepas, sendo 16 de cada clone (subparcela).

O minijardim, em alvenaria, era fechado lateralmente com Clarite<sup>®</sup>, com teto plástico fixo e piso cimentado. Cada um dos leitos do minijardim tinha 0,8 x 15,6 m sendo que a cada 1,2 m de comprimento, constituía-se uma parcela. Estas foram cuidadosamente isoladas por placas de fibra e lona plástica, visando diminuição da possibilidade de contaminação pela solução nutritiva aplicada nas parcelas vizinhas. O leito foi construído com inclinação de 1%, 30 cm de profundidade, sendo 5 cm de brita, visando melhor drenagem, e 25 cm de areia.

O sistema de irrigação adotado foi o gotejamento, utilizando quatro fitas de irrigação com gotejadores espaçados a cada 30 cm, isto é, 16 gotejadores por parcela, bomba hidráulica de 0,5 cv por tratamento.

Os reservatórios tinham capacidade efetiva de 140 litros de solução nutritiva, sendo que a vazão adotada na fertirrigação foi de 5 L/m<sup>2</sup>/dia. Este volume foi distribuído em cinco aplicações de três minutos, via sistema automatizado por *timer* digital, sendo realizadas às 9:00, 11:00, 13:00, 15:00 e 17:00 horas.

Três semanas antes do plantio foi realizado poda dos ápices, visando à perda de dominância apical e em alguns casos rebaixamento da cepa. Na semana que antecedeu o plantio foi aplicado fosfato monoamônio, à concentração de 1,5%, 5 mL por tubete. As minicepas foram plantadas no minijardim clonal em agosto de 2011, no espaçamento 10 x 10 cm.

O manejo do minijardim consistiu em monitoramento integrado de pragas e doenças (MIPD), trocas das soluções nutritivas, monitoramento de produtividade e aferição de condutividade elétrica (CE) e potencial hidrogeniônico (pH).

A aferição da CE e pH foram realizados em média a cada duas semanas, com o auxílio de um condutímetro e um Phmetro portátil, visando a manutenção deste entre 5,5 a 6,5 e a daquela entre 1,5 e 2,0 mS.cm<sup>-1</sup>. O monitoramento do pH foi realizado nos recipientes de armazenamento das soluções nutritivas; já a CE foi monitorada no efluente de cada parcela. Quando necessário foi realizada correção individual, através de aplicação de água pura utilizando chuveiro de irrigação.

O MIPD consistiu-se no monitoramento e identificação do agente, utilização de catação manual, higienização do leito através de retirada de qualquer tecido em decomposição, utilização de produtos alternativos e não tóxicos, como o óleo de neen, visando o controle do oídio e ácaro. Quando estes mecanismos não foram satisfatórios, foi realizado controle químico, através de defensivos agrícolas.

Durante o experimento foi necessário a utilização de fungicidas como BAYFIDAN<sup>®</sup> (Triadimenol) e FOLICUR<sup>®</sup> (Tebucunazole), visando controle da ferrugem do eucalipto (*Puccinia psidii*), *Quambalaria eucalypti* e *Cylindrocladium* sp.. Sendo também utilizado DECIS<sup>®</sup> (Deltametrina) para controlar a incidência da mosca do viveiro e pulgões. É importante ressaltar que o controle fitossanitário ocorreu sempre de modo curativo e utilizando

todos os equipamentos de segurança necessários às aplicações seguindo recomendação de Alfenas et al. (2009).

Após a implantação das minicepas no minijardim, iniciou-se a fertirrigação visando homogeneizar o estado fisiológico na formação da copa antes do início da aplicação dos tratamentos; para tanto, utilizou-se uma solução nutritiva composta de nitrato de cálcio ( $0,920 \text{ g L}^{-1}$ ), cloreto de potássio ( $0,240 \text{ g L}^{-1}$ ), nitrato de potássio ( $0,140 \text{ g L}^{-1}$ ), monoamônio fosfato ( $0,096 \text{ g L}^{-1}$ ), sulfato de magnésio ( $0,364 \text{ g L}^{-1}$ ), Ferrilene<sup>®</sup> ( $0,040 \text{ g L}^{-1}$ ), ácido bórico ( $2,800 \text{ mg L}^{-1}$ ), sulfato de zinco ( $0,480 \text{ mg L}^{-1}$ ), sulfato de manganês ( $1,120 \text{ mg L}^{-1}$ ), sulfato de cobre ( $0,100 \text{ mg L}^{-1}$ ) e molibdato de sódio ( $0,040 \text{ mg L}^{-1}$ ). O intervalo de aplicação foi de agosto de 2011 a janeiro de 2012, data em que teve início a aplicação dos tratamentos.

Tais sais e suas respectivas quantidades proporcionaram as seguintes doses para os nutrientes:  $\text{NO}_3^-$   $159,400 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{NH}_4^-$   $11,520 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{P}^-$   $25,133 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{K}$   $172,720 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{Ca}^-$   $174,800 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{Mg}^-$   $32,760 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{S}^-$   $43,628 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{B}^-$   $0,476 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{Fe}^-$   $2,400 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{Cu}^-$   $0,025 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{Mn}^-$   $0,364 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{Zn}^-$   $0,096 \text{ mg L}^{-1}$  e  $\text{Mo}^-$   $0,016 \text{ mg L}^{-1}$ .

Os tratamentos aplicados foram derivados de uma solução nutritiva empregada em um viveiro comercial<sup>1</sup>, que passou a ser considerada padrão, sendo a dose de N utilizada considerada 100%, ou testemunha, variando 33%, 66%, 150% e 200% desta dose para os demais tratamentos. Testando, assim, as doses de 36; 72; 109; 164 e  $218 \text{ mg L}^{-1}$ . Adotou-se relação 1/1 entre nitrato e amônio.

Visando facilitar a logística do experimento foram adotadas seis soluções estoque empregadas para produção de 900 L de solução final, sendo: Solução estoque 1 (Nitrato de cálcio – 5,28 kg e Cloreto de cálcio – 18,90 kg); Solução estoque 2 (Sulfato de magnésio – 17,78 kg, Fosfato de potássio – 8,70 kg, Sulfato de potássio 22,78 kg, Sulfato de amônio – 2,95 kg); Solução estoque 3 (Nitrato de amônio – 24,49 kg); Solução estoque 4 (Ácido bórico – 1100,00 g); Solução estoque 5 (Sulfato de zinco – 200,00 g) e Solução estoque

---

<sup>1</sup> A solução nutritiva utilizada em minijardim clonal com leite de areia de um viveiro comercial apresenta as seguintes doses:  $\text{NO}_3^-$   $50,000 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{NH}_4^-$   $59,089 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{P}^-$   $22,000 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{K}^-$   $132,827 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{Ca}^-$   $66,667 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{Mg}^-$   $17,778 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{S}^-$   $77,022 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{B}^-$   $0,237 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{Fe}^-$   $1,933 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{Cu}^-$   $0,047 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{Mn}^-$   $0,241 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{Zn}^-$   $0,056 \text{ mg L}^{-1}$  e  $\text{Mo}^-$   $0,015 \text{ mg L}^{-1}$ .

6 (Sulfato de cobre – 150,00 g; Sulfato de manganês – 599,87 g, Ferrilene® - 26095,42 g, Molibdato de sódio – 30,00 g).

A solução nutritiva comercial foi aplicada a partir de janeiro de 2012, sendo os tratamentos aplicados a partir de fevereiro de 2012. A sobrevivência e a produtividade das minicepas juntamente com o enraizamento das miniestacas foram avaliadas durante os meses março, abril e maio de 2012.

Semanalmente eram feitas coletas das miniestacas produzidas visando quantificar a produtividade das minicepas. Quinzenalmente foi retirada uma amostra de 16 miniestacas/subparcela, visando avaliar a influência dos tratamentos no enraizamento e na formação de matéria massa seca de parte aérea, raiz e total, ao final do período de casa de vegetação (trinta dias).

As miniestacas com 8 a 10 cm de comprimento e dois a três pares de folhas inteiras mais o ápice sem redução foliar, antes e durante a coleta, receberam pulverização de água pura via pulverizador manual; posteriormente, foram transportadas para a casa de vegetação em caixas plásticas com tampas e estaqueadas em tubetes de polipropileno com volume de 54,0 cm<sup>3</sup>, dispostos em grades de 96 unidades.

Estas embalagens juntamente com os suportes foram desinfestados através de imersão em água a 70°C por 3 minutos, como recomendado por Alfenas et al. (2009), e preenchidos através de mesa compactadora com substrato comercial, formado pela mistura de composto de casca de pinus, vermiculita com granulometria média, fibra de coco e casca de arroz carbonizada. A adubação de base utilizada foi composta de superfosfato simples (6,00 kg/m<sup>3</sup>).

A casa de vegetação era automatizada, possuindo sistema de irrigação via nebulização e janela zenital para controle da umidade mínima superior a 80% e a temperatura inferior a 30°C. Tal estrutura também contava com bancadas de alvenaria e piso cimentado.

As amostras de miniestacas retiradas durante o monitoramento de produtividade foram estaqueadas seguindo a mesma casualização do minijardim clonal. Cada grade tinha dezesseis miniestacas de cada clone, representando as cinco subparcelas por parcela.

Após trinta dias em casa de vegetação, foram avaliadas as percentagens de sobrevivência (%SOB), formação de raízes visíveis na



extremidade inferior do tubete (%REIT) e enraizamento (%ENR). Foi analisada, também, a influência dos tratamentos no crescimento do sistema radicular e parte aérea das miniestacas, imediatamente posterior à saída da casa de vegetação, através do peso médio da massa de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular das miniestacas sobreviventes; utilizando estufa de circulação de ar a 65°C por 72 horas.

Para efeito das avaliações, foram consideradas enraizadas as miniestacas com raízes maiores ou iguais a 0,5 cm e sobreviventes aquelas com coloração verde e emissão de brotações.

Como foi utilizado o delineamento blocos ao acaso, no arranjo parcelas subdivididas, o efeito de dose dentro de cada clone foi avaliado mediante equações de regressão selecionadas com base na significância dos coeficientes considerados, quadrado médio do resíduo combinado pela fórmula de Satterhwaite (1949), citado por Stell et al. (1997), e respectivos números de graus de liberdade e ainda nos valores de  $R^2$ . As análises de regressão foram realizadas em nível de 1, 5 e 10% de probabilidade, utilizando o programa Statística versão 7.0. Para verificar o efeito de N sobre clone foi aplicado o Teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Após três meses de monitoramento, com colheitas semanais no minijardim clonal e estaqueamentos quinzenais, verificou-se produtividade média geral de 7,56 miniestacas/minicepa/mês, enraizamento médio de 84,13%, sendo que 66,83% do total das miniestacas amostradas estavam com raízes visíveis na extremidade inferior do tubete, após o período em casa de vegetação e mais de 93% sobreviveram ao período de permanência nesta estrutura. Os coeficientes de variação experimental das subparcelas flutuaram de 4,23 a 10,49% e os das parcelas variaram de 6,58 a 13,09%, sendo estes valores iguais ou inferiores aos encontrados por Wendling et al. (2000), Wendling et al. (2003), Rosa et al. (2009), Borges et al. (2011) e Souza (2012), dentre outros autores que trabalharam com miniestaquia, demonstrando precisão experimental.

Durante a condução da experimentação não foram observados sintomas de deficiência e toxidez de N nas minicepas avaliadas e não houve mortalidade das mesmas. Verificou-se a existência de efeito significativo das doses de nitrogênio na produtividade mensal das minicepas dos clones C-04; C-16; C-26 e 1213; massa de matéria seca da parte aérea nos clones C-16 e C-26, na massa de matéria seca de raiz nos clones C-30 e 1213 e na massa de matéria seca total das miniestacas no clone C-26. Entretanto, não foi observado efeito significativo das doses para a percentagem de raízes visíveis na extremidade inferior do tubete, enraizamento e sobrevivência das miniestacas aos trinta dias posteriores à coleta.

O percentual de sobrevivência (%SOB) dos propágulos não foi influenciado pelas doses de nitrogênio aplicadas à solução nutritiva (Tabela 1), indicando que a menor dose (36 mg L<sup>-1</sup>), foi suficiente para a manutenção do vigor das miniestacas durante os trinta dias entre a coleta e a saída da estrutura climatizada. Verificou-se também que todos os clones testados obtiveram resultados semelhantes estatisticamente, pelo teste Tukey (p=0,05), quando analisados em uma mesma dose, indicando que tal variável, tende a não estar vinculada a doses de N ou genótipo.

**Tabela 1:** Percentagem de sobrevivência de miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação, em função das doses de N (mg L<sup>-1</sup>), aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

| Clones | Sobrevivência (%)                |         |         |         |         |
|--------|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|
|        | Doses de N (mg L <sup>-1</sup> ) |         |         |         |         |
|        | 36                               | 72      | 109     | 164     | 218     |
| C-04   | 94,79 a                          | 95,14 a | 94,10 a | 96,88 a | 95,14 a |
| C-16   | 90,97 a                          | 92,71 a | 88,19 a | 93,40 a | 92,36 a |
| C-26   | 91,32 a                          | 91,67 a | 93,75 a | 95,49 a | 95,49 a |
| C-30   | 90,28 a                          | 89,58 a | 92,36 a | 92,36 a | 93,75 a |
| 1213   | 96,18 a                          | 95,49 a | 90,63 a | 94,44 a | 95,49 a |
| Média  | 92,71                            | 92,92   | 91,81   | 94,51   | 94,44   |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem pelo teste Tukey (p=0,05) em uma mesma dose.

O percentual de sobrevivência das miniestacas, posterior ao tempo de permanência em casa de vegetação, segundo Titon et al. (2002), embora não represente um resultado concreto do enraizamento, torna-se relevante pois

demonstra a eficiência do controle das variáveis ambientais, como umidade e temperatura, no interior da estrutura de propagação, bem como no vigor dos propágulos utilizados. Esta alta sobrevivência também indica êxito das atividades de manejo de pragas e doenças na referida estrutura.

Altas taxas de sobrevivência das miniestacas foram, também, descritas por Borges et al. (2011) e Oliveira et al. (2012), ambos trabalhando com genótipos híbridos de *Eucalyptus globulus*, utilizando dose de nitrogênio igual a 170 mg L<sup>-1</sup>. Estes autores apresentaram valores médios de 91 e 86% de sobrevivência, respectivamente, sendo os resultados encontrados neste trabalho iguais ou superiores às médias dos autores supracitados.

Na literatura constam percentuais de sobrevivência menores, como 83% para miniestacas de três clones de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* (BRONDANI et al., 2010), 73% em miniestacas seminais de *Eucalyptus dunnii* (ROSA et al., 2009) e ainda 55% de sobrevivência para miniestacas de *Eucalyptus globulus* x *E. maidenii* (PAIM et al., 2005).

Em relação à produtividade das minicepas, verificou-se que 80% dos genótipos testados apresentaram resultados significativos para as doses aplicadas (Figura 1). Observam-se respostas distintas, dentre os clones avaliados, indicando que a demanda de nitrogênio para a produtividade das cepas foi genótipo dependente (Tabela 2); concordando como o resultado encontrado por Cunha et al., (2008).

O único clone que não apresentou resposta significativa para as diferentes doses de N na produtividade de suas minicepas foi o C-30 (*Eucalyptus grandis* x *E. globulus*). Os materiais C-04 e 1213 tiveram respostas lineares positivas (Figura 1), indicando a necessidade de se avaliar doses mais elevadas para obtenção de produtividades ainda melhores.

Rosa et al. (2009) trabalhando com minicepas seminais de *Eucalyptus dunnii*, alcançaram resultados semelhantes, uma vez que também não atingiram o ponto de máxima produção em função da aplicação de nitrogênio, mas verificaram que a maior dose aplicada promoveu a maior produtividade. Estes autores consideraram natural a produtividade ser diretamente proporcional à dose de N na solução nutritiva, uma vez que o nitrogênio está vinculado a todas as atividades metabólicas; porém, enfatizaram a existência do nível ótimo, a partir do qual a planta exibe resultados indesejáveis ao

aumento da dose, podendo regredir a produção ou mesmo levar à morte das minicepas.

Os clones C-16 e C-26 alcançaram seus níveis ótimos de nitrogênio para produtividade, obtendo respostas quadráticas. Isto indica que houve uma resposta positiva elevando a produção da cepa à medida que a dose de N foi aumentada na solução nutritiva, mas posterior à determinada dose, a resposta à fertilização passou a decrescer na medida em que a dose de N foi aumentada. Para o clone C-16 a maior produtividade, 8,15 miniestacas/minicepa/mês, foi alcançada com a dose de 169,05 mg L<sup>-1</sup> em solução nutritiva; já para o clone C-26 verificou-se produtividade máxima de 7,03 miniestacas/minicepa/mês na dose de 146,67 mg L<sup>-1</sup> (Figura 1).

Ambas as doses estão contidas no intervalo recomendado por Higashi et al. (1999) e Silveira & Higashi (1998) referenciados por Higashi et al. (2000) de 100 a 200 mg L<sup>-1</sup>. Outros autores, como Borges et al. (2011), Oliveira et al. (2012) e Brondani et al., (2010), também utilizaram doses contidas nesta faixa de recomendação, aplicando 170; 170 e 129 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Outros autores, como Rosa et al. (2009), utilizaram dose próxima a 210 mg L<sup>-1</sup>.

Analisando a Tabela 2, que expõe a influência das diferentes doses de N entre os clones avaliados, verifica-se que o C-04 obteve resultados positivos, sendo estatisticamente igual ao clone referência. Porém, o clone C-26 obteve, numericamente, produtividade sempre inferior aos demais genótipos, demonstrando sua menor eficiência produtiva, o que também pode ser observado na Figura 1.

Quanto à produtividade máxima individual, verificada através do cálculo com a dose ótima, determinada pelos modelos estatísticos verificados (Figura 1), conclui-se que os valores para os clones híbridos de *Eucalyptus globulus*, C-04, C-16 e C-26, que foram 8,62; 8,15 e 7,03 miniestacas/minicepa/mês respectivamente, superaram a produtividade de clones “puros” de *E. globulus*, da empresa Mundial Florestación®, em 2003. Segundo Alfnas et al. (2009), estes tinham produtividade média de 7488 miniestacas/m<sup>2</sup>/ano, em espaçamento de 0,08 x 0,08m, (156,25 minicepas/m<sup>2</sup>); convertendo-se para a unidade miniestacas/minicepa/mês, tem-se 3,99 miniestacas, valor correspondente a pouco mais que 55% da menor produtividade alcançada. O

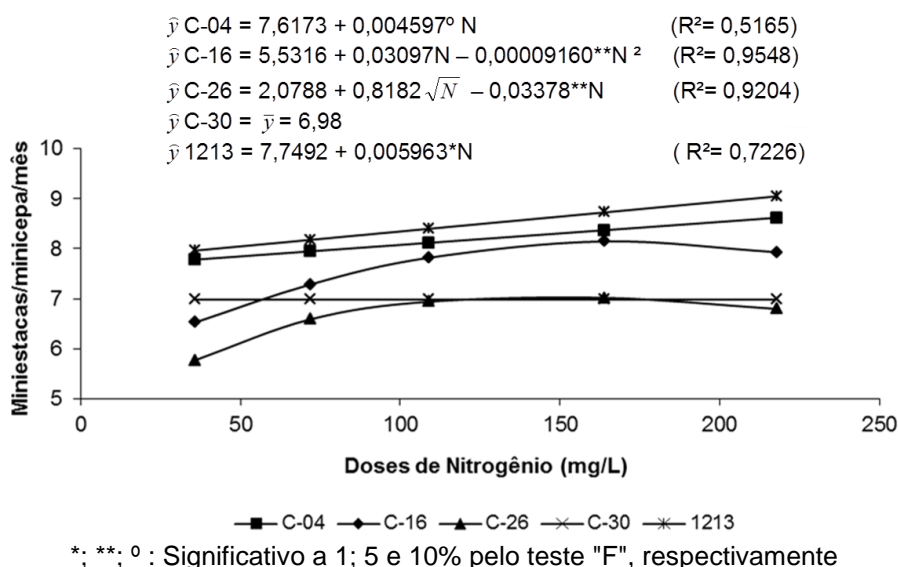
que demonstra a superioridade dos clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e/ou a eficiência do manejo nutricional das minicepas.

Outros valores médios relatados para produtividade de minicepas implantadas em minijardim clonal com leito de areia e fertirrigação por gotejamento, foram: 8,1 miniestacas/mês para minicepas seminais de *Eucalyptus benthamii* (CUNHA et al., 2005) e 12,6 para clones híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (SOUZA, 2012).

**Tabela 2:** Médias da produtividade de minicepas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), durante 90 dias de monitoramento, em função de doses de N ( $\text{mg L}^{-1}$ ), aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

| Clones | Produtividade                     |        |         |          |         |
|--------|-----------------------------------|--------|---------|----------|---------|
|        | Miniestacas/minicepas/mês         |        |         |          |         |
|        | Doses de N ( $\text{mg L}^{-1}$ ) |        |         |          |         |
|        | 36                                | 72     | 109     | 164      | 218     |
| C-04   | 7,45 ab                           | 8,04 a | 8,63 a  | 8,22 ab  | 8,50 a  |
| C-16   | 6,41 bc                           | 7,51 a | 7,76 ab | 8,05 abc | 7,98 ab |
| C-26   | 5,71 c                            | 6,71 a | 7,00 b  | 6,79 c   | 6,91 b  |
| C-30   | 6,47 abc                          | 6,77 a | 7,49 ab | 7,17 bc  | 7,01 b  |
| 1213   | 7,72 a                            | 8,19 a | 8,66 a  | 8,99 a   | 8,75 a  |
| Média  | 6,75                              | 7,44   | 7,91    | 7,84     | 7,83    |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem pelo teste Tukey ( $p=0,05$ ) em uma mesma dose.



**Figura 1:** Produtividade de minicepas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação, em função de dose de N, aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

Já Cunha et al. (2008) e Cunha et al. (2009), trabalhando com informações do operacional de um empresa florestal referentes aos anos 2003 a 2005, relataram produtividades médias mensais por minicepa em híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* que variaram de 7,9 a 11,8 e 9,6 a 13,2, respectivamente.

Alfenas et al. (2009) também relataram informações de produtividade do operacional de algumas empresas florestais brasileiras referentes a 2003 que, se convertidas para produtividade mensal das minicepas, tem-se: 12,4 (Cenibra S.A.); 10,0 (Aracruz Celulose S.A. e VCP Florestal S.A.); 9,0 (CAF Florestal S.A.) e 8,1 (Suzano Bahia Sul S.A.), obtendo-se média geral de 9,9 miniestacas/minicepa/mês. Estes valores demonstram a adequação do manejo aplicado ao minijardim clonal e boa produtividade alcançada com o clone 1213 (referencia), 9,05 miniestacas/minicepa/mês.

