

PRODUTIVIDADE DE MINICEPAS DE CLONES DE CEDRO
AUSTRALIANO (*Toona ciliata*) E PRODUÇÃO DE MUDAS POR
MINIESTAQUIA

KELLY RIBEIRO LAMÔNICA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE

DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

AGOSTO – 2013

PRODUTIVIDADE DE MINICEPAS DE CLONES DE CEDRO
AUSTRALIANO (*Toona ciliata*) E PRODUÇÃO DE MUDAS POR
MINIESTAQUIA

KELLY RIBEIRO LAMÔNICA

Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutorado em Produção Vegetal.

Orientadora: Prof^a. Deborah Guerra Barroso

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
AGOSTO – 2013

PRODUTIVIDADE DE MINICEPAS DE CLONES DE CEDRO
AUSTRALIANO (*Toona ciliata*) E PRODUÇÃO DE MUDAS POR
MINIESTAQUIA

KELLY RIBEIRO LAMÔNICA

Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutorado em Produção Vegetal.

Aprovada em 30 de agosto de 2013

Comissão Examinadora

Dr. Fábio Afonso M. M. de A. Figueiredo (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Prof^a. Elzimar de Oliveira Gonçalves (D.Sc., Ciência Florestal) – UFES

Prof^a. Luciana Aparecida Rodrigues (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Prof^a. Deborah Guerra Barroso (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF
(Orientadora)

A Deus;
À minha amada família e aos amigos;

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar comigo em todos os momentos, abençoando-me e dando forças;

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e ao Laboratório de Fitotecnia, pela oportunidade de realização deste curso;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo;

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pelo financiamento do projeto de pesquisa;

À minha sempre orientadora Deborah, pela amizade, pelas orientações e pelos conhecimentos transmitidos ao longo destes 10 anos de convivência, quase diária. Não tenho palavras para expressar meu agradecimento;

Às professoras Virgínia e Luciana, pela amizade e pelos conhecimentos transmitidos;

Ao professor José Geraldo, pelas conversas sempre agradáveis e inspiradoras e pelos conhecimentos transmitidos;

Aos professores das disciplinas cursadas, pela dedicação no ensino das disciplinas;

A ex-coordenadora do programa de Pós-Graduação Prof^a. Cláudia e ao atual coordenador Prof. Elias pela dedicação e disponibilidade para esclarecer dúvidas;

Aos funcionários do campo e do Laboratório de Fitotecnia, Isa, Detony, Acácio e Carlos pela ajuda nas pesquisas;

Ao técnico Jader, por estar sempre disposto a nos ajudar a solucionar os problemas na execução dos trabalhos;

Aos estagiários Élide, Fábio, Inês, Rayani, Henrique, Camila, Leandro, Jomar, Fernanda e Sâmila e aos bolsistas de Iniciação Científica, Giovanna e Marcos, pela imprescindível ajuda nas atividades e amizade;

À minha amiga Taiane, que participou de todos os trabalhos, sempre com bom humor e sabedoria. Sinto que Deus a enviou para me ajudar, sou grata por tudo;

Aos amigos Mírian, Daniele, Daniel, Jorge, Thaís, Karine, Rozana, Silvana, Juliana e aos amigos da casa 6, Késsia, Cíntia, Sheila, Denise, Isabella e Thiago, pela amizade e pelos momentos de descontração;

À minha madrinha, Lenilda, pelo carinho e incentivo nos estudos;

Aos meus irmãos, às cunhadas e aos sobrinhos, pelo carinho e pelos momentos de descontração;

À minha irmã, Ana Paula, pela constante dedicação, pela amizade e pelo incentivo;

Aos meus Pais, Vânia Maria e Antônio Carlos, pelo amor incondicional, apoio, respeito, por me darem a vida e por me ensinarem a vivê-la com dignidade;

A todos aqueles que estiveram comigo, durante esta longa jornada, os meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| RESUMO | vii |
| ABSTRACT | ix |
| 1. INTRODUÇÃO | 01 |
| 2. OBJETIVOS | 04 |
| 2. Objetivos específicos | 04 |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA | 05 |
| 3.1. Cedro Australiano (<i>Toona ciliata</i>)..... | 05 |
| 3.2. Propagação vegetativa por miniestaquia..... | 08 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS | 12 |
| 4.1. Seleção de matrizes..... | 13 |
| 4.2. Coleta e tratamento do material a ser propagado | 14 |
| 4.3. Multiplicação dos materiais clonais..... | 15 |
| 4.4. Implantação do minijardim clonal..... | 16 |
| 4.5. Avaliações..... | 20 |
| 4.5.1. Sobrevivência e produtividade das minicepas..... | 20 |
| 4.5.2. Avaliação nutricional das brotações coletadas no minijardim clonal..... | 21 |
| 4.5.3. Mudanças produzidas por miniestaquia..... | 22 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 25 |
| 5.1. Sobrevivência das minicepas e produtividade dos minijardins clonais..... | 25 |
| 5.2. Biomassa seca e conteúdo de nutrientes exportados nas coletas..... | 29 |

| | |
|--|----|
| 5.3. Nutrientes exportados durante o período de produção do minijardim | 41 |
| 5.4. Produção e qualidade de mudas..... | 48 |
| 6. RESUMO E CONCLUSÕES | 60 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 63 |
| APÊNDICE..... | 73 |

RESUMO

LAMÔNICA, KELLY RIBEIRO, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Agosto de 2013. Produtividade de minicepas de cedro australiano (*Toona ciliata*) e produção de mudas por miniestaquia. Orientadora: Prof^a. Deborah Guerra Barroso.

O presente trabalho teve como objetivos comparar a produtividade de minicepas clonais, produzidas a partir de brotações de cepas adultas de três matrizes de cedro australiano (TC3, TC9 e TC15) e avaliar a exportação de nutrientes pelo manejo, bem como a qualidade de mudas produzidas por miniestacas ao longo das coletas. O minijardim foi estabelecido em canaletões, com mudas clonais produzidas a partir de brotações coletadas de cepas de três matrizes que sofreram corte raso. Foram realizadas 10 coletas sucessivas de brotações no minijardim clonal, com intervalos de 21 dias, sendo avaliado o percentual de sobrevivência das minicepas, o número de brotações e a produção de miniestacas por minicepas. As minicepas também foram avaliadas quanto ao conteúdo de nutrientes removido pelas brotações nas coletas. Após a coleta das brotações, as miniestacas foram confeccionadas e estaqueadas em tubetes contendo substrato comercial florestal adubado. Aos 30 dias após o estaqueamento, as miniestacas foram avaliadas quanto ao percentual de enraizamento, ao número de raízes de primeira e segunda ordem, ao comprimento de raízes e à massa seca do sistema radicular. Aos 105 dias após o estaqueamento as mudas foram avaliadas quanto à sobrevivência, à altura, ao

diâmetro, à área foliar, ao número de raízes de primeira ordem, ao comprimento de raízes, ao peso seco da parte aérea e ao sistema radicular. As minicepas dos clones apresentaram alto percentual de sobrevivência ao longo das coletas (95,2 a 100%). O número de brotações das minicepas dos clones aumentou ao longo das coletas sucessivas. Os clones não diferiram quanto à exportação de nutrientes pela coleta das brotações. Ao longo das coletas, o clone CT9 removeu mais nutrientes que os demais, sendo o clone CT3 o mais eficiente na utilização de nutrientes. Houve menor percentual de enraizamento, número de raízes de primeira ordem e comprimento de raízes do clone TC9 em relação aos demais. Ao longo dos ciclos de produção não foram observadas reduções na taxa de enraizamento das miniestacas e na qualidade das mudas produzidas. As mudas dos clones TC3 e TC15 apresentaram maior percentual de sobrevivência e massa seca da parte aérea.

Palavras-chave: propagação vegetativa, miniestacas.

ABSTRACT

LAMÔNICA, KELLY RIBEIRO, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. August, 2013. Ministumps productivity of Australian cedar (*Toona ciliata*) and seedlings production by minicutting Advisor: Prof. Deborah Guerra Barroso.

This study aimed to compare the productivity of clonal ministumps, produced from shoots of adult strains of three matrices Australian cedar (TC3 , TC9 and TC15) and evaluate nutrient export by management , as well as the quality of seedlings produced during the experimental period. The minigarden was established in suspended seedbed with seedlings from shoots collected in strains of three matrices harvested. Ten successive collections of shoots were held in clonal minigarden, with intervals of 21 days, and evaluated the percentage of survival of ministumps , number of shoots and production of cuttings for ministumps. The ministumps were also evaluated for nutrient content of shoots removed by the collections . After collection of the shoots, the cuttings were made and planted in plastic pots with fertilized forest substrate. At 30 days after striking the cuttings were evaluated for rooting percentage, number of roots of first and second order, length and dry mass of the root system. At 105 days after striking the seedlings were evaluated for survival, height, diameter, leaf area, number of first-order roots, root length, dry weight of shoot and root systems. The ministumps showed high survival percentage (95.2 to 100%). The number of shoots of ministumps clones increased

during successive collections. The clones did not differ in nutrient export by collecting shoots. Throughout the collection, CT9 removed more nutrients than others, CT3 is the most efficient nutrient used. The TC9 clone had the lowest percentage of rooting, number of roots of the first order and length of roots in relation to others. Throughout the production cycles no reductions in the rate of rooting and quality of seedlings. The seedlings of clones TC3 and TC15 had higher survival percentage and dry mass of shoots.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por madeira e produtos florestais, aliada aos avanços obtidos na política ambiental e à conscientização da população em relação aos problemas ambientais, têm aumentado o interesse, tanto de grandes empresas, quanto de pequenos investidores e produtores rurais, em plantios florestais comerciais. Associado a este aumento, é crescente, também, a demanda por espécies florestais que apresentem boa qualidade madeireira, alta produtividade, uniformidade nos plantios e alto valor na comercialização. Diante desta busca, são necessários avanços tecnológicos em relação às práticas silviculturais adotadas na produção de mudas e na implantação e condução de plantios florestais.

Apesar da grande aptidão do Brasil para produção de diferentes espécies florestais, observa-se que apenas as espécies de eucalipto e pinus se encontram em larga escala de produção, o que se deve, em grande parte, aos investimentos em pesquisas com estas espécies, que possibilitaram produção de madeira de qualidade, em ciclos curtos, com alto valor de comercialização. Contudo, algumas outras espécies vêm sendo plantadas e apresentam grande potencial para produção madeireira.

Dentre estas espécies, encontra-se o cedro australiano [*Toona ciliata* M. Roem var. *australis* (F. Muell.)], uma espécie exótica no Brasil, pertencente à família Meliaceae, que possui madeira de boa qualidade, similar à madeira dos cedros nativos do Brasil (*Cedrela odorata* e *Cedrela fissilis*). Esta espécie vem se

destacando no segmento de madeira serrada, em virtude do ciclo de produção relativamente curto (15 anos), da boa produtividade de madeira (250 a 390 m³ ha⁻¹) e do alto valor de comercialização no mercado interno e externo (Murakami, 2008).

A espécie vem sendo propagada por sementes, o que representa um entrave para a disponibilização de mudas, uma vez que apresenta desvantagens como sazonalidade na oferta e perda rápida do poder germinativo em condições de temperatura ambiente (Scocchi et al., 2006). O custo elevado das sementes encarece a produção, aumentando o valor das mudas.

As mudas produzidas por via seminífera apresentam ainda diversidade genética que resulta em povoamentos heterogêneos de cedro australiano, conforme observado por Ferreira et al. (2009b; 2009c), que também comprovaram alta diversidade genética em povoamentos no estado do Rio de Janeiro. A falta de homogeneidade dos plantios resulta em elevadas perdas no campo, com necessidade de desbastes mais intensos e dificuldade no processamento final da madeira, aumentando os custos de produção.

Pesquisas visando à seleção e multiplicação de genótipos que apresentem características desejáveis são necessárias para o estabelecimento de povoamentos com alta uniformidade, qualidade e produtividade de madeira. A técnica de resgate de indivíduos da flora, desde plântulas até plantas adultas é promissora (Galegari et al., 2011) e vem sendo utilizada para seleção de materiais. O resgate a partir de indivíduos adultos, selecionados por suas características desejáveis, conforme os critérios de exploração da espécie, permite a manutenção dessas características e o aumento da produtividade das culturas florestais, em curto prazo.

Neste sentido, a propagação vegetativa torna-se uma alternativa viável para multiplicação de genótipos selecionados e resgatados, uma vez que garantirá a qualidade genética do material propagado e permitirá, ainda, a produção de mudas durante todo o ano.

No Brasil, algumas pesquisas vêm sendo desenvolvidas visando à produção de mudas de cedro australiano por miniestaquia. Dentre as pesquisas realizadas com esta espécie encontram-se estudos relacionados ao enraizamento de miniestacas com relação à aplicação de auxinas e tolerância de minicepas a coletas sucessivas (Souza et al., 2009), avaliação da posição de coleta das

miniéstacas na brotação na qualidade da mudas (Ferreira et al., 2012a), avaliações de minicepas de jardins multiclonais implantados em tubetes e em canaletões e qualidade de mudas produzidas por miniestaquia (Silva et al., 2012; Souza, 2010).

A expedição de mudas de qualidade contribuirá para a redução de custos com o replantio, e o crescimento mais acelerado poderá contribuir para que superem a competição com as plantas daninhas mais rapidamente, promovendo a diminuição de gastos com tratos culturais (Figueiredo et al., 2011).

Estudos voltados à seleção, resgate e multiplicação de genótipos que apresentem características desejáveis são necessários para estabelecer povoamentos com elevada produtividade, qualidade e uniformidade.

Neste contexto, este trabalho teve a finalidade de seleção e clonagem de materiais de alta produtividade e divergência genética para estabelecimento de minijardim clonal de cedro australiano e comparação entre clones, contribuindo com as pesquisas na área de silvicultura e melhoramento genético da espécie, visando facilitar o manejo e a adoção da cultura por empresas e produtores rurais.

2. OBJETIVOS

Avaliar e comparar a produtividade de minicepas clonais, produzidas a partir de brotações de cepas adultas de três matrizes de cedro australiano, bem como a exportação de nutrientes do sistema pelo manejo e a qualidade de mudas produzidas por miniestacas ao longo das coletas.

2.1. Objetivos específicos

- Comparar a sobrevivência e produção de miniestacas das minicepas de três clones de cedro australiano que apresentam alta produtividade no campo e divergências genéticas entre si;
- Comparar a exportação de nutrientes de clones de cedro, ao longo das coletas de brotações nas minicepas;
- Avaliar a qualidade das mudas clonais produzidas por miniestaquia das sucessivas coletas quanto às características biométricas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Cedro Australiano (*Toona ciliata*)

O cedro australiano (*Toona ciliata*), pertencente à família Meliaceae, originário das regiões tropicais da Austrália, se adaptou bem ao Brasil, onde encontrou ótimas condições para o seu desenvolvimento vegetativo e para produção de madeira, principalmente no sul da Bahia e em toda região sudeste (Murakami, 2008).

Com madeira similar a dos cedros nativos brasileiros (*Cedrela odorata* e *Cedrela fissilis*), o cedro australiano é cultivado com o objetivo de fornecer madeira de qualidade para serrarias e indústrias moveleiras, podendo a madeira ser utilizada para fabricação de compensados, móveis, esculturas, portas e janelas, na construção de navios e aviões, instrumentos musicais entre outras finalidades (Pinheiro et al., 2006).

A madeira é caracterizada por apresentar coloração avermelhada brilhante, moderada resistência a cupins, com durabilidade mediana e baixa torção de fibras. Sua densidade varia entre 0,46 a 0,64 g cm⁻³ e a produção de 250 a 390 m³ ha⁻¹ aos 15 anos (Murakami, 2008).

A árvore de cedro pode alcançar 50 m de altura e 2 m de diâmetro. Seu tronco é retilíneo e algumas vezes apresenta bifurcações (Pinheiro et al., 2006). O incremento médio anual da espécie tem potencial para atingir 30 m³ ha⁻¹ ano⁻¹,

dependendo das condições de implantação dos povoamentos, solo, clima, precipitação e tratos culturais (Vilela e Stehling, 2012).

A árvore é de crescimento rápido, quando comparado com espécies nativas exploradas para serraria. Por ser de origem tropical, necessita de elevados índices de radiação solar para mais rápido crescimento, embora no estágio inicial o sombreamento favoreça o seu estabelecimento e crescimento, característica de plantas do estágio sucessional das secundárias (Souza et al., 2010).

A prática da desrama do cedro melhora a qualidade da madeira, reduzindo a área de nós, evitando a depreciação desta. De acordo com Ricken et al. (2011), tratamentos silviculturais e desbastes na condução dos povoamentos de cedro australiano são essenciais para o manejo dos povoamentos, para obtenção de maior rendimento por hectare, priorizando árvores com maior diâmetro e favorecendo seu crescimento pelo manejo adequado.

Com relação às exigências climáticas, o cedro australiano cresce em áreas com precipitação anual entre 800 e 1800 mm ano⁻¹, com dois a seis meses de seca, apresenta bom crescimento em regiões de 100 a 1.500 m de altitude e com temperatura em torno de 20 a 26°C, entretanto, a espécie sobrevive a temperaturas mínimas absolutas pouco abaixo de 0°C (Pinheiro et al., 2006).

Não é recomendado o plantio em solos argilosos compactados e nem em solos arenosos pobres, a menos que esses solos sejam preparados para receber a cultura. Pela pouca tolerância a solos ácidos, é necessária a correção em casos de baixo valor de pH. Solos rasos com algum impedimento físico como rochas ou camadas adensadas, devem ser evitados, pois comprometem o estabelecimento e o crescimento da espécie (Souza et al., 2010).

Segundo Pinheiro et al. (2006), os nutrientes nos solos tropicais se concentram no horizonte superficial (horizonte A), onde também estão as raízes mais finas do cedro, percebendo-se na prática certa preferência da cultura por solos calcários e em áreas de meia encosta, onde há maior disponibilidade de água e nutrientes.

Estudos relacionados às exigências nutricionais do cedro são escassos na literatura. Dentre os poucos existentes encontra-se o desenvolvido por Moretti et al. (2011), em casa de vegetação, que estudaram a influência da nutrição no crescimento de mudas de cedro australiano dos 60 aos 210 dias de idade, sob

omissão de nutrientes e observaram elevada exigência nutricional, sendo que os nutrientes P, N, S, Ca, K, Mg e Cu, nesta ordem, foram limitantes ao crescimento das plantas. A aplicação de calcário foi essencial para o bom desenvolvimento das plantas e omissão de B e Zn não afetou o crescimento das mesmas.