Uma vez que as produtividades alcançadas foram superiores às descritas na bibliografia e que as doses ótimas obtidas estão dentro de um intervalo já utilizado, pode-se dizer que a variação das doses ótimas de N consiste numa característica genótipo-dependente e a produtividade da empresa florestal cedente da dose central pode ser aumentada se elevadas as doses de nitrogênio.

Cunha et al. (2008) já haviam recomendado o aumento da dose de N na solução nutritiva para maior produção de brotos de clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*. Estes autores relacionaram o efeito positivo do nitrogênio ao aumento do número de miniestacas produzidas devido ao fato deste nutriente ser responsável pelo crescimento vegetativo.

O aumento de produtividade do minijardim clonal, almejado por todos os viveiros, somente é considerado adequado quando, além de produtividade da minicepa, tem-se sucesso na formação de raízes com elevadas percentagens de enraizamento e, conseqüentemente, altos índices de produtividade do viveiro.

A dose ótima de N para produtividade de brotos independente do clone, pode e deve ser utilizada sem nenhuma perda no processo de enraizamento, já que as concentrações testadas de nitrogênio não influenciaram significativamente a variável enraizamento. Os resultados apontam uma margem elevada de segurança para flutuação da concentração deste nutriente

na solução nutritiva, uma vez que ocorreram altos índices de enraizamento dentre as doses (Tabela 3) e houve ausência de sintomas de deficiência e toxidez nas minicepas e miniestacas.

As doses aplicadas estão dentro da zona de adequação que, segundo Taiz & Zeiger (2004), consiste no intervalo onde a curva de absorção do nutriente é crescente, mas sem que este incremento se relacione a aumentos de outra variável como, por exemplo, enraizamento.

Resultados contrários ao observado foram descritos por Schawambach et al. (2005) e Rosa (2006) e revelam a influência do nitrogênio na porcentagem de microestacas enraizadas de *Eucalyptus globulus* (*in vitro*) e no enraizamento de miniestacas oriundas de minicepas seminais de *E. dunnii*, respectivamente.

Ao analisar a Tabela 3, verifica-se que os genótipos híbridos de *Eucalyptus globulus* não diferiram estatisticamente do clone 1213 para enraizamento. Os valores são superiores aos relatados por Oliveira et al. (2012), que obtiveram percentagens de enraizamento de 78,1; 65,6; 78,1 e 75,0% para os clones C-04; C-16; C-26 e C-30 respectivamente. Já Borges et al. (2011), trabalhando também com clones híbridos de *Eucalyptus globulus*, verificaram grande flutuação nestes valores, obtendo percentagens de 58,3 a 100% de enraizamento. É importante ressaltar que os valores relatados por ambos os autores são oriundos de estacas apicais, sem aplicação do regulador de crescimento AIB e com redução foliar.

**Tabela 3:** Percentagem de enraizamento das miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação, em função de doses de N ( $\text{mg L}^{-1}$ ), aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

| Clones | Enraizamento (%)                  |         |         |         |         |
|--------|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|
|        | Doses de N ( $\text{mg L}^{-1}$ ) |         |         |         |         |
|        | 36                                | 72      | 109     | 164     | 218     |
| C-04   | 84,38 a                           | 83,33 a | 79,86 a | 83,68 a | 87,50 a |
| C-16   | 78,82 a                           | 85,76 a | 76,39 a | 85,07 a | 83,33 a |
| C-26   | 81,25 a                           | 87,15 a | 85,76 a | 90,28 a | 87,50 a |
| C-30   | 83,33 a                           | 79,51 a | 85,07 a | 85,42 a | 86,11 a |
| 1213   | 87,15 a                           | 86,11 a | 81,60 a | 83,68 a | 85,07 a |
| Média  | 82,99                             | 84,38   | 81,74   | 85,63   | 85,90   |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem pelo teste Tukey ( $p=0,05$ ) em uma mesma dose.

Souza (2012), trabalhando com clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* e miniestacas de 10 cm sem redução foliar, obteve resultados que flutuaram entre 70,3 e 93,8% de enraizamento. Já Cunha et al. (2009), utilizando clones com mesma hibridação, descreveram valores de enraizamento de 71,9 a 86,5%, tendo o clone 1213 alcançado 76,5%, mais de 8% inferior a média geral entre as doses testadas, 84,72% (Tabela 3) .

A faixa de suficiência para N na solução nutritiva também é visível no processo de crescimento de raízes das miniestacas, o que se verifica ao analisar as percentagens de raízes visíveis na extremidade inferior do tubete - REIT e na falta de sintomas de deficiência e toxidez do nutriente.

Apesar da impossibilidade de estabelecer um modelo estatístico que represente a população de cada um dos clones testados, a análise da média geral dos mesmos em uma mesma dose (Tabela 4) permite observar o benefício de doses crescentes de N para a percentagem de REIT.

O percentual de REIT é um critério prático utilizado pelos viveiros florestais como indicativo do momento de retirada das miniestacas da casa de vegetação, identificando aquelas enraizadas e aptas a serem transferidas para a estrutura de sombreamento (BORGES et al., 2011 e SOUZA, 2012). Desta forma, mecanismos que auxiliem na aceleração do processo de crescimento das raízes adventícias estarão otimizando o uso da casa de vegetação e, conseqüentemente, aumentando a produtividade do viveiro.

Ciente desta informação e analisando a Tabela 4, pode-se concluir que as doses de N que estiverem contidas entre 36 e 218 mg L<sup>-1</sup> de solução nutritiva tendem a não influenciar na otimização da casa de vegetação; por outro lado, permitem maior tranqüilidade na determinação da dose de nitrogênio a ser utilizada na solução nutritiva.

Um exemplo citado na bibliografia que pode embasar tal afirmação são os resultados obtidos por Oliveira et al. (2012) que, utilizando dose de 170 mg L<sup>-1</sup> e 35 dias de casa de vegetação, relataram 12,50; 25,00; 9,38 e 6,25% de REIT para os clones C-04; C-16; C-26 e C-30, respectivamente.

Diferentemente, a aplicação de doses crescentes de nitrogênio proporcionou resultados significativos para o desenvolvimento da matéria seca de parte aérea - MSPA, nas miniestacas de 40% dos clones avaliados.



**Tabela 4:** Percentagem de raízes visíveis na extremidade inferior do tubete - REIT das miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação, em função de doses de N ( $\text{mg L}^{-1}$ ), aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

| Percentagem de raízes visíveis na extremidade inferior do tubete - REIT |                                   |         |         |         |         |
|---|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Clones  | Doses de N ( $\text{mg L}^{-1}$ ) |         |         |         |         |
|   | 36                                | 72      | 109     | 164     | 218     |
| C-04  | 62,77 a                           | 56,72 a | 60,18 a | 63,92 a | 68,57 a |
| C-16  | 64,08 a                           | 72,50 a | 66,33 a | 68,10 a | 71,35 a |
| C-26  | 69,59 a                           | 69,37 a | 64,76 a | 71,56 a | 71,07 a |
| C-30  | 61,08 a                           | 58,33 a | 68,45 a | 63,29 a | 65,41 a |
| 1213  | 69,28 a                           | 70,64 a | 69,00 a | 70,63 a | 73,64 a |
| Média   | 65,36                             | 65,51   | 65,75   | 67,50   | 70,01   |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem pelo teste Tukey ( $p=0,05$ ) em uma mesma dose.

O clone C-26 obteve padrão linear positivo, com os maiores valores ocorrendo nas maiores doses testadas. Já o clone C-16 respondeu às doses crescentes de N de forma quadrática, possibilitando a determinação da dose máxima:  $137,94 \text{ mg L}^{-1}$  de N na solução nutritiva (Figura 2, Tabela 5).

Fato que tende a ser explicado pelo relato de Maffieis et al. (2000), onde os autores afirmaram que o nitrogênio estimula o crescimento vegetativo. Em casos de deficiência ou excesso no suprimento, ocorre redução na produção, tamanho ou número de folhas. Segundo Taiz & Zeiger (2004), isto ocorre porque o N é constituinte de muitos componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos e ácidos nucléicos; logo, a deficiência rapidamente inibe o crescimento vegetal.

Para os demais clones testados, C-04; C-30 e 1213 as doses não influenciaram significativamente o desenvolvimento da parte aérea das miniestacas, mas estes dois últimos genótipos, em média, obtiveram resultados superiores aos clones C-16 e C-26, demonstrando uma tendência de maior eficiência na absorção e conversão do N em caules e folhas. Os clones C-30 e 1213 tendem a apresentar altos rendimentos se comparados aos outros materiais testados, mesmo em condições de limitação deste nutriente.

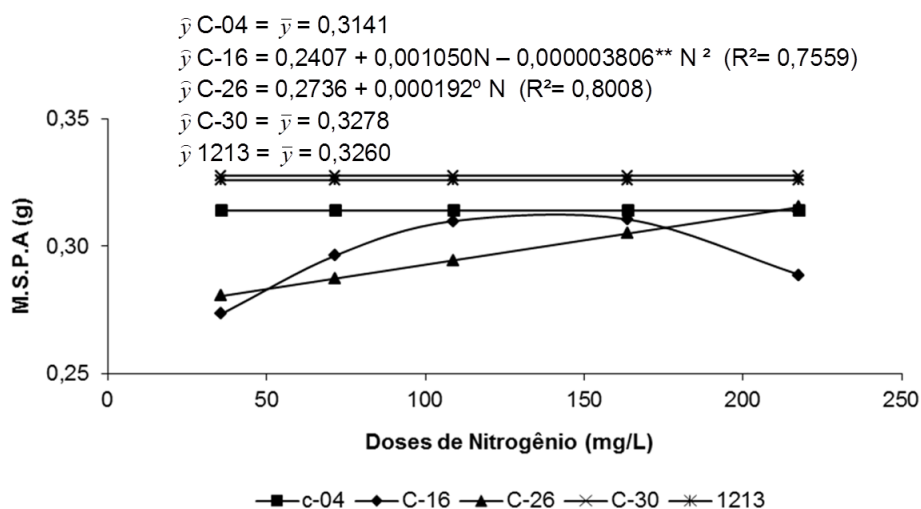
Como a formação da parte aérea não é o principal produto desta fase do processo reprodutivo assexuado deve-se verificar se a dose ótima para o desenvolvimento de MSPA não está prejudicando a formação do sistema

radicular e a produtividade dos brotos. Caso a resposta seja negativa, a adoção de doses favoráveis somente otimiza o tempo de produção, consequentemente diminui o custo da muda.

**Tabela 5:** Médias da massa de matéria seca da parte aérea de miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação, em função de doses de N ( $\text{mg L}^{-1}$ ), aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

| Clones | Matéria seca de parte aérea – MSPA (g) |          |          |          |          |
|--------|--|----------|----------|----------|----------|
|        | Doses de N ( $\text{mg L}^{-1}$ )      |          |          |          |          |
|        | 36                                     | 72       | 109      | 164      | 218      |
| C-04   | 0,3020 ab                              | 0,3228 a | 0,3030 a | 0,3164 a | 0,3263 a |
| C-16   | 0,2664 b                               | 0,3100 a | 0,3077 a | 0,3028 a | 0,2923 a |
| C-26   | 0,2762 b                               | 0,2837 a | 0,3064 a | 0,3055 a | 0,3110 a |
| C-30   | 0,3403 a                               | 0,3249 a | 0,3048 a | 0,3374 a | 0,3315 a |
| 1213   | 0,3075 ab                              | 0,3314 a | 0,3229 a | 0,3389 a | 0,3295 a |
| Média  | 0,2985                                 | 0,3146   | 0,3090   | 0,3202   | 0,3182   |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem pelo teste Tukey ( $p=0,05$ ) em uma mesma dose.



\*\*; °: Significativo a 5 e 10% pelo teste "F", respectivamente.

**Figura 2:** Massa de matéria seca da parte aérea de miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação, em função de doses de N, aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

Para o C-16 e C-26, verificou-se que, as melhores doses para formação da parte aérea ( $218$  e  $137,94 \text{ mg L}^{-1}$ ) não influenciaram no processo de

desenvolvimento radicular, mas reduziu em 1,21 e 4,34% a produtividade das minicepas, respectivamente (Figuras 1 e 3).

Avaliando a Tabela 6 e a Figura 6, percebe-se que 60% dos clones testados não foram influenciados pelas doses de nitrogênio no desenvolvimento do sistema radicular de suas miniestacas. Porém, os clones C-30 e 1213 alcançaram ganhos significativos com o aumento das doses deste nutriente.

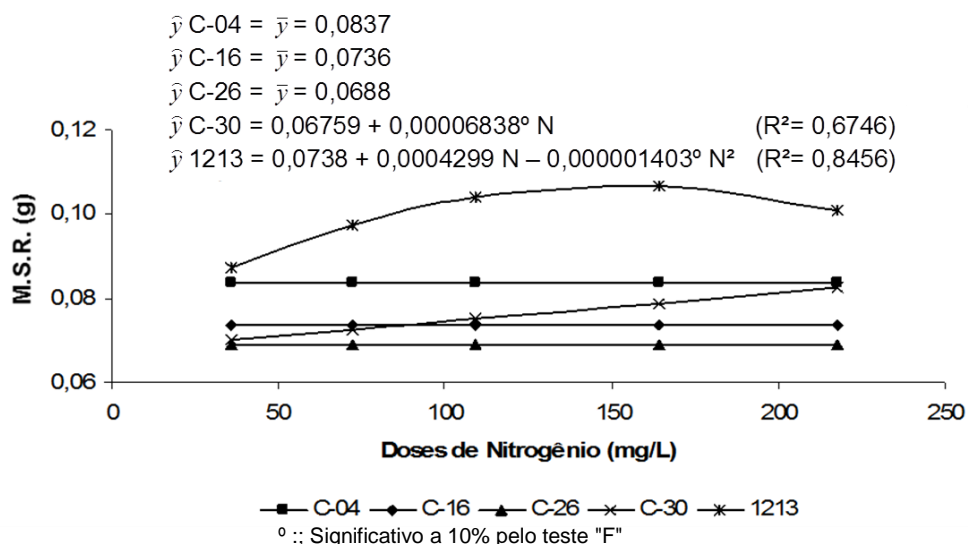
Para o C-30 (*Eucalyptus grandis* x *E. globulus*), a formação do sistema radicular foi diretamente proporcional ao aumento das doses testadas, isto é, à medida que a concentração do nutriente foi aumentada na solução nutritiva, a massa de raiz das miniestacas na saída da casa de vegetação mais se desenvolveu, logo, os melhores resultados foram verificados com a maior dose testada, 218 mg L<sup>-1</sup>.

O clone 1213 foi, numericamente, superior a todos os outros clones testados (Tabela 6), demonstrando sua eficiência na conversão do nitrogênio em formação de raízes adventícias. Para este clone a melhor dose de N para o desenvolvimento do sistema radicular é 153,2 mg L<sup>-1</sup> (Figura 3).

**Tabela 6:** Médias da massa de matéria seca da parte raiz de miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação, em função de doses de N (mg L<sup>-1</sup>), aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

| Clones | Matéria seca de parte raiz – MSR (g) |           |           |          |           |
|--------|--------------------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|
|        | Doses de N (mg L <sup>-1</sup> )     |           |           |          |           |
|        | 36                                   | 72        | 109       | 164      | 218       |
| C-04   | 0,0821 ab                            | 0,0785 ab | 0,0875 ab | 0,0864 b | 0,0840 ab |
| C-16   | 0,0710 ab                            | 0,0799 ab | 0,0721 b  | 0,0705 b | 0,0747 b  |
| C-26   | 0,0630 b                             | 0,0646 b  | 0,0741 b  | 0,0704 b | 0,0717 b  |
| C-30   | 0,0696 ab                            | 0,0689 b  | 0,0806 ab | 0,0789 b | 0,0809 ab |
| 1213   | 0,0877 a                             | 0,0992 a  | 0,0995 a  | 0,1105 a | 0,0996 a  |
| Média  | 0,0747                               | 0,0782    | 0,0828    | 0,0833   | 0,0822    |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem pelo teste Tukey (p=0,05) em uma mesma dose.



**Figura 3:** Massa de matéria seca da raiz de miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação, em função de doses de N, aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

Todos os clones apresentaram ganhos com o aumento das doses de nitrogênio em solução nutritiva, no que tange à formação de raiz. Para o clone C-30 os ganhos foram de, aproximadamente 2%, mas o clone 1213 apresentou resultados mais expressivos, com ganhos superiores a 18% de massa de raiz, se comparadas suas performances entre a menor dose e a dose ótima.

Fica nítida a influência deste nutriente para o desenvolvimento da raiz, no caso do clone 1213. Porém, não se deve adotar a dose ótima estabelecida (153,2 mg L<sup>-1</sup> de solução nutritiva), pois esta tende a reduzir a produtividade de brotos em mais de 4%, caindo de 9,05 para 8,66 miniestacas/minicepa/mês. Em contrapartida, no caso da adoção da dose que melhor influenciou a produção das minicepas deste genótipo (218 mg L<sup>-1</sup>), haverá redução do desenvolvimento da raiz em 5,5%; assim, recomenda-se a utilização de uma dose média, 185,6 mg L<sup>-1</sup>.

Já em relação ao clone C-30, recomenda-se realizar novos experimentos com doses mais elevadas, visando determinar o ponto ótimo do nitrogênio para máxima formação de raízes. Enquanto isto, deve-se utilizar 218 mg L<sup>-1</sup> de N na solução nutritiva, uma vez que sua produtividade e enraizamento não foram influenciadas de forma significativa pelas doses testadas.

Este incremento na formação de MSR e MSPA, ocasionado pelas doses crescentes de nitrogênio verificadas, respectivamente, nos clones C-30; 1213 e C-16; C-26, é indicativo de que este nutriente, quando aplicado de forma adequada, tende a auxiliar na otimização do tempo de utilização das estruturas de propagação, através do maior desenvolvimento das miniestacas no processo de formação da muda clonal, logo, menor tempo de produção.

Apesar do clone C-04 ter sido o único material não influenciado significativamente pelas doses de N para MSR e MSPA este sempre esteve entre os maiores valores médios para ambas as variáveis, sem esquecer que sua produtividade de brotos e enraizamento foram semelhantes ao clone 1213.

Em relação ao desenvolvimento das miniestacas, este é verificado pela formação de matéria seca total – MST (Tabela 7 e Figura 4), que consiste no somatório da matéria seca do sistema radicular (MSR) acrescido da matéria seca da parte aérea (MSPA). O clone C-04 apresentou valores médios estatisticamente iguais ao clone 1213 e superiores ao C-26, único genótipo com resultados significativos para esta variável.

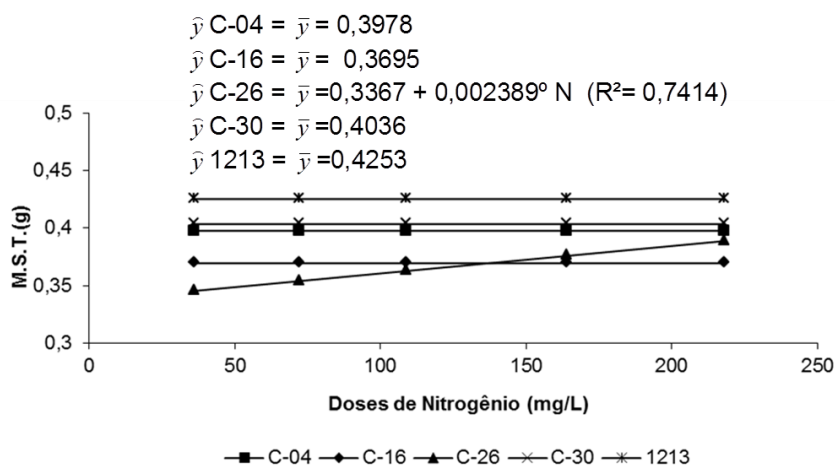
O genótipo C-26 foi o único influenciado pelas doses de N em relação à matéria seca total, obtendo resultado linear positivo, indicando que as doses mais elevadas foram as responsáveis pelos melhores resultados. Este resultado tende a estar vinculado ao grande acréscimo na formação de parte aérea observado na Tabela 5, onde foram relatados ganhos superiores a 11% entre as doses extremas, percentagem próxima à verificada na Tabela 7.

Quando se comparam as respostas dos clones para as doses de nitrogênio em relação a MST, verifica-se que o clone C-26 foi um dos que menos desenvolveu nos primeiros trinta dias do processo de produção (Figura 4). Esta menor resposta no processo de formação de raízes, caules e folhas, também foi verificada na formação de brotos (Tabela 2) onde foi responsável pelo menor valor numérico entre todos os materiais testados. Resultado que não inviabiliza a propagação em escala deste genótipo, mesmo porque seu enraizamento e a % de REIT foram muito representativos, igualando-se ao clone testemunha.

**Tabela 7:** Médias da massa de matéria seca total de miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação, em função de doses de N ( $\text{mg L}^{-1}$ ), aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

| Clones | Matéria seca total – MST (g)      |           |          |           |          |
|--------|-----------------------------------|-----------|----------|-----------|----------|
|        | Doses de N ( $\text{mg L}^{-1}$ ) |           |          |           |          |
|        | 36                                | 72        | 109      | 164       | 218      |
| C-04   | 0,3841 ab                         | 0,4012 ab | 0,3905 a | 0,4028 ab | 0,4103 a |
| C-16   | 0,3374 b                          | 0,3899 ab | 0,3798 a | 0,3733 b  | 0,3670 a |
| C-26   | 0,3392 b                          | 0,3483 b  | 0,3805 a | 0,3759 b  | 0,3828 a |
| C-30   | 0,4099 a                          | 0,3938 ab | 0,3855 a | 0,4163 ab | 0,4125 a |
| 1213   | 0,3952 ab                         | 0,4306 a  | 0,4224 a | 0,4494 a  | 0,4291 a |
| Média  | 0,3731                            | 0,3928    | 0,3917   | 0,4035    | 0,4003   |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem pelo teste Tukey ( $p=0,05$ ) em uma mesma dose.



° : Significativo 10% pelo teste "F".

**Figura 4:** Massa de matéria seca total de miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação, em função de doses de N, aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

Diferentemente do C-26, os híbridos de *Eucalyptus globulus*, C-30 e C-04 apresentaram resultados muito positivos, tendo performances estatisticamente iguais ao clone 1213, genótipo muito plantado em todo Brasil, devido ao seu bom desempenho no viveiro e no campo. Estes clones, além de apresentar bom desenvolvimento neste período avaliado, também alcançaram boa produtividade de miniestacas por minicepas e enraizamento de miniestacas, demonstrando seu potencial para a propagação massal.

#### 4. CONCLUSÕES:

1) O nitrogênio influenciou positivamente a produtividade das minicepas de 80% dos clones testados, sendo que o C-04 e 1213 responderam de forma diretamente proporcional as doses testadas. Já para o C-16 e C-26 as doses ótimas foram 169,05 e 146,67  $\mu\text{g L}^{-1}$  respectivamente.

2) Nenhum dos clones foram influenciadas pelas doses de nitrogênio testadas na solução nutritiva para enraizamento, percentagem de raízes visíveis na extremidade inferior do tubete e sobrevivência das miniestacas e minicepas.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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.

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

BENNETT, I. J.; McDAVID, D. A. J.; McCOMB, J. A. The influence of ammonium nitrate, pH and indole butyric acid on root induction and survival in soil of *Eucalyptus globulus*. **Biologia Plantarum**, v.47, n.3, p. 355-360, 2003.

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**, vol.35, n.3, pp. 425-434, 2011.

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

CUNHA, A.C.M.C.M.; WENDLING, I.; SOUZA-JÚNIOR, L. Produtividade e sobrevivência de minicepas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage em sistema de hidroponia e em tubetes. **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 minicepas com o número de miniestacas de eucalipto. **Scientia Florestais**, Piracicaba, v.36, n.79, p.203-213, set. 2008.

CUNHA, A.C.M.C.M.; PAIVA, H.N.; BARROS, N.F.; LEITE, H.G.; LEITE, F.P. Relação do estado nutricional de minicepas com o enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.591-599, 2009.

FONSECA, S.M.; RESENDE, M.D.V.; ALFENAS, A.C.; GUIMARÃES, L.M.S.; ASSIS, T.F.; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prático de melhoramento genético do eucalipto**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010. 200p.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N.; **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2011. 116p. (Caderno didático; 72).

GRESPLAN, S.L.; DIAS, L.E.; NOVAIS, L.S. Crescimento e parâmetros cinéticos de absorção de amônio e nitrato por mudas de *Eucalyptus* spp. submetidas a diferentes relações amônio/nitrato na presença e ausência de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.22. n.4, p.667-674. 1998.

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.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JÚNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. (Ed) **Plant propagation: principles and practices**. 7. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2011. 880p.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. Monitoramento nutricional e fertilização em macro, mini e microjardim clonal de *Eucalyptus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba, SP: IPEF, 2000. p. 191–217.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N.; **Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de Eucalyptus**. Piracicaba: IPEF, 2002. 24 p. (Circular Técnica, 194).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE **Cidades. Minas Gerais; Senso 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/317130>. Acesso em: 12 de jul. 2012

MAFFIEIS, A.R; SILVEIRA, R.L.V.A.; BRITO, J.O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento das plantas, produção e qualidade de óleo essenciais em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.57. p.87-98. 2000.

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

MARTINEZ, H. E. P.; CLEMENTE, J.M.; **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011. 76p.

OLIVEIRA, L. S.; XAVIER, A.; DIAS, P. C.; CORREA, 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**, volume 40, n. 96 p.507-516, dezembro de 2012

PAIM, D.C.; RUEDELL, C.M.; SCHWAMBACH, J.; FETT NETO, A.G. Physiological characterization of adventitious rooting in *Eucalyptus globulus* x *E. maidenii* minicuttings. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 10., 2005, Recife. **Anais...** Campinas: SBFV, 2005, p.34-37.

ROSA, L. S. da **Adubação nitrogenada e substratos na miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2006. 89p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2006.

ROSA, L. S.; WENDLING, I.; GROSSI, F.; REISSMANN, C. B.; **Efeito da dose de Nitrogenio e de formações de substratos na miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.6, p.1025-1035, 2009.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant Physiology**. 4. ed. Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1992. 682p.

SCHAWAMBACH, J.; FADANELLI, C. & FETT-NETO, A.G. Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, v.25, p.487-494, 2005.

SOUZA, C. C.; **Padrões de miniestacas e densidade de minicepas na propagação clonal de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla***. 2012, 57f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2012.

STEEL, R. G. D.; TORRE, J. H.; DICKEY D. A. **Principles and procedures of statics. A biometrical approach**. 3. ed., New York: McGraw Hill Book Co, 1997. 666 p.

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

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

WENDLING, I. et al., Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. **Revista Árvore**, v.24, n.1, p.181-186, 2000.

WENDLING, I.; XAVIER, A.; PAIVA, H.N. Influência da miniestaquia seriada no vigor de minicepas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.27, n.5, p. 611-618, 2003

XAVIER A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2. ed., Viçosa, MG: UFV, 2013. 278 p.

ZHANG, H.; JENNINGS, A.; BARLOW, P. W.; FORDE, B. G. Dual pathways for regulation of root branching by nitrate. **Plant Biology**, v.96, p. 6529-2534, 1999.

## PRODUTIVIDADE DE MINICEPAS E ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE HÍBRIDOS DE *Eucalyptus globulus* LABILL. EM RESPOSTA A B.

**RESUMO:** Objetivou-se com este trabalho avaliar a produtividade de minicepas e o enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus globulus* em resposta a doses de boro aplicadas em solução nutritiva em minijardim clonal. Foram avaliados os efeitos de cinco doses do nutriente (78, 157, 237, 356 e 475  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) em cinco clones sendo: C-04 e C-16 (*Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*); C-26 e C-30 (*Eucalyptus grandis* x *E. globulus*) e 1213 (*Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*), arranjados em parcelas subdivididas com três repetições, em delineamento estatístico de blocos ao acaso, onde as parcelas referem-se às doses e as subparcelas aos clones. Posteriormente ao primeiro mês de aplicação dos tratamentos, avaliou-se a produtividade das minicepas, sobrevivência, enraizamento, porcentagem de raízes visíveis na extremidade inferior do tubete, massa seca de parte aérea, massa seca de raiz e massa seca total de miniestacas apicais, posteriormente a 30 dias em casa de vegetação. As avaliações de produtividade ocorreram semanalmente; já o estaqueamento a cada 15 dias, durante 90 dias. Neste período verificou-se a influência do boro na produtividade do clone C-30 (290  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), na produção de matéria seca total do clone C-26 (277  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), na porcentagem de raízes visíveis na extremidade inferior do tubete para o clone C-16 de forma linear positiva e, ainda, na formação de matéria seca de parte aérea para o clone C-04, de forma linear negativa. Porém, as doses de boro contidas no intervalo estudado não influenciaram significativamente nenhum clone quanto a sobrevivência, enraizamento e desenvolvimento de matéria seca de raiz das miniestacas.

**Palavras-chave:** Miniestaquia, nutrição mineral, propagação vegetativa.

## PRODUCTIVITY OF MINI-STUMPS AND ROOTING OF MINI-CUTTINGS FROM HYBRIDS *Eucalyptus globulus* LABILL. IN RESPONSE TO B..

**ABSTRACT:** The objective of this work was to evaluate the productivity of mini-stumps and the rooting of mini-cuttings from hybrid clones of *Eucalyptus globulus* in response to boron doses applied in nutritive solution at mini-clonal hedge. We evaluated the effects of five nutrient rates (78, 157, 237, 356 and 475  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) on five clones, namely: C-04 and C-16 (*Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*), C-26 and C-30 (*Eucalyptus grandis* x *E. globulus*) and 1213 (*Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*) arranged in split-plot design with three replications, in statistical design of randomized blocks, where the plots refers to the doses and the subplots refers to clones. After the first month of treatment application, were assessed the productivity of mini-stumps, the survival, rooting, percentage of visible roots at the lower end of the tube, shoot dry matter, root dry matter and total dry mass of apical mini-cuttings, subsequent to 30 days in a greenhouse. The productivity evaluation occurred weekly while the piling every 15 days, during 90 days. During this period was verified the influence of boron on the productivity of clone C-30 (290  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), on the production of total dry matter of clone C-26 (277  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), on the percentage of visible roots at the lower end of the tube of clone C-16, linearly positive, and also on the formation of shoot dry matter of clone C-04, linearly negative. However boron doses contained in studied range did not significantly influenced the clones on survival, rooting neither development of root dry matter of the mini-cuttings.

**Key-words:** Mini-cuttings technique, mineral nutrition, vegetative propagation.

## INTRODUÇÃO

As empresas brasileiras que atuam no segmento de celulose e papel, buscando maior competitividade global, têm investido consideravelmente em pesquisas que viabilizem o desenvolvimento de genótipos com características semelhantes às do *Eucalyptus globulus* em razão deste possuir excelente rendimento em celulose, alta densidade da madeira, baixo teor de lignina e menor consumo de cloro no branqueamento (FONSECA et al., 2010).

Trata-se de uma espécie típica de clima temperado, que apresenta restrições quanto à adaptação as regiões com altas temperaturas e invernos secos, além de sua dificuldade no enraizamento. Motivos pelos quais o *Eucalyptus globulus* não é plantado em escala comercial no Brasil.

Visando contornar as características negativas da espécie pura, algumas empresas estão utilizando a técnica de hibridação interespecífica para vencer estes obstáculos e desenvolver materiais genéticos que conciliem qualidade da madeira, maior produtividade, razoável competência rizogênica e adaptação às condições climáticas das regiões mais quente do Brasil, como recomendado por Assis & Mafia (2007).

Em se tratando de novos genótipos, o ajustamento das técnicas de manejo é apontado por Higashi et al. (2002); Cunha et al. (2008); Alfenas et al. (2009) e Xavier et al. (2013) como um dos fatores de maior relevância na produção massal de propágulos vegetativos, logo, fundamental para a propagação clonal de qualquer espécie.

O boro é absorvido como ácido bórico não dissociado, nas formas iônicas  $B_4O_7^-$ ,  $HBO_3$  ou  $BO_3^-$ , em valores de pH elevados; acima de 6,0 e associado com alto nível de cálcio, sua disponibilidade é baixa (GOMES & PAIVA, 2011). A movimentação deste nutriente no interior do tecido vegetal, mais especificamente em eucalipto, foi estudada por Mattiello (2008) que verificou sua translocação em alguns clones.

O autor, além de identificar genótipos mais eficientes na translocação deste elemento, concluiu que plantas com suprimento adequado não apresentam translocação do elemento, sendo um mecanismo indutivo. Sobre os mecanismos de transporte, foi verificado que o fluxo de massa foi predominante, chegando a suprir 100% das necessidades da planta nas doses

mais elevadas, porém, a difusão foi um mecanismo complementar em condições de baixo teor de B e sob déficit hídrico.

Este nutriente atua no crescimento meristemático das plantas, destacando-se como sendo um dos nutrientes que mais limitam o desenvolvimento do eucalipto (SILVEIRA et al., 2004). Apesar do papel fisiológico do boro ainda não estar totalmente entendido, sabe-se de sua importância na formação da parede celular, mais especificamente, na síntese de seus componentes, tais como a pectina, a celulose e a lignina (MARSCHNER, 1995).

Martinez & Clemente (2011) destacaram outras funções do boro, como na divisão e alongamento celular, na diferenciação de tecidos, no metabolismo de auxinas e ainda, sua influência sobre florescimento e frutificação.

Nunes (2010) verificou que o boro também atua em mecanismos que propiciam tolerância ao déficit hídrico, como o aumento da relação raiz / parte aérea, o que é uma boa estratégia para maior aquisição de água e nutrientes.

Os sintomas de deficiência do B são deformação em pontos de crescimento, abortamento floral, diminuição da resistência a patógenos, folhas quebradiças e má-formação de ramos, pecíolos e frutos (MARTINEZ & CLEMENTE, 2011). E, ainda, diminuição do crescimento das raízes (LUCASZEWSKI & BLEVINS, 1996).

Desta forma o boro é um nutriente importante para o crescimento de raízes durante o enraizamento. Em sua ausência, a influência do ácido indolbutírico (AIB) vai apenas a estágios preliminares da iniciação de primórdios, esta ação segundo Assis & Teixeira, (1998), deve estar ligada à interferência no processo de oxidação, pelo aumento da mobilização dos ácidos cítrico e isocítrico, ricos em oxigênio, para o interior dos tecidos.

Assim, informações referentes aos efeitos do boro em genótipos superiores de híbridos de *Eucalyptus globulus* quanto a produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas, podem ser o grande diferencial para o sucesso de um programa de melhoramento e de um planejamento estratégico que busque maior competitividade global.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal, localizado no *campus* da Universidade Federal de Viçosa, na cidade de Viçosa – Minas Gerais, no período de agosto de 2011 a junho de 2012.

Viçosa está situada na Zona da Mata Norte, latitude 20° 45' 20"S e longitude 42° 52'40", a 649 metros acima do nível do mar. O clima desta região é do tipo Cwb (verões chuvosos e invernos frios e secos) segundo a classificação de Köppen. A temperatura mínima média anual de 13,2°C e 25,6°C, para a temperatura máxima. Umidade relativa do ar média de 80% e precipitação média de 1315 mm/ano (IBGE, 2010).

O efeito de cinco doses de boro (78, 157, 237, 356 e 475  $\mu$  g L<sup>-1</sup>), em fertirrigação, foram testadas, sobre a produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de cinco clones, sendo dois clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* (C- 04 e C- 16), dois clones de *Eucalyptus grandis* x *E. globulus* (C-26 e C- 30) e um clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (1213).

Adotou-se um arranjo de parcelas subdivididas no qual as parcelas eram as doses e as subparcelas os clones. Este arranjo foi disposto no delineamento estatístico de blocos ao acaso, em três repetições. Cada parcela foi constituída por 80 minicepas, sendo 16 de cada clone (subparcela).

O minijardim, em alvenaria, era fechado lateralmente com Clarite<sup>®</sup>, com teto plástico fixo e piso cimentado. Cada um dos leitos do minijardim tinham 0,8 x 15,6 m sendo que a cada 1,2 m de comprimento, constituía-se uma parcela. Estas foram cuidadosamente isoladas por placas de fibra e lona plástica, visando diminuição da possibilidade de contaminação pela solução nutritiva aplicada nas parcelas vizinhas. O leito foi construído com inclinação de 1%, 30 cm de profundidade, sendo 5 cm de brita, visando melhor drenagem, e 25 cm de areia.

O sistema de irrigação adotado foi o gotejamento, utilizando quatro fitas de irrigação com gotejadores espaçados a cada 30 cm, isto é, 16 gotejadores por parcela, bomba hidráulica de 0,5 cv por tratamento.

Os reservatórios tinham capacidade efetiva de 140 litros de solução nutritiva, sendo que a vazão adotada na fertirrigação foi de 5 L/m<sup>2</sup>/dia. Este volume foi distribuído em cinco aplicações de três minutos, via sistema automatizado por *timer* digital, sendo realizadas às 9:00, 11:00, 13:00, 15:00 e 17:00 horas.

Três semanas antes do plantio foi realizado poda dos ápices, visando à perda de dominância apical e em alguns casos rebaixamento da cepa. Na semana que antecedeu o plantio foi aplicado fosfato monoamônio, à concentração de 1,5%, 5 mL por tubete. As minicepas foram plantadas no minijardim clonal em agosto de 2011, no espaçamento 10 x 10 cm.

O manejo do minijardim consistiu em monitoramento integrado de pragas e doenças (MIPD), trocas das soluções nutritivas, monitoramento de produtividade e aferição de condutividade elétrica (CE) e potencial hidrogeniônico (pH).

A aferição da CE e pH foram realizados em média a cada duas semanas, com o auxílio de um condutímetro e um Phmetro portátil, visando a manutenção deste entre 5,5 a 6,5 e a daquela entre 1,5 e 2,0 mS.cm<sup>-1</sup>. O monitoramento do pH foi realizado nos recipientes de armazenamento das soluções nutritivas; já a CE foi monitorada no efluente de cada parcela. Quando necessário foi realizada correção individual, através de aplicação de água pura utilizando chuveiro de irrigação.

O MIPD consistiu-se no monitoramento e identificação do agente, utilização de catação manual, higienização do leito através de retirada de qualquer tecido em decomposição, utilização de produtos alternativos e não tóxicos, como o óleo de neen, visando o controle do oídio e ácaro. Quando estes mecanismos não foram satisfatórios, foi realizado controle químico, através de defensivos agrícolas.

Durante o experimento foi necessário a utilização de fungicidas como BAYFIDAN<sup>®</sup> (Triadimenol) e FOLICUR<sup>®</sup> (Tebucunazole), visando controle da ferrugem do eucalipto (*Puccinia psidii*), *Quambalaria eucalypti* e *Cylindrocladium* sp.. Sendo também utilizado DECIS<sup>®</sup> (Deltametrina) para controlar a incidência da mosca do viveiro e pulgões. É importante ressaltar que o controle fitossanitário ocorreu sempre de modo curativo e utilizando

todos os equipamentos de segurança necessários às aplicações seguindo recomendação de Alfenas et al. (2009).

Após a implantação das minicepas no minijardim, iniciou-se a fertirrigação visando homogeneizar o estado fisiológico na formação da copa antes do início da aplicação dos tratamentos; para tanto, utilizou-se uma solução nutritiva composta de nitrato de cálcio ( $0,920 \text{ g L}^{-1}$ ), cloreto de potássio ( $0,240 \text{ g L}^{-1}$ ), nitrato de potássio ( $0,140 \text{ g L}^{-1}$ ), monoamônio fosfato ( $0,096 \text{ g L}^{-1}$ ), sulfato de magnésio ( $0,364 \text{ g L}^{-1}$ ), Ferrilene<sup>®</sup> ( $0,040 \text{ g L}^{-1}$ ), ácido bórico ( $2,800 \text{ mg L}^{-1}$ ), sulfato de zinco ( $0,480 \text{ mg L}^{-1}$ ), sulfato de manganês ( $1,120 \text{ mg L}^{-1}$ ), sulfato de cobre ( $0,100 \text{ mg L}^{-1}$ ) e molibdato de sódio ( $0,040 \text{ mg L}^{-1}$ ). O intervalo de aplicação foi de agosto de 2011 a janeiro de 2012, data em que teve início a aplicação dos tratamentos.

Tais sais e suas respectivas quantidades proporcionaram as seguintes doses para os nutrientes:  $\text{NO}_3^-$   $159,400 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{NH}_4^-$   $11,520 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{P}^-$   $25,133 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{K}$   $172,720 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{Ca}^-$   $174,800 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{Mg}^-$   $32,760 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{S}^-$   $43,628 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{B}^-$   $0,476 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{Fe}^-$   $2,400 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{Cu}^-$   $0,025 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{Mn}^-$   $0,364 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{Zn}^-$   $0,096 \text{ mg L}^{-1}$  e  $\text{Mo}^-$   $0,016 \text{ mg L}^{-1}$ .

Os tratamentos aplicados foram derivados de uma solução nutritiva de um viveiro comercial<sup>2</sup>, considerada padrão, sendo a dose de B utilizada considerada 100%, ou testemunha, variando 33%, 66%, 150% e 200% desta dose para os demais tratamentos. Testando, assim, as doses de 78, 157, 237, 356 e  $475 \mu \text{g L}^{-1}$ .

Visando facilitar a logística do experimento foram adotadas seis soluções estoque empregadas para produção de 900 L de solução final, sendo: Solução estoque 1 (Nitrato de cálcio – 5,28 kg e Cloreto de cálcio – 18,90 kg); Solução estoque 2 (Sulfato de magnésio – 17,78 kg, Fosfato de potássio – 8,70 kg, Sulfato de potássio 22,78 kg, Sulfato de amônio – 2,95 kg); Solução estoque 3 (Nitrato de amônio – 24,49 kg); Solução estoque 4 (Ácido bórico – 1100,00 g); Solução estoque 5 (Sulfato de zinco – 200,00 g) e Solução estoque 6 (Sulfato de cobre – 150,00 g; Sulfato de manganês – 599,87 g, Ferrilene<sup>®</sup> - 26095,42 g, Molibdato de sódio – 30,00 g).

---

<sup>2</sup> A solução nutritiva utilizada em minijardim clonal com leito de areia de um viveiro comercial apresenta as seguintes doses:  $\text{NO}_3^-$   $50,000 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{NH}_4^-$   $59,089 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{P}^-$   $22,000 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{K}^-$   $132,827 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{Ca}^-$   $66,667 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{Mg}^-$   $17,778 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{S}^-$   $77,022 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{B}^-$   $0,237 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{Fe}^-$   $1,933 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{Cu}^-$   $0,047 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{Mn}^-$   $0,241 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{Zn}^-$   $0,056 \text{ mg L}^{-1}$  e  $\text{Mo}^-$   $0,015 \text{ mg L}^{-1}$ .



A solução nutritiva comercial foi aplicada a partir de janeiro de 2012, sendo os tratamentos aplicados a partir de fevereiro de 2012. A sobrevivência e a produtividade das minicepas juntamente com o enraizamento das miniestacas foram avaliadas durante os meses março, abril e maio de 2012.

Semanalmente eram feitas coletas das miniestacas produzidas visando quantificar a produtividade das minicepas. Quinzenalmente foi retirada uma amostra de 16 miniestacas/subparcela, visando avaliar a influência dos tratamentos no enraizamento e na formação de matéria massa seca de parte aérea, raiz e total, ao final do período de casa de vegetação (trinta dias).

As miniestacas com 8 a 10 cm de comprimento e dois a três pares de folhas inteiras mais o ápice sem redução foliar, antes e durante a coleta, receberam pulverização de água pura via pulverizador manual; posteriormente, foram transportadas para a casa de vegetação em caixas plásticas com tampas e estaqueadas em tubetes de polipropileno com volume de 54 cm<sup>3</sup>, dispostos em grades de 96 unidades.

Estas embalagens juntamente com os suportes foram desinfestados através de imersão em água a 70°C por 3 minutos, como recomendado por Alfenas et al. (2009), e preenchidos através de mesa compactadora com substrato comercial, formado pela mistura de composto de casca de pinus, vermiculita com granulometria média, fibra de coco e casca de arroz carbonizada. A adubação de base utilizada foi composta de superfosfato simples (6 kg/m<sup>3</sup>).

A casa de vegetação era automatizada, possuindo sistema de irrigação via nebulização e janela zenital para controle da umidade mínima superior a 80% e a temperatura inferior a 30°C. Tal estrutura também contava com bancadas de alvenaria e piso cimentado.

As amostras de miniestacas retiradas durante o monitoramento de produtividade foram estaqueadas seguindo a mesma casualização do minijardim clonal. Cada grade tinha dezesseis miniestacas de cada clone, representando as cinco subparcelas por parcela.

Após trinta dias em casa de vegetação, foram avaliadas as percentagens de sobrevivência (%SOB), formação de percentagem de raízes visíveis na extremidade inferior do tubete (%REIT) e enraizamento (%ENR). Foi analisada, também, a influência dos tratamentos no crescimento do sistema

radicular e parte aérea das miniestacas, imediatamente posterior à saída da casa de vegetação, através do peso médio da massa de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular das miniestacas sobreviventes; utilizando estufa de circulação de ar a 65°C por 72 horas.

Para efeito das avaliações, foram consideradas enraizadas as miniestacas com raízes maiores ou iguais a 0,5 cm e sobreviventes aquelas com coloração verde e emissão de brotações.