Ferreira et al. (2010a) avaliaram o efeito da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e aplicação de fosfato em mudas de cedro australiano em solos de baixa fertilidade, constatando que a pré-inoculação favoreceu o crescimento de cedro em condições de baixa disponibilidade de fósforo.

Segundo o Centro de Inteligência em Floresta (2012), ainda não foram registradas doenças no cedro australiano. Entretanto, Mussi-Dias et al. (2006) relataram o ataque por *Phyllachora* sp. em povoamentos de cedro australiano, localizados em Santa Maria Madalena – RJ, e em mudas provenientes de Linhares -ES.

As principais pragas que atacam o cedro australiano são as formigas cortadeiras (*Atta sexdens rubropilosa* e *Atta laevigata*) e o besouro serrador (*Oncideres* sp). Também são relatados danos causados pela erva de passarinho (*Struthanthus flexicaulis*) (Centro de Inteligência em Floresta, 2012).

O cedro australiano demonstra ser imune ao ataque da *Hypsiphyla grandella* (broca) que ataca os brotos dos cedros nativos (Hasse, 2004). Segundo Bernardes et al. (2013) a espécie, por ser resistente ao ataque da broca, pode servir como planta isca em consórcios com plantas sensíveis a esta praga, como o mogno brasileiro, pois este atrai a postura do inseto, cujas lagartas daí eclodidas acabam por morrer após a ingestão das folhas. Os mesmos autores observaram que o ataque da broca foi muito baixo no consórcio de mogno brasileiro, cedro australiano e seringueira e que o desenvolvimento do mogno brasileiro foi compatível aos melhores resultados já relatados.

A propagação do cedro tem sido realizada por sementes, que se caracterizam pela perda rápida de poder germinativo, quando conservadas em temperatura ambiente (27° C) e também por miniestaquia, técnica que permite a seleção e clonagem dos melhores materiais genéticos. Pesquisas recentes visando à propagação vegetativa de cedro australiano através de miniestaquia (Souza et al., 2009; Moraes, 2008; Ferreira, 2009b; Souza, 2010; Silva et al, 2012), têm indicado que a técnica apresenta grande potencial para produção de

mudas de elevada qualidade, o que é de fundamental importância para implantação e condução dos povoamentos.

3.2. Propagação vegetativa por miniestaquia

A miniestaquia pode ser considerada uma modificação da estaquia convencional. O desenvolvimento da técnica teve início na década de 90 para o gênero *Eucalyptus* (Higashi et al., 2000a). Basicamente, consiste na utilização de brotações de plantas propagadas por processo de estaquia ou mudas produzidas por semente (Alfenas et al., 2004).

A partir do estabelecimento das plantas nos minijardins clonais para formação das minicepas, seja por qualquer via, a multiplicação é realizada pela técnica da miniestaquia (Assis e Máfia, 2007).

Dentre as principais vantagens da miniestaquia relatadas na literatura, destacam-se: maior uniformidade das mudas, maior facilidade de controle de doenças e da nutrição, maior produção de brotações e aplicações de concentrações reduzidas de fitorreguladores de crescimento, apontando a técnica como importante ferramenta para a maximização da produção (Titon et al., 2003; Brodani, 2008).

A miniestaquia apresenta vantagens importantes em relação à estaquia. Além de benefícios operacionais, técnicos e econômicos, existem ganhos ambientais, ergonômicos e de qualidade. Operacionalmente, a miniestaquia demanda menos mão de obra, pela eliminação de manejo extensivo exigido nos jardins clonais de campo, que foi substituído pelo manejo intensivo nos minijardins clonais *indoor*. Além disso, a colheita e o transporte de brotações no campo foram substituídos pelo manejo concentrado no próprio viveiro e a aplicação de hormônios de enraizamento tornou-se desnecessária, na maioria dos clones (Assis e Máfia, 2007).

Segundo Xavier et al. (2009), pesquisas obtidas no setor produtivo indicam a ocorrência de variações quanto a tamanho das cepas, estacas, frequência de coleta e produtividade obtida na área de multiplicação vegetativa dos jardins clonais, entre e dentro das técnicas de estaquia, miniestaquia e microestaquia. O mesmo é observado quanto ao processo de enraizamento e à adoção ou não de

reguladores de crescimento para o enraizamento. Em geral, essas variações observadas são resultantes da técnica de propagação adotada, decorrentes das respostas diferenciadas de clone/espécie, dos aspectos fisiológicos das estacas e do manejo empregado.

Nos últimos 10 anos, diversos trabalhos publicados buscam o entendimento dos fatores que influenciam na formação de mudas florestais produzidas por micro e miniestaquia, sendo relacionados à aplicação de reguladores de crescimento para indução do enraizamento e adequação de substratos desenvolvidos para espécies e clones.

As espécies do gênero *Eucalyptus* são as mais estudadas neste sentido, com pesquisas voltadas ao aumento do enraizamento de miniestacas (Wendling e Xavier, 2005; Almeida et al., 2007 e Goulart et al., 2008) e avaliações do efeito do intervalo de tempo de coleta e demais práticas de manejo sobre o enraizamento de miniestacas (Melo et al. 2011).

Souza et al. (2013) avaliaram padrões de miniestacas e sazonalidade na produção de mudas clonais de *Eucalyptus grandis* X *E. urophylla* constatando que mudas produzidas no verão, utilizando miniestacas de 10 cm, tiveram maior crescimento e que a metodologia de não redução das folhas mostrou-se como o procedimento adequado para produção de mudas.

A técnica de miniestaquia tem se mostrado bastante promissora para o cedro australiano que, conforme Souza et al. (2009), apresenta bom enraizamento de miniestacas, sem a necessidade de aplicação de auxina e com boa tolerância das minicepas às coletas sucessivas de miniestacas. Estudo realizado por Moraes (2008) indicou que as miniestacas apresentavam alto potencial de enraizamento em ambientes com nebulização intermitente, mantidas em elevada umidade relativa do ar (80-100%). Para produção de mudas podem ser utilizadas miniestacas provenientes de diferentes posições nas brotações (apicais, intermediárias e basais) não havendo diferenças no crescimento destas, conforme estudo desenvolvido por Ferreira et al. (2012a).

Estudos em minijardins multiclonais de cedro australiano em canaletões e tubetes foram desenvolvidos por Silva et al. (2012), que constataram que não houve queda na produtividade das minicepas ao longo de coletas sucessivas de brotações e que o sistema de minijardim em canaletão é mais produtivo que o

sistema em tubetes, tendo sete e quatro coletas, respectivamente, em um período de condução de sete meses.

A técnica de miniestaquia foi estudada e é recomendada para algumas outras espécies, como *Calophyllum brasiliense* (Silva et al., 2010), *Sapium glandulatum* (Ferreira et al., 2010b), *Erythrina falcata* (Cunha et al., 2008), *Cedrela fissilis* (Xavier et al., 2003a), *Cariana estrellensis* (Gatti et al., 2011) e *Eugenia uniflora* L. (Lattuada, 2010). Dentre os estudos para o enraizamento de miniestacas com aplicação de reguladores de crescimento, encontram-se o desenvolvido por Xavier et al. (2003b), para *Cedrela fissilis*, no qual os autores constataram que a espécie não necessita da aplicação de AIB para o enraizamento de miniestacas provenientes de minicepas de origem seminal. Também existem alguns estudos voltados para avaliação da produtividade de miniestacas ao longo das estações do ano como o desenvolvido por Ferriani et al. (2011), que verificaram para *Piptocarpa angustifolia* maior produção de miniestacas no inverno e na primavera.

Além disso, também tem sido alvo de estudo a condução das minicepas com relação às necessidades nutricionais e produtividade ao longo de coletas sucessivas, assim como a qualidade das mudas produzidas a partir de miniestacas ao longo da vida útil da minicepa.

Para melhor eficiência dos sistemas de produção, as doses utilizadas em solução nutritiva devem se corrigidas conforme a exigência nutricional de cada espécie, clone e época do ano, conforme monitoramento nutricional das minicepas e enraizamento das miniestacas (Higashi et al., 2000b).

Neste sentido, algumas espécies vêm sendo estudadas como *Toona ciliata* e eucalipto. Como o trabalho desenvolvido por Souza (2010), que avaliou a exportação de nutrientes pelas coletas sucessivas de brotações em minijardins multiclonais de cedro australiano conduzidos em canaletões e tubetes, constatando que o sistema de canaletão apresenta maior exportação de nutrientes, pela produção mais intensa de miniestacas, e menores perdas de água e nutrientes por lixiviação, em relação ao sistema de tubetes.

Cunha et al. (2008), avaliaram a relação do estado nutricional com a produtividade de miniestacas para diferentes clones de eucalipto constatando que

a solução nutritiva deve ser específica para cada clone, independente do minijardim clonal se conduzido em leito de areia ou tubetes.

A propagação clonal de espécies do gênero *Eucalyptus* pelas técnicas de micro e miniestaquia é uma realidade em várias empresas florestais, onde são consideradas estratégicas por aliarem a qualidade das mudas à redução dos custos de produção (Santos et al., 2005).

Diversos trabalhos têm permitido o melhor enraizamento e crescimento das mudas que estão sendo produzidas atualmente, reduzindo o tempo para que as mudas alcancem os padrões considerados desejáveis para serem levadas a campo. A redução do período de permanência das mudas no setor de enraizamento, permite a redução dos custos de produção, bem como do ciclo de rotação das mudas. Neste sentido, pode ser citado o trabalho visando à otimização do tempo de enraizamento de miniestacas de dois clones de *Eucalyptus spp* realizado por Ferreira et al. (2004), que indicaram 15 e 22 dias como tempo ideal para o enraizamento dos clones 1 e 2, respectivamente, demonstrando diferenças na velocidade de enraizamento entre os materiais genéticos.

Neste contexto, os referidos estudos demonstram que a miniestaquia apresenta alto potencial para a propagação de espécies florestais. Considerando que esta técnica é amplamente utilizada para o gênero *Eucalyptus*, estudos para aprimorar a utilização desta na produção de mudas de outras espécies poderão se tornar uma realidade nos viveiros florestais.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo teve início com a seleção e o corte raso de três árvores matrizes, para posterior coleta de brotações das cepas e estaqueamento para formação de mudas. Em casa de vegetação, as mudas clonais foram multiplicadas por miniestaquia e utilizadas para implantação do minijardim, com manejo para retirada de miniestacas que foram utilizadas para produção de mudas dos três clones.

Os estudos foram conduzidos em casa de vegetação, na Unidade de Apoio à Pesquisa (UAP) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, localizada na latitude 21°19'23" (S) e longitude 41°19'41" (W), no município de Campos dos Goytacazes - RJ. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, tropical quente e úmido, com período de estiagem no inverno e chuvoso no verão.

Durante todo período experimental foram medidas a temperatura e a umidade relativa do ar na câmara de nebulização e na casa de vegetação, utilizando Termo higrômetro - HOBO, com programação de uma leitura a cada 30 minutos. Na Figura 1 são apresentados os dados de umidade relativa do ar e temperatura na casa de vegetação e câmara de nebulização. Na casa de vegetação as plantas foram irrigadas uma ou duas vezes ao dia, conforme a necessidade.

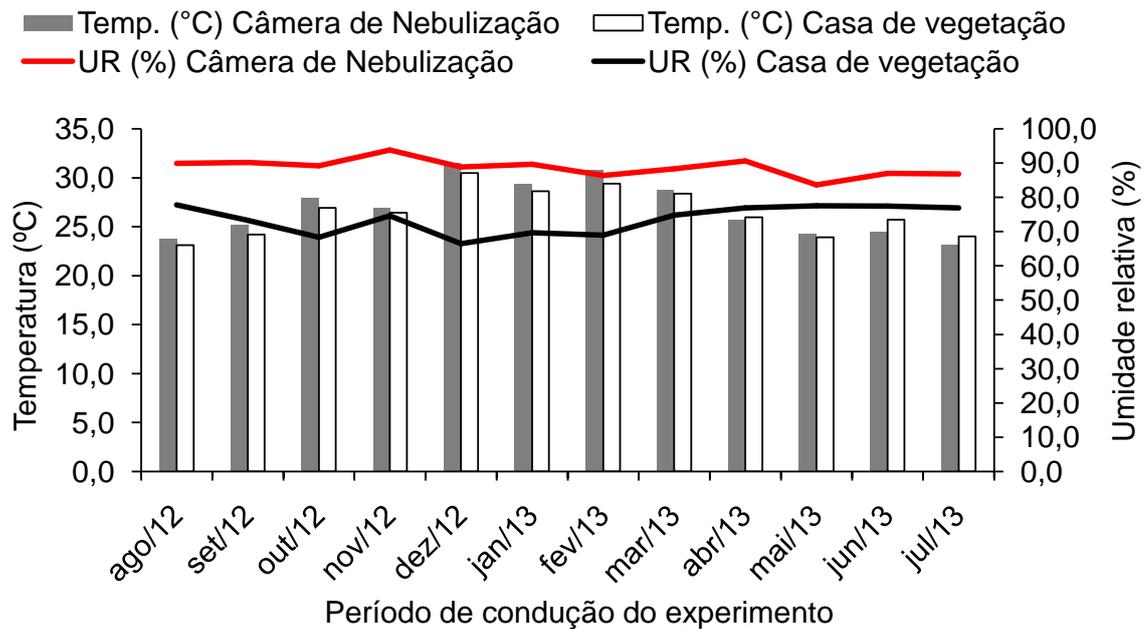


Figura 1: Dados de Temperatura (°C) e Umidade Relativa do ar (%), na casa de vegetação e câmara de nebulização, durante o período experimental. Dados registrados por Termo higrômetro – HOBO, instalado no local do experimento.

4.1. Seleção de matrizes

As árvores matrizes utilizadas para coleta de material foram selecionadas em um povoamento comercial de cedro australiano, localizado no município de Santa Maria Madalena-RJ, latitude 22° 51' (S) e longitude 41° 09' (W) a 118 m de altitude. Este povoamento foi implantado no segundo semestre de 2005, no espaçamento 3 x 2 m, com mudas produzidas por sementes procedentes de plantios do Espírito Santo. A seleção das matrizes foi realizada em 2010, cinco anos após a instalação do povoamento.

A seleção das árvores matrizes foi baseada nos estudos realizados por Ferreira et al. (2012b; 2012c). Estes selecionaram no povoamento 30 matrizes e avaliaram características relacionadas à produção de madeira e à divergência genética destas. Com base nos resultados destes trabalhos foram selecionadas três árvores matrizes que apresentaram divergência genética entre si e alto potencial de produção de madeira.

As plantas selecionadas nos trabalhos de Ferreira et al. (2012b; 2012c) para propagação clonal foram E3, E9 e E15, sendo nomeadas no presente trabalho como TC3, TC9 e TC15 (*Toona ciliata* - TC), respectivamente.

4.2. Coleta e tratamento do material a ser propagado

Realizou-se corte raso nas árvores matrizes em 6 de setembro de 2011 para coleta de brotações. Foram realizadas duas coletas com auxílio de uma tesoura de poda, sendo estas realizadas aos 80 e 128 dias após o corte raso. O material coletado foi acondicionado em caixas de isopor e mantido umedecido, para evitar a desidratação durante o transporte do campo até a casa de vegetação na UENF.

Na casa de vegetação, no mesmo dia da coleta, as brotações foram cortadas para formação de estacas com comprimento aproximado de 6 cm, sendo mantido um par de folhas com área reduzida a metade. As estacas tiveram sua base imersa por 10 segundos em solução de AIB (ácido indolbutírico), na concentração de 5000 mgL^{-1} , para estímulo ao enraizamento. A solução de AIB foi preparada utilizando-se uma mistura de 50% de álcool etílico P. A. e 50% de água deionizada para diluir a solução estoque (10000 mg L^{-1}).

O material foi estaqueado em tubetes de 180 cm^3 , com substrato comercial a base de casca de Pinus decomposta. Na Tabela 1, são apresentados os resultados de análise química dos substratos utilizados para estaqueamento dos materiais (substrato 1). As análises foram realizadas no laboratório de análise de solo e planta no Centro de Solos e Recursos Agroambientais do Instituto Agrônomo de Campinas-SP (IAC). Após a retirada da amostra, o substrato foi adubado como adubo de liberação lenta (14-14-14), nas doses de 8 g Kg^{-1} de substrato, conforme recomendação do fabricante.

Após o estaqueamento, as miniestacas foram colocadas na câmara de nebulização, com cobertura plástica (polipropileno 150 micra) e sombrite 30%, sob sistema de nebulização intermitente para evitar a desidratação e favorecer o enraizamento. Aos 30 dias após o estaqueamento, as mudas foram transferidas para casa de vegetação.

4.3. Multiplicação dos materiais clonais

Após a formação das mudas, foi realizada a recepa destas, onde a parte aérea foi retirada a uma altura de 8 cm da base, para padronização e estímulo de novas brotações. Em 21 de junho de 2012, todas as brotações formadas foram utilizadas para formação de miniestacas, que foram estaqueadas utilizando o mesmo procedimento adotado para o estaqueamento do material coletado nas cepas no campo. O substrato utilizado na propagação das mudas também foi analisado e os resultados são apresentados na Tabela 1 (substrato 2).

Todo material estaqueado foi colocado na câmara de nebulização, onde permaneceram por 30 dias para enraizamento, sendo transferidas para casa de vegetação depois deste período. Estas mudas foram utilizadas para implantação dos minijardins clonais.

Tabela 1: Resultado analítico do substrato comercial utilizado para produção das mudas clonais de *Toona ciliata*, para estaqueamento dos materiais coletados no campo (substrato 1) e na multiplicação em casa de vegetação (substrato 2)

| | Substrato 1 | Substrato 2 |
|---------------------------------|-------------|-------------|
| pH | 5,3 | 5,2 |
| EC (dS m ⁻¹) | 0,7 | 0,6 |
| N-Nitrato (mg L ⁻¹) | 2,5 | 2,9 |
| Fósforo (mg L ⁻¹) | 2,5 | 2,3 |
| Cloreto (mg L ⁻¹) | 13,5 | 11,7 |
| Enxofre (mg L ⁻¹) | 79,4 | 75,7 |
| N-amônia (mg L ⁻¹) | 1,8 | 1,4 |
| Potássio (mg L ⁻¹) | 91,7 | 89,1 |
| Sódio (mg L ⁻¹) | 9,0 | 8,2 |
| Cálcio (mg L ⁻¹) | 33,9 | 29,9 |
| Magnésio (mg L ⁻¹) | 24,4 | 20,8 |
| Boro (mg L ⁻¹) | 0,4 | 0,4 |
| Cobre (mg L ⁻¹) | 0,01 | 0,01 |
| Ferro (mg L ⁻¹) | 1,2 | 0,6 |
| Manganês (mg L ⁻¹) | 0,5 | 0,1 |
| Zinco (mg L ⁻¹) | 0,1 | 0,04 |

Método de extração 1:1,5 [Sonneveld et al. (1974), descrito por Abreu et al. (2000)]. Métodos de determinação: N-(amoniaco e nitrato): destilação; K, Ca, Mg, P, S, Cu, Fe, Mn, Zn: ICP-OES

4.4. Implantação do minijardim clonal

Para implantação do minijardim clonal, foram utilizados três canaletões suspensos a 85 cm de altura do solo, instalados em casa de vegetação com cobertura plástica (polipropileno 150 μm) e sombrite 30%.