Como foi utilizado o delineamento blocos ao acaso, no arranjo parcelas subdivididas, o efeito de dose dentro de cada clone foi avaliado mediante equações de regressão selecionadas com base na significância dos coeficientes considerados, quadrado médio do resíduo combinado pela fórmula de Satterhwaite (1949), citado por Stell et al (1997), e respectivos números de graus de liberdade e ainda nos valores de R<sup>2</sup>. As análises de regressão foram realizadas em nível de 1, 5 e 10% de probabilidade, utilizando o programa Statistica versão 7.0. Para verificar o efeito de B sobre clone foi aplicado o Teste de Tukey, a 1 % de probabilidade.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Ao final do trimestre de monitoramento, verificou-se produtividade média geral de 7,56 miniestacas/minicepa/mês, enraizamento médio de 82,56%, sendo que 64,81% do total das miniestacas amostradas estavam com raízes visíveis na extremidade inferior do tubete - REIT, posterior ao período de casa de vegetação e mais de 93% sobreviveram.

Os coeficientes de variação experimental das subparcelas flutuaram de 3,61 a 10,62%; já o das parcelas, de 5,23 a 12,62% sendo estes valores semelhantes aos encontrados por Wendling et al. (2000), Wendling et al. (2003), Rosa et al. (2009), Borges et al. (2011) e Souza (2012) dentre outros autores que trabalharam com miniestaquia.

Durante a investigação não foram observados sintomas de deficiência e toxidez de boro nem mortalidade nas minicepas. Verificou-se a existência de efeito significativo das doses de boro na produtividade das minicepas do clone C-30, na percentagem de miniestacas com raízes visíveis na extremidade

inferior do tubete no clone C-16, no desenvolvimento de matéria seca da parte aérea no caso do clone C-04) e na matéria seca total no clone C-26.

A sobrevivência das miniestacas, nos primeiros 30 dias de casa de vegetação, para os clones testados, não foi influenciada pelas doses de boro avaliadas, independente do clone, que quando em mesma dose responderam de forma semelhante (Tabela1).

A sobrevivência das miniestacas, durante o período em casa de vegetação, segundo Titon et al. (2002), embora não represente um resultado concreto do enraizamento, torna-se relevante pois demonstra a eficiência do controle de variáveis ambientais como umidade e temperatura no interior da estrutura de propagação, bem como no vigor dos propágulos utilizados. Médias elevadas de sobrevivência como as apontadas na Tabela 1 também evidenciam o manejo adequado de pragas e doenças na referida estrutura.

**Tabela 1:** Percentagem de sobrevivência de miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação, em função de doses de B ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ), aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

| Clones | Sobrevivência (%)                   |         |         |         |         |
|--------|-------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
|        | Doses de B ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) |         |         |         |         |
|        | 78                                  | 157     | 237     | 356     | 475     |
| C-04   | 97,57 a                             | 98,61 a | 94,10 a | 96,88 a | 96,53 a |
| C-16   | 90,63 a                             | 93,40 a | 88,19 a | 88,54 a | 90,28 a |
| C-26   | 94,79 a                             | 97,92 a | 93,75 a | 93,40 a | 94,44 a |
| C-30   | 90,63 a                             | 93,75 a | 92,36 a | 90,63 a | 89,93 a |
| 1213   | 92,01 a                             | 94,10 a | 90,63 a | 94,79 a | 95,83 a |
| Média  | 93,13                               | 95,56   | 91,81   | 92,85   | 93,40   |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem pelo teste Tukey ( $p=0,01$ ) em uma mesma dose.

A alta sobrevivência das miniestacas, assim como as respostas estatisticamente semelhantes ao teste Tukey ( $p= 0,01$ ) entre os clones quando em mesma dose (Tabela 1), indicam possibilidade de utilização de mesmo manejo em casa de vegetação no que se refere à sobrevivência das miniestacas, o que facilita a gestão do viveiro devido à possibilidade de padronização da logística interna.

Borges et al. (2011) e Oliveira et al. (2012) também descreveram altos índices de sobrevivência, ambos trabalhando com os mesmos genótipos

híbridos de *Eucalyptus globulus* utilizados neste experimento, adotando dose de boro igual a  $476 \mu\text{g L}^{-1}$ . Estes autores apresentaram valores médios de 91 e 86% respectivamente, sendo a maioria dos resultados encontrados neste trabalho superior a tais valores.

Outros autores apresentam menores percentuais de sobrevivência, como 83% para miniestacas de três clones de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* (BRONDANI et al., 2010), 70% em miniestacas de *Eucalyptus dunnii* (ROSA, 2006) e, ainda, 55% de sobrevivência para miniestacas de *Eucalyptus globulus* x *E. maidenii* (PAIM et al., 2005).

Dentre os clones analisados, o C-04 (*Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*) apresentou os maiores valores de sobrevivência, superando o clone 1213 (*Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*), referência, e o C-26, que Oliveira et al. (2012) apontou como responsável pelo menor valor de sobrevivência, 78,1%, dentre as estacas apicais que não receberam o regulador ácido indolbutírico - AIB no estaqueamento. Ao analisar todos os clones, quando em uma mesma dose, verifica-se que 100% dos materiais híbridos de *Eucalyptus globulus* tiveram seus maiores valores na dose de  $157 \mu\text{g L}^{-1}$ , sendo esta responsável também pela maior sobrevivência média dentre as doses.

Em relação à produtividade das minicepas, verificou-se que o clone C-30 (*Eucalyptus grandis* x *E. globulus*) foi o único a apresentar resultado significativo para as doses aplicadas (Figura 1), tendo o boro proporcionado ganhos consideráveis em produtividade de brotos. Cunha et al. (2008) já haviam verificado a importância da nutrição mineral para a produtividade das cepas e consideraram a demanda por nutrientes uma característica genótipo dependente.

O C-30 obteve resposta quadrática para esta característica avaliada, alcançando nível ótimo de B para produtividade, indicando que houve uma resposta positiva elevando a produção da cepa à medida que a dose de boro foi aumentada na solução nutritiva mas, posterior à determinada dose, a resposta à fertilização passou a decrescer.

A dose que proporcionou maior produtividade foi  $290,31 \mu\text{g L}^{-1}$ . Nesta concentração, a produtividade média das minicepas foi de 7,64 miniestacas mês, valor este 1% superior à produtividade da população (7,56) se utilizado a dose central ( $237 \mu\text{g L}^{-1}$ ). Porém, se comparado os resultados entre a dose

ótima e a menor dose testada ( $78 \mu\text{g L}^{-1}$ ), tem-se ganhos superiores a 16% em produtividade, demonstrando a influência do nutriente para esta característica e a possibilidade de otimização do minijardim, com pequeno acréscimo na concentração de tal nutriente.

Analisando os demais materiais, verifica-se a superioridade numérica dos clones C-04 e 1213 (Tabela 2); demonstrando maior eficiência produtiva. Já o clone C-26, antagonicamente, foi o responsável pelos menores valores médios de produtividade.

Tratando-se das doses utilizadas, a concentração central foi a que obteve maior valor médio entre as doses,  $7,91$  miniestacas/minicepa/mês e, também, foi responsável pela igualdade estatística da produtividade entre os clones. Assim, no caso de utilização de uma dose única de boro que atenda a todos os clones de forma conjunta, visando apenas produtividade, a mais recomendada seria  $237 \mu\text{g L}^{-1}$  de boro em solução nutritiva.

A literatura cita doses de boro mais elevadas, a exemplo de Higashi et al. (2000), que recomendaram a utilização de doses médias deste nutriente dentro do intervalo de  $300$  a  $600 \mu\text{g L}^{-1}$  em minijardim clonal de *Eucalyptus*. Alguns autores trabalharam respeitando este intervalo, como Cunha et al. (2005),  $361,2 \mu\text{g L}^{-1}$  em minicepas seminais de *E. benthamii*; Brondani et al. (2010),  $490 \mu\text{g L}^{-1}$ , em clones de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* e Souza (2012) que adotou  $476 \mu\text{g L}^{-1}$  para clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*.

Quanto ao desempenho médio dos clones para produtividade mensal, (Tabela 2), os valores encontrados foram superiores à produtividade de clones “puros” de *Eucalyptus globulus* da empresa Mundial Florestación® em 2003, segundo Alfnas et al. (2009). Estes apresentavam produtividade de  $7488$  miniestacas/m<sup>2</sup>/ano, em espaçamento de  $0,08 \times 0,08\text{m}$ , ( $156,25$  minicepas/m<sup>2</sup>) que, convertido para produtividade por minicepa/mês, torna-se  $3,99$  miniestacas.

Dentre os clones híbridos de *E. globulus*, o C-04 se destacou obtendo produtividade média estatisticamente semelhante ao clone 1213, com valor superior a oito miniestacas por minicepa/mês, sendo semelhante aos resultados encontrados na bibliografia consultada.

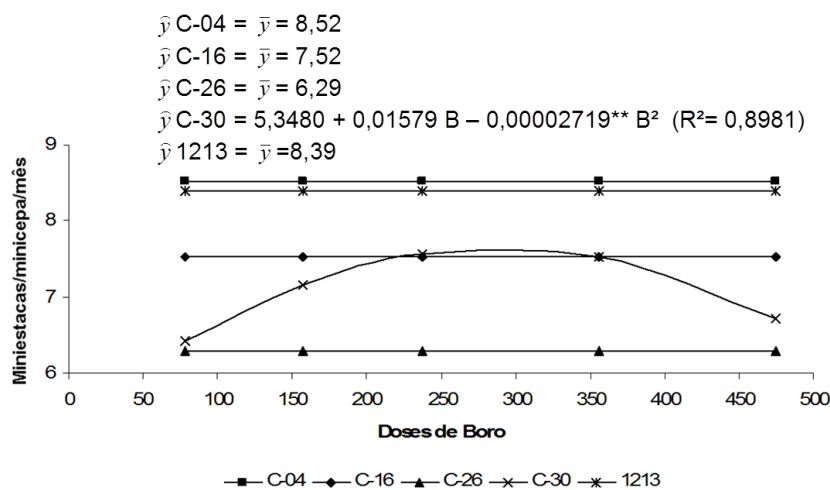
Os valores relatados para produtividade em minijardim clonal com leito de areia e fertirrigação incluem  $8,1$  miniestacas/mês para minicepas seminais

de *Eucalyptus benthamii* (CUNHA et al., 2005); 12,6 para clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (SOUZA, 2012) e 9,6 a 13,2 miniestacas/minicepa/mês de mesma hibridação utilizando dados do operacional da empresa cedente da dose central (CUNHA et al., 2009a).

**Tabela 2:** Médias da produtividade de minicepas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), durante 90 dias de monitoramento, em função de doses de B ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ), aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

| Clones | Produtividade                       |         |        |        |         |
|--------|-------------------------------------|---------|--------|--------|---------|
|        | Miniestacas/minicepa/mês            |         |        |        |         |
|        | Doses de B ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) |         |        |        |         |
|        | 78                                  | 157     | 237    | 356    | 475     |
| C-04   | 8,40 a                              | 8,41 a  | 8,63 a | 8,78 a | 8,36 a  |
| C-16   | 7,28 ab                             | 7,68 ab | 7,76 a | 7,85 b | 7,05 ab |
| C-26   | 6,36 b                              | 6,37 b  | 7,00 a | 5,65 b | 6,08 b  |
| C-30   | 6,54 ab                             | 6,97 ab | 7,49 a | 7,75 b | 6,62 ab |
| 1213   | 8,29 a                              | 8,22 ab | 8,66 a | 8,42 b | 8,39 a  |
| Média  | 7,37                                | 7,53    | 7,91   | 7,69   | 7,30    |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem pelo teste Tukey ( $p=0,01$ ) em uma mesma dose.



\*\* : Significativo a 5% pelo teste "F".

**Figura 1:** Influência das doses de B ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ), aplicadas em solução nutritiva do minijardim clonal, na produtividade de minicepas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência)

Alfenas et al. (2009) também relataram informações sobre o operacional de algumas empresa florestais brasileiras, apresentando valores por  $\text{m}^2/\text{ano}$

referentes a 2003 que, se convertidos para produtividade mensal, tornam-se: 12,35 (Cenibra S.A.); 10,0 (Aracruz Celulose S.A. e VCP Florestal S.A.); 9,0 (CAF Florestal S.A.) e 8,13 (Suzano Bahia Sul S.A.), obtendo média geral de 9,9 miniestacas/minicepa/mês. Estes valores demonstram a boa produtividade alcançada no experimento e a adequação do manejo aplicado.

Os tratos culturais empregados na produção de brotos, quando adequados, se refletem na saída da casa de vegetação com elevadas percentagens de enraizamento e, conseqüentemente, altos índices de produtividade do viveiro. Logo, o processo de produção de brotos somente é adequado quando, além de produtividade da minicepa, tem-se sucesso na formação de raízes.

Apesar do enraizamento dos clones testados não terem sido influenciados significativamente pelas doses de boro aplicadas, estes alcançaram valores médios significativos (Tabela 3) o que confirma a adequação dos tratos culturais, pois, além de boa produtividade das minicepas (Tabela 2), têm-se porcentagens médias de enraizamento contidas no intervalo relatado pela literatura.

Os genótipos híbridos de *Eucalyptus globulus* são apontados nesta ilustração como materiais com possibilidade de inclusão no comercial de qualquer empresa com semelhanças climáticas ao local de desenvolvimento da pesquisa, pois, seus resultados foram estatisticamente iguais ou superiores ao clone 1213 (referência).

Os clones híbridos de *Eucalyptus globulus* obtiveram resultados superiores aos relatados por Oliveira et al. (2012) que, trabalhando com os clones C-04; C-16; C-26 e C-30 alcançou 78,1; 65,6; 78,1 e 75% de enraizamento médio, respectivamente. Já Borges et al. (2011), trabalhando também com estes clones, encontraram grande flutuação nestes valores, obtendo percentagens que variaram de 58,3 a 100% de enraizamento. É importante ressaltar que os valores relatados pelos autores são oriundos de estacas apicais sem aplicação de regulador de crescimento e com redução foliar.

Verifica-se tendência do clone C-16 ser menos eficiente no processo de formação de raízes, uma vez que tal efeito também foi verificado por Oliveira et al. (2012). Já C-26 e C-04, diferentemente, em ambos os trabalhos obtiveram

os melhores resultados de enraizamento. Porém, estes autores relataram ganhos consideráveis para o clone C-16 quando se utilizaram microestacas para o processo de enraizamento, alcançando 90%, logo, ganhos de mais de 25%, demonstrando influência positiva da técnica de rejuvenescimento ontogenético.

Já Souza (2012), trabalhando com miniestacas de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* de 10 cm, sem redução foliar, obteve resultados que flutuaram entre 70,3 e 93,8% de enraizamento. Cunha et al. (2009a), utilizando clones com mesma hibridação, descreveu valores de enraizamento de 71,9 a 86,5%, tendo o clone 1213 alcançado 76,5 %, valor quase 6% inferior a média encontrada na Tabela 3.

Não foi observada significância estatística das doses de boro sobre o enraizamento para os clones testados. Isto indica que a dose mais adequada para todos os clones, incluído o 1213, é a menor dose testada devido à ausência de sintomas de toxidez e deficiência nutricional nas minicepas e miniestacas.

**Tabela 3:** Percentagem de enraizamento das miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação, em função de doses de B ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

| Clones | Enraizamento (%)                    |          |          |          |          |
|--------|-------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|        | Doses de B ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) |          |          |          |          |
|        | 78                                  | 157      | 237      | 356      | 475      |
| C-04   | 84,38 a                             | 85,07 ab | 79,86 ab | 84,72 a  | 84,72 ab |
| C-16   | 75,35 b                             | 82,29 b  | 76,39 b  | 73,96 b  | 81,60 ab |
| C-26   | 86,11 a                             | 90,97 a  | 85,76 a  | 84,38 a  | 89,24 a  |
| C-30   | 81,60 ab                            | 84,72 ab | 85,07 a  | 81,60 ab | 80,21 b  |
| 1213   | 79,86 ab                            | 77,43 b  | 81,60 ab | 86,11 a  | 80,90 ab |
| Média  | 81,46                               | 84,10    | 81,74    | 82,15    | 83,33    |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem pelo teste Tukey ( $p=0,01$ ) em uma mesma dose.

A recomendação de dose menor de boro para o clone referência (1213) contraria resultado exposto por Cunha et al. (2009a), que afirmaram existir correlação positiva entre a dose deste nutriente e o enraizamento, indicando necessidade de aumento da concentração do mesmo.



Cunha et al. (2009b), citando Malavasi (1994) e Lewis (1980), afirmaram que o B exerce efeito positivo no enraizamento por atuar na síntese de RNA, no processo de divisão celular e ter vínculo ao metabolismo, especialmente das auxinas, principal classe de reguladores de crescimento envolvida no processo de enraizamento adventício.

Assis & Teixeira (1998) também apresentaram suas considerações em relação à influência deste nutriente no processo, afirmando que consideram o boro mais importante no desenvolvimento das raízes do que no enraizamento, sendo que, na ausência do nutriente, a influência do AIB vai apenas a estágios muito preliminares da iniciação radicular devido à catalisação no processo de oxidação. Sob concentrações adequadas de B ocorre aumento da mobilização dos ácidos cítricos e isocítricos, ricos em oxigênio, para o interior dos tecidos.

A influência do boro no crescimento das raízes do clone C-16 fica nítida ao analisar as porcentagens de estacas com raízes na extremidade inferior do tubete - REIT aos 30 dias posteriores ao estaqueamento (Figura 2). Fato justificado por Cunha et al. (2009b) citando relatos de Josten e Kutschera (1999), que verificaram o estímulo do B na atividade meristemática das células e seu efeito no alongamento e diferenciação de raízes.

O boro atua no processo rizogênico somente após a ação das auxinas sobre o alongamento celular e alteração da membrana, assim, a iniciação de raízes nas estacas é estimulada pela auxina e seu crescimento pelo boro (CUNHA et al., 2009b, citando MIDDLETON et al., 1978; ELIASSON 1978; LEWIS 1980; HIRSCH et al.; 1982 e JARVIS et al., 1984; HERRERA et al.; 2004).

Esta variável, que permite avaliar o crescimento do sistema radicular, é um critério prático utilizado pelos viveiros florestais como indicativo do momento de retirada das estacas da casa de vegetação, identificando aquelas enraizadas e aptas a serem transferidas para a estrutura de sombreamento (BORGES et al., 2011 e SOUZA, 2012).

Logo, a utilização de dose mais adequada de boro para o clone C-16 tende a diminuir o tempo de casa de vegetação devido ao efeito catalisador sobre o desenvolvimento do sistema radicular, ocorrendo redução do tempo com que as raízes fiquem visíveis na extremidade inferior do tubete. Este fato pode ser comprovado pela análise do modelo estatístico descrito na Figura 2,

que apresenta acréscimo de 10% no número de indivíduos com REIT, se comparados os resultados entre as doses extremas estudadas.

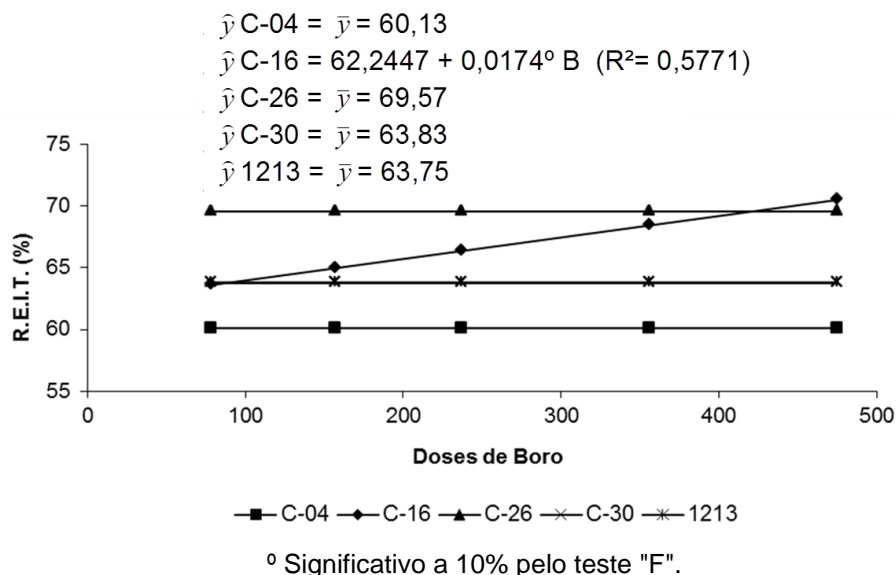
Quando aplicada a dose de 475  $\mu\text{g L}^{-1}$  verifica-se que o clone C-16 passa a ser o material com maior porcentagem de REIT dentre os clones estudados, com mais de 70,5%. Fato que pode ser explicado pelo relato de Oliveira et al. (2012) que, utilizando 476  $\mu\text{g L}^{-1}$  e todos os genótipos híbridos de *Eucalyptus globulus* presentes neste trabalho, verificou que o C-16 foi o responsável pelo mais rápido enraizamento das miniestacas, tendo em torno de 10% destas enraizadas aos 14 dias, o que tende a refletir no tamanho das raízes no final do período de casa de vegetação.

A dose mais elevada utilizada (475  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) foi responsável pela maior média dentre as soluções nutritivas e, ainda, a maior média alcançada por 75% dos híbridos de *Eucalyptus globulus*, como se pode verificar na Tabela 4. Esta também apresenta queda numérica de quase 9% de REIT do clone 1213 com o acréscimo das doses de boro a partir da solução padrão, sendo que, no tratamento com maior concentração de B, este material obteve o pior resultado numérico dentre todos os genótipos testados.

**Tabela 4:** Percentagem de raízes visíveis na extremidade inferior do tubete - REIT das miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação, em função de doses de B ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

| Clones | Raízes visíveis na extremidade inferior do tubete _-<br>REIT (%) |         |         |         |          |
|--------|--|---------|---------|---------|----------|
|        | Doses de B ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )                              |         |         |         |          |
|        | 78   | 157     | 237     | 356     | 475      |
| C-04   | 56,95 a  | 60,26 a | 60,18 a | 60,93 a | 62,33 bc |
| C-16   | 65,21 a  | 64,31 a | 66,33 a | 64,93 a | 73,11 ab |
| C-26   | 69,39 a  | 68,54 a | 64,76 a | 68,74 a | 76,44 a  |
| C-30   | 63,12 a  | 60,40 a | 68,45 a | 66,19 a | 60,99 bc |
| 1213   | 66,37 a  | 56,03 a | 69,00 a | 67,05 a | 60,28 c  |
| Média  | 64,21  | 61,91   | 65,75   | 65,57   | 66,63    |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem pelo teste Tukey ( $p=0,01$ ) em uma mesma dose.



**Figura 2:** Influência de doses de B ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ), aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal, na porcentagem de REIT - raízes visíveis na extremidade inferior do tubete de miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação

Os clones propagados por meio da miniestquia, no experimento conduzido por Oliveira et al. (2012), tiveram um baixo percentual de REIT, sendo o clone C-16 responsável pelo maior valor numérico, 51% das miniestacas com raízes maiores que 10 cm aos 35 dias após o estaqueamento. Já os clones C-04, C-26 e C-30 alcançaram 12,5; 9,38 e 6,25% respectivamente, para estacas apicais sem aplicação de regulador de crescimento e com redução foliar.

Estes valores, se comparados às médias apresentadas na Tabela 4, demonstram a adequação das atividades de manejo da estrutura climatizada, uma vez que as médias alcançadas neste trabalho foram 23,6; 79,2; 86,5 e 90,2% superiores às relatadas por Oliveira et al. (2012) para os respectivos clones.

Dado o manejo adequado da casa de vegetação e verificando o modelo estatístico linear positivo e significativo descrito na Figura 2 para o clone C-16, recomendam-se novos estudos com doses ainda maiores de boro com o intuito de verificar a dose ótima para tal variável, o que tende a ocasionar acréscimo do número de lotes de miniestacas no decorrer do ano, otimizando a utilização da estrutura.

O desenvolvimento da massa de matéria seca da parte aérea – MSPA no caso do C-04 foi inversamente proporcional às doses aplicadas (Figura 5). Indicando que a elevação da concentração do boro ocasionou queda gradativa no desenvolvimento das estacas, mas não no seu enraizamento nem na produtividade das minicepas (Tabela 2, Figura 1). Para os demais clones estudados não houve efeito significativo das doses de B sobre a MSPA (Tabela 5, Figura 3).

Como não foi possível determinar a dose ótima de boro para o clone C-04, recomendam-se novos trabalhos, sendo interessante avaliar efeito de doses inferiores a  $78 \mu\text{g L}^{-1}$  devido ao fato de que os tratamentos utilizados não influenciaram as demais variáveis para este genótipo.

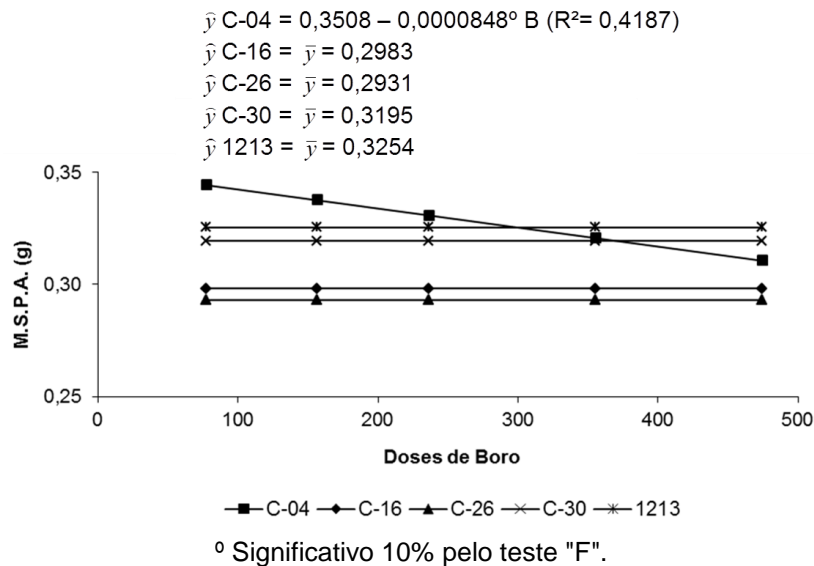
Esta influência negativa do boro sobre a formação da parte aérea, apesar da inexistência de sintomas nas minicepas e miniestacas, pode estar relacionada à toxidez do nutriente. Segundo Higashi et al. (2002), é muito comum a toxidez por B em minijardim clonal e, em casos mais graves, pode ocorrer até a mortalidade das minicepas

Como o crescimento da parte aérea é um evento secundário, na fase de casa de vegetação durante a propagação assexuada via miniestaquia, a dose ótima para a variável MSPA não deve prejudicar a formação do sistema radicular, principal objetivo desta fase do processo.

**Tabela 5:** Médias da massa de matéria seca da parte aérea de miniestacas de das miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação, em função das diferentes doses de B ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

| Clones | Matéria seca de parte aérea – MSPA (g) |          |          |          |          |
|--------|--|----------|----------|----------|----------|
|        | Doses de B ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )    |          |          |          |          |
|        | 78                                     | 157      | 237      | 356      | 475      |
| C-04   | 0,3495 a                               | 0,3487 a | 0,3030 a | 0,3286 a | 0,3139 a |
| C-16   | 0,2863 b                               | 0,3009 a | 0,3077 a | 0,2954 a | 0,3011 a |
| C-26   | 0,2793 b                               | 0,3021 a | 0,3064 a | 0,2945 a | 0,2832 a |
| C-30   | 0,3134 ab                              | 0,3232 a | 0,3048 a | 0,3298 a | 0,3264 a |
| 1213   | 0,3050 ab                              | 0,3528 a | 0,3229 a | 0,3089 a | 0,3371 a |
| Média  | 0,3067                                 | 0,3255   | 0,3090   | 0,3114   | 0,3123   |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem pelo teste Tukey ( $p=0,01$ ) em uma mesma dose.



**Figura 3:** Influência de doses de B ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ), aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal, na massa de matéria seca da parte aérea de miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referencia), após 30 dias de casa de vegetação

A Tabela 6, que mostra comparações entre os clones em uma mesma dose, apresenta a superioridade numérica do clone 1213 em relação a 75% dos híbridos de *Eucalyptus globulus*, em todas as doses, para o processo de formação de raízes, sendo que no caso do C-26, esta superioridade é de quase 30%. Fato que demonstra a maior eficiência deste genótipo e confirma a observação de Oliveira et al. (2012), que relataram a maior demanda destes clones híbridos de *Eucalyptus globulus* por maior tempo de permanência em casa de vegetação em relação a maioria dos genótipos comerciais.

Dentre os clones híbridos de *Eucalyptus globulus* o C-04, se destacou por suplantar numérica e estatisticamente os demais, além de igualar-se ao 1213, sendo sua MSR 20% maior que as médias entre as doses do clone C-26 (Figura 6).

Este genótipo (C-26) foi responsável pelos piores resultados nas variáveis que permitiram avaliar o desenvolvimento na formação da muda (MSPA e MSR) e, concomitantemente, pelos melhores percentuais de enraizamento e REIT, parâmetros que indicam a predisposição à propagação assexuada e ao crescimento radicular. O que leva a crer que o C-26 demandará maior período de produção, devido a sua menor velocidade de

desenvolvimento, comparativamente aos demais genótipos testados. Este fato levanta a hipótese de que este clone deve ser mais exigente nutricionalmente, ou menos eficiente na utilização do boro.

**Tabela 6:** Médias da massa de matéria seca de raiz de miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação, em função de doses de B ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

| Clones | Matéria seca de raiz – MSR (g)      |            |           |           |           |
|--------|-------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
|        | Doses de B ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) |            |           |           |           |
|        | 78                                  | 157        | 237       | 356       | 475       |
| C-04   | 0,0813 a                            | 0,0816 ab  | 0,0875 ab | 0,0852 ab | 0,0855 ab |
| C-16   | 0,0755 ab                           | 0,0719 abc | 0,0721 c  | 0,0702 c  | 0,0857 ab |
| C-26   | 0,0633 b                            | 0,0651 bc  | 0,0741 c  | 0,0689 c  | 0,0655 c  |
| C-30   | 0,0710 ab                           | 0,0631 c   | 0,0806 c  | 0,0767 c  | 0,0741 b  |
| 1213   | 0,0851 a                            | 0,0884 a   | 0,0995 a  | 0,1004 a  | 0,1022 a  |
| Média  | 0,0752                              | 0,0740     | 0,0828    | 0,0803    | 0,0826    |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem pelo teste Tukey ( $p=0,01$ ) em uma mesma dose.

Como Oliveira et al. (2012) verificaram que o número de raízes por miniestaca para este material não foi influenciado pela micropropagação, resta então pensar que mais estudos nutricionais, não somente em solução nutritiva mas em todas as fases do processo produtivo, são necessários.

O que comprova tal teoria é a variável matéria seca total – MST, somatório entre MSPA e MSR, que permite verificar acréscimo de MST de mais de 8% quando comparada a dose ótima ( $277 \mu\text{g L}^{-1}$ ) estabelecida pelo modelo quadrático (Figura 4) com a dose mínima ( $78 \mu\text{g L}^{-1}$ ), verificando a influência do nutriente no desenvolvimento deste material.

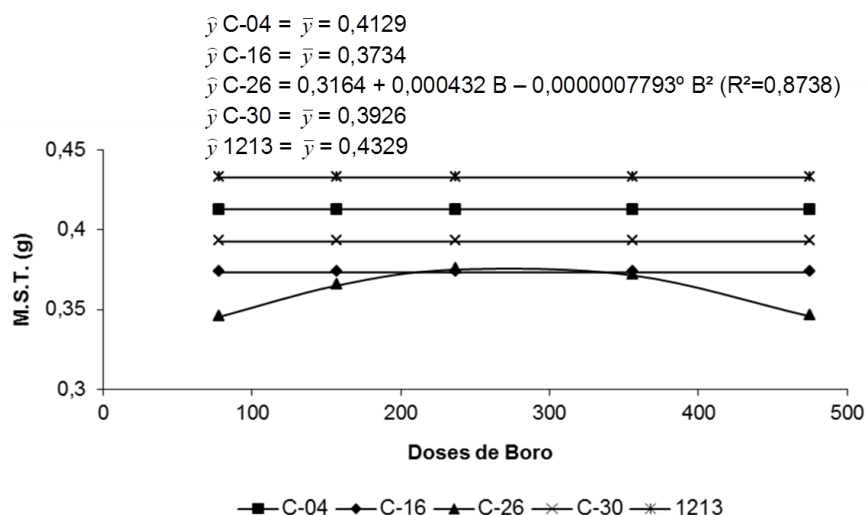
Outro genótipo que segue mesma tendência em relação à demanda por conhecimentos ligados aos tratos culturais em viveiro é o C-16, pois, obteve os piores resultados na maioria das variáveis avaliadas. Mas pode-se dizer que houve avanço, uma vez que Oliveira et al. (2012) demonstrou sua resposta significativa ao rejuvenescimento ocasionado pela micropropagação seriada, e que este trabalho verificou uma tendência de maior demanda nutricional por boro (verificado na Tabela 7, comparando-se as doses testadas). Assim, pode-se supor que estudos futuros que utilizem doses superiores a  $475 \mu\text{g L}^{-1}$  em

miniéstacas rejuvenescidas tendem a otimizar o processo de desenvolvimento deste clone.

**Tabela 7:** Médias da massa de matéria seca total de miniéstacas de miniéstacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação, em função de doses de B ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

| Matéria seca total – MST (g) |                                     |           |          |          |           |
|------------------------------|-------------------------------------|-----------|----------|----------|-----------|
| Clones                       | Doses de B ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) |           |          |          |           |
|                              | 78                                  | 157       | 237      | 356      | 475       |
| C-04                         | 0,4308 a                            | 0,4302 ab | 0,3905 a | 0,4138 a | 0,3994 ab |
| C-16                         | 0,3619 ab                           | 0,3729 ab | 0,3798 a | 0,3656 a | 0,3868 ab |
| C-26                         | 0,3426 b                            | 0,3672 b  | 0,3805 a | 0,3634 a | 0,3487 b  |
| C-30                         | 0,3844 ab                           | 0,3863 ab | 0,3855 a | 0,4065 a | 0,4005 ab |
| 1213                         | 0,3901 ab                           | 0,4411 a  | 0,4224 a | 0,4093 a | 0,4393 a  |
| Média                        | 0,3820                              | 0,3995    | 0,3917   | 0,3917   | 0,3949    |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem pelo teste Tukey ( $p=0,01$ ) em uma mesma dose.



**Figura 4:** Influência de doses de B ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ), aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal, na massa de matéria seca total de miniéstacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação

#### 4. CONCLUSÕES:

- 1) As doses de boro testadas não influenciam a sobrevivência, enraizamento e o desenvolvimento do sistema radicular das miniestacas dos clones avaliados.
- 2) Para produtividade, no caso do clone C-30, o boro foi responsável por ganhos superiores a 16% de produtividade das minicepas se comparadas a dose mínima ( $78 \mu\text{g L}^{-1}$ ) e a dose ótima ( $290,31 \mu\text{g L}^{-1}$ ).
- 3) Os clones híbridos de *Eucalyptus globulus*, apresentaram resultados relevantes para produtividade, boa predisposição ao enraizamento e ainda excelente sobrevivência, indicando potencial para propagação em escala.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

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

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**, v.35, n.3, pp. 425-434, 2011.

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

CUNHA, A.C.M.C.M.; WENDLING, I.; SOUZA-JÚNIOR, L. Produtividade e sobrevivência de minicepas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage em sistema de hidroponia e em tubetes. **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 minicepas com o número de miniestacas de eucalipto. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v.36, n.79, p.203-213, set. 2008.



CUNHA, A.C.M.C.M.; PAIVA, H.N.; BARROS, N.F.; LEITE, H.G.; LEITE, F.P. Relação do estado nutricional de minicepas com o enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:591-599, 2009a.

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

FONSECA, S.M.; RESENDE, M.D.V.; ALFENAS, A.C.; GUIMARÃES, L.M.S.; ASSIS, T.F.; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prático de melhoramento genético do eucalipto**. Viçosa, MG, Ed. UFV, 2010. 200p.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N.; **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 3. ed. – Viçosa: UFV, 2011. 116p. (Caderno didático; 72).

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. Monitoramento nutricional e fertilização em macro, mini e microjardim clonal de *Eucalyptus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba, SP: IPEF, 2000. p. 191–217.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. **Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus***. Piracicaba: IPEF, 2002. 24 p. (Circular Técnica, 194).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE. **Cidades. Minas Gerais; Senso 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/317130>. Acesso em: 12 de jul. 2012

LUCASZEWSKI, K. M.; BLEVINS, D. G; Root growth inhibition in boron-deficient or aluminum-stressed squash may be a result of impaired ascorbate metabolism. **Plant Physiology**, v.112, p. 1135-1140, 1996.

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

MARTINEZ, H. E. P.; CLEMENTE, J.M.; **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011. 76p.

MATTIELLO, E. M.; **Transporte no solo, absorção e translocação de boro por clones de eucalipto**. 2008. 98 f..Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

NUNES, F. N., **Crescimento e expressão gênica em clones de eucalipto influenciados pelo boro e déficit hídrico**. 2010. 65 f..Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

OLIVEIRA, L. S.; XAVIER, A.; DIAS, P. C.; CORREA, 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**, v. 40, n. 96 p.507-516, dez. 2012

PAIM, D.C.; RUEDELL, C.M.; SCHWAMBACH, J.; FETT NETO, A.G. Physiological characterization of adventitious rooting in *Eucalyptus globulus* x *maidenii* minicuttings. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 10., 2005, Recife. **Anais...** Campinas: SBFV, 2005, p.34-37.

ROSA, L. S. da **Adubação nitrogenada e substratos na miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2006. 89p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2006.

ROSA, L. S.; WENDLING, I.; GROSSI, F.; REISSMANN, C. B.; Efeito da dose de Nitrogenio e de formações de substratos na miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.6, p.1025-1035, 2009.

SILVEIRA, R. L. V. de A.; MOREIRA, A.; HIGASHI, E. N. Crescimento e sobrevivência de mudas de eucalipto sob doses de boro cultivadas em condições de viveiro e de campo. **Ciências agrotécnicas**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 366-371, mar./abr., 2004.

SOUZA, C. C.; **Padrões de miniestacas e densidade de minicepas na propagação clonal de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla***. 2012. 57f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

STEEL, R. G. D.; TORRE, J. H. and Dickey D. A.; 1997. **Principles and procedures of statistics. A biometrical approach**. 3. ed., New York: McGraw Hill Book Co.,1997. 666 p.

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

WENDLING, I.; XAVIER, A.; GOMES, J.M.; PIRES, I.E.; ANDRADE, H.B. Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. **Revista Árvore**, v.24, n.1, p.181-186, 2000.

WENDLING, I.; XAVIER, A.; PAIVA, H.N. Influência da miniestaquia seriada no vigor de minicepas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.27, n.5, 2003. p. 611-618.

XAVIER A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2. ed., Viçosa, MG: UFV, 2013. 278 p.

## PRODUTIVIDADE DE MINICEPAS E ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE HÍBRIDOS DE *Eucalyptus globulus* LABILL. EM RESPOSTA A Zn.

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de zinco em fertirrigação de minijardim clonal, quanto à produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas. Para isto, utilizaram-se dois clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* (C-04 e C-16); dois de *Eucalyptus grandis* x *E. globulus* (C-26 e C-30) e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (1213) como referência. Adotou-se o arranjo de parcelas subdivididas, onde as cinco doses de Zn testadas (19, 37, 56, 84 e 112  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) constituíram as parcelas e os clones as subparcelas, no delineamento estatístico de blocos ao acaso. Em relação às miniestacas, foram analisados os dados referentes a sobrevivência, enraizamento, raízes visíveis na extremidade inferior do tubete, massa seca de parte aérea, massa seca de raiz e massa seca total, posteriormente a 30 dias de casa de vegetação. As avaliações de produtividade ocorreram semanalmente já os estaqueamentos quinzenalmente. Verificou-se que o zinco influenciou positivamente a porcentagem de raízes visíveis na extremidade inferior do tubete e a formação de matéria seca total para o clone C-04 de forma linear negativa e quadrática (70,0  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), respectivamente. O mesmo ocorreu em relação ao clone C-16 na formação da parte aérea e na formação da massa seca total, ambas de forma linear positiva. Porém, tal nutriente não influenciou significativamente a produtividade das minicepas, a sobrevivência e o enraizamento das miniestacas. Em relação aos clones avaliados, observaram-se resultados relevantes, para enraizamento dos híbridos de *Eucalyptus globulus* quando comparados ao clone referência, tendo estes superado (C-26) ou simplesmente igualado estatisticamente a ele, independentemente da dose testada.

**Palavras-chave:** Miniestaquia, nutrição mineral, propagação vegetativa.

## PRODUCTIVITY OF MINI-STUMPS AND ROOTING OF MINI-CUTTINGS FROM HYBRIDS *Eucalyptus globulus* LABILL. IN RESPONSE TO Zn.

**ABSTRACT:** The aim of this study was to evaluate the effect of doses of zinc in fertigation of mini-clonal hedge regarding productivity of mini-stumps and rooting of mini-cuttings. To achieve this, were used two clones of *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* (C-04 and C-16), two of *Eucalyptus grandis* x *E. globulus* (C-26 and C-30) and one clone of *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (1213) as referential. We adopted a split plot arrangement, where the five tested rates of Zn (19, 37, 56, 84 e 112  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) constituted the plots and clones the subplots, in statistical design of randomized blocks. Regarding the mini-cuttings, were analyzed data on survival, rooting, visible roots at the lower end of the tube, shoot dry mass, root dry mass and total dry mass after 30 days at a greenhouse. The evaluations of productivity occurred weekly, while the pilings were biweekly. Was verified that zinc positively influenced the percentage of visible roots at the lower end of the tube and the formation of total dry matter for clone C-04 in negative and quadratic linear effect (70,0  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), respectively. The same occurred to the clone C-16 regarding to formation of shoots and total dry matter formation, both positive linear. However, this nutrient did not significantly influenced the productivity of the mini-stumps, neither the survival or rooting of mini-cuttings. Regarding the evaluated clones, significant results were observed for rooting of *Eucalyptus globulus* hybrids when compared to the referential clone. And these have supplanted (C-26) or simply statistically equaled to it, regardless the tested dose.

**Key-words:** Mini-cuttings technique, mineral nutrition, vegetative propagation

## 1. INTRODUÇÃO

O segmento de celulose e papel brasileiro tem na madeira das espécies de *Eucalyptus* seu principal insumo, tendo o *Eucalyptus globulus* despertado grande interesse para as empresas brasileiras, em razão de possuir excelente rendimento em celulose, alta densidade da madeira, baixo teor de lignina e menor consumo de cloro no branqueamento, porém apresenta certa restrição de adaptação às regiões com altas temperaturas e invernos secos, além de sua dificuldade no enraizamento, sendo considerada uma espécie recalcitrante à rizogênese (FONSECA et al., 2010).

Diante disso, a técnica de hibridação interespecífica foi apontada por Assis & Mafia (2007) como uma forma de contornar estes obstáculos, buscando desenvolver materiais genéticos que conciliem qualidade da madeira com maior produtividade, razoável competência rizogênica, além de adaptação às condições climáticas das regiões mais quente do Brasil.

O manejo nutricional do minijardim clonal também foi citado por Higashi et al.(2002); Cunha et al. (2008); Alfenas et al. (2009) e Xavier et al. (2013) como um dos fatores de maior relevância na produção massal de propágulos vegetativos, logo, fundamental para a propagação clonal de qualquer espécie.

Sendo o zinco um dos principais micronutrientes ao processo de enraizamento, conhecer sua ação sobre a produtividade das minicepas de diferentes clones híbridos de *Eucalyptus globulus*, bem como na formação de raízes adventícias, é fundamental para o sucesso deste processo de propagação.

O zinco é absorvido como íon  $Zn^{++}$  e quelatos. É essencial para a formação de carboidratos, concentrando-se no cloroplasto, vacúolo e membranas celulares. Age como componente metálico de enzimas ou cofator em grande número delas, como desidrogenases, superóxido dismutase, anidrase carbônica e RNA polimerase. Como ativador enzimático, participa do metabolismo de carboidratos e de proteínas (GOMES & PAIVA, 2011; MARTINEZ & CLEMENTE, 2011).

Skoog (1940) verificou que a diminuição de auxina é um sintoma visível da deficiência de zinco em plantas mantidas sob níveis extremos de deficiência deste nutriente sendo que o aumento da auxina ocorre em poucos dias após a

aplicação do Zn na solução. Hartmann et al. (2002) afirmaram que o aumento dos níveis endógenos de Ácido indolacético - AIA pode ser favorecido pelo zinco, por meio do seu efeito no aumento da produção do triptofano.

Martinez & Clemente (2011) apontaram como características marcantes da deficiência de Zn o aparecimento de regiões cloróticas que, em seguida, ficam necrosadas, folhas pequenas, redução do crescimento, formação de rosetas e encurtamento dos entrenós.

Em *Eucalyptus maculata*, *E. marginata* e *E. patens*, a deficiência de zinco causou redução no peso e no comprimento das raízes. Porém, quando o suprimento do nutriente foi elevado, ocorreu toxidez e inibição do alongamento das raízes (MARSCHNER, 1995).

Em *Eucalyptus globulus*, a porcentagem de enraizamento de microestacas foi influenciada por zinco. Sendo que a remoção de zinco resultou em decréscimo de enraizamento e queda no número de raízes por estaca (SCHAWAMBACH et al., 2005)

Visando aperfeiçoar o processo produtivo de genótipos superiores de híbridos de *Eucalyptus globulus*, buscou-se maior entendimento sobre a influência do zinco em uma situação semelhante ao operacional da maioria das empresas brasileiras, isto é, em fertirrigação de minijardim clonal, avaliando a produtividade das minicepas e o enraizamento das miniestacas.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal, localizado no *campus* da Universidade Federal de Viçosa, na cidade de Viçosa – Minas Gerais, no período de agosto de 2011 a junho de 2012.