Estes foram construídos a partir de perfis leves e modulares de PVC preenchidos com concreto, de simples encaixe, com comprimento, largura e altura de 113 x 105 x 28 cm, respectivamente. Ao fundo dos canaletões foram confeccionados nove furos equidistantes com diâmetro de 2 cm, para drenagem do excesso de água da irrigação.

Os canaletões foram forrados com filme plástico de 150 μm , em toda sua extensão, perfurado na direção dos nove furos para drenagem da água do canaletão. Sobre o filme plástico foi adicionada uma camada de 5 cm de altura de brita nº1 e sobre a brita foi colocado sombrite 70% para reter os materiais colocados em sequência.

Em seguida foi colocada uma camada de 8 cm de altura de areia lavada e uma camada de 15 cm da mistura do substrato florestal comercial, fibra de coco e torta de filtro, na proporção de 2:1:1 v/v, respectivamente. A fibra de coco (Golden Mix® tipo 47) foi previamente desfibrada e encharcada com água, permanecendo em repouso por 24 horas para expansão das fibras pela umidade e retirada do excesso de água.

Uma amostra do substrato foi retirada para análise química, no dia do transplante das mudas e outra amostra na última coleta de brotações nos minijardins. Na Tabela 2 são apresentados os resultados das análises do substrato inicial (na implantação do experimento) e do substrato final (após a última coleta). As análises foram realizadas no laboratório de análise de solo e planta no Centro de Solos e Recursos Agroambientais do Instituto Agronômico de Campinas-SP (IAC).

Tabela 2: Resultado analítico das amostras do substrato comercial florestal + torta de filtro + fibra de coco, na proporção de 2:1:1 v/v, utilizado para implantação dos minijardins (substrato inicial) e após 10 ciclos de coleta sucessivas das brotações (substrato final)

| | Substrato inicial | Substrato final |
|---------------------------------|-------------------|-----------------|
| pH | 5,5 | 5,7 |
| EC (dS m ⁻¹) | 2,7 | 0,3 |
| N-Nitrato (mg L ⁻¹) | 214,2 | 8,8 |
| Fósforo (mg L ⁻¹) | 14,7 | 8,3 |
| Cloreto (mg L ⁻¹) | 68,2 | 9,9 |
| Enxofre (mg L ⁻¹) | 132,8 | 5,1 |
| N-amônia (mg L ⁻¹) | 2,9 | 0,8 |
| Potássio (mg L ⁻¹) | 266,4 | 1,9 |
| Sódio (mg L ⁻¹) | 17,9 | 12,7 |
| Cálcio (mg L ⁻¹) | 201,7 | 16,5 |
| Magnésio (mg L ⁻¹) | 97,6 | 5,5 |
| Boro (mg L ⁻¹) | 0,3 | 0,2 |
| Cobre (mg L ⁻¹) | 0,01 | 0,02 |
| Ferro (mg L ⁻¹) | 0,1 | 0,7 |
| Manganês (mg L ⁻¹) | 0,1 | 0,01 |
| Zinco (mg L ⁻¹) | 0,1 | 0,04 |

Método de extração 1:1,5 [Sonneveld et al. (1974), descrito por Abreu et al. (2000)]. Métodos de determinação: N-(amoniacoal e nitrato): destilação; K,Ca, Mg, P, S, Cu, Fe, Mn, Zn:ICP-OES

Para o enriquecimento desta mistura do substrato foram adicionados 2,2 Kg m⁻³ de ureia revestida que contém 990 g m⁻³ de N e 1,5 kg m⁻³ de superfosfato simples que contém 270 g m⁻³ de P₂O₅ (Azeredo *et al.*, 2009).

O minijardim clonal foi implantado em Delineamento de Blocos Casualizados (DBC), com seis parcelas de cada clone, onde cada parcela foi composta por sete plantas. Aos 47 dias após o estaqueamento, 42 mudas de cada clone com altura acima de 8 cm foram utilizadas para implantação do minijardim. Estas foram dispostas nos canaletões no espaçamento de 15 x 15 cm, totalizando 42 mudas por canaletão.

Durante todo o período experimental as minicepas foram irrigadas uma ou duas vezes ao dia, sendo as regas realizadas sem excesso de água para evitar a perda de água e nutriente do sistema de produção.

Na Tabela 3, é apresentado um resumo dos procedimentos adotados e, na Figura 2, são apresentadas imagens da implantação do minijardim clonal em canaletões.

Tabela 3: Resumo das datas dos procedimentos para implantação do minijardim de cedro australiano (*Toona ciliata*)

| Procedimento | Data |
|--|-------------|
| Seleção e corte raso das árvores matrizes em povoamento | 06/09/2011 |
| 1ª coleta das brotações nas cepas e estaqueamento (tubete) | 25/11/2011 |
| 2ª coleta das brotações nas cepas e estaqueamento (tubete) | 12/01/2012 |
| Recepa das mudas formadas para multiplicação | 20/04/2012 |
| Coleta das brotações das minicepas em tubete e estaqueamento (tubete) | 21/06/2012 |
| Implantação do minijardim em canaletões, com as mudas produzidas em tubetes. | 08/08/2012 |
| Recepa das mudas no minijardim | 15/08/2012 |



Figura 2: Implantação do minijardim clonal de *Toona ciliata*: (1) Estrutura do canaletão; (2) Camada de 5 cm de brita nº 1; (3) Sombrite 70% sobre a brita; (4) Camada de 8 cm de areia lavada; (5) Camada de 15 cm de substrato e transferência das mudas e (6) Minijardim implantado nos canaletões.

4.5. Avaliações

4.5.1. Sobrevivência e produtividade das minicepas

A poda apical foi realizada em 14 de setembro de 2012, 37 dias após o transplante das primeiras mudas para o canaletão. Esta foi realizada com auxílio de uma tesoura de poda, onde a parte aérea foi retirada a uma altura de 8 cm da base, para formação das minicepas, conforme metodologia adotada por Silva et al. (2012). As brotações das minicepas foram utilizadas para produção de miniestacas, sendo esta a primeira coleta no minijardim.

Após a primeira coleta de brotações o intervalo entre as coletas subsequentes foi de 21 dias, estabelecido conforme o crescimento em altura das brotações (acima de 20 cm). Somente os ciclos quatro e seis tiveram intervalo de 24 dias cada.

Foram realizadas 10 coletas sucessivas de brotações, sendo avaliada a sobrevivência das minicepas, o número de brotações por minicepa e o número de miniestacas produzidas por minicepa. Foi medido o diâmetro a altura do colo das minicepas na primeira coleta para correlações com a produção de miniestacas e dados nutricionais.

Em cada coleta, as brotações foram cortadas quando apresentavam pelo menos 5 cm, com auxílio de uma tesoura de poda, e as miniestacas foram formadas com um comprimento de 5 cm, sendo mantidas uma ou duas folhas, com dois pares de folíolos e a área foliar reduzida pela metade.

Todas as posições de coleta das miniestacas nas brotações (apical, intermediária e basal) foram utilizadas seguindo recomendação de Ferreira et al. (2012a).

Os dados obtidos por contagem foram transformados em $\sqrt{x+1}$ e os dados de porcentagem em arco-seno \sqrt{x} (Zimmermann, 2004). Após a transformação, os dados foram submetidos à análise de variância e as diferenças comparadas pelo teste de Tukey (5%).

4.5.2. Avaliação nutricional das brotações coletadas no minijardim clonal

Foram selecionadas 12 minicepas de cada clone para acompanhamento nutricional durante as 10 coletas sucessivas de brotações. As minicepas foram selecionadas com base em valores médios de altura e diâmetro na primeira coleta de brotações. Após cada coleta o número de miniestacas foi quantificado e estas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 70°C, por 72 horas.

Após a secagem, o material foi pesado para determinação da massa seca das brotações coletadas e triturado em moinho tipo Wiley, usando peneira de 20 mesh, sendo posteriormente acondicionado em sacos plásticos. Em função do pouco material produzido por amostra, para cada clone, foram formadas amostras compostas por material produzido por quatro minicepas em cada coleta, totalizando 3 amostras compostas para cada clone.

As amostras foram submetidas à análise química para determinação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn) e boro (B), no Centro de Análises do Campus Dr. Leonel Miranda da UFRRJ, em Campos dos Goytacazes - RJ, conforme metodologias descritas por Malavolta et al. (1997) e Jones Jr. et al. (1991).

As amostras foram submetidas à digestão nítrico-perclórica (HNO_3 e HClO_4) e os extratos utilizados para determinação de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn e Mn. O P foi determinado colorimetricamente pelo método azul de molibdato, o K, por espectrofotometria e o S, por turbidimetria com cloreto de bário. O Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn e Mn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

O nitrogênio (N) foi determinado pela digestão Kjeldahl (Anderson e Ingram, 1996) e o Boro (B) foi determinado por colorimetria pelo método da curcumina, após incineração em mufla.

Com a massa seca das brotações e concentração dos nutrientes foi calculado o conteúdo de cada nutriente extraído ao longo das coletas nos minijardins para comparação dos clones.

Os dados referentes às avaliações nutricionais das minicepas foram submetidos a análises descritivas e correlações de Pearson da produtividade de miniestacas com o diâmetro inicial das minicepas e os teores de nutrientes nas minicepas no início da coleta das brotações.

4.5.3. Mudanças produzidas por miniestaquia

Para avaliação do enraizamento e produção de mudas dos três clones ao longo dos ciclos de produção foram utilizadas as miniestacas produzidas a partir das coletas sucessivas de brotações dos minijardins clonais.

O experimento foi implantado em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), em esquema fatorial 3 x 10, constituído por 3 clones e 10 ciclos de produção, sendo cada ciclo composto por 4 parcelas. Em todos os ciclos de produção, as parcelas foram compostas por 20 miniestacas, sendo balanceado em cada parcela o número de estacas apicais e intermediárias (6 miniestacas apicais e 14 miniestacas intermediárias).

As miniestacas foram estaqueadas em tubetes de 180 cm³ com substrato comercial florestal adubado como adubo de liberação lenta (14-14-14), nas doses de 8 g Kg⁻¹ de substrato, conforme recomendação do fabricante.

Em cada ciclo de produção, após o estaqueamento, as miniestacas foram colocadas na câmara de nebulização, permanecendo por 30 dias para enraizamento.

Na expedição do setor de enraizamento, as miniestacas foram avaliadas quanto ao percentual de enraizamento, que foi detectado pela resistência ao leve toque de remoção da miniestaca do substrato e ainda a visualização dos primórdios radiculares após a remoção superficial do substrato, conforme Freitas et al. (2012). As miniestacas que não formaram raízes apresentavam escurecimento dos tecidos e queda de folhas sendo consideradas mortas.

Para avaliação do sistema radicular das miniestacas, na expedição das mudas da câmara de nebulização para casa de vegetação, aleatoriamente, foram retiradas quatro miniestacas (duas miniestacas apicais e duas intermediárias) para avaliação do enraizamento.

Na avaliação do sistema radicular, o mesmo foi cuidadosamente lavado com água para retirada do substrato e avaliado quanto ao número de raízes de

primeira ordem (NRPO) e segunda ordem (NRSO), comprimento de raízes de primeira ordem (medição por régua) e massa seca do sistema radicular (MSSR).

As mudas restantes de cada parcela foram mantidas na casa de vegetação para aclimatização e crescimento e, aos 105 dias após o estaqueamento, no final do ciclo de produção, estas foram avaliadas quanto à altura e ao diâmetro a altura do colo (DAC), com auxílio de régua e paquímetro digital, respectivamente.

Em cada parcela foi avaliado o percentual de sobrevivência das mudas, e foram selecionadas seis mudas (quatro provenientes de miniestacas intermediárias e duas de miniestacas apicais) com altura e DAC próximo aos valores médios da parcela para avaliação de área foliar, massa seca da parte aérea (MSPA), comprimento e número de raízes de primeira ordem (NRPO) e MSSR.

Para as avaliações, cada muda foi cortada à altura do colo e as folhas destacadas para medir a área foliar utilizando o medidor de área eletrônico de bancada (LI-3000, LI-COR Inc). Em seguida, toda parte aérea foi colocada em sacos de papel e seca em estufa de circulação forçada de ar a 70°C, por 72 horas, para posterior pesagem e determinação da MSPA.

Quanto ao sistema radicular, este teve o substrato retirado por lavagem com água, sendo medido o comprimento, com auxílio de régua, e quantificado o número de raízes de primeira ordem (NRPO) e, a obtenção MSSR teve procedimento igual ao adotado para determinação da MSPA.

Antes de realizar as análises, os dados obtidos por contagem foram transformados em $\sqrt{x+1}$ e os dados de percentagem arco-seno \sqrt{x} (Zimmermann, 2004). Após a transformação dos resultados, os dados foram submetidos à análise de variância e as diferenças comparadas pelo teste de Tukey (5%).

Na Figura 3 é apresentado o esquema de produção de mudas clonais de cedro australiano adotado no presente trabalho e na Tabela 1A são apresentadas as datas das avaliações de produtividade do minijardim clonal e das avaliações de enraizamento e produção final das mudas em cada ciclo de produção.

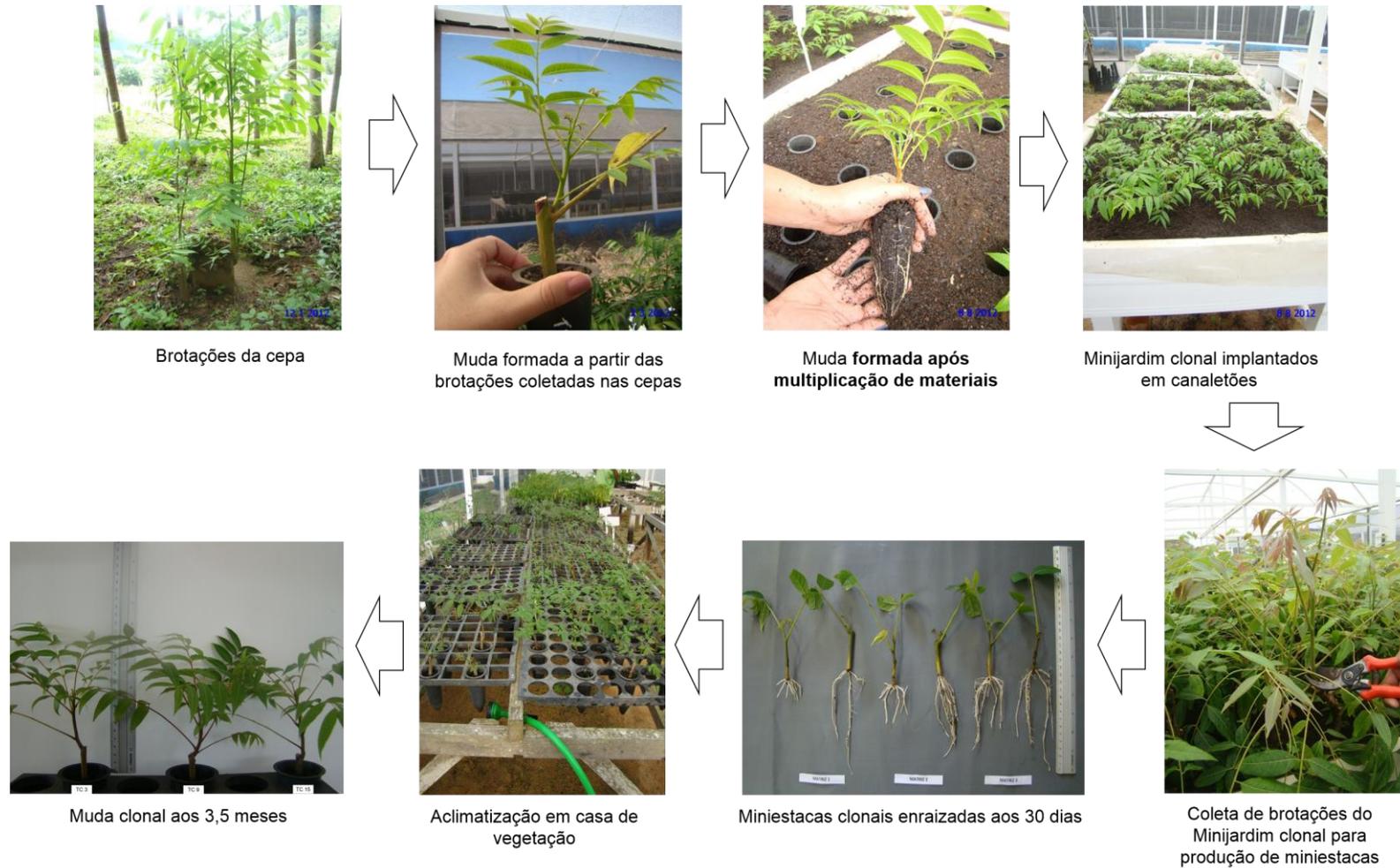


Figura 3: Esquema de produção de mudas clonais de cedro australiano (*Toona ciliata*) por miniestaquia a partir de resgate de matrizes adultas por brotação de cepa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Sobrevivência das minicepas e produtividade do minijardim clonal

As minicepas dos clones de cedro australiano apresentaram alta taxa de sobrevivência, demonstrando tolerância à poda apical, durante o período de condução do minijardim, que foi de 232 dias. Os clones TC3 e TC9 apresentaram 100% de sobrevivência, enquanto o clone TC15, 100% de sobrevivência até a sexta coleta, apresentando, a partir desta coleta, pequena taxa de mortalidade, atingindo ao término das 10 coletas 95,2% (Tabela 4), indicando possível esgotamento das reservas.

Com a mesma espécie resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2012), ao estudarem a produtividade de minijardins multiclonais, composto por minicepas seminais, em canaletão e tubetes, constatando 100% de sobrevivência das minicepas para os dois sistemas, durante sete meses de manejo. Souza et al. (2009), também, com minicepas provenientes de sementes, obtiveram 100% de sobrevivência após 3 coletas sucessivas.