Viçosa está situada na Zona da Mata Norte, latitude 20° 45' 20"S e longitude 42° 52'40", a 649 metros acima do nível do mar. O clima desta região é do tipo Cwb (verões chuvosos e invernos frios e secos) segundo a classificação de Köeppen. A temperatura mínima média anual de 13,2°C e 25,6°C, para a temperatura máxima. Umidade relativa do ar média de 80% e precipitação média de 1315 mm/ano (IBGE, 2010).

O efeito de cinco doses de zinco (19, 37, 56, 84 e 112  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) em fertirrigação, foram testadas, sobre a produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de cinco clones, sendo dois clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* (C- 04 e C- 16), dois clones de *Eucalyptus grandis* x *E. globulus* (C-26 e C- 30) e um clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (1213).

Adotou-se um arranjo de parcelas subdivididas no qual as parcelas eram as doses e as subparcelas os clones. Este arranjo foi disposto no delineamento estatístico de blocos ao acaso, em três repetições. Cada parcela foi constituída por 80 minicepas, sendo 16 de cada clone (subparcela).

O minijardim, em alvenaria, era fechado lateralmente com Clarite<sup>®</sup>, com teto plástico fixo e piso cimentado. Cada um dos leitos do minijardim tinham 0,8 x 15,6 m sendo que a cada 1,2 m de comprimento, constituía-se uma parcela. Estas foram cuidadosamente isoladas por placas de fibra e lona plástica, visando diminuição da possibilidade de contaminação pela solução nutritiva aplicada nas parcelas vizinhas. O leito foi construído com inclinação de 1%, 30 cm de profundidade, sendo 5 cm de brita, visando melhor drenagem, e 25 cm de areia.

O sistema de irrigação adotado foi o gotejamento, utilizando quatro fitas de irrigação com gotejadores espaçados a cada 30 cm, isto é, 16 gotejadores por parcela, bomba hidráulica de 0,5 cv por tratamento.

Os reservatórios tinham capacidade efetiva de 140 litros de solução nutritiva, sendo que a vazão adotada na fertirrigação foi de 5 L/m<sup>2</sup>/dia. Este volume foi distribuído em cinco aplicações de três minutos, via sistema automatizado por *timer* digital, sendo realizadas às 9:00, 11:00, 13:00, 15:00 e 17:00 horas.

Três semanas antes do plantio foi realizado poda dos ápices, visando à perda de dominância apical e em alguns casos rebaixamento da cepa. Na semana que antecedeu o plantio foi aplicado fosfato monoamônio, à concentração de 1,5%, 5 mL por tubete. As minicepas foram plantadas no minijardim clonal em agosto de 2011, no espaçamento 10 x 10 cm.

O manejo do minijardim consistiu em monitoramento integrado de pragas e doenças (MIPD), trocas das soluções nutritivas, monitoramento de

produtividade e aferição de condutividade elétrica (CE) e potencial hidrogeniônico (pH).

A aferição da CE e pH foram realizados em média a cada duas semanas, com o auxílio de um condutivímetro e um Phmetro portátil, visando a manutenção deste entre 5,5 a 6,5 e a daquela entre 1,5 e 2,0 mS.cm<sup>-1</sup>. O monitoramento do pH foi realizado nos recipientes de armazenamento das soluções nutritivas; já a CE foi monitorada no efluente de cada parcela. Quando necessário foi realizada correção individual, através de aplicação de água pura utilizando chuveiro de irrigação.

O MIPD consistiu-se no monitoramento e identificação do agente, utilização de catação manual, higienização do leito através de retirada de qualquer tecido em decomposição, utilização de produtos alternativos e não tóxicos, como o óleo de neen, visando o controle do oídio e ácaro. Quando estes mecanismos não foram satisfatórios, foi realizado controle químico, através de defensivos agrícolas.

Durante o experimento foi necessário a utilização de fungicidas como BAYFIDAN<sup>®</sup> (Triadimenol) e FOLICUR<sup>®</sup> (Tebucunazole), visando controle da ferrugem do eucalipto (*Puccinia psidii*), *Quambalaria eucalypti* e *Cylindrocladium* sp.. Sendo também utilizado DECIS<sup>®</sup> (Deltametrina) para controlar a incidência da mosca do viveiro e pulgões. É importante ressaltar que o controle fitossanitário ocorreu sempre de modo curativo e utilizando todos os equipamentos de segurança necessários às aplicações seguindo recomendação de Alfenas et al. (2009).

Após a implantação das minicepas no minijardim, iniciou-se a fertirrigação visando homogeneizar o estado fisiológico na formação da copa antes do início da aplicação dos tratamentos; para tanto, utilizou-se uma solução nutritiva composta de nitrato de cálcio (0,920 g L<sup>-1</sup>), cloreto de potássio (0,240 g L<sup>-1</sup>), nitrato de potássio (0,140 g L<sup>-1</sup>), monoamônio fosfato (0,096 g L<sup>-1</sup>), sulfato de magnésio (0,364 g L<sup>-1</sup>), Ferrilene<sup>®</sup> (0,040 g L<sup>-1</sup>), ácido bórico (2,800 mg L<sup>-1</sup>), sulfato de zinco (0,480 mg L<sup>-1</sup>), sulfato de manganês (1,120 mg L<sup>-1</sup>), sulfato de cobre (0,100 mg L<sup>-1</sup>) e molibdato de sódio (0,040 mg L<sup>-1</sup>). O intervalo de aplicação foi de agosto de 2011 a janeiro de 2012, data em que teve início a aplicação dos tratamentos.



Tais sais e suas respectivas quantidades proporcionaram as seguintes doses para os nutrientes:  $\text{NO}_3^-$  159,400  $\text{mg L}^{-1}$ ;  $\text{NH}_4^-$  11,520  $\text{mg L}^{-1}$ ;  $\text{P}^-$  25,133  $\text{mg L}^{-1}$ ;  $\text{K}$  172,720  $\text{mg L}^{-1}$ ;  $\text{Ca}^-$  174,800  $\text{mg L}^{-1}$ ;  $\text{Mg}^-$  32,760  $\text{mg L}^{-1}$ ;  $\text{S}^-$  43,628  $\text{mg L}^{-1}$ ;  $\text{B}^-$  0,476  $\text{mg L}^{-1}$ ;  $\text{Fe}^-$  2,400  $\text{mg L}^{-1}$ ;  $\text{Cu}^-$  0,025  $\text{mg L}^{-1}$ ;  $\text{Mn}^-$  0,364  $\text{mg L}^{-1}$ ;  $\text{Zn}^-$  0,096  $\text{mg L}^{-1}$  e  $\text{Mo}^-$  0,016  $\text{mg L}^{-1}$ .

Os tratamentos aplicados foram derivados de uma solução nutritiva de um viveiro comercial<sup>3</sup>, que passou a ser considerada padrão, sendo a dose de Zn utilizada considerada 100%, ou testemunha, variando 33%, 66%, 150% e 200% desta dose para os demais tratamentos. Testando, assim, as doses de 19, 37, 56, 84 e 112  $\mu\text{g L}^{-1}$ .

Visando facilitar a logística do experimento foram adotadas seis soluções estoque empregadas para produção de 900 L, cada: Solução estoque 1 (Nitrato de cálcio – 5,28 kg e Cloreto de cálcio – 18,90 kg); Solução estoque 2 (Sulfato de magnésio – 17,78 kg, Fosfato de potássio – 8,70 kg, Sulfato de potássio 22,78 kg, Sulfato de amônio – 2,95 kg); Solução estoque 3 (Nitrato de amônio – 24,49 kg); Solução estoque 4 (Ácido bórico – 1100,00 g); Solução estoque 5 (Sulfato de zinco – 200,00 g) e Solução estoque 6 (Sulfato de cobre – 150,00 g; Sulfato de manganês – 599,87 g, Ferrilene<sup>®</sup> - 26095,42 g, Molibdato de sódio – 30,00 g).

A solução nutritiva comercial foi aplicada a partir de janeiro de 2012, sendo os tratamentos aplicados a partir de fevereiro de 2012. A sobrevivência e a produtividade das minicepas juntamente com o enraizamento das miniestacas foram avaliadas durante os meses março, abril e maio de 2012.

Semanalmente eram feitas coletas das miniestacas produzidas visando quantificar a produtividade das minicepas. Quinzenalmente foi retirada uma amostra de 16 miniestacas/subparcela, visando avaliar a influência dos tratamentos no enraizamento e na formação de massa de matéria seca de parte aérea, raiz e total, ao final do período de casa de vegetação (trinta dias).

As miniestacas com 8 a 10 cm de comprimento e dois a três pares de folhas inteiras mais o ápice sem redução foliar, antes e durante a coleta, receberam pulverização de água pura via pulverizador manual; posteriormente,

---

<sup>3</sup> A solução nutritiva utilizada em minijardim clonal com leito de areia de um viveiro comercial apresenta as seguintes doses:  $\text{NO}_3^-$  50,000  $\text{mg L}^{-1}$ ,  $\text{NH}_4^-$  59,089  $\text{mg L}^{-1}$ ,  $\text{P}^-$  22,000  $\text{mg L}^{-1}$ ,  $\text{K}^-$  132,827  $\text{mg L}^{-1}$ ,  $\text{Ca}^-$  66,667  $\text{mg L}^{-1}$ ,  $\text{Mg}^-$  17,778  $\text{mg L}^{-1}$ ,  $\text{S}^-$  77,022  $\text{mg L}^{-1}$ ,  $\text{B}^-$  0,237  $\text{mg L}^{-1}$ ,  $\text{Fe}^-$  1,933  $\text{mg L}^{-1}$ ,  $\text{Cu}^-$  0,047  $\text{mg L}^{-1}$ ,  $\text{Mn}^-$  0,241  $\text{mg L}^{-1}$ ,  $\text{Zn}^-$  0,056  $\text{mg L}^{-1}$  e  $\text{Mo}^-$  0,015  $\text{mg L}^{-1}$ .

foram transportadas para a casa de vegetação em caixas plásticas com tampas e estaqueadas em tubetes de polipropileno com volume de 54,0 cm<sup>3</sup>, dispostos em grades de 96 unidades.

Estas embalagens juntamente com os suportes foram desinfestados através de imersão em água a 70°C por 3 minutos, como recomendado por Alfnas et al. (2009), e preenchidos através de mesa compactadora com o substrato comercial, formado pela mistura de composto de casca de pinus, vermiculita com granulometria média, fibra de coco e casca de arroz carbonizada. A adubação de base utilizada foi composta de superfosfato simples (6,00 kg/m<sup>3</sup>).

A casa de vegetação era automatizada, possuindo sistema de irrigação via nebulização e janela zenital para controle da umidade mínima superior a 80% e a temperatura inferior a 30°C. Tal estrutura também contava com bancadas de alvenaria e piso cimentado.

As amostras de miniestacas retiradas durante o monitoramento de produtividade foram estaqueadas seguindo a mesma casualização do minijardim clonal. Cada grade tinha dezesseis miniestacas de cada clone, representando as cinco subparcelas por parcela.

Após trinta dias em casa de vegetação, foram avaliadas as percentagens de sobrevivência (%SOB), formação de raízes visíveis na extremidade inferior do tubete (%REIT) e enraizamento (%ENR). Foi analisada, também, a influência dos tratamentos no crescimento do sistema radicular e parte aérea das miniestacas, imediatamente posterior à saída da casa de vegetação, através do peso médio da massa de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular das miniestacas sobreviventes; utilizando estufa de circulação de ar a 65°C por 72 horas.

Para efeito das avaliações, foram consideradas enraizadas as miniestacas com raízes maiores ou iguais a 0,5 cm e sobreviventes aquelas com coloração verde e emissão de brotações.

Como foi utilizado o delineamento blocos ao acaso, no arranjo parcelas subdivididas, o efeito de dose dentro de cada clone foi avaliado mediante equações de regressão selecionadas com base na significância dos coeficientes considerados, quadrado médio do resíduo combinado pela fórmula de Satterhwaite (1949), citado por Stell et al (1997), e respectivos números de

graus de liberdade e ainda nos valores de  $R^2$ . As análises de regressão foram realizadas em nível de 1, 5 e 10% de probabilidade, utilizando o programa Statistica versão 7.0. Para verificar o efeito de Zn sobre clone foi aplicado o Teste de Tukey, a 5 % de probabilidade

## 2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após três meses de monitoramento, com colheitas semanais no minijardim e estaqueamentos quinzenais, verificou-se produtividade média geral de 7,6 miniestacas/minicepa/mês, com enraizamento médio das miniestacas de 84,1%, sendo que 64% destas apresentavam raízes visíveis na extremidade inferior do tubete, posterior ao período de casa de vegetação.

Os coeficientes de variação experimental das subparcelas flutuaram de 2,71 a 10,63%, enquanto os das parcelas de 4,93 a 15,99%, sendo estes valores iguais ou inferiores aos encontrados por Wendling et al. (2000); Wendling et al. (2003); Rosa et al. (2009); Borges et al. (2011) e Souza (2012) dentre outros autores que trabalharam com miniestaquia, demonstrando precisão experimental.

Durante a condução da experimentação não foram observados sintomas de deficiência e toxidez de Zn nas minicepas avaliadas. Apesar disto, verificou-se a existência de efeito significativo das doses de zinco na % REIT para o clone C-04 e, também, no desenvolvimento de matéria seca da parte aérea do clone C-16, na matéria seca da raiz (C-04) e matéria seca total no caso do clone C-16. Entretanto, não foram observados efeitos significativos das doses testadas para a produtividade, enraizamento e sobrevivência das miniestacas para nenhum dos clones avaliados.

Verificou-se que os percentuais de sobrevivência dos propágulos dentre todos os genótipos utilizados não foram influenciados pelas doses de zinco aplicadas à solução nutritiva (Tabela 1), indicando que a menor dose ( $19 \mu\text{g L}^{-1}$ ) foi suficiente para a manutenção do vigor das miniestacas durante o período de casa de vegetação.

Visto que os clones responderam de forma semelhante às diferentes doses aplicadas, tem-se a possibilidade de utilização de mesmo manejo das

estruturas utilizadas, o que facilita a gestão do viveiro florestal devido à padronização da logística interna.

O percentual de sobrevivência das miniestacas posterior ao tempo de permanência em casa de vegetação, segundo Titon et al. (2002), embora não represente um resultado concreto do enraizamento, torna-se relevante pois demonstra a eficiência do controle das variáveis ambientais, como umidade e temperatura no interior da estrutura de propagação, bem como o vigor dos propágulos utilizados. Esta alta sobrevivência também indica êxito das atividades de manejo de pragas e doenças na referida estrutura fato que influência de forma direta no item avaliado.

**Tabela 1:** Percentagem de sobrevivência de miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação, em função de doses de Zn ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ), aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

| Clones | Sobrevivência (%)                    |          |         |         |         |
|--------|--------------------------------------|----------|---------|---------|---------|
|        | Doses de Zn ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) |          |         |         |         |
|        | 19                                   | 37       | 56      | 84      | 112     |
| C-04   | 96,53 a                              | 96,88 a  | 94,10 a | 94,79 a | 96,18 a |
| C-16   | 92,01 a                              | 87,15 b  | 88,19 a | 92,71 a | 93,75 a |
| C-26   | 97,22 a                              | 97,22 a  | 93,75 a | 96,18 a | 94,44 a |
| C-30   | 93,75 a                              | 87,85 ab | 92,36 a | 95,14 a | 94,79 a |
| 1213   | 94,44 a                              | 93,06 ab | 90,63 a | 97,92 a | 94,44 a |
| Média  | 94,79                                | 92,43    | 91,81   | 95,35   | 94,72   |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem pelo teste Tukey ( $p=0,05$ ) em uma mesma dose.

A alta sobrevivência das miniestacas, verificada na Tabela 1, foi também descrita por Borges et al. (2011) e Oliveira et al. (2012), ambos trabalhando com os mesmos genótipos híbridos de *Eucalyptus globulus*, utilizando dose de zinco igual a  $96 \mu\text{g L}^{-1}$ . Estes autores apresentaram valores médios de, respectivamente, 91 e 86% de sobrevivência para miniestacas apicais sem a utilização do regulador de crescimento ácido indolbutírico - AIB, sendo a maioria dos resultados encontrados neste trabalho superior às médias dos autores supracitados.

Outros autores apresentaram menores percentuais de sobrevivência, como 83% para miniestacas de três clones de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* (BRONDANI et al., 2010), 70% em miniestacas de *E. dunnii* (ROSA et al.,

2009) e 55% de sobrevivência para miniestacas de *Eucalyptus globulus* x *E. maidenii* (PAIM et al., 2005).

Dentre os clones analisados, o C-26 (*Eucalyptus grandis* x *E. globulus*) apresentou os maiores valores de sobrevivência, sendo que suas melhores performances foram verificadas em doses menores de zinco. Oliveira et al. (2012), utilizando concentração próxima da maior dose testada, apontou este genótipo como responsável pelo menor valor de sobrevivência, 78,1%, dentre as estacas apicais que não receberam AIB no estaqueamento, mesma metodologia utilizada neste trabalho.

Para produtividade, apesar da falta de significância estatística, foram observadas respostas distintas entre os clones avaliados. A solução nutritiva com dose de 56  $\mu\text{g L}^{-1}$  de zinco, solução padrão, foi responsável pelo maior valor de produtividade média (7,91 miniestacas/minicepa/mês) dentre todas testadas (Tabela 2), superando o menor valor em quase 10%. Esta dose também foi responsável pelo maior valor de produtividade em 60% dos clones testados e 75% dos clones híbridos de *Eucalyptus globulus*.

Para o clone 1213 (*Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*), o maior valor de produtividade (8,74 miniestacas/minicepa/mês) foi observado quando submetido à menor dose, 19  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Cunha et al. (2005) já haviam relatado utilização de doses de zinco inferior à dose da solução padrão quando, pesquisando minicepas seminais de *Eucalyptus benthamii*, aplicaram dose de 11,2  $\mu\text{g L}^{-1}$  e observaram produção média de 8,1 miniestacas/minicepa/ mês.

Já Cunha et al. (2008), trabalhando com o banco de dados da empresa florestal cedente da dose central, recomendaram a redução da concentração de zinco na solução nutritiva empregada para produtividade de miniestacas em dois clones de *Eucalyptus grandis* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, pois verificaram influência negativa da dose utilizada. Já para os outros onze genótipos testados, incluindo o clone 1213 (genótipo referência deste experimento), não foi verificada correlação entre o zinco e a produtividade das minicepas.

O efeito negativo de doses de zinco superiores à demanda da cepa sobre a produtividade pode ter influência no fato deste nutriente atuar na produção de triptofano, precursor natural do AIA. Este aumento nos níveis deste regulador de crescimento é responsável pelo favorecimento da produção

de raízes em detrimento da parte aérea, devido ao aumento da relação auxina/citocinina, prejudicando a produtividade das miniestacas (HARTMANN et al., 2002).

**Tabela 2:** Médias da produtividade de minicepas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), durante 90 dias de monitoramento, em função de doses de Zn ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ), aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

| Clones | Produtividade/minicepa/mês           |         |         |         |         |
|--------|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
|        | Doses de Zn ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) |         |         |         |         |
|        | 19                                   | 37      | 56      | 84      | 112     |
| C-04   | 8,25 a                               | 8,27 a  | 8,63 a  | 8,50 a  | 8,11 ab |
| C-16   | 7,68 ab                              | 7,23 ab | 7,76 ab | 7,06 bc | 7,60 ab |
| C-26   | 6,80 b                               | 6,99 ab | 7,00 b  | 5,99 c  | 7,04 b  |
| C-30   | 6,53 b                               | 6,67 c  | 7,49 ab | 6,03 c  | 6,78 b  |
| 1213   | 8,74 a                               | 8,10 a  | 8,66 a  | 8,19 ab | 8,58 a  |
| Média  | 7,60                                 | 7,45    | 7,91    | 7,15    | 7,62    |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem pelo teste Tukey ( $p=0,05$ ) em uma mesma dose.

Quanto ao desempenho médio dos clones para produtividade mensal verificado na Tabela 2, os valores encontrados para os clones híbridos de *Eucalyptus globulus* são superiores à produtividade de clones da espécie “pura” da empresa Mundial Florestación® no ano de 2003, uma vez que tinham produtividade de 7488 miniestacas/m<sup>2</sup>/ano em espaçamento de 0,08 x 0,08m, (156,25 minicepas/m<sup>2</sup>) segundo Alfenas et al. (2009). Ao converter este valor para produtividade mensal das minicepas, tem-se 3,99 miniestacas.

Dentre os clones híbridos de *E. globulus*, o clone C-04 se destacou apresentando produtividade média estatisticamente igual ao clone 1213, com valor superior a oito miniestacas por minicepa/mês.

Dentre os valores relatados na bibliografia consultada para produtividade em minijardim clonal com leito de areia e fertirrigação por gotejamento, encontram-se 8,1 miniestacas/mês para minicepas seminais de *E. benthamii* (CUNHA et al., 2005); 12,6 para clones de *Eucalyptus urophylla* X *E. grandis* (SOUZA, 2012) e de 9,6 a 13,2 miniestacas/minicepa/mês para clones híbridos de *Eucalyptus sp.* em escala operacional da empresa florestal cedente da dose central (CUNHA et al., 2009).

Alfenas et al. (2009) também relataram informações sobre a produtividade de algumas empresas florestais brasileiras, apresentando valores por m<sup>2</sup>/ano referentes a 2003 que, se convertidos para produtividade mensal, tem-se: 12,4 (Cenibra S.A.); 10,0 (Aracruz Celulose S.A. e VCP Florestal S.A.); 9,0 (CAF Florestal S.A.) e 8,1 (Suzano Bahia Sul S.A.), obtendo média geral de 9,9 miniestacas/minicepa/mês. Estes valores demonstram a boa produtividade alcançada no experimento devido ao adequado do manejo aplicado nas estruturas utilizadas.

Para considerar os tratos culturais empregados no manejo da produção de brotos apropriados, estes devem refletir na saída da casa de vegetação com elevadas percentagens de enraizamento.

Verificou-se, neste trabalho, percentuais de enraizamento que podem ser considerados adequados para os genótipos híbridos de *Eucalyptus globulus* (Tabela 3), uma vez que estes resultados foram semelhantes aos alcançados pelo clone referência (1213) e superiores aos relatados por Oliveira et al., (2012) onde, trabalhando com os clones C-04; C-16; C-26 e C-30, obtiveram 78,1; 65,6; 78,1 e 75% de enraizamento, respectivamente. Já Borges et al. (2011), analisando os mesmos materiais, obteve grande flutuação nestes valores (58,3 a 100% de enraizamento). É importante ressaltar que os valores relatados por ambos autores são oriundos de estacas apicais sem utilização de reguladores de crescimento e com redução foliar.

**Tabela 3:** Percentagem de enraizamento das miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), durante 90 dias de monitoramento, em função de doses de Zn (  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

| Clones | Enraizamento (%)                     |         |         |          |         |
|--------|--------------------------------------|---------|---------|----------|---------|
|        | Doses de Zn ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) |         |         |          |         |
|        | 19                                   | 37      | 56      | 84       | 112     |
| C-04   | 86,11 a                              | 85,0 a  | 79,86 a | 78,47 b  | 85,42 a |
| C-16   | 82,99 a                              | 72,92 b | 76,39 a | 81,94ab  | 84,38 a |
| C-26   | 92,01 a                              | 90,28 a | 85,76 a | 90,28 a  | 88,54 a |
| C-30   | 86,11 a                              | 80,21ab | 85,07 a | 84,72ab  | 85,76 a |
| 1213   | 85,07 a                              | 84,72 a | 81,60 a | 87,85 ab | 80,21 a |
| Média  | 86,46                                | 82,64   | 81,74   | 84,65    | 84,86   |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem pelo teste Tukey (p = 0,05) em uma mesma dose.

Souza (2012), trabalhando com miniestacas de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* de 10 cm sem redução foliar, obteve 70,3 e 93,8% de enraizamento. Já Cunha et al. (2009), utilizando clones com mesma hibridação, descreveram valores entre 71,9 a 86,5%, tendo o clone 1213 alcançado 76,5% de enraizamento.

Estes fatos confirmam a adequação dos tratos culturais aplicados, uma vez que houve índices elevados de enraizamento em comparação à literatura e ausência de sintomas de deficiência e toxidez nas minicepas e miniestacas.

Os valores médios gerais encontrados para esta variável, na média geral dos clones em uma mesma dose, Tabela 3, apontam uma tendência de utilização de doses inferiores de zinco, uma vez que a menor dose ( $19 \mu\text{g L}^{-1}$ ) proporcionou acréscimo de 4,72% no enraizamento comparativamente a dose central, ( $56 \mu\text{g L}^{-1}$ ). Desta forma, a empresa florestal, cedente desta dose, tende a aumentar a eficiência do viveiro se diminuída a concentração do zinco e mantida as concentrações dos demais nutrientes.

Schawambach et al. (2005), trabalhando com *Eucalyptus globulus*, verificaram a influência do Zn na percentagem de enraizamento, sendo a remoção do nutriente responsável pelo decréscimo dos percentuais e número de raízes por estaca.

Contrariamente às observações dos autores supracitados, Cunha et al. (2009), utilizando dados do operacional da empresa cedente da dose central, relataram correlação negativa do zinco para enraizamento no clone 1213.

Tais verificações podem ser explicadas pelos resultados descritos por Marschner (1995) que afirmou que o excesso de zinco pode causar toxidez, levando à inibição do alongamento das raízes. Já Soares et al. (2001) observaram baixo desenvolvimento radicular de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla*, quando submetidos a doses elevadas do nutriente.

Em relação ao crescimento do sistema radicular, analisado através do percentual de REIT - raízes na extremidade inferior do tubete, verificou-se resultado linear negativo para o clone C-04, sendo esta variável inversamente proporcional às doses aplicadas (Figura 1), assim como para o enraizamento médio entre os clones dentro de uma mesma dose (Tabela 4).

A necessidade de utilização de menores doses de zinco para aumento da percentagem de REIT ao final do período de casa de vegetação se confirma

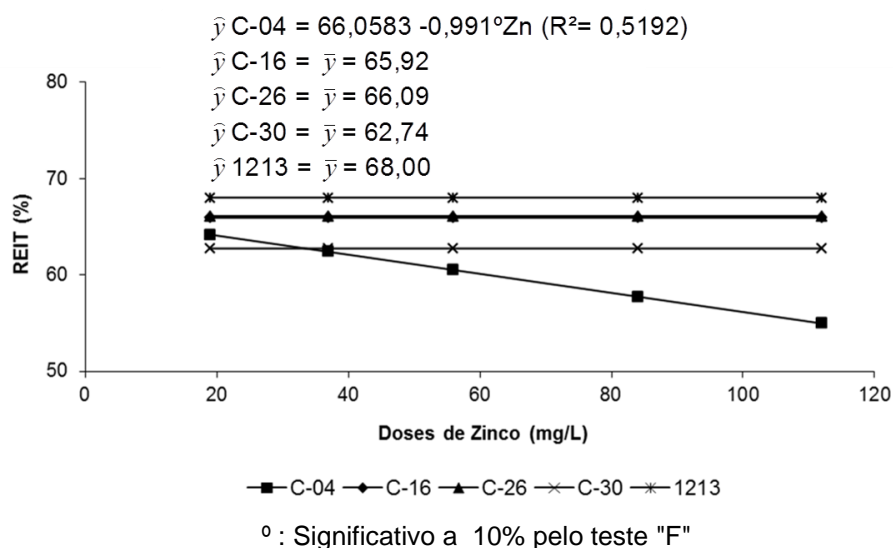


ao comparar os valores do clone C-04 nas diferentes doses e o resultado descrito por Oliveira et al. (2012) para este genótipo, utilizando dose de zinco igual a  $96 \mu\text{g L}^{-1}$ . Segundo os autores, o C-04 obteve somente 12,5% de REIT aos 35 dias de casa de vegetação, já para os demais C-16, C-26 e C-30 os percentuais foram 25,0; 9,38 e 6,25%, respectivamente.

**Tabela 4:** Percentagem de raízes visíveis na extremidade inferior do tubete - REIT das miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação, em função de doses de Zn ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

| Raízes visíveis na extremidade inferior do tubete – REIT(%) |                                      |         |         |          |         |
|---|--------------------------------------|---------|---------|----------|---------|
| Clones  | Doses de Zn ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) |         |         |          |         |
|   | 19                                   | 37      | 56      | 84       | 112     |
| C-04  | 66,92 a                              | 61,11 a | 60,18 a | 52,69 b  | 58,86 a |
| C-16  | 69,17 a                              | 61,39 a | 66,33 a | 64,19 ab | 68,52 a |
| C-26  | 64,73 a                              | 67,78 a | 64,76 a | 66,56 ab | 66,64 a |
| C-30  | 60,93 a                              | 64,84 a | 68,45 a | 58,08 ab | 61,39 a |
| 1213  | 65,95 a                              | 66,91 a | 69,00 a | 71,31 a  | 66,84 a |
| Média   | 65,54                                | 64,41   | 65,75   | 62,57    | 64,45   |

Médias seguidas de uma mesma dose não diferem pelo teste Tukey ( $p=0,05$ ) em uma mesma dose.



**Figura 4:** Influência das doses de Zn ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ), aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal, na percentagem de raízes visíveis na extremidade inferior do tubete em miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação

O percentual de REIT, por ser uma variável que permite analisar o crescimento do sistema radicular, é um critério utilizado nos viveiros florestais como indicativo do momento de retirada das estacas da casa de vegetação, identificando aquelas enraizadas e aptas a serem transferidas para a estrutura de sombreamento (BORGES et al., 2011 e SOUZA, 2012). Logo, doses menores de zinco para o clone C-04 podem auxiliar na otimização da casa de vegetação, uma vez que tendem a acelerar o desenvolvimento do sistema radicular, fazendo com que a raiz fique visível em tempo menor.

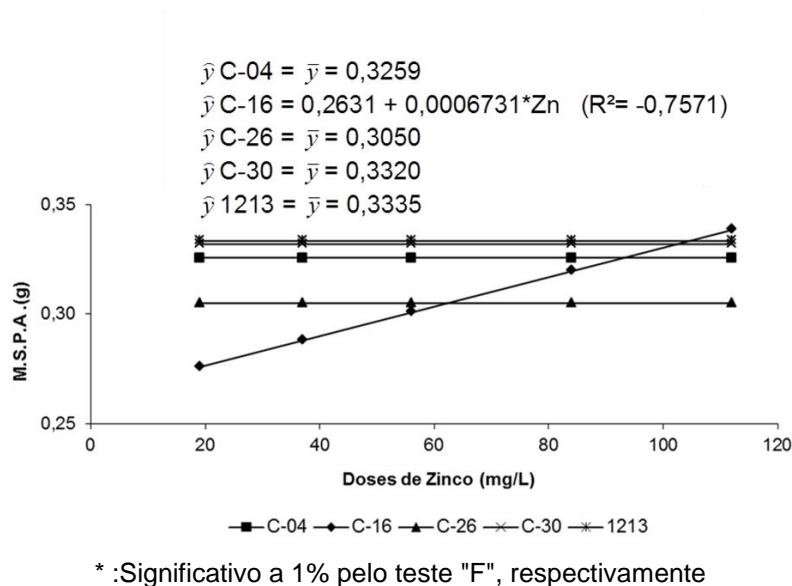
Quanto ao crescimento da parte aérea, verificou-se que as médias dos clones não diferiram entre si em uma mesma dose ou em média entre as doses, como observado na Tabela 5. Na Figura 2 pode-se observar que as doses de zinco influenciaram as miniestacas do clone C-16 de forma linear positiva, sendo a formação da matéria seca da parte aérea diretamente proporcional ao aumento das doses.

A elevação destas tendem a potencializar uma característica natural deste genótipo, citada por Oliveira et al. (2012), que é a maior velocidade de ocorrência do processo rizogênico e, conseqüentemente, do enraizamento, comparativamente aos demais híbridos de *Eucalyptus globulus*. Isto porque, quanto mais rápido ocorrer a rizogênese e se iniciar o enraizamento, maior será o tempo de atuação da citocinina no período de casa de vegetação.

**Tabela 5:** Médias da massa de matéria seca da parte aérea - MSPA de miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação, em função de doses de B ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

| Clones | Matéria seca de parte aérea – MSPA (g) |          |          |          |          |
|--------|--|----------|----------|----------|----------|
|        | Doses de Zn ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )   |          |          |          |          |
|        | 19                                     | 37       | 56       | 84       | 112      |
| C-04   | 0,3191 a                               | 0,3268 a | 0,3030 a | 0,3540 a | 0,3268 a |
| C-16   | 0,2797 a                               | 0,2869 a | 0,3077 a | 0,2963 a | 0,3523 a |
| C-26   | 0,3067 a                               | 0,2975 a | 0,3064 a | 0,2861 a | 0,3284 a |
| C-30   | 0,3374 a                               | 0,3525 a | 0,3048 a | 0,3253 a | 0,3402 a |
| 1213   | 0,3381 a                               | 0,3356 a | 0,3229 a | 0,3219 a | 0,3489 a |
| Média  | 0.3162                                 | 0.3199   | 0.3090   | 0.3167   | 0.3393   |

Médias seguidas de uma mesma dose não diferem pelo teste Tukey ( $p=0,05$ ) em uma mesma dose.



**Figura 2:** Influência das doses de Zn ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ), aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal, na massa de matéria seca da parte aérea de miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação

Thaiz & Zeiger (2004) alegam que a citocinina é sintetizada nos meristemas apicais da raiz, estimula as células vegetais a se dividirem, atuando em processos fisiológicos de desenvolvimento como mobilização de nutrientes, dominância apical e expansão de folhas, sendo necessária em baixas concentrações no alongamento contínuo das células. Porém, quando em altas concentrações promove forte inibição do crescimento radicular e alongamento de caules e coleótilos.

Tratando-se da formação de matéria seca de raiz, posterior ao período de casa de vegetação, avalia-se o principal objetivo desta estrutura, que é a formação da maior quantidade de raiz em um determinado tempo.

Observou-se que somente o clone C-04 teve o desenvolvimento do sistema radicular influenciado significativamente pelas doses de Zinco (Figura 3). Sendo verificado efeito quadrático nos resultados, isto é, houve uma resposta positiva elevando a massa de raiz das estacas à medida que a dose de Zn foi aumentada na solução nutritiva, porém, posterior à determinada dose, a resposta à fertilização passou a decrescer.

Fato que tende a ser explicado pelo relato de Schawambach et al., (2005), que verificaram que o número de raízes por miniestaca pode ser

negativamente influenciado por baixas concentrações de zinco. Assim, miniestacas do clone C-04 oriundas de minicepas tratadas com doses inferiores a  $70 \mu\text{g L}^{-1}$  de zinco tendem a ter menor número de raízes, logo, menor MSR; porém, estas podem alongar mais rapidamente, uma vez que a concentração de auxina é aumentada devido a menor massa.

Esse efeito possibilitou a determinação da dose ótima para formação do sistema radicular de  $70 \mu\text{g L}^{-1}$ . Valor que se enquadra dentro da faixa citada por Silveira & Higashi (1998) *apud* Higashi et al. (2000), de 50 a  $100 \mu\text{g L}^{-1}$ .

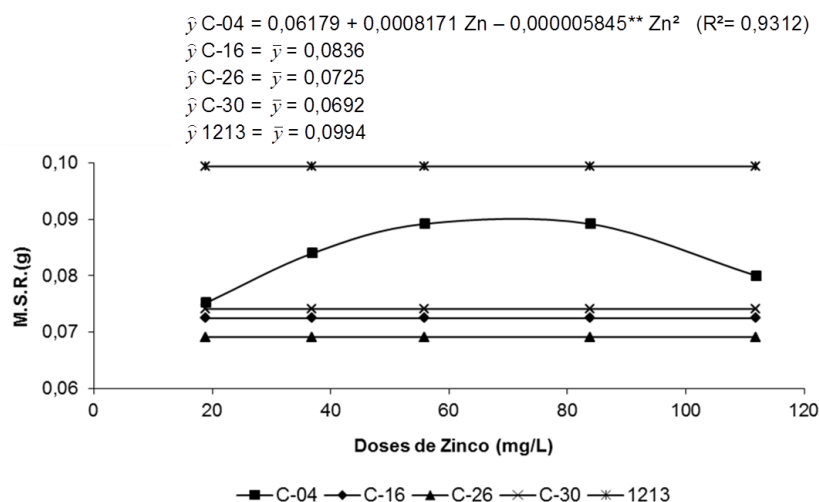
A literatura aponta outras doses de zinco utilizadas:  $15 \mu\text{g L}^{-1}$  em minicepas seminais de *Eucalyptus benthamii* (CUNHA et al., 2005);  $148 \mu\text{g L}^{-1}$ , utilizando três híbridos de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* (BRONDANI et al., 2010) e  $96 \mu\text{g L}^{-1}$ , por Souza (2012), que adotou dose intermediária em relação aos trabalhos supracitados, utilizando clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, respeitando o intervalo referendado por Silveira & Higashi (1998), citados por Higashi et al. (2000).

Quando se comparam os resultados referentes à produção de MSR com a percentagem de REIT para o clone C-04 (Figura 1), verificam-se doses ótimas incompatíveis. Isto é, a dose de Zn que produz maior massa seca de raiz ( $70 \mu\text{g L}^{-1}$ ) proporciona queda considerável nos valores de REIT quando na melhor dose observada ( $19 \mu\text{g L}^{-1}$ ).

**Tabela 6:** Médias da massa de matéria seca da raiz de miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação, em função de doses de B ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

| Clones | Matéria seca de raiz – MSR (g)       |           |           |          |          |
|--------|--------------------------------------|-----------|-----------|----------|----------|
|        | Doses de Zn ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) |           |           |          |          |
|        | 19                                   | 37        | 56        | 84       | 112      |
| C-04   | 0,0760 b                             | 0,0835 ab | 0,0875 ab | 0,0917 a | 0,0792 b |
| C-16   | 0,0712 b                             | 0,0741 b  | 0,0721 b  | 0,0721 b | 0,0729 b |
| C-26   | 0,0659 b                             | 0,0704 b  | 0,0741 b  | 0,0618 b | 0,0736 b |
| C-30   | 0,0679 b                             | 0,0769 b  | 0,0806 ab | 0,0717 b | 0,0736 b |
| 1213   | 0,0987 a                             | 0,0977 b  | 0,0995 a  | 0,0999 a | 0,1014 a |
| Média  | 0,0759                               | 0,0805    | 0,0828    | 0,0794   | 0,0801   |

Médias seguidas de uma mesma dose não diferem pelo teste Tukey ( $p=0,05$ ) em uma mesma dose.



\*\* Significativo a 5 % pelo teste "F"

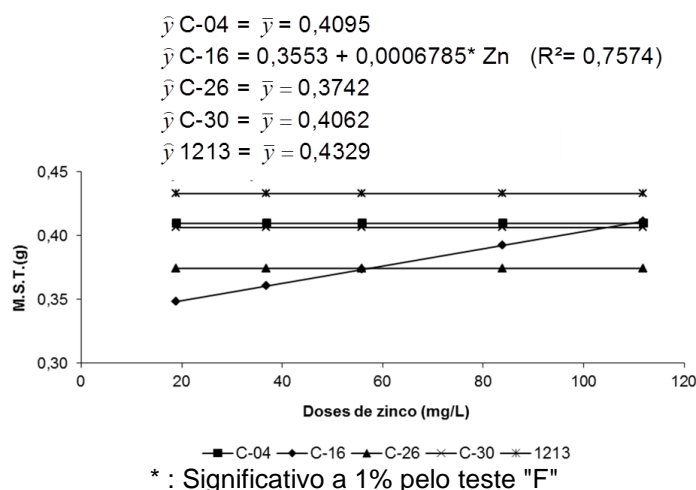
**Figura 3:** Influência das doses de Zn ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ), aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal, na massa de matéria seca da raiz de miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação

Ao comparar os clones testados, percebe-se uma homogeneidade entre os híbridos de *Eucalyptus globulus* nos reflexos dentro de uma mesma dose (Tabela 6). Porém, o clone 1213 diferenciou-se positivamente dos demais em quase todas as doses testadas, demonstrando sua melhor eficiência em formação de raízes.

**Tabela 7:** Médias da massa de matéria seca total de miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação, em função das diferentes doses de B ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal

| Clones | Matéria seca de total – MST (g)      |          |          |           |          |
|--------|--------------------------------------|----------|----------|-----------|----------|
|        | Doses de Zn ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) |          |          |           |          |
|        | 19                                   | 37       | 56       | 84        | 112      |
| C-04   | 0,3952 ab                            | 0,4103 a | 0,3905 a | 0,4457 a  | 0,4060 a |
| C-16   | 0,3509 b                             | 0,3610 a | 0,3798 a | 0,3685 ab | 0,4252 a |
| C-26   | 0,3726 ab                            | 0,3680 a | 0,3805 a | 0,3479 b  | 0,4020 a |
| C-30   | 0,4053 ab                            | 0,4294 a | 0,3855 a | 0,3970 ab | 0,4138 a |
| 1213   | 0,4367 a                             | 0,4333 a | 0,4224 a | 0,4217 a  | 0,4503 a |
| Média  | 0,3921                               | 0,4004   | 0,3917   | 0,3962    | 0,4195   |

Médias seguidas de uma mesma dose não diferem pelo teste Tukey ( $p=0,05$ ) em uma mesma dose.



**Figura 7:** Influência das doses de Zn ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ), aplicadas em solução nutritiva no minijardim clonal, na massa de matéria seca total de miniestacas de quatro clones híbridos de *Eucalyptus globulus* e um de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (referência), após 30 dias de casa de vegetação

O mesmo ocorreu quando foi analisada a produção de matéria seca total (Tabela 7), somatório entre MSPA e MSR, evidenciando a maior produção deste genótipo em comparação aos clones C-16 e C-26.

O clone C-16 foi o único a apresentar resultado significativo, ajustando o modelo linear positivo para a ação das doses de Zn na formação da massa total das estacas no final do período de casa de vegetação (Figura 4). Resultado influenciado pela ação destas doses no crescimento de caules e folhas, como descrito anteriormente.

De forma geral, os genótipos estudados apresentaram características positivas para o processo de propagação massal, apresentando resultados relevantes para produtividade, boa predisposição ao enraizamento e, ainda, excelente sobrevivência, indicando potencial para propagação em escala.

#### 4. CONCLUSÕES:

- 1) As doses de zinco aplicadas não influenciaram significativamente a produtividade das minicepas e a sobrevivência e enraizamento das miniestacas de nenhum genótipo avaliado.
- 2) De forma geral, os clones híbridos de *Eucalyptus globulus* apresentaram resultados relevantes para produtividade, boa predisposição ao enraizamento e, ainda, excelente sobrevivência, indicando potencial para propagação em escala.
- 3) Trabalhos futuros, utilizando doses maiores e menores que as aqui estudadas, poderão auxiliar na determinação de doses ótimas para as variáveis estudadas.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

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**, v.35, n.3, pp. 425-434, 2011.

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

CUNHA, A.C.M.C.M.; WENDLING, I.; SOUZA-JÚNIOR, L. Produtividade e sobrevivência de minicepas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage em sistema de hidroponia e em tubetes. **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 minicepas com o número de miniestacas de eucalipto. **Scientia Florestais**, Piracicaba, v.36, n.79, p.203-213, set. 2008.

CUNHA, A.C.M.C.M.; PAIVA, H.N.; BARROS, N.F.; LEITE, H.G.; LEITE, F.P. Relação do estado nutricional de minicepas com o enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:591-599, 2009.

FONSECA, S.M.; RESENDE, M.D.V.; ALFENAS, A.C.; GUIMARÃES, L.M.S.; ASSIS, T.F.; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prático de Melhoramento genético do eucalipto**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010. 200p.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N.; **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2011. 116p (Caderno didático; 72).

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

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. Monitoramento nutricional e fertilização em macro, mini e microjardim clonal de *Eucalyptus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba, SP: IPEF, 2000. p. 191–217.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N.; **Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de Eucalyptus**. Piracicaba: IPEF, 2002. 24 P. (Circular Técnica, 194).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE **Cidades. Minas Gerais; Senso 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/317130>. Acesso em: 12 de jul. 2012

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

MARTINEZ, H. E. P.; CLEMENTE, J.M.; **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011. 76p.

OLIVEIRA, L. S.; XAVIER, A.; DIAS, P. C.; CORREA, A. C. G.; BORGES, S. Microestacas de clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* e de *Eucalyptus grandis* x *E. globulus*. **Scientia Forestalis**, v.40, n. 96, p.507-516, dez. 2012

PAIM, D.C.; RUEDELL, C.M.; SCHWAMBACH, J.; FETT NETO, A.G. Physiological characterization of adventitious rooting in *Eucalyptus globulus* x *E. maidenii* minicuttings. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 10. 2005, Recife. **Anais...** Campinas: SBFV, 2005, p.34-37.

ROSA, L. S.; WENDLING, I.; GROSSI, F.; REISSMANN, C. B.; Efeito da dose de Nitrogenio e de formações de substratos na miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.6, p.1025-1035, 2009.

SCHAWAMBACH, J.; FADANELLI, C. & FETT-NETO, A.G. Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, v.25, p.487-494, 2005.

SKOOG, F. Relationships between zinc and auxin in the growth of higher plants. **American Journal of Botany**, v.27, p. 939-950, 1940.