Tabela 4: Sobrevivência de minicepas de três clones de cedro australiano (*Toona ciliata*), em função dos ciclos de coleta de brotações

| Ciclo de produção | Sobrevivência (%) | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------|---|---|-----------|---|---|------------|---|----|
| | Clone TC3 | | | Clone TC9 | | | Clone TC15 | | |
| 1 | 100 | A | A | 100 | A | a | 100 | A | a |
| 2 | 100 | A | A | 100 | A | a | 100 | A | a |
| 3 | 100 | A | A | 100 | A | a | 100 | A | a |
| 4 | 100 | A | A | 100 | A | a | 100 | A | a |
| 5 | 100 | A | A | 100 | A | a | 100 | A | a |
| 6 | 100 | A | A | 100 | A | a | 100 | A | a |
| 7 | 100 | A | A | 100 | A | a | 97,6 | A | ab |
| 8 | 100 | A | A | 100 | A | a | 95,2 | B | b |
| 9 | 100 | A | A | 100 | A | a | 95,2 | B | b |
| 10 | 100 | A | A | 100 | A | a | 95,2 | B | b |
| CV (%) | 4,28 | | | | | | | | |

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na mesma linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Alta sobrevivência de minicepas produzidas por sementes (95%) também foi obtida para *Grevillea robusta* conduzida em canaletão, com 15 coletas de miniestacas (Souza Junior et al., 2008). Xavier et al. (2003) obtiveram 100% de sobrevivência de minicepas produzidas por sementes de *Cedrella fissilis* em minijardim conduzido em tubetes após quatro coletas sucessivas. Freitas (2012) também obteve 100% de sobrevivência das minicepas produzidas por sementes de *Handroanthus heptaphyllus*, conduzidas em tubetes, durante oito coletas sucessivas. Gatti et al. (2011), ao estudarem a propagação de jequitibá (*Cariniana estrelensis*) por miniestaquia, obtiveram 98% de sobrevivência das minicepas produzidas por sementes.

Já para minicepas de *Eucalyptus benthamii* conduzidas em minijardim de canaletão (leito de areia), produzidas por sementes, Cunha et al. (2005) observaram em Colombo-PR, após cinco coletas sucessivas, 88% de sobrevivência.

Dias et al. (2012), ao estudarem a eficiência da miniestaquia na propagação de progênies de meios-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), constataram que a sobrevivência das minicepas produzidas por sementes variou de 84 a 98%, ao longo de seis coletas realizadas.

Todos os clones avaliados apresentaram aumento no número de brotações ao longo das sucessivas coletas, o que demonstra uma adaptação das plantas às podas sucessivas que modificam o crescimento das plantas de ortotrópico para similar ao plagiotrópico, pelo crescimento de brotações laterais

pela quebra da dominância apical. Entretanto, o número de miniestacas produzidas foi diferente entre os ciclos, variando de 2,59 a 4,54 miniestacas por minicepa (Tabela 5), sem um padrão de alteração de produtividade ao longo dos ciclos.

Tabela 5: Número de brotações e número miniestacas produzidas por minicepas de três clones de cedro australiano (*Toona ciliata*), em função dos ciclos de coleta de brotações

| Ciclo de produção | Número de brotações | | | | | | | | | |
|-------------------|---|-------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|-------|
| | Clone TC3 | Clone TC9 | Clone TC15 | Média | | | | | | |
| 1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00d | | | | | | |
| 2 | 2,66 | 2,23 | 2,07 | 2,33c | | | | | | |
| 3 | 2,83 | 2,30 | 1,98 | 2,37c | | | | | | |
| 4 | 3,14 | 2,54 | 2,57 | 2,75c | | | | | | |
| 5 | 3,57 | 2,66 | 2,40 | 2,88c | | | | | | |
| 6 | 4,47 | 3,28 | 3,02 | 3,59b | | | | | | |
| 7 | 5,28 | 4,07 | 3,75 | 4,37a | | | | | | |
| 8 | 4,76 | 3,38 | 3,66 | 3,93ab | | | | | | |
| 9 | 5,64 | 3,71 | 4,13 | 4,49a | | | | | | |
| 10 | 5,16 | 3,76 | 4,34 | 4,42a | | | | | | |
| Média | 3,85A | 2,90B | 2,89B | | | | | | | |
| CV (%) | | 6,76 | | | | | | | | |
| Ciclo de produção | Número de miniestacas produzidas por minicepa | | | | | | | | | Média |
| | Clone TC3 | Clone TC9 | Clone TC15 | Clone TC3 | Clone TC9 | Clone TC15 | Clone TC3 | Clone TC9 | Clone TC15 | |
| 1 | 4,81 A abc | 2,83 B bcd | 5,73 A a | 4,81 A abc | 5,47 A a | 3,33 B b | 3,98 A bc | 4,21 A abc | 1,90 B b | 3,36 |
| 2 | 4,81 A abc | 5,47 A a | 3,33 B b | 3,98 A bc | 4,21 A abc | 1,90 B b | 6,40 A a | 4,52 B ab | 2,64 C b | 4,52 |
| 3 | 3,98 A bc | 4,21 A abc | 1,90 B b | 6,40 A a | 4,52 B ab | 2,64 C b | 4,88 A abc | 3,88 A abcd | 3,50 A b | 4,09 |
| 4 | 6,40 A a | 4,52 B ab | 2,64 C b | 4,88 A abc | 3,88 A abcd | 3,50 A b | 6,50 A a | 3,38 B bcd | 3,12 B b | 4,33 |
| 5 | 4,88 A abc | 3,88 A abcd | 3,50 A b | 6,50 A a | 3,38 B bcd | 3,12 B b | 5,42 A ab | 3,38 B bcd | 3,07 B b | 3,96 |
| 6 | 6,50 A a | 3,38 B bcd | 3,12 B b | 5,42 A ab | 3,38 B bcd | 3,07 B b | 5,19 A abc | 3,59 B abcd | 3,47 B b | 4,09 |
| 7 | 5,42 A ab | 3,38 B bcd | 3,07 B b | 5,19 A abc | 3,59 B abcd | 3,47 B b | 5,78 A ab | 2,55 B cd | 3,38 B b | 3,90 |
| 8 | 5,19 A abc | 3,59 B abcd | 3,47 B b | 5,78 A ab | 2,55 B cd | 3,38 B b | 3,45 A c | 2,14 AB d | 2,19 B b | 2,59 |
| 9 | 5,78 A ab | 2,55 B cd | 3,38 B b | 3,45 A c | 2,14 AB d | 2,19 B b | | | | |
| 10 | 3,45 A c | 2,14 AB d | 2,19 B b | | | | | | | |
| Média | 5,12 | 3,59 | 3,23 | | | | | | | |
| CV (%) | | 10,85 | | | | | | | | |

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

O clone TC3 apresentou maior número de brotações e maior produção de miniestacas, com médias de 3,85 brotações e 5,12 miniestacas por minicepas. A produção de miniestacas deste foi em média 42% e 58% maior que os clones

TC9 e TC15, respectivamente, embora tenha havido diferença nesses percentuais ao longo dos ciclos.

Esses resultados foram superiores quando comparados aos resultados obtidos por Ferreira (2009b) e Silva et al. (2012) trabalhando com a mesma espécie. Silva et al. (2012), obtiveram 3,5 e 1,24 miniestacas por minicepas no sistema de canaletão e tubetes (180cm³), respectivamente, com intervalo médio de coletas de 32 dias, diferentemente do estabelecido neste estudo (21 dias). Ferreira (2009b) obteve uma produção de 1,18 miniestacas por minicepa conduzida em canaletão em intervalos de 15 dias. Entretanto, em ambos os trabalhos, os autores trabalharam com minicepas produzidas a partir de sementes. O aumento de produção de miniestacas, provavelmente, atribui-se ao ganho genético com a seleção de clones em relação ao material proveniente de sementes e evidencia que dentro da espécie há diferença nas brotações das minicepas entre os diferentes materiais genéticos.

De acordo com Gatti et al. (2011), a produção de miniestacas por minicepa de origem seminífera de jequitibá (*Cariniana estrelensis*) por coleta foi de 3,9. Cunha et al. (2008) observaram uma produtividade média de 2,9 miniestacas de *Erythrina falcata* por minicepa conduzida em canaletão em intervalos de 15 dias.

Dias et al. (2012) constataram, que a produção de miniestacas por minicepa produzida por sementes de progênies de meios-irmãos de angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), variou de 1,2 a 3,7, com intervalos de 26 dias. No presente estudo, a variação na produção foi maior, tendo os clones de cedro nas dez coletas apresentado variação de 1,9 a 6,5 miniestacas por coleta.

Com relação ao número de miniestacas acumuladas produzidas por minicepas, ao longo das 10 coletas de brotações, foram constatadas diferenças entre os clones. O clone TC3 apresentou maior produção em relação aos demais a partir da quarta e sexta coletas, respectivamente, permanecendo com produção superior até a última avaliação (Figura 4).

Ressaltando que a produção de miniestacas acumuladas por minicepa de todos os clones foi superior à obtida por Souza (2010) com cedro australiano. O autor obteve, aproximadamente, 550 miniestacas por m², com minicepas conduzidas em canaletões, durante 7 meses (6 coletas). Considerando 40 minicepas por m², os clones TC3, TC9 e TC15, durante aproximadamente 8

meses (232 dias), produziram 1926, 1319 e 1229 miniestacas por m², respectivamente, demonstrando que a seleção de materiais clonais favoreceu o ganho de produtividade dos minijardins.

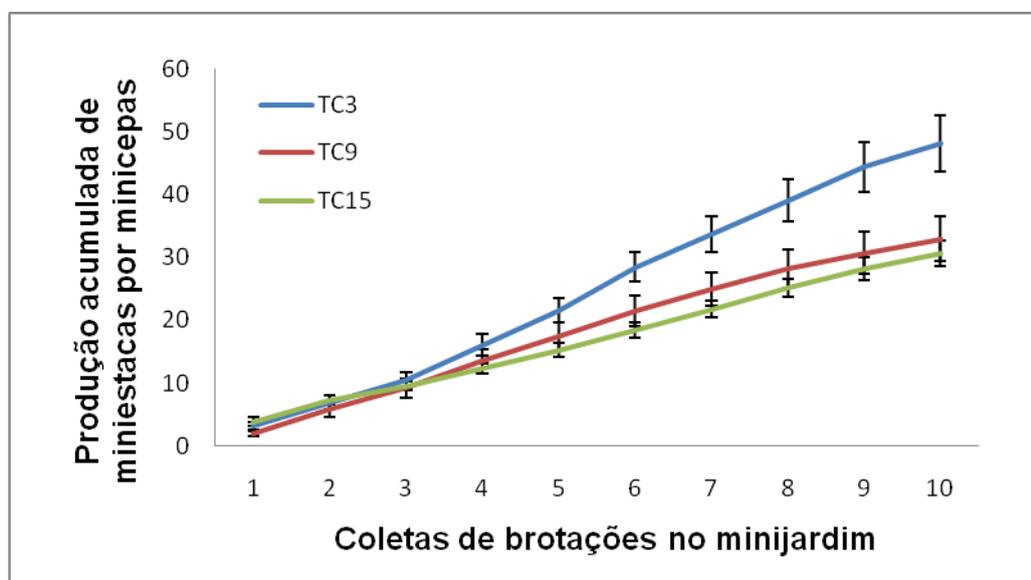


Figura 4: Produção acumulada de miniestacas de diferentes clones de *Toona ciliata*, ao longo de coletas sucessivas de brotações.

Barras representam o intervalo de confiança das médias (5%)

5.2. Biomassa seca e conteúdo de nutrientes exportados nas coletas

Os clones não diferiram quanto à retirada de biomassa pelas brotações coletadas no minijardim, com exceção da coleta 2 onde o clone TC3 removeu menor massa seca em relação ao clone TC9 (Figura 5). Apesar do clone TC3 ter produzido um maior número de miniestacas em relação aos demais, este não apresentou maior retirada de biomassa nos ciclos, isso provavelmente ocorreu porque os clones TC9 e TC15 tiveram maior área foliar ou brotações mais lignificadas. Este comportamento mostra que nem sempre a maior produção de miniestacas está relacionada com a maior remoção de biomassa.

Considerando que na confecção de cada miniestaca é necessário pelo menos uma gema apical ou lateral, possivelmente, os clones TC9 e TC15

apresentaram maior comprimento internodal, por isso ocorreu menor número de miniestacas em relação ao comprimento e à massa das brotações.

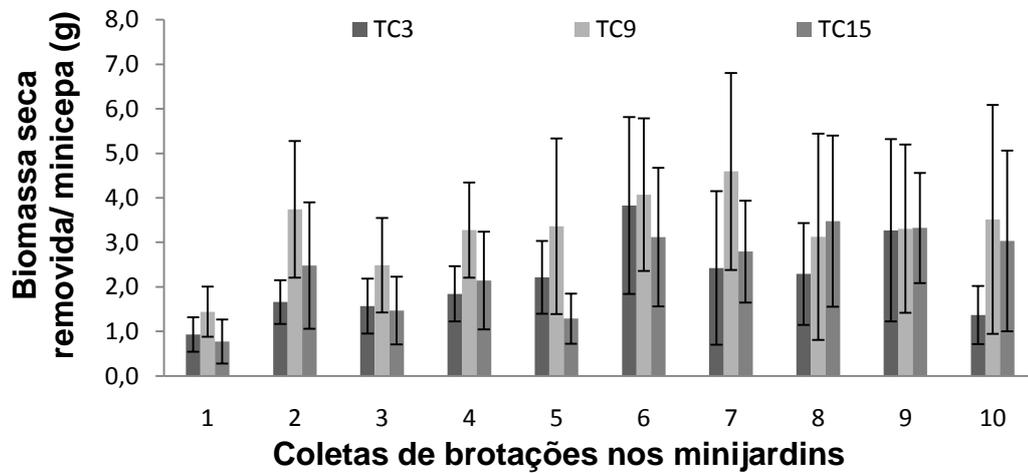


Figura 5: Biomassa seca removida em brotações de minicepas de três clones de *Toona ciliata*, em coletas sucessivas.

Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%)

Ao longo dos ciclos de produção foi observada variação nos teores de nutrientes das brotações coletadas nas minicepas dos clones de cedro australiano, entretanto, não houve um padrão para esta variação (Tabela 6). Os teores e as variações foram semelhantes entre os clones.

Durante o período experimental não foram observadas deficiências nutricionais nas minicepas, o que demonstra que a estrutura do minijardim permitiu aos clones boas condições nutricionais para desenvolvimento.

Tabela 6: Teores médios de macronutrientes e micronutrientes das brotações coletadas de minicepas de três clones de cedro australiano (*Toona ciliata*) em minijardim, ao longo de 10 ciclos de produção de brotações

| Clone | Ciclo de produção | g kg ⁻¹ | | | | | mg kg ⁻¹ | | | | | |
|-------|-------------------|--------------------|------|-------|-------|------|---------------------|--------|-------|-------|--------|-------|
| | | N | P | K | Ca | Mg | S | Fe | Cu | Zn | Mn | B |
| TC3 | 1 | 28,81 | 3,61 | 39,00 | 8,97 | 2,29 | 1,19 | 83,00 | 7,00 | 35,00 | 83,00 | 30,04 |
| | 2 | 35,54 | 3,79 | 27,75 | 16,61 | 2,96 | 1,80 | 109,33 | 8,67 | 52,67 | 170,00 | 40,81 |
| | 3 | 39,64 | 3,94 | 50,07 | 9,51 | 2,70 | 2,09 | 84,67 | 10,00 | 60,00 | 113,33 | 44,82 |
| | 4 | 32,08 | 3,86 | 46,44 | 11,02 | 2,60 | 1,84 | 71,33 | 9,33 | 49,33 | 82,00 | 39,41 |
| | 5 | 33,53 | 3,79 | 44,75 | 11,73 | 2,65 | 1,83 | 76,67 | 9,33 | 55,33 | 99,33 | 46,92 |
| | 6 | 30,73 | 3,40 | 50,08 | 11,02 | 2,31 | 1,57 | 58,67 | 7,33 | 54,67 | 88,67 | 43,93 |
| | 7 | 34,91 | 3,70 | 38,91 | 13,36 | 2,69 | 1,82 | 84,67 | 8,67 | 65,33 | 114,00 | 38,71 |
| | 8 | 29,10 | 3,46 | 41,41 | 11,47 | 2,34 | 1,44 | 51,33 | 8,67 | 53,33 | 76,00 | 35,59 |
| | 9 | 32,01 | 3,66 | 40,31 | 11,70 | 2,53 | 1,70 | 50,67 | 8,67 | 62,00 | 94,67 | 39,22 |
| | 10 | 34,02 | 3,69 | 36,12 | 12,64 | 2,65 | 1,71 | 68,00 | 10,00 | 73,33 | 109,33 | 42,15 |
| TC9 | 1 | 34,83 | 3,66 | 40,86 | 7,02 | 2,13 | 2,00 | 75,00 | 8,00 | 63,00 | 60,00 | 25,31 |
| | 2 | 34,14 | 3,30 | 25,35 | 15,38 | 2,64 | 2,00 | 101,33 | 8,67 | 46,67 | 121,33 | 44,38 |
| | 3 | 34,39 | 3,69 | 44,48 | 9,78 | 2,32 | 2,01 | 70,00 | 9,33 | 58,00 | 81,33 | 36,48 |
| | 4 | 32,76 | 3,56 | 42,55 | 10,09 | 2,17 | 2,02 | 67,33 | 7,33 | 48,67 | 70,00 | 38,26 |
| | 5 | 34,09 | 3,59 | 47,28 | 10,30 | 2,34 | 1,92 | 80,67 | 8,67 | 48,67 | 73,33 | 41,96 |
| | 6 | 31,27 | 3,15 | 40,01 | 11,34 | 2,05 | 1,76 | 65,33 | 6,67 | 46,67 | 64,00 | 38,96 |
| | 7 | 33,09 | 3,62 | 41,59 | 12,69 | 2,45 | 2,00 | 70,67 | 8,00 | 51,33 | 84,67 | 40,43 |
| | 8 | 29,12 | 3,30 | 39,73 | 11,39 | 2,01 | 1,57 | 44,67 | 6,67 | 51,33 | 56,67 | 37,44 |
| | 9 | 32,01 | 3,31 | 36,68 | 12,20 | 2,20 | 1,62 | 50,67 | 8,00 | 45,33 | 60,67 | 40,05 |
| | 10 | 32,48 | 3,57 | 37,51 | 11,84 | 2,25 | 1,73 | 49,33 | 8,00 | 66,67 | 68,00 | 43,29 |
| TC15 | 1 | 31,89 | 3,27 | 37,50 | 10,69 | 2,45 | 2,01 | 96,00 | 8,00 | 45,00 | 109,00 | 32,47 |
| | 2 | 34,25 | 3,33 | 24,13 | 16,97 | 3,17 | 1,83 | 106,00 | 9,33 | 63,33 | 182,67 | 58,00 |
| | 3 | 37,36 | 3,59 | 40,85 | 10,24 | 2,39 | 1,95 | 68,00 | 9,33 | 50,00 | 96,67 | 46,10 |
| | 4 | 34,87 | 3,53 | 43,09 | 10,45 | 2,39 | 1,70 | 75,33 | 9,33 | 47,33 | 82,67 | 40,55 |
| | 5 | 32,74 | 3,73 | 42,81 | 11,79 | 2,62 | 1,71 | 72,00 | 10,67 | 55,33 | 96,67 | 43,23 |
| | 6 | 31,48 | 3,30 | 35,55 | 11,89 | 2,41 | 1,52 | 60,67 | 6,67 | 40,00 | 67,33 | 48,26 |
| | 7 | 32,27 | 3,43 | 38,08 | 12,01 | 2,52 | 1,49 | 67,33 | 8,00 | 47,33 | 83,33 | 40,60 |
| | 8 | 30,12 | 3,18 | 35,28 | 10,37 | 2,32 | 1,31 | 51,33 | 7,33 | 46,67 | 57,33 | 36,99 |
| | 9 | 29,66 | 3,24 | 35,01 | 12,06 | 2,31 | 1,64 | 57,33 | 9,33 | 56,00 | 74,67 | 40,11 |
| | 10 | 34,14 | 3,31 | 32,80 | 11,58 | 2,53 | 1,62 | 62,00 | 9,33 | 55,33 | 74,00 | 38,01 |

Valores médios obtidos a partir da análise de três amostras compostas por brotações coletadas de quatro plantas para cada amostra

De acordo com Carvalho et al. (2010), que avaliaram o acúmulo de macronutrientes em mudas de cedro em diferentes substratos, melhores resultados foram obtidos com substratos compostos por casca de pinus e fibra de coco, ambos componentes do substrato do minijardim no presente trabalho.

Os clones não diferiram quanto a ordem de quantidade de nutrientes exportados nas coletas, sendo o K o nutriente exportado em maior quantidade, seguido pelo N, Ca, P, Mg, S, Mn, Fe, Zn, B e Cu, nesta ordem (Figuras 6 e 7). O K foi o nutriente que apresentou maiores teores nas brotações na maioria dos ciclos de produção (Tabela 6).

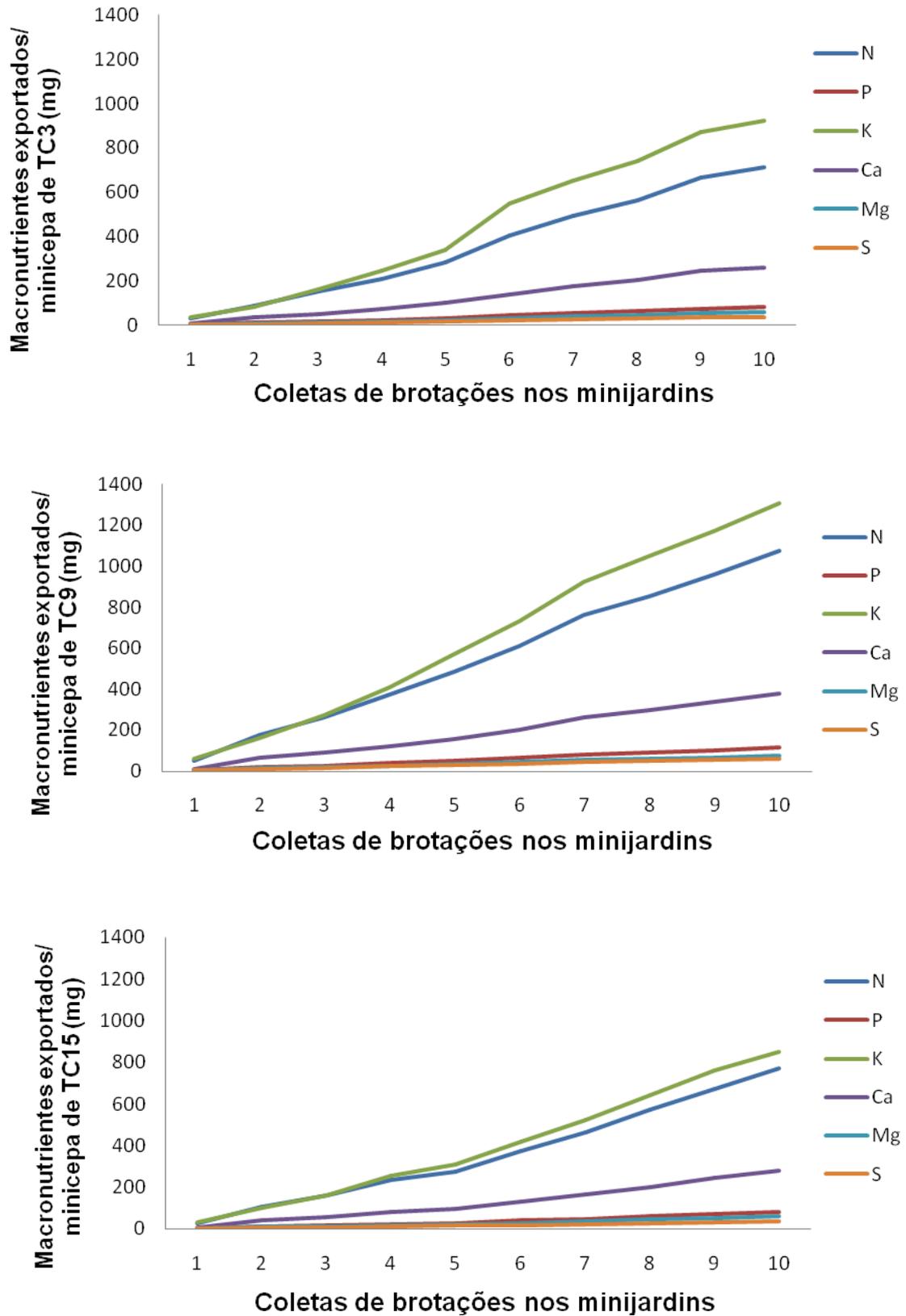


Figura 6. Conteúdo acumulado de macronutrientes exportados na coleta de brotações de minicepas de três clones de *Toona ciliata*

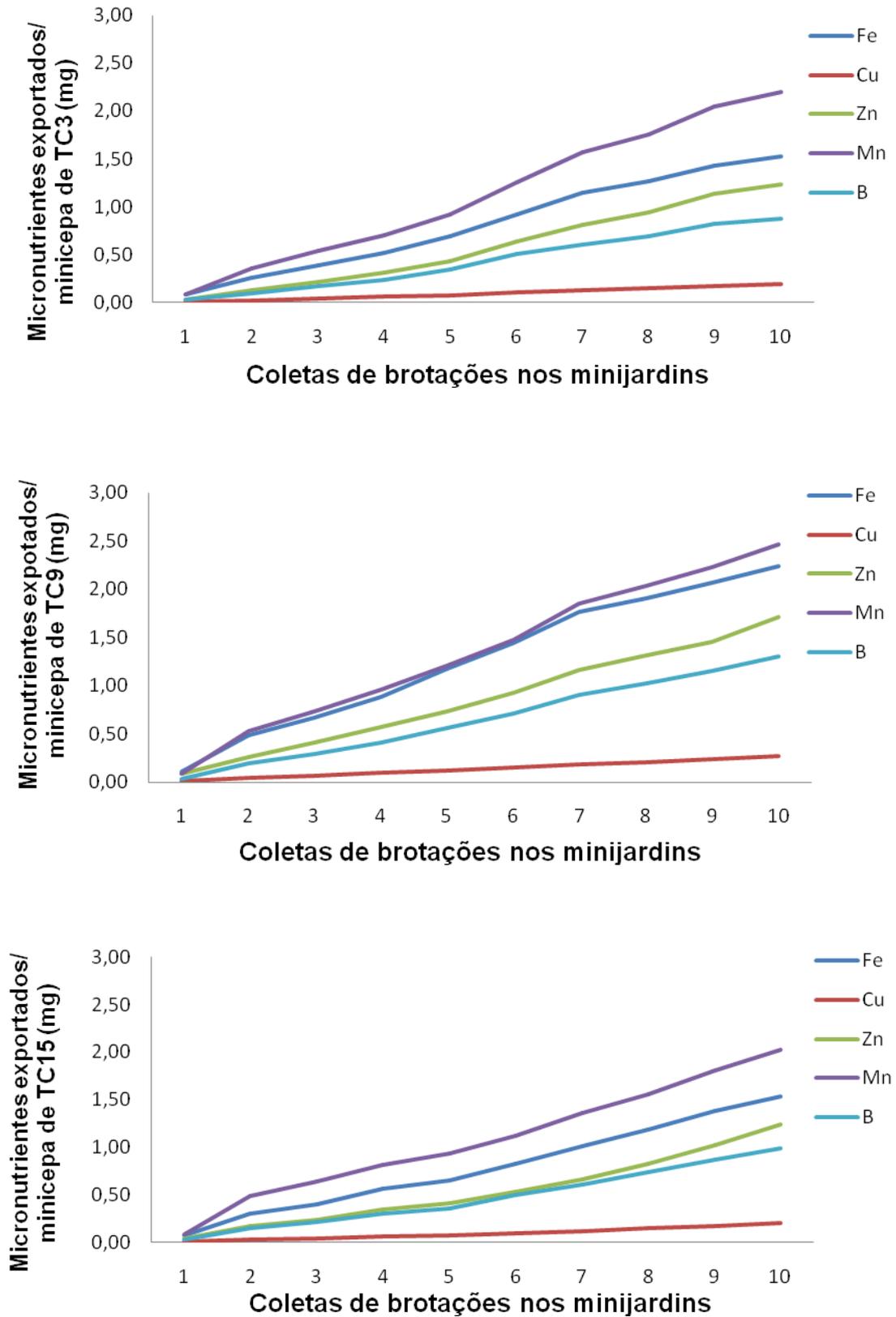


Figura 7. Conteúdo acumulado de macronutrientes exportados na coleta de brotações de minicepas de três clones de *Toona ciliata*

Na análise inicial do substrato do canaletão observa-se que, dentre os nutrientes o K foi o de maior concentração, sendo reduzido drasticamente no substrato durante a condução dos minijardins de 266 para 1,9 mg L⁻¹ (Tabela 2). Embora também seja um nutriente sujeito à lixiviação, deve-se destacar que no manejo adotado do canaletão não ocorreram perdas durante as irrigações. Porém, parte deste potássio pode ter permanecido na camada de areia, não submetidas à análise, mas também acessada pelo sistema radicular das minicepas, não havendo assim redução nos teores das brotações coletadas Tabela 6.

O K é um dos nutrientes absorvidos em grande quantidade pelas raízes, com importante função na translocação e no armazenamento de assimilados e na manutenção da água nos tecidos pela regulação da abertura e do fechamento dos estômatos (Malavolta et al., 1997). Segundo Cunha et al. (2009b), o K por exercer importante função de manutenção de turgescência celular influencia na fase de indução do sistema radicular, sendo fundamental para o enraizamento das estacas, uma vez que a perda de água é prejudicial ao processo e pode levar a morte da miniestaca.

A ordem dos nutrientes exportados no presente trabalho foi semelhante à obtida por Souza (2010), cujo trabalho mostrou que o N e K foram os nutrientes mais exportados por minicepas de cedro australiano em canaletões e tubetes, com a mesma forma de preparação do substrato, sendo o N o nutriente mais exportado. Para os demais nutrientes, a ordem de quantidades exportadas foi igual à do presente estudo. No manejo do sistema de minijardim em tubetes foi necessária a aplicação de sulfato de amônio, semanalmente, para suprimento da demanda de N das minicepas, procedimento que não foi necessário para o sistema em canaletão, que contém maior volume de substrato a ser explorado pelas raízes, disponibilizando maior quantidade de nutrientes.

Moretti et al (2011), ao avaliarem o crescimento e a nutrição de mudas de cedro australiano sob omissão de nutrientes dos 60 aos 210 dias de idade, constataram que N e K foram limitantes para crescimento em altura e que estes foram os nutrientes absorvidos em maior quantidade, sendo o Cu o micronutriente que mais limitou o crescimento das mudas. Estes autores constataram ainda a baixa exigência do cedro australiano em relação ao B e Zn, mas Pádua et al.

(2010a; 2010b) ao avaliarem o efeito da deficiência induzida de micronutrientes no desenvolvimento das mudas de cedro australiano, durante 90 dias, constataram que o B foi o micronutriente que mais limitou o crescimento destas.

É importante ressaltar que B e Zn atuam no crescimento meristemático das plantas, portanto, estudos relacionados a estes nutrientes são fundamentais para o manejo das coletas de brotações das minicepas. Silva et al. (2010a), ao estudarem a nutrição mineral de cedro australiano em função da aplicação de B (0; 0,5 e 1,5 mg L⁻¹), constataram que a aplicação B reduziu os teores de K, Mg e Cu e aumentou os teores de Ca, B, Mn e Zn.

Brondani et al. (2012) avaliaram a sobrevivência de minicepas e a produção de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* em função de diferentes concentrações de B e Zn, ao longo de sucessivas coletas de brotos, constatando que as soluções com 1,0 e 2,0 mg L⁻¹ de Zn e B favoreceram a produção de miniestacas.

Além da redução na concentração do K no substrato do canaletão, também foram observadas reduções para os demais nutrientes, sendo necessário, provavelmente, o fornecimento destes nas futuras coletas no minijardim, todavia, não foram observadas deficiências nutricionais no minijardim clonal, por isso, não foram realizadas adubações complementares.

Com relação aos conteúdos de N, P, K (Figura 8), Ca, Mg, S, (Figura 9) Fe, Cu, Zn (Figura 10), Mn e B (Figura 11) exportados pelas brotações, não foram observadas diferenças entre os clones nas coletas, com exceção do Zn, na coleta 1, e do B, na coleta 2, nas quais o TC3 produziu menor biomassa de brotações em relação ao clone TC9, diferenças que não persistiram nas coletas seguintes.

O clone TC3 demonstrou ser mais eficiente por ter produzido mais miniestacas em relação aos demais clones sem diferir destes na exportação de nutrientes e, além disso, este não apresentou variação de teores de nutrientes das brotações em relação aos demais clones que justifiquem sua maior produção de miniestacas.

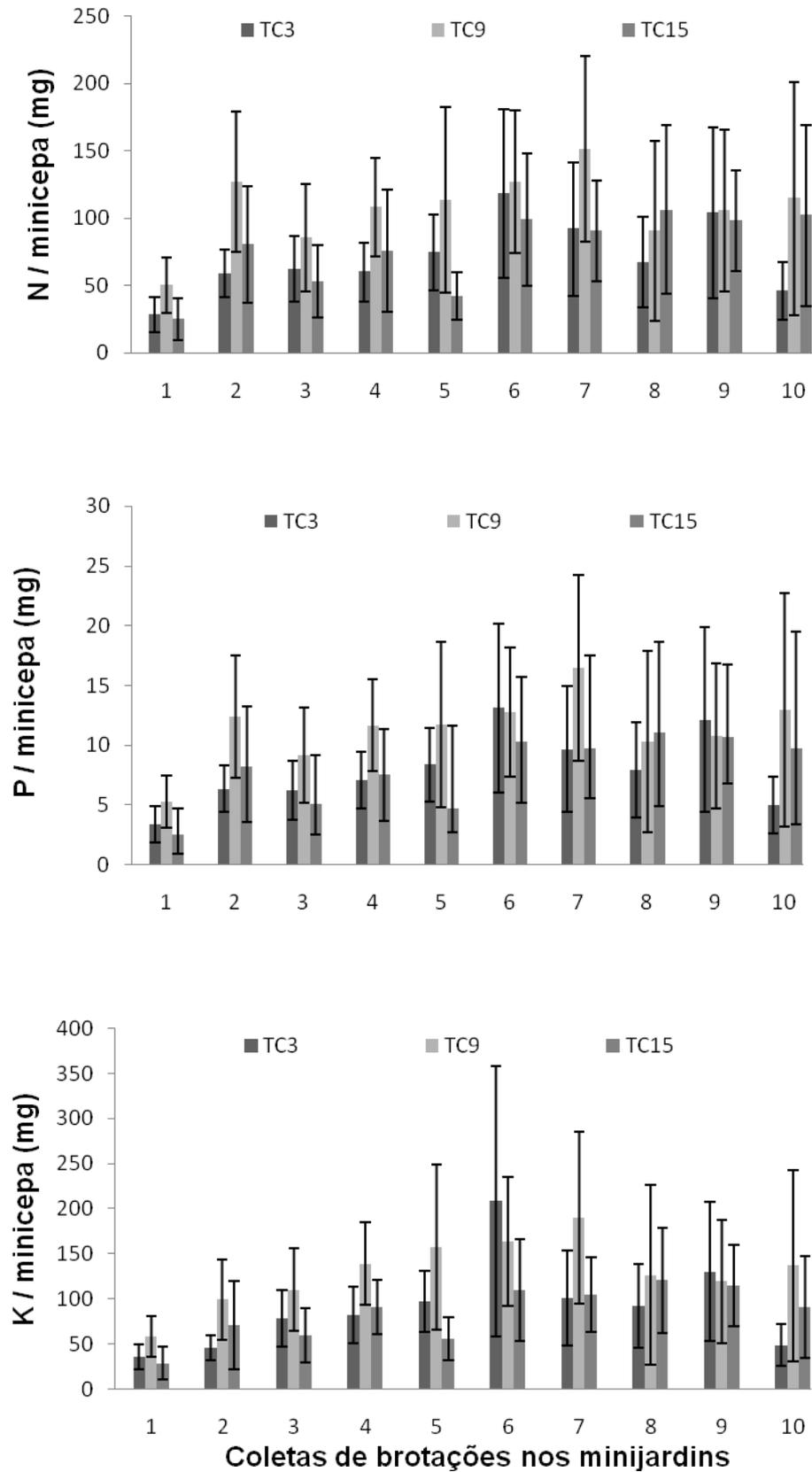


Figura 8: Conteúdo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) exportados em cada coleta de brotações de minicepas de três clones de *Toona ciliata*.

Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%)

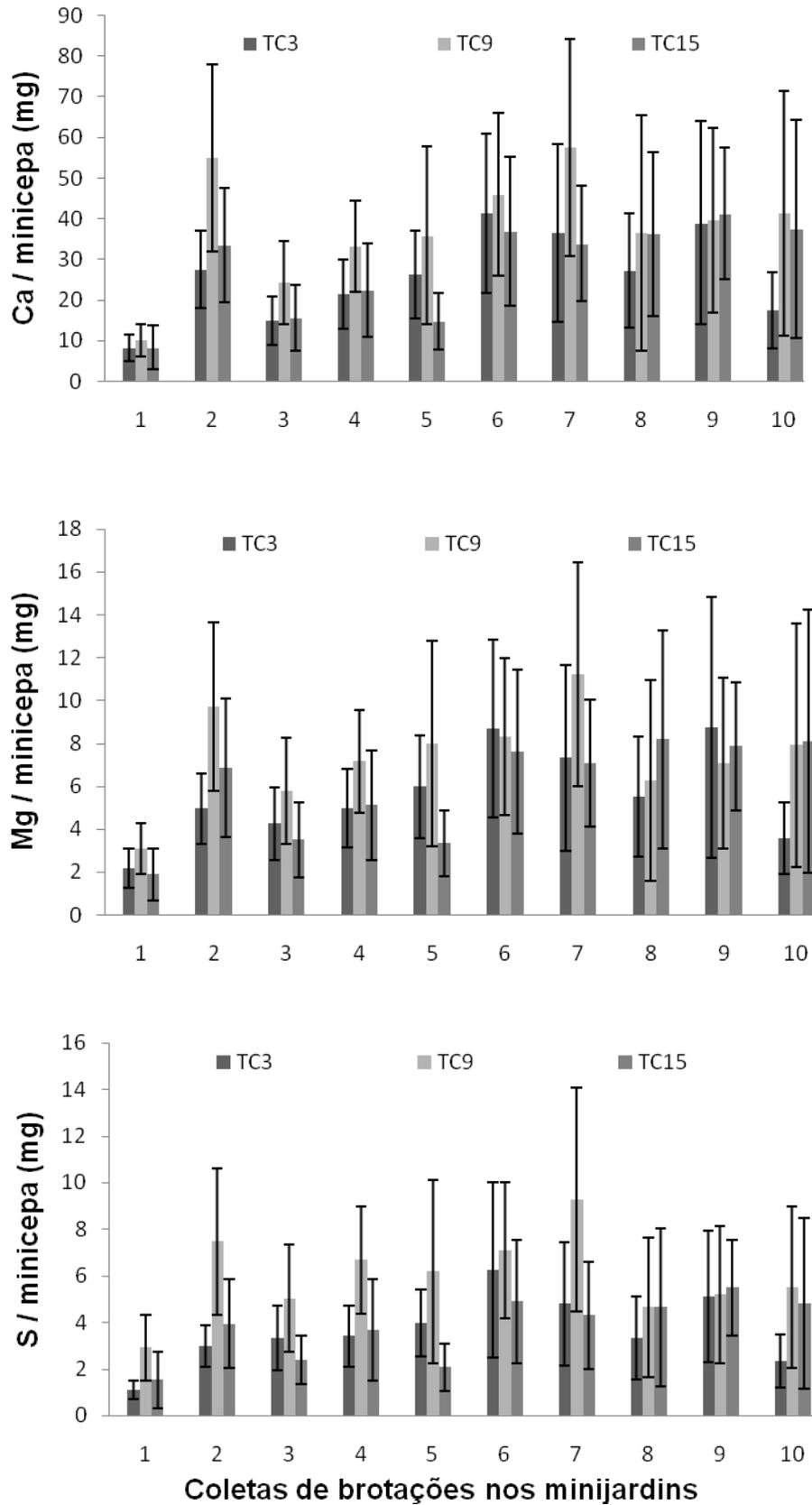


Figura 9: Conteúdo de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) exportados em cada coleta de brotações de minicepas de três clones de *Toona ciliata*.

Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%)

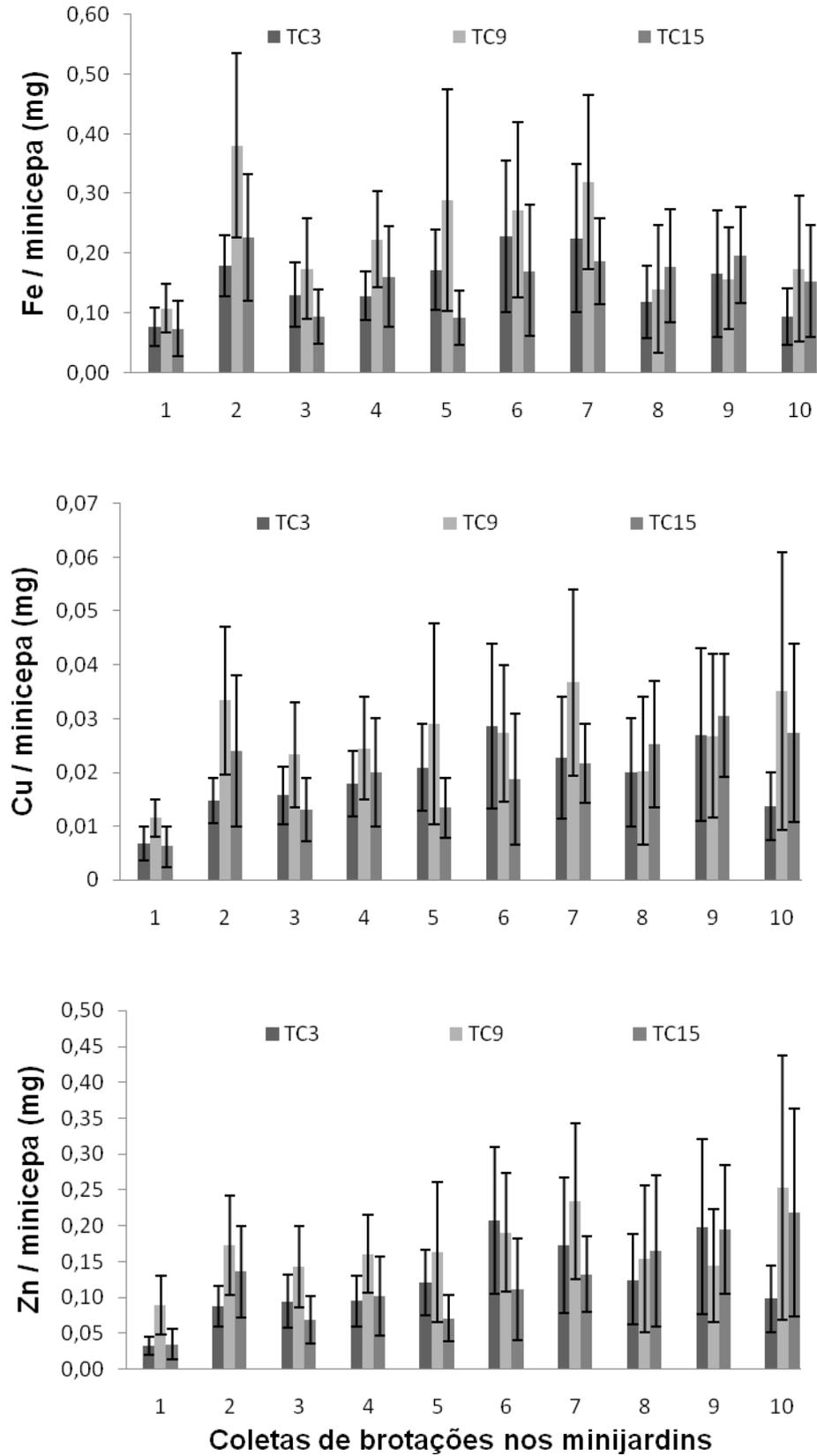


Figura 10: Conteúdo de ferro (Fe), cobre (Cu) e zinco (Zn) exportados em cada coleta de brotações de minicepas de três clones de *Toona ciliata*. Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%)

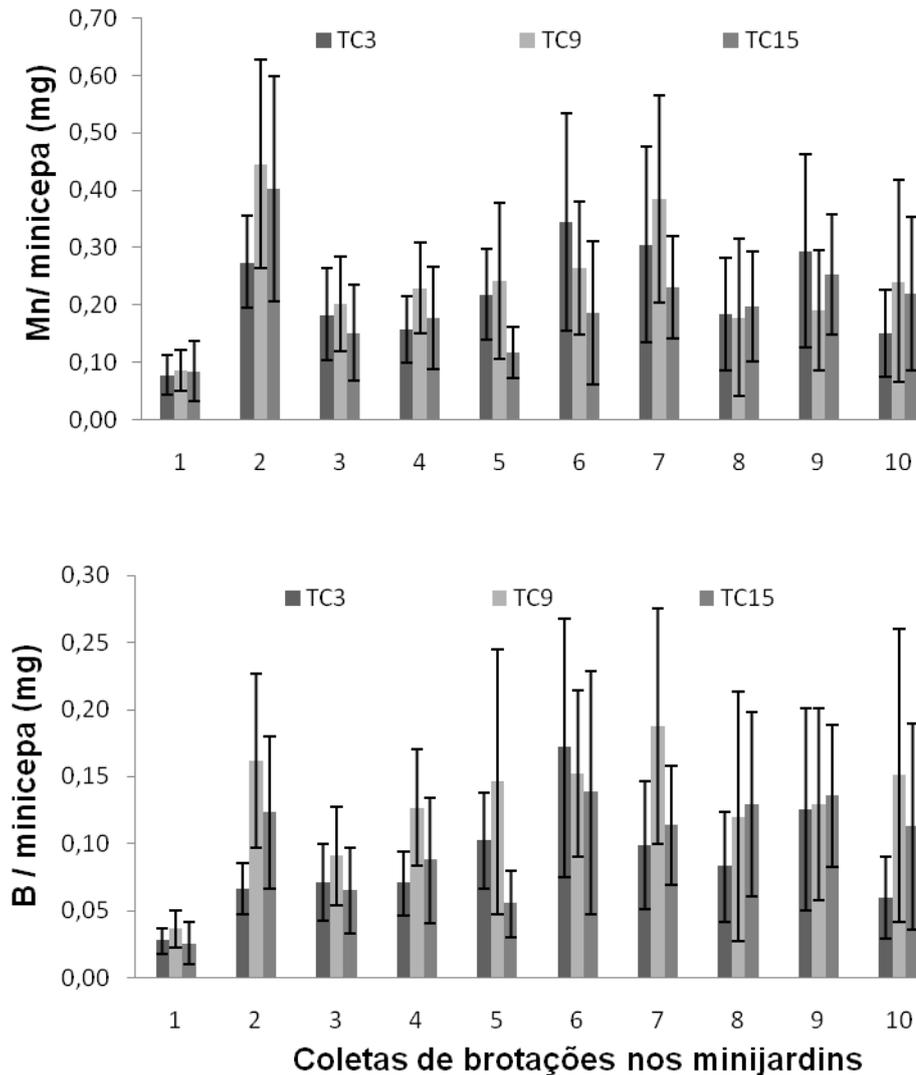


Figura 11: Conteúdo de manganês (Mn) e boro (B) exportados em cada coleta de brotações de minicepas de três clones de *Toona ciliata*, em coletas sucessivas. Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%)

Estudos voltados à aplicação de nutrientes visando à maior produtividade de minijardim de cedro australiano ainda não foram desenvolvidos, sendo escassos também para outras espécies, a exceção do eucalipto que é a espécie mais pesquisada nesta área. Cunha et al. (2008), ao avaliarem o grau de associação entre o estado nutricional das minicepas com a produtividade de miniestacas de eucalipto, cultivadas em dois sistemas de minijardim clonal (leito de areia e tubetes com subirrigação), verificaram que a solução nutritiva deve ser específica para cada clone, independente do minijardim clonal.

Carvalho Neto et al. (2012) avaliaram a influência da adubação NPK sobre a partição de biomassa seca e nutriente em minicepa de híbrido simples de *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva, constatando que houve efeito significativo apenas para as doses de N para a biomassa seca das miniestacas e biomassa seca da parte aérea e raiz das minicepas, com efeito linear decrescente, com o aumento das doses de N.

Segundo Moretti et al. (2011), a carência de estudos envolvendo a absorção de nutrientes e o requerimento nutricional de cedro, bem como a sensibilidade a variadas condições de estresses químicos e físicos, vêm sendo um entrave para que sua utilização se torne amplamente difundida.

5.3. Nutrientes exportados durante o período de produção do minijardim

Comparando os clones ao longo das coletas quanto ao conteúdo total acumulado de macro e micronutrientes exportados pelas brotações observa-se que o clone TC9, quando comparado ao TC3, exportou uma quantidade maior de N, P, K, Fe, Cu, Zn e B, nas coletas 2, 3 e 4, não diferindo nos ciclos subsequentes (Figuras 10, 11, 12 e 13). O clone TC9 também diferiu do TC15, extraindo uma quantidade maior de P, K, Fe e Zn a partir da coleta 4; N, a partir da coleta 5; Cu, a partir da 6 e Ca, nas coletas 7 e 8. Em relação ao S, o clone TC9 extraiu maior quantidade do que os demais a partir do ciclo 2. Os clones TC3 e TC15 não diferiram entre si em relação à extração acumulada dos nutrientes.

Com esses resultados foi possível observar que o clone TC9 exportou mais nutrientes que os demais em boa parte dos ciclos de produção, ressaltando que este não apresentou maior produção de miniestacas por minicepa, o que indica menor eficiência. Isso mostra que as diferenças entre os clones quanto à extração de nutrientes existe, e que estes devem ser manejados de forma diferenciada, buscando a otimização na produção de miniestacas por minicepas e, conseqüentemente, melhor enraizamento e produção de mudas, permitindo maior eficiência na produção dos viveiros.

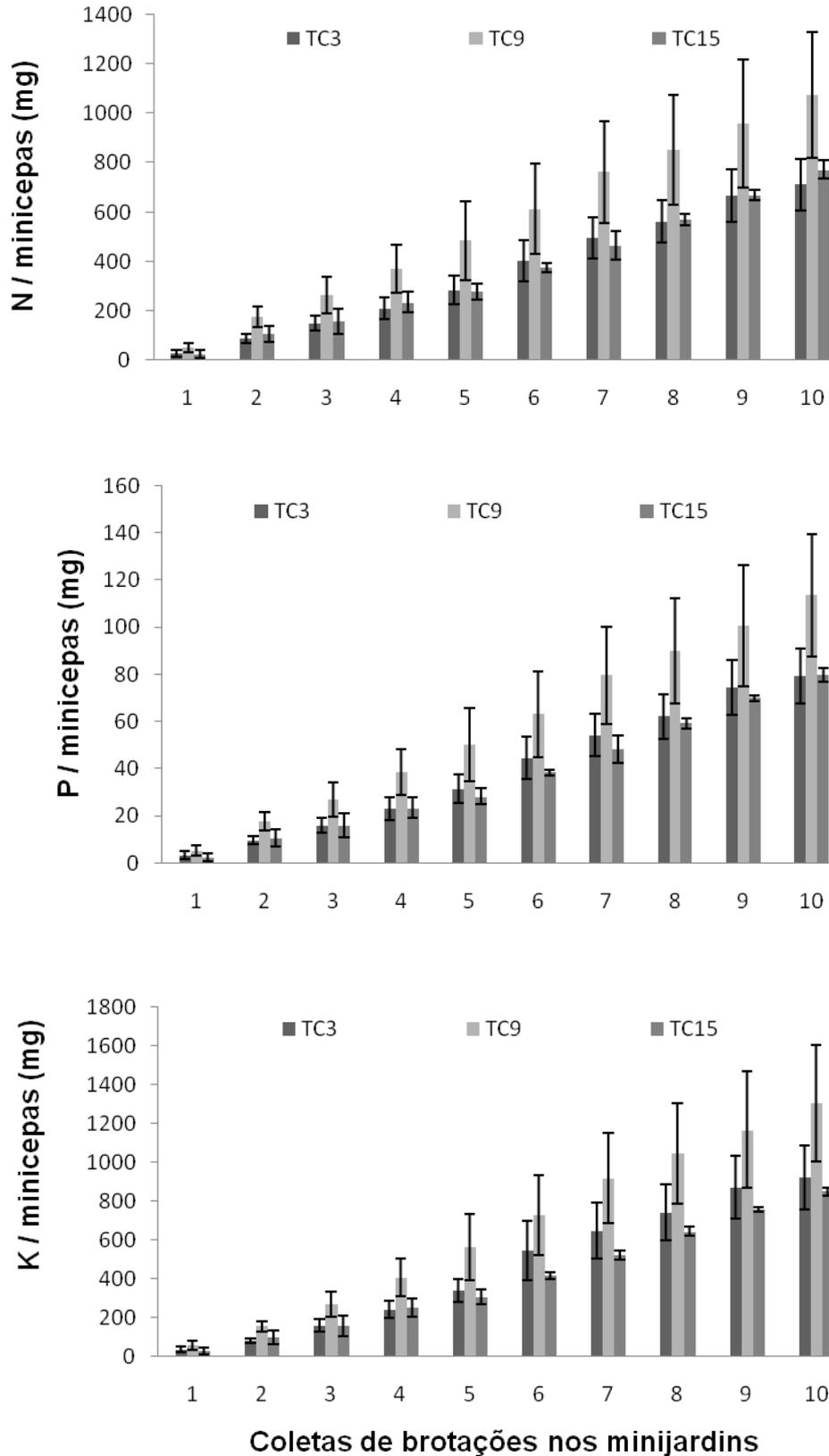


Figura 12: Conteúdo acumulado de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) exportados com a coleta das brotações de três clones de *Toona ciliata*. Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%)

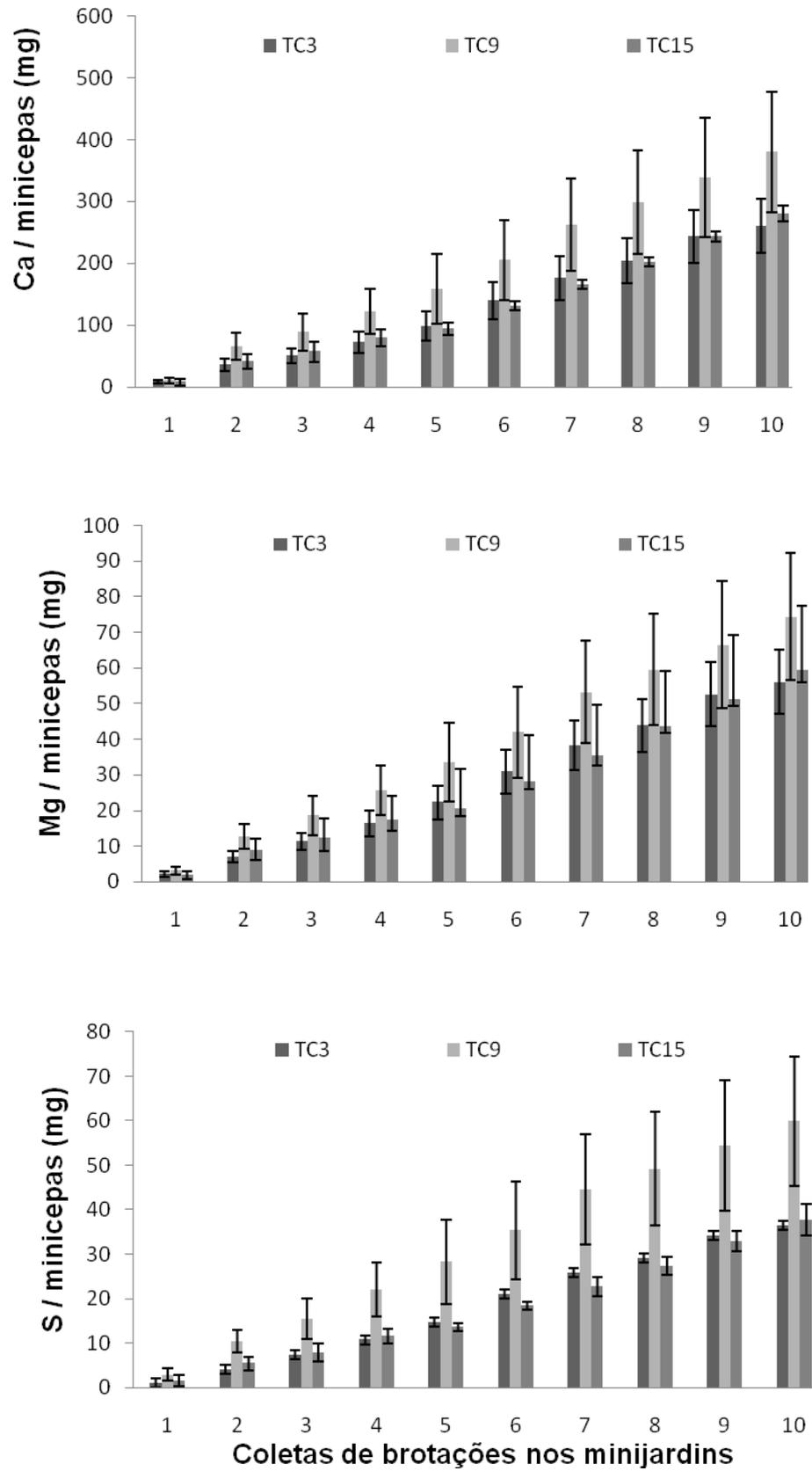


Figura 13: Conteúdo acumulado de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) exportados com a coleta das brotações de três clones de *Toona ciliata*. Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%).

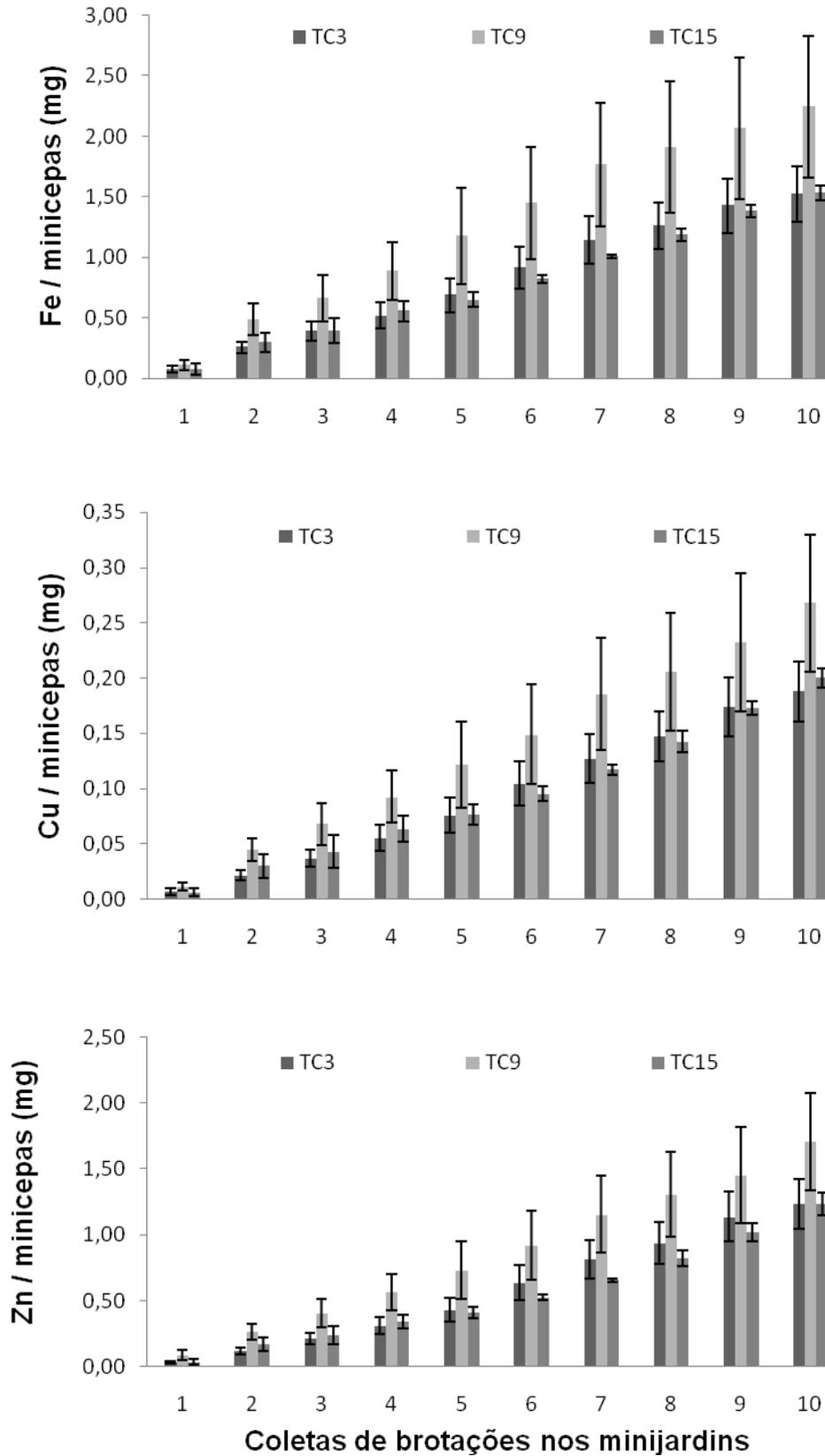


Figura 14: Conteúdo acumulado de ferro (Fe), cobre (Cu) e zinco (Zn), exportados com a coleta das brotações de três clones de *Toona ciliata*
Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%)

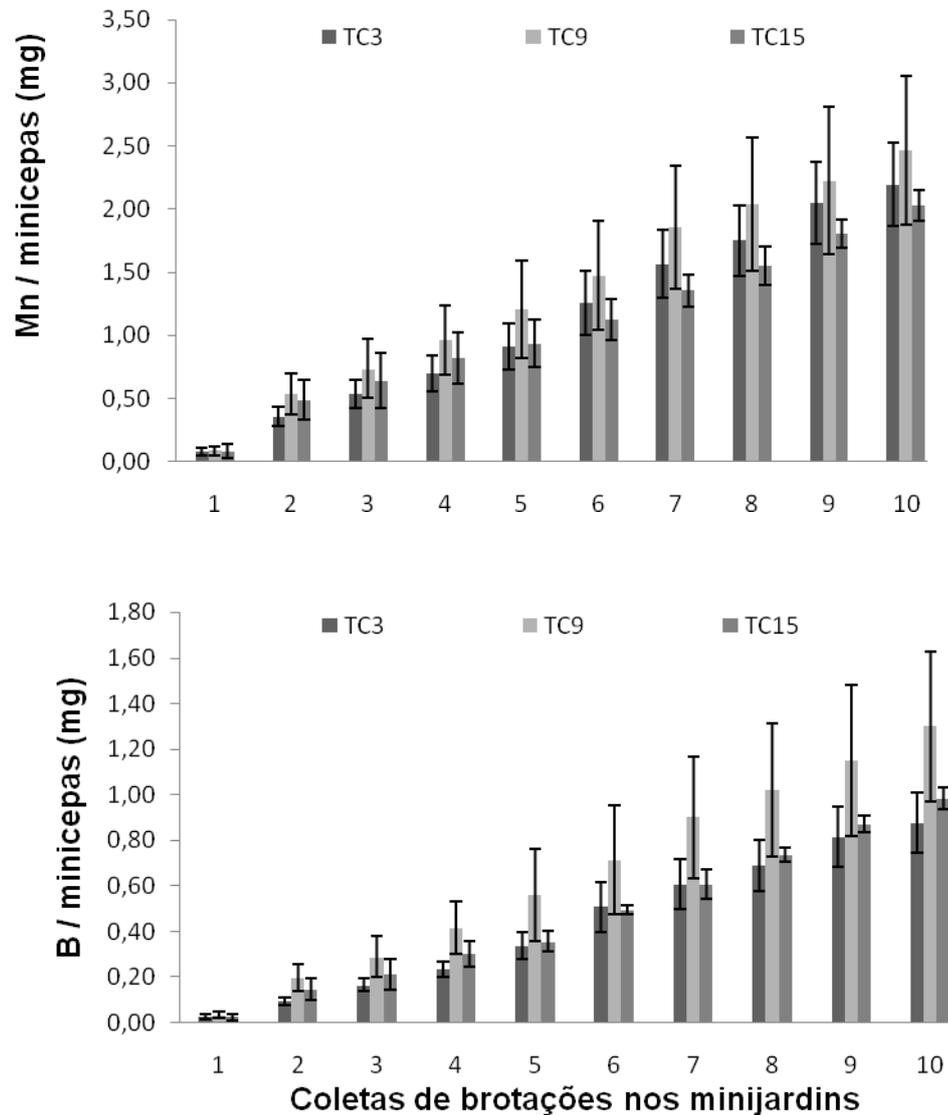


Figura 15: Conteúdo acumulado de manganês (Mn) e boro (B), exportados com a coleta das brotações de três clones de *Toona ciliata*
Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (5% de probabilidade)

Cunha et al. (2009b), ao estudarem a nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas, constataram que há influência da nutrição mineral na iniciação radicular. Esta iniciação é altamente dependente dos níveis iniciais dentro da porção da estaca onde as raízes serão formadas, podendo o estado nutricional atuar sinergicamente com vários fatores que induzem e afetam o crescimento e vigor pós-propagação.

Cunha et al. (2009a), ao avaliarem a relação do estado nutricional de minicepas de diferentes clones de eucalipto, oriundas de estaquia convencional, com o enraizamento de miniestacas, constataram que a taxa de enraizamento foi correlacionada com o estado nutricional das brotações e que há diferenças de comportamento dos clones em relação ao efeito dos nutrientes no enraizamento das miniestacas.

No presente estudo a produção total de miniestacas dos clones nas 10 coletas não apresentou correlações significativas com o diâmetro à altura do colo e teores de nutrientes das mudas na primeira coleta de brotações (Tabela 7), ou seja, não foi observada relação entre o estado nutricional inicial das minicepas e a produção final de miniestacas. No entanto, deve-se considerar que todas as minicepas estavam adequadamente nutridas, não havendo grande variação entre as mesmas.

Tabela 7. Correlação de Pearson entre o total de miniestacas por minicepa de clones de *Toona ciliata*, produzidas ao longo de 10 coletas de brotações, e diâmetro a altura do colo (DAC) e teores de nutrientes na primeira coleta.

| | Miniestacas / minicepa |
|---------------------------|------------------------|
| DAC inicial das minicepas | 0,2494 ^{ns} |
| Teor N inicial | 0,1399 ^{ns} |
| Teor P inicial | 0,0519 ^{ns} |
| Teor K inicial | -0,1802 ^{ns} |
| Teor Ca inicial | 0,1946 ^{ns} |
| Teor Mg inicial | 0,0908 ^{ns} |
| Teor S inicial | -0,0790 ^{ns} |
| Teor Fe inicial | 0,0998 ^{ns} |
| Teor Cu inicial | -0,1753 ^{ns} |
| Teor Zn inicial | -0,0162 ^{ns} |
| Teor Mn inicial | -0,0486 ^{ns} |
| Teor B inicial | -0,0679 ^{ns} |

36 observações; ^{ns} não significativo pelo teste t a 5% de probabilidade

Contudo, são necessárias pesquisas com o cedro australiano para determinação das condições nutricionais ideais para maximizar a produção de miniestacas e favorecer o enraizamento destas, já que os clones apresentam comportamento diferenciado na exportação de nutrientes. A exemplo do estudo realizado por Rosa et al. (2009), que verificaram a influência de diferentes doses de N (0,2; 0,4 e 0,6 g L⁻¹) e formulações de substrato na produtividade de

minicepas de *Eucalyptus dunii* Maiden proveniente de sementes, estando as doses relacionadas com a produtividade das minicepas, a sobrevivência de miniestacas, a altura e o diâmetro das mudas formadas, não sendo atingido um ponto máximo, recomendando-se aumentar a dose até que se observe a máxima produtividade.

5.4. Produção e qualidade de mudas

Enraizamento das miniestacas em função dos ciclos de produção

As miniestacas dos clones de cedro apresentaram alto percentual de enraizamento, aos 30 dias após o estaqueamento, nos sucessivos ciclos de produção (Tabela 8). Os clones TC3, TC9 e TC15 apresentaram em média 89,1; 80,7 e 91,2% de enraizamento das miniestacas, respectivamente.

Tabela 8: Percentual de enraizamento de miniestacas de diferentes clones de cedro australiano (*Toona ciliata*), em função dos ciclos de produção de miniestacas.

| Ciclo | Enraizamento (%) | | |
|-------|------------------|-----------|------------|
| | TC3 | TC9 | TC15 |
| 1 | 87,5 B bc | 70,0 B bc | 97,5 A ab |
| 2 | 85,0 A bc | 56,2 B c | 87,5 A bc |
| 3 | 93,8 AB abc | 91,2 B ab | 100,0 A a |
| 4 | 85,0 A bc | 73,7 A bc | 86,2 A bc |
| 5 | 76,2 A c | 87,5 A ab | 86,2 A bc |
| 6 | 78,8 A c | 83,7 A ab | 78,7 A c |
| 7 | 93,8 A abc | 86,2 A ab | 86,2 A bc |
| 8 | 96,3 A ab | 78,7 B bc | 96,2 A ab |
| 9 | 100,0 A a | 85,0 B ab | 97,5 AB ab |
| 10 | 95,0 A abc | 95,0 A a | 96,2 A ab |
| CV | 10,68% | | |

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na mesma linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Dentre os clones avaliados o TC9 diferiu apresentando menor percentual de enraizamento em relação aos demais clones nos ciclos 2 e 8, sendo ainda no ciclo 3 menor que o clone TC15 e no ciclo 9 menor que o TC3.

Buscando relação destes resultados com os teores dos nutrientes das minicepas nas coletas (Tabela 6) não se constatou uma relação que justifique o menor percentual de enraizamento do clone TC9, uma vez que este apresentou teores próximos aos valores apresentados pelos demais nos ciclos de produção (Tabela 6). O ciclo 2 que apresentou menor enraizamento do clone TC9, coincidiu com o menor teor de K nas brotações, o que poderia ter influenciado no enraizamento do clone. Entretanto, este comportamento foi observado para os demais clones e estes não apresentaram redução no percentual de enraizamento (acima de 85 %).

Além disso, a temperatura e umidade relativa na câmara de nebulização nos períodos da coleta 2 e 8 não coincidiram com extremos conforme Figura 1. Logo, pode-se inferir que as diferenças no percentual de enraizamento entre os clones são características do material genético.

Borges et al. (2011) também observaram variações entre clones de híbridos de *Eucalyptus globulus* ao avaliarem o enraizamento de miniestacas, aos 40 dias após estaqueamento, obtendo para miniestacas apicais valores entre 58,3 e 100% e para miniestacas intermediárias valores entre 25 a 86,1%. Dias et al. (2012) observaram variações no enraizamento de progênies de meios-irmãos de *Anandenanthera macrocarpa*, que resultaram em diferenças no tempo ideal de permanência no setor de enraizamento .

Diferenças no enraizamento de miniestacas entre clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* também foram observadas por Goulart e Xavier (2008), ao estudarem diferentes tempos de armazenamento das miniestacas antes do estaqueamento (estaqueamento após a coleta e estaqueamento após o armazenamento em câmara fria por 1, 2, 4, 8 e 16 dias), obtendo maior enraizamento com procedimento de estaqueamento logo após a coleta, como foi utilizado no presente trabalho.

O percentual de enraizamento obtido nos clones avaliados encontra-se dentro das faixas esperadas em viveiros comerciais de eucalipto. O elevado percentual de enraizamento observado nos clones de cedro australiano do presente estudo (sem aplicação de AIB) corrobora os resultados obtidos com a mesma espécie por alguns autores. Souza et al. (2009), obtiveram 100% de enraizamento das miniestacas, após permanência de 40 dias na câmara de nebulização, em todas as coletas e tratamentos com doses de AIB (0; 1500; 3000

e 4500 mg L⁻¹), concluindo ser desnecessária a aplicação de AIB para o enraizamento da espécie. Ferreira et al. (2012a), avaliando o enraizamento de miniestacas apicais, intermediárias e basais obtiveram 94,7; 96,3 e 96,6%, respectivamente.

Também Silva et al. (2012) obtiveram 100% de enraizamento de miniestacas que foram coletas em minicepas multiclonais conduzidas em canaletão e tubetes, durante 6 e 4 coletas sucessivas, respectivamente. No entanto, nestes trabalhos as miniestacas foram provenientes de minicepas produzidas por sementes, apresentando, provavelmente, características mais juvenis, enquanto que no presente trabalho, as miniestacas foram obtidas de minicepas produzidas a partir das primeiras brotações de estacas resgatadas de materiais adultos.

Embora muitas espécies lenhosas necessitem de reguladores de crescimento para enraizar, a técnica da miniestaquia parece ser favorável a várias delas. Como o cedro australiano, outras espécies apresentam alta capacidade de enraizamento de miniestacas sem a necessidade de aplicação de reguladores de crescimento, como *Calophyllum brasiliense*, que no estudo realizado por Silva et al. (2010) apresentou índices de enraizamento superiores a 85%, não sendo influenciado pelas doses de AIB testadas (0; 2000; 4000 e 8000 mg L⁻¹). Ferreira et al. (2010b) estudaram o enraizamento de miniestacas de *Sapium glandulatum* e constataram que também é desnecessária a utilização de reguladores vegetais para o enraizamento da espécie, que apresentou 80,56% de enraizamento de miniestacas. Freitas (2012) constatou que 80% das miniestacas de *Handroanthus heptaphyllus* enraizaram sem aplicação de regulador de crescimento.

Porém, Goulart et al. (2008) e Almeida et al. (2007) avaliaram o efeito de reguladores de crescimento (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus*, observando comportamento diferenciado entre os clones para as diferentes doses de AIB e ANA testadas, indicando diferenças entre os materiais genéticos quanto à capacidade de enraizamento. Goulart et al. (2008) constataram percentuais de enraizamento entre 20 e 100% para miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*, aos 35 dias após o estaqueamento e Almeida et al. (2007) percentuais entre 25 e 100% para miniestacas de *Eucalyptus cloeziana*, aos 38 dias após o estaqueamento.

Observa-se que os clones TC3 e TC15 apresentaram, em média, maior número de raízes de primeira ordem (NRPO), superiores em 55 e 37%, respectivamente, ao TC9 (Tabela 9). Os clones TC9 e TC15 não apresentaram diferenças no número e no comprimento total das raízes ao longo dos ciclos. Enquanto o TC3 apresentou maior NRPO no ciclo 10 em relação ao ciclo 6 e maior comprimento de raízes no ciclo 10 em relação aos ciclos 2 e 4.

Tabela 9: Número de raízes de primeira ordem (NRPO) e comprimento total de raízes de primeira ordem das mudas clonais de cedro australiano (*Toona ciliata*), produzidas por miniestaquia, aos 30 dias após o estaqueamento, em função dos ciclos de produção.

| Ciclo | NRPO | | | Comprimento total (cm) | | |
|--------|-----------|---------|---------|------------------------|---------|----------|
| | TC3 | TC9 | TC15 | TC3 | TC9 | TC15 |
| 1 | 6,5 A ab | 4,1 A a | 6,4 A a | 33,5 Aabc | 15,4 Aa | 28,7 Aa |
| 2 | 4,9 AB ab | 2,2 B a | 6,5 A a | 16,9 Bbc | 7,0 Ba | 38,4 Aa |
| 3 | 5,5 A ab | 4,4 A a | 6,1 A a | 22,0 Aabc | 23,5 Aa | 34,1 Aa |
| 4 | 4,7 A ab | 3,2 A a | 2,9 A a | 11,5 Ac | 13,4 Aa | 16,5 Aa |
| 5 | 7,2 A ab | 4,9 A a | 6,0 A a | 23,2 Aabc | 21,3 Aa | 28,9 Aa |
| 6 | 3,9 A b | 4,1 A a | 3,7 A a | 22,0 Aabc | 19,7 Aa | 20,6 Aa |
| 7 | 6,8 A ab | 2,2 B a | 3,4 B a | 44,8 Aab | 12,4 Ba | 22,3 Ba |
| 8 | 4,6 A ab | 4,3 A a | 6,4 A a | 22,5 Aabc | 23,7 Aa | 40,9 Aa |
| 9 | 6,0 A ab | 5,3 A a | 6,7 A a | 24,9 Aabc | 22,8 Aa | 42,0 Aa |
| 10 | 9,1 A a | 3,2 B a | 4,0 B a | 47,1 Aa | 20,0 Ba | 33,8 ABa |
| CV (%) | | 16,25 | | | 49,50 | |

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na mesma linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Para o comprimento total de raízes, os clones TC3, TC9 e TC15 apresentaram em média 26,8; 17,9 e 30,6 cm, respectivamente. Assim como para o NRPO, o comprimento de raízes dos clones TC3 e TC15 apresentaram valores médios maiores 49,7 e 70,9%, respectivamente, quando comparados ao clone TC9.

Comparando comprimento e NRPO deste estudo com os obtidos por Ferreira et al. (2012a) e Silva et al. (2012), com a mesma espécie, observa-se que os clones deste estudo apresentaram menores valores. Ferreira et al. (2012a) obtiveram para miniestacas apicais, intermediárias e basais, aos 40 dias após o estaqueamento, 51,05; 66,14 e 78,54 cm de comprimento e 8,97; 9,58 e 12,38 de número de raízes, respectivamente. Silva et al. (2012) obtiveram para miniestacas provenientes de minicepas conduzidas em sistema de canaletão e tubetes, aos 30 dias após o estaqueamento, comprimento de raízes de 65,8 e 85,4 cm, e número de raízes de 14,7 e 20,3, respectivamente. Isso reforça a ideia de que materiais mais juvenis como fonte de propágulo, beneficiam a qualidade do enraizamento de miniestacas de cedro australiano. Técnicas como o estaqueamento seriado das estacas resgatadas no campo, poderão resultar no aumento do vigor de enraizamento de miniestacas desta espécie, sendo necessários experimentos para essa afirmativa.

Houve variação do número de raízes de segunda ordem (NRSO) entre os clones e entre os ciclos de produção, entretanto, não foi observado um padrão para esta variação (Tabela 10). Quanto ao NRSO, o clone TC15 foi superior 97% em relação ao TC9. Os clones não diferiram quanto à massa seca do sistema radicular (MSSR) e quanto aos ciclos foi observada variação, entretanto não foi observado um padrão de variação.

Diferente do que ocorreu para o comprimento e NRPO, a MSSR obtida neste estudo foi semelhante à obtida por Silva et al. (2012), que foi de 31,6 e 28,9 mg para miniestacas provenientes do sistema canaletão e tubetes, respectivamente. Observou-se ainda maiores valores em relação aos dados de Ferreira et al. (2012a), que obtiveram para miniestacas apicais, intermediárias e basais, 15,22; 18,15 e 18,48 mg de MSSR, respectivamente, 40 dias após estaqueamento.

Tabela 10: Número de raízes segunda ordem (NRSO) e massa seca do sistema radicular (MSSR) das mudas de três clones de cedro australiano (*Toona ciliata*), produzidas por miniestaquia, aos 30 dias após o estaqueamento, em função dos ciclos de produção.

| Ciclo | NRSO | | | | MSSR (mg) | | | |
|--------|--------|-------|-------|----------|-----------|-------|-------|---------|
| | TC3 | TC9 | TC15 | Média | TC3 | TC9 | TC15 | Média |
| 1 | 16,7 | 10,4 | 18,2 | 15,1 bc | 37,7 | 28,8 | 39,6 | 35,4 ab |
| 2 | 18,2 | 3,3 | 20,7 | 14,1 bc | 27,3 | 16,9 | 39,5 | 27,9 ab |
| 3 | 14,0 | 17,3 | 20,3 | 17,2 abc | 14,0 | 25,3 | 22,7 | 20,6 b |
| 4 | 3,9 | 8,1 | 8,7 | 6,9 c | 12,8 | 20,1 | 16,1 | 16,3 b |
| 5 | 6,0 | 11,9 | 23,5 | 13,8 bc | 41,6 | 40,8 | 48,7 | 43,7 a |
| 6 | 12,7 | 6,8 | 9,2 | 9,6 bc | 21,4 | 18,1 | 21,5 | 20,3 b |
| 7 | 45,6 | 14,5 | 31,4 | 30,5 a | 50,3 | 35,9 | 44,8 | 43,6 a |
| 8 | 10,1 | 14,7 | 25,8 | 16,9 abc | 19,8 | 26,1 | 41,5 | 29,1 ab |
| 9 | 4,2 | 4,8 | 13,6 | 7,6 c | 13,3 | 22,1 | 31,8 | 22,4 b |
| 10 | 24,3 | 10,2 | 34,1 | 22,9 ab | 37,7 | 36,4 | 24,08 | 32,7 ab |
| Média | 15,6AB | 10,2B | 20,1A | | 27,6A | 27,0A | 33,0A | |
| CV (%) | 34,70 | | | | 52,31 | | | |

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

O percentual de enraizamento e as características dos sistemas radiculares variaram ao longo dos ciclos de produção, não sendo observado um padrão na variação. Não houve queda na qualidade do enraizamento ao longo dos ciclos de produção.

Apesar da pequena mortalidade das minicepas do clone TC15 em relação aos demais, frente ao manejo de coletas de brotações, as miniestacas dele obtidas apresentam elevado percentual de enraizamento e características do sistema radicular semelhante ou superior aos demais.

As mudas dos clones TC3, TC9 e TC15 não apresentaram aos 105 dias de idade grande variação no percentual de sobrevivência, exceto no ciclo 2 e 9, no qual o TC9 apresentou elevada taxa de mortalidade em relação aos demais. O TC15, na maioria dos ciclos avaliados, apresentou maiores valores de sobrevivência (Tabela 11). Os clones também variaram quanto ao percentual de sobrevivência ao longo dos ciclos de produção, entretanto, não foi observado um padrão de variação.

Tabela 11: Sobrevivência, altura, diâmetro a altura do colo (DAC) das mudas de três clones de cedro australiano (*Toona ciliata*), produzidas por miniestaquia, aos 105 dias após o estaqueamento, em função dos ciclos de produção.

| Ciclo | Sobrevivência (%) | | | | | | | | |
|-------------|-------------------|----|-----|-----------|----|-----|------------|----|-----|
| | Clone TC3 | | | Clone TC9 | | | Clone TC15 | | |
| 1 | 90,6 | AB | abc | 73,44 | B | bc | 96,9 | A | ab |
| 2 | 71,9 | A | c | 14,07 | B | d | 78,1 | A | c |
| 3 | 95,3 | A | ab | 95,31 | A | a | 100,0 | A | a |
| 4 | 87,5 | A | abc | 75,00 | A | abc | 85,9 | A | bc |
| 5 | 76,6 | B | bc | 90,63 | AB | ab | 95,3 | A | ab |
| 6 | 76,6 | A | bc | 79,69 | A | abc | 78,1 | A | c |
| 7 | 98,4 | A | a | 89,06 | A | ab | 92,2 | A | abc |
| 8 | 87,5 | A | abc | 85,94 | A | abc | 95,3 | A | ab |
| 9 | 98,4 | A | a | 59,38 | B | c | 98,4 | A | ab |
| 10 | 90,6 | B | abc | 93,75 | AB | ab | 100,0 | A | a |
| CV (%) | 12,75 | | | | | | | | |
| Altura (cm) | | | | | | | | | |
| 1 | 8,3 | A | bc | 6,3 | B | b | 9,5 | A | ab |
| 2 | 8,6 | A | bc | 8,2 | A | ab | 9,2 | A | b |
| 3 | 12,4 | A | a | 8,1 | B | ab | 12,0 | A | a |
| 4 | 8,6 | AB | bc | 7,2 | B | ab | 9,3 | A | b |
| 5 | 9,2 | A | b | 7,7 | A | ab | 8,8 | A | bc |
| 6 | 7,5 | AB | bc | 6,3 | B | b | 8,5 | A | bc |
| 7 | 9,8 | A | ab | 7,1 | B | ab | 8,4 | AB | bc |
| 8 | 8,7 | AB | bc | 6,8 | B | b | 9,4 | A | b |
| 9 | 7,6 | B | bc | 9,7 | A | a | 7,9 | AB | bc |
| 10 | 6,3 | A | c | 6,0 | A | b | 6,6 | A | c |
| CV (%) | 13,45 | | | | | | | | |
| DAC (mm) | | | | | | | | | |
| 1 | 6,1 | B | a | 5,8 | B | a | 6,8 | A | a |
| 2 | 5,2 | A | bcd | 5,4 | A | ab | 5,3 | A | bcd |
| 3 | 5,2 | A | bcd | 5,3 | A | ab | 4,8 | A | cde |
| 4 | 5,9 | A | ab | 5,4 | A | ab | 5,5 | A | bc |
| 5 | 4,9 | A | cd | 5,2 | A | ab | 5,5 | A | bc |
| 6 | 5,2 | A | bcd | 5,4 | A | ab | 5,4 | A | bcd |
| 7 | 4,5 | A | d | 4,7 | A | b | 4,4 | A | e |
| 8 | 5,3 | B | abc | 5,1 | B | ab | 6,1 | A | ab |
| 9 | 5,0 | A | cd | 5,0 | A | ab | 5,3 | A | bcd |
| 10 | 4,5 | B | d | 5,4 | A | ab | 4,6 | B | de |
| CV (%) | 6,97 | | | | | | | | |

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na mesma linha (5%) e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Os resultados obtidos por Ferreira et al. (2012a) e Silva (2010) mostram que o cedro australiano apresenta alto percentual de sobrevivência de mudas produzidas por miniestaquia ao final do ciclo de produção, quando as miniestacas são de minijardins de origem seminal. Ferreira et al. (2012a), ao avaliarem a sobrevivência de mudas de cedro australiano, provenientes de miniestacas apicais, intermediárias e basais, aos 110 dias após o estaqueamento obtiveram percentuais superiores a 90%. Os valores de sobrevivência de mudas de cedro australiano, aos 105 dias após estaqueamento, obtidos por Silva (2010) foram maiores que os obtidos no presente trabalho para todos os ciclos do TC9, sendo estes de 96% e 97% para mudas provenientes de minijardins conduzidos em canaletões e tubetes, respectivamente.

Isso se deve provavelmente às diferenças nas origens dos materiais para implantação dos minijardins, uma vez que as mudas de material seminal são mais juvenis em relação ao material resgatado de brotações de cepas de matrizes adultas como realizado no presente trabalho. Ressaltado que apesar de menores valores de sobrevivência, dois dos três clones testados (TC3 e TC15) apresentaram valores dentro da faixa de 80 a 100% que é praticada em viveiros comerciais, mostrando que existem diferenças entre os materiais resgatados.

Os clones diferiram quanto ao crescimento em altura, aos 105 dias após o estaqueamento, com menor altura do clone TC9, na maioria dos ciclos, em relação aos demais (Tabela 11).

A altura dos clones foi inferior às obtidas por Silva (2010) e Ferreira et al. (2012a). Para mudas de cedro, aos 105 dias após o estaqueamento, Silva (2010) obteve variação de altura de 13 a 27 cm. Ferreira et al (2012a) obtiveram variação de altura das mudas de 13 a 17 cm, aos 110 dias após o estaqueamento.

Constataram-se pequenas diferenças no diâmetro à altura do colo (DAC) entre os clones, sendo o clone TC15 maior que os demais nos ciclos 1 e 8. As médias de DAC obtidas foram semelhantes às observadas por Silva (2010) e Ferreira et al (2012a), em que mudas produzidas por miniestaquia (material seminal para implantação dos minijardins) apresentaram médias entre 4,5 e 5,5 mm.

Segundo Vilela e Stehling (2012), mudas de cedro australiano devem apresentar DAC de pelo menos 3 mm para serem levadas a campo, logo, as

mudas em todos os ciclos de produção se apresentaram aptas ao plantio com base no diâmetro.

Houve variação em relação aos ciclos de produção para as características altura, DAC, área foliar e massa seca da parte aérea, não sendo observado um padrão ao longo dos ciclos.

O clone TC3 apresentou maior área foliar em alguns ciclos, com relação aos demais (Tabela 12).

Tabela 12: Área foliar e massa seca da parte aérea (MSPA) das mudas de três clones de cedro australiano (*Toona ciliata*), produzidas por miniestaquia, aos 105 dias após o estaqueamento, em função dos ciclos de produção.

| Ciclo de produção | Área Foliar (cm ²) | | | | | | | | | Média |
|-------------------|--------------------------------|---|-----|-----------|----|-----|------------|----|-----|----------|
| | Clone TC3 | | | Clone TC9 | | | Clone TC15 | | | |
| 1 | 251,5 | A | C | 99,0 | B | c | 218,0 | A | cd | 189,5 |
| 2 | 290,4 | A | bc | 275,3 | A | ab | 332,0 | A | ab | 299,1 |
| 3 | 449,0 | A | A | 268,0 | C | ab | 354,9 | B | a | 357,3 |
| 4 | 320,5 | A | bc | 202,3 | B | abc | 265,5 | AB | abc | 262,8 |
| 5 | 344,8 | A | abc | 300,0 | A | a | 289,9 | A | abc | 311,5 |
| 6 | 318,2 | A | bc | 306,0 | A | a | 294,2 | A | abc | 306,1 |
| 7 | 324,9 | A | bc | 237,0 | B | ab | 244,8 | B | bcd | 268,8 |
| 8 | 304,3 | A | bc | 233,0 | A | ab | 284,8 | A | abc | 274,0 |
| 9 | 375,6 | A | ab | 302,0 | AB | a | 296,0 | B | abc | 324,3 |
| 10 | 139,2 | A | D | 172,8 | A | bc | 152,5 | A | d | 154,9 |
| Média | 311,9 | | | 273,1 | | | 239,4 | | | |
| CV (%) | | | | | | | | | | 17,25 |
| | MSPA (g) | | | | | | | | | Média |
| 1 | 1,99 | | | 1,05 | | | 2,09 | | | 1,71 c |
| 2 | 1,84 | | | 1,89 | | | 2,18 | | | 1,97 abc |
| 3 | 2,61 | | | 1,99 | | | 2,63 | | | 2,41 a |
| 4 | 2,04 | | | 1,53 | | | 2,02 | | | 1,86 bc |
| 5 | 1,98 | | | 2,02 | | | 2,19 | | | 2,07 abc |
| 6 | 1,89 | | | 1,98 | | | 2,20 | | | 2,02 abc |
| 7 | 2,02 | | | 1,51 | | | 1,80 | | | 1,77 c |
| 8 | 1,94 | | | 1,60 | | | 2,30 | | | 1,95 bc |
| 9 | 2,36 | | | 2,10 | | | 2,24 | | | 2,23 ab |
| 10 | 0,92 | | | 1,05 | | | 1,08 | | | 1,02 d |
| Média | 1,96A | | | 1,67B | | | 2,07A | | | |
| CV (%) | | | | | | | | | | 17,52 |

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na mesma linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

As médias de área foliar observadas no presente estudo foram muito inferiores às observadas por Silva (2010), que obteve mudas com área foliar de 415 a 650 cm².

Entretanto, segundo Vilela e Stehling (2012), as mudas de cedro australiano para serem levadas a campo devem apresentar no mínimo 3 pares de folhas, apesar de no presente trabalho o número de folhas não ter sido quantificado, observou-se na prática e pela aérea foliar, que este parâmetro foi atingido por todos os clones nos diferentes ciclos.

O clone TC9 apresentou menor massa seca da parte aérea (MSPA) em relação aos demais. Foi observada variação média de 1,67 a 2,07g entre os clones. Estes