SOARES, C. R. F. S.; GRAZZIOTTI, P. H.; SIQUEIRA, J.O.; CARVALHO, J. G. MOREIRA, F. M. S. Toxidez de zinco no crescimento e nutrição de *Eucalyptus*



*maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n.2, p. 339-348, 2001.

SOUZA, C. C.; **Padrões de miniestacas e densidade de minicepas na propagação clonal de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla***. 2012. 57 f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal ) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

STEEL, R. G. D.; TORRE, J. H. and Dickey D. A.; 1997. **Principles and procedures of statistics. A biometrical approach**. 3. ed., New York: McGraw Hill Book Co., 1997. 666 p.

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

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

WENDLING, I.; XAVIER, A.; GOMES, J.M; PIRES, I.E.; ANDRADE, H.B. Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. **Revista Árvore**, v.24, n.1, p.181-186, 2000.

WENDLING, I.; XAVIER, A.; PAIVA, H.N. Influência da miniestaquia seriada no vigor de minicepas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.27, n.5, 2003. p. 611-618.

XAVIER A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2. ed., Viçosa, MG: UFV, 2009. 278 p.

## CONCLUSÕES GERAIS:

- 1) As doses de nitrogênio boro e zinco não influenciaram a sobrevivência e a porcentagem de enraizamento das miniestacas dos clones avaliados. Porém, as doses crescentes do nitrogênio influenciaram positivamente a produtividade de 80% dos genótipos avaliados.
- 2) Para o N, a maioria das variáveis avaliadas, as doses indicadas pelos modelos estatísticos selecionados apontam para valores superiores ao valor padrão adotado. O inverso ocorreu para as doses de B.
- 3) Os clones híbridos de *Eucalyptus globulus*, apresentaram resultados relevantes para produtividade, boa predisposição ao enraizamento e, ainda, excelente sobrevivência, indicando potencial para propagação em escala.

## ANEXOS:

Tabela 1: Resultados da análise de variância para as características de produção mensal (Prod/mês) de miniestacas por minicepa; porcentagem de enraizamento (%Enraiz); porcentagem de sobrevivência após a casa de vegetação (%Sob); porcentagem de estacas com raízes visíveis na extremidade inferior do tubete (%REIT); matéria seca média individual da parte aérea (MSPA); matéria seca média individual do sistema radicular (MSR) e matéria seca média individual total (MST) em diferentes doses de nitrogênio em clones de híbridos de *Eucalyptus globulus*, após trinta dias de casa de vegetação.

| F.V                          | GL | Prod/mês | %Enraiz | %Sob    | %REIT    | MSPA      | MSR        | MST       |
|------------------------------|----|----------|---------|---------|----------|-----------|------------|-----------|
| Quadrados médios             |    |          |         |         |          |           |            |           |
| Blocos                       | 2  | 0,8136   | 54,3403 | 53,8339 | 734,9175 | 0,0005335 | 0,0003444  | 0,0010716 |
| Doses                        | 4  | 3,5348   | 46,7882 | 20,6670 | 58,5979  | 0,001140  | 0,0002058  | 0,0020942 |
| Resido (a)                   | 8  | 0,5263   | 49,5117 | 37,7025 | 76,5276  | 0,0009269 | 0,0001081  | 0,0014294 |
| Clones                       | 4  | 9,0081   | 40,2778 | 40,5599 | 205,7106 | 0,003565  | 0,002138   | 0,009364  |
| Doses x Clones               | 16 | 0,1225   | 23,4230 | 7,7004  | 28,3449  | 0,0004832 | 0,00006270 | 0,0005779 |
| Resido (b)                   | 40 | 0,3084   | 19,8604 | 15,5744 | 49,1151  | 0,0005357 | 0,00009360 | 0,0009044 |
| QMR comb <sup>4</sup> .      |    | 0,3520   | 25,7907 | 20,0000 | 54,5976  | 0,0006139 | 0,00009650 | 0,001009  |
| GLR comb <sup>4</sup> .      |    | 43       | 36      | 36      | 44       | 42        | 47         | 44        |
| CV <sup>5</sup> (%) Parcela  |    | 9,5961   | 8,3667  | 6,5825  | 13,0899  | 9,7549    | 12,9639    | 9,6360    |
| CV <sup>5</sup> (%) Subparc. |    | 7,3457   | 5,2971  | 4,2307  | 10,4866  | 7,4159    | 12,0632    | 7,6658    |
| Média Geral                  |    | 7,56     | 84,13   | 93,28   | 66,83    | 0,3121    | 0,0802     | 0,3923    |

<sup>4</sup> Valores do quadrado médio e grau de liberdade do resíduo combinado foram calculados pela formula de Satterthwaite (1949) citado por Steel et al., 1997.

<sup>5</sup> Coeficiente de variação

Tabela 2: Resultados da análise de variância para as características de produção mensal (Prod/mês) de miniestacas por minicepa; porcentagem de enraizamento (%Enraiz); porcentagem de sobrevivência (%Sob); porcentagem de estacas com raízes visíveis na extremidade inferior do tubete (%REIT); matéria seca média individual da parte aérea (MSPA); matéria seca média individual do sistema radicular (MSR) e matéria seca média individual total (MST) em diferentes doses de zinco em clones de híbridos de *Eucalyptus globulus* após trinta dias de casa de vegetação.

| F.V                           | GL | Prod/mês | %Enraiz  | %Sob    | %REIT    | MSPA       | MSR        | MST       |
|-------------------------------|----|----------|----------|---------|----------|------------|------------|-----------|
| Quadrados médios              |    |          |          |         |          |            |            |           |
| Blocos                        | 2  | 1,1308   | 87,3409  | 60,3443 | 544,9031 | 0,00008694 | 0,0001324  | 0,0002553 |
| Doses                         | 4  | 1,1345   | 53,1178  | 37,7966 | 23,9118  | 0,001951   | 0,00009198 | 0,001964  |
| Resido (a)                    | 8  | 1,4536   | 39,5435  | 29,6369 | 92,9741  | 0,0002495  | 0,00005858 | 0,0004707 |
| Clones                        | 4  | 10,5382  | 181,3006 | 66,7318 | 152,1954 | 0,003086   | 0,002246   | 0,0090218 |
| Doses x Clones                | 16 | 0,2392   | 29,2101  | 11,7097 | 37,9708  | 0,0009038  | 0,00004760 | 0,001091  |
| Resido (b)                    | 40 | 0,3541   | 22,1390  | 16,9524 | 47,1245  | 0,0008617  | 0,00006751 | 0,0001177 |
| QMR comb <sup>5</sup> .       |    | 0,5740   | 14,2730  | 19,4893 | 56,2944  | 0,0007393  | 0,00006572 | 0,001036  |
| GLR comb <sup>5</sup> .       |    | 26       | 42       | 42      | 40       | 45         | 48         | 46        |
| CV <sup>6</sup> (%) Parc.     |    | 15,9900  | 7,4799   | 5,8025  | 14,9400  | 4,9330     | 9,5911     | 5,4239    |
| . CV <sup>6</sup> (%) Subparc |    | 6,4864   | 5,5967   | 4,3885  | 10,6363  | 9,1676     | 10,2962    | 2,7122    |
| Média Geral                   |    | 7,54     | 84,07    | 93,82   | 64,54    | 0,3202     | 0,0798     | 0,4       |

<sup>5</sup> Valores calculados pela fórmula de Satterthwaite (1949) citado por Steel et al 1997.

<sup>6</sup> Coeficiente de variação

Tabela 3: Resultados da análise de variância para as características de produção mensal de miniestacas por minicepa (Prod/mês); porcentagem de enraizamento (%Enraiz); porcentagem de sobrevivência (%Sob); porcentagem de estacas com raízes visíveis na extremidade inferior do tubete (%REIT); matéria seca média individual da parte aérea (MSPA); matéria seca média individual do sistema radicular (MSR) e matéria seca média individual total (MST) em diferentes doses de boro em clones de híbridos de *Eucalyptus globulus*, após 30 dias de casa de vegetação.

| F.V                         | GL | Prod/mês | %Enraiz  | %Sob     | %REIT    | MSPA      | MSR        | MST       |
|-----------------------------|----|----------|----------|----------|----------|-----------|------------|-----------|
| Quadrados médios            |    |          |          |          |          |           |            |           |
| Blocos                      | 2  | 0,9081   | 80,3096  | 101,2297 | 488,2869 | 0,0003091 | 0,0000893  | 0,0004816 |
| Doses                       | 4  | 0,8974   | 18,8223  | 28,3348  | 50,7403  | 0,0008080 | 0,0002533  | 0,0006227 |
| Resido (a)                  | 8  | 0,9104   | 42,9109  | 23,8643  | 36,3466  | 0,0004642 | 0,00006781 | 0,0005502 |
| Clones                      | 4  | 12,9603  | 177,2786 | 102,0472 | 189,5173 | 0,003956  | 0,001770   | 0,009713  |
| Doses x Clones              | 16 | 0,3013   | 26,1737  | 5,8648   | 44,3395  | 0,0006447 | 0,00006314 | 0,0007585 |
| Resido (b)                  | 40 | 0,6449   | 13,3174  | 11,3968  | 28,8520  | 0,0006400 | 0,00005777 | 0,0009014 |
| QMR comb <sup>6</sup> .     |    | 0,6980   | 19,2361  | 13,8903  | 30,3509  | 0,0006049 | 0,0005256  | 0,0008312 |
| GLR comb <sup>6</sup> .     | 45 |          | 31       | 39       | 46       | 48        | 42         | 48        |
| .CV <sup>7</sup> (%) Parc.  |    | 12,6210  | 7,9344   | 5,2331   | 9,3022   | 6,8834    | 10,4236    | 5,9837    |
| CV <sup>7</sup> (%) Subparc |    | 10,6224  | 4,4201   | 3,6164   | 8,2879   | 8,0824    | 9,6211     | 7,6590    |
| Média Geral                 |    | 7,56     | 82,56    | 93,35    | 64,81    | 0,313     | 0,079      | 0,392     |

<sup>6</sup> Valores calculados pela fórmula de Satterthwaite (1949) citado por Steel et al 1997.

<sup>7</sup> Coeficiente de variação.

Tabela 4: Dados climáticos registrados pela Estação Meteorológica localizada no Viveiro de Pesquisas Florestais do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, local de condução do experimento, durante o período de Janeiro a maio de 2012, registrou-se as temperaturas média, máxima e mínima; a umidade relativa do ar (%) a pressão atmosférica (hPa) e o brilho solar (horas).

| Mês       | Temperatura (°C) |        |        | Umidade Relativa (%) | Pressão atmosférica (hPa) | Brilho solar (horas) |
|-----------|------------------|--------|--------|----------------------|---------------------------|----------------------|
|           | média*           | máxima | mínima |                      |                           |                      |
| janeiro   | 21,8             | 26,9   | 18,6   | 82,2                 | 935,8                     | 7,6                  |
| fevereiro | 22,5             | 29,7   | 18,2   | 74,9                 | 936,6                     | 8,4                  |
| março     | 21,9             | 28,4   | 18,2   | 79,2                 | 936,9                     | 6,1                  |
| abril     | 20,8             | 27,8   | 16,9   | 83,1                 | 937,0                     | 6,3                  |
| maio      | 17,6             | 23,6   | 14,3   | 83,8                 | 940,0                     | 5,4                  |

FONTE: Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Estação Meteorológica, Viveiro de Pesquisa do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa.

Tabela 5: Equações de regressões para as variáveis analisadas em função de doses de Nitrogênio

| Nitrogênio              |       |  |                |   |
|-------------------------|-------|--|----------------|---|
| Variável                | Clone | Equação  | R <sup>2</sup> | Dose recomendável (mg L <sup>-1</sup> ) |
| Produtividade Cepa/ Mês | C-04  | $\hat{Y} = 7,6173 + 0,004597^{\circ}N$                   | 0,5165         | 218                                     |
|                         | C-16  | $\hat{Y} = 5,5316 + 0,03097 N - 0,00009160^{**}N^2$      | 0,9548         | 169,05                                  |
|                         | C-26  | $\hat{Y} = 2,0788 + 0,8182N^{1/2} - 0,03378N$            | 0,8256         | 146,67                                  |
|                         | C-30  | $\hat{Y} = \bar{y} = 6,98$                               | -              | -                                       |
|                         | 1213  | $\hat{Y} = 7,7492 + 0,005963^{\circ}N$                   | 0,7226         | 218                                     |
| Enraizamento (%)        | C-04  | $\hat{Y} = \bar{y} = 83,75$                              | -              | -                                       |
|                         | C-16  | $\hat{Y} = \bar{y} = 81,88$                              | -              | -                                       |
|                         | C-26  | $\hat{Y} = \bar{y} = 86,39$                              | -              | -                                       |
|                         | C-30  | $\hat{Y} = \bar{y} = 83,89$                              | -              | -                                       |
|                         | 1213  | $\hat{Y} = \bar{y} = 84,72$                              | -              | -                                       |
| Sobrevivência (%)       | C-04  | $\hat{Y} = \bar{y} = 95,21$                              | -              | -                                       |
|                         | C-16  | $\hat{Y} = \bar{y} = 91,53$                              | -              | -                                       |
|                         | C-26  | $\hat{Y} = \bar{y} = 93,54$                              | -              | -                                       |
|                         | C-30  | $\hat{Y} = \bar{y} = 91,67$                              | -              | -                                       |
|                         | 1213  | $\hat{Y} = \bar{y} = 94,44$                              | -              | -                                       |
| R.E.I.T (%)             | C-04  | $\hat{Y} = \bar{y} = 62,43$                              | -              | -                                       |
|                         | C-16  | $\hat{Y} = \bar{y} = 68,47$                              | -              | -                                       |
|                         | C-26  | $\hat{Y} = \bar{y} = 69,27$                              | -              | -                                       |
|                         | C-30  | $\hat{Y} = \bar{y} = 63,31$                              | -              | -                                       |
|                         | 1213  | $\hat{Y} = \bar{y} = 70,64$                              | -              | -                                       |
| M.S.P.A (g)             | C-04  | $\hat{Y} = \bar{y} = 0,3141$                             | -              | -                                       |
|                         | C-16  | $\hat{Y} = 0,2407 + 0,001050N - 0,000003806^{**}N^2$     | 0,7559         | 137,94                                  |
|                         | C-26  | $\hat{Y} = 0,2736 + 0,000192^{\circ}N$                   | 0,8008         | 218                                     |
|                         | C-30  | $\hat{Y} = \bar{y} = 0,3278$                             | -              | -                                       |
|                         | 1213  | $\hat{Y} = \bar{y} = 0,3260$                             | -              | -                                       |
| M.S.R (g)               | C-04  | $\hat{Y} = \bar{y} = 0,0837$                             | -              | -                                       |
|                         | C-16  | $\hat{Y} = \bar{y} = 0,0736$                             | -              | -                                       |
|                         | C-26  | $\hat{Y} = \bar{y} = 0,0688$                             | -              | -                                       |
|                         | C-30  | $\hat{Y} = 0,06759 + 0,00006838^{\circ}N$                | 0,6746         | 218                                     |
|                         | 1213  | $\hat{Y} = 0,0738 + 0,0004299N - 0,000001403^{\circ}N^2$ | 0,8456         | 153,2                                   |
| M.S.T (g)               | C-04  | $\hat{Y} = \bar{y} = 0,3978$                             | -              | -                                       |
|                         | C-16  | $\hat{Y} = \bar{y} = 0,3695$                             | -              | -                                       |
|                         | C-26  | $\hat{Y} = 0,3367 + 0,002389^{\circ}N$                   | 0,7414         | 218                                     |
|                         | C-30  | $\hat{Y} = \bar{y} = 0,4036$                             | -              | -                                       |
|                         | 1213  | $\hat{Y} = 0,4253$                                       | -              | -                                       |

Tabela 6: Equações de regressões para as variáveis analisadas em função de doses de Zinco

| Zinco                   |       |   |                |   |
|-------------------------|-------|---|----------------|---|
| Variável                | Clone | Equação   | R <sup>2</sup> | Dose recomendável (mg L <sup>-1</sup> ) |
| Produtividade Cepa/ Mês | C-04  | $\hat{Y}=\bar{y}= 8,35$   | -              | -                                       |
|                         | C-16  | $\hat{Y}=\bar{y}= 7,46$   | -              | -                                       |
|                         | C-26  | $\hat{Y}=\bar{y}= 6,76$   | -              | -                                       |
|                         | C-30  | $\hat{Y}=\bar{y}= 6,70$   | -              | -                                       |
|                         | 1213  | $\hat{Y}=\bar{y}= 8,45$   | -              | -                                       |
| Enraizamento (%)        | C-04  | $\hat{Y}=\bar{y}= 82,99$  | -              | -                                       |
|                         | C-16  | $\hat{Y}=\bar{y}= 79,72$  | -              | -                                       |
|                         | C-26  | $\hat{Y}=\bar{y}= 89,38$  | -              | -                                       |
|                         | C-30  | $\hat{Y}=\bar{y}= 84,38$  | -              | -                                       |
|                         | 1213  | $\hat{Y}=\bar{y}= 88,89$  | -              | -                                       |
| Sobrevivência (%)       | C-04  | $\hat{Y}=\bar{y}= 95,69$  | -              | -                                       |
|                         | C-16  | $\hat{Y}=\bar{y}= 90,76$  | -              | -                                       |
|                         | C-26  | $\hat{Y}=\bar{y}= 95,76$  | -              | -                                       |
|                         | C-30  | $\hat{Y}=\bar{y}= 92,78$  | -              | -                                       |
|                         | 1213  | $\hat{Y}=\bar{y}= 94,10$  | -              | -                                       |
| R.E.I.T (%)             | C-04  | $\hat{Y}= 66,0583 - 0,0991^{\circ}\text{Zn}$                                      | 0,5192         | 112                                     |
|                         | C-16  | $\hat{Y}=\bar{y}= 65,92$  | -              | -                                       |
|                         | C-26  | $\hat{Y}=\bar{y}= 66,09$  | -              | -                                       |
|                         | C-30  | $\hat{Y}=\bar{y}= 62,74$  | -              | -                                       |
|                         | 1213  | $\hat{Y}=\bar{y}= 68,00$  | -              | -                                       |
| M.S.P.A (g)             | C-04  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,3259$   | -              | -                                       |
|                         | C-16  | $\hat{Y}=0,2631 + 0,0006731*\text{Zn}$  | 0,7571         | 112                                     |
|                         | C-26  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,3050$   | -              | -                                       |
|                         | C-30  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,3320$   | -              | -                                       |
|                         | 1213  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,3335$   | -              | -                                       |
| M.S.R (g)               | C-04  | $\hat{Y}_{C04}\hat{Y}= 0,06179 + 0,0008171 \text{ Zn} - 0,000005845**\text{Zn}^2$ | 0,9312         | 70                                      |
|                         | C-16  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,0725$   | -              | -                                       |
|                         | C-26  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,0692$   | -              | -                                       |
|                         | C-30  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,0741$   | -              | -                                       |
|                         | 1213  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,0994$   | -              | -                                       |
| M.S.T (g)               | C-04  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,4095$   | -              | -                                       |
|                         | C-16  | $\hat{Y}=0,3353 + 0,0006785*\text{Zn}$  | 0,7574         | 112                                     |
|                         | C-26  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,3742$   | -              | -                                       |
|                         | C-30  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,4062$   | -              | -                                       |
|                         | 1213  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,4329$   | -              | -                                       |



Tabela 7: Equações de regressões para as variáveis analisadas em função de doses de Boro

| Boro                    |       |  |                |   |
|-------------------------|-------|--|----------------|---|
| Variável                | Clone | Equação  | R <sup>2</sup> | Dose recomendável (mg L <sup>-1</sup> ) |
| Produtividade Cepa/ Mês | C-04  | $\hat{Y}=\bar{y}= 8,52$                                | -              | -                                       |
|                         | C-16  | $\hat{Y}=\bar{y}= 7,52$                                | -              | -                                       |
|                         | C-26  | $\hat{Y}=\bar{y}= 6,29$                                | -              | -                                       |
|                         | C-30  | $\hat{Y}=5,3480 + 0,01579B - 0,00002719^{**}B^2$       | 0,8981         | 290,31                                  |
|                         | 1213  | $\hat{Y}=\bar{y}= 8,39$                                | -              | -                                       |
| Enraizamento (%)        | C-04  | $\hat{Y}=\bar{y}= 83,75$                               | -              | -                                       |
|                         | C-16  | $\hat{Y}=\bar{y}= 77,92$                               | -              | -                                       |
|                         | C-26  | $\hat{Y}=\bar{y}= 87,29$                               | -              | -                                       |
|                         | C-30  | $\hat{Y}=\bar{y}= 82,64$                               | -              | -                                       |
|                         | 1213  | $\hat{Y}=\bar{y}= 81,18$                               | -              | -                                       |
| Sobrevivência (%)       | C-04  | $\hat{Y}=\bar{y}= 96,74$                               | -              | -                                       |
|                         | C-16  | $\hat{Y}=\bar{y}= 90,21$                               | -              | -                                       |
|                         | C-26  | $\hat{Y}=\bar{y}= 94,96$                               | -              | -                                       |
|                         | C-30  | $\hat{Y}=\bar{y}= 91,46$                               | -              | -                                       |
|                         | 1213  | $\hat{Y}=\bar{y}= 93,47$                               | -              | -                                       |
| R.E.I.T (%)             | C-04  | $\hat{Y}=\bar{y}= 60,13$                               | -              | -                                       |
|                         | C-16  | $\hat{Y}=62,2447 + 0,0174^{\circ}B$                    | 0,5771         | 475                                     |
|                         | C-26  | $\hat{Y}=\bar{y}= 69,57$                               | -              | -                                       |
|                         | C-30  | $\hat{Y}=\bar{y}= 63,83$                               | -              | -                                       |
|                         | 1213  | $\hat{Y}=\bar{y}= 63,75$                               | -              | -                                       |
| M.S.P.A (g)             | C-04  | $\hat{Y}= 0,3508 - 0,0000848^{\circ}B$                 | 0,4187         | 475                                     |
|                         | C-16  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,2983$                              | -              | -                                       |
|                         | C-26  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,2931$                              | -              | -                                       |
|                         | C-30  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,3195$                              | -              | -                                       |
|                         | 1213  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,3254$                              | -              | -                                       |
| M.S.R (g)               | C-04  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,08421$                             | -              | -                                       |
|                         | C-16  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,07508$                             | -              | -                                       |
|                         | C-26  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,06736$                             | -              | -                                       |
|                         | C-30  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,07311$                             | -              | -                                       |
|                         | 1213  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,0951$                              | -              | -                                       |
| M.S.T (g)               | C-04  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,4129$                              | -              | -                                       |
|                         | C-16  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,3734$                              | -              | -                                       |
|                         | C-26  | $\hat{Y}=0,3164 + 0,000432B - 0,0000007793^{\circ}B^2$ | 0,8738         | 277                                     |
|                         | C-30  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,3926$                              | -              | -                                       |
|                         | 1213  | $\hat{Y}=\bar{y}= 0,4329$                              | -              | -                                       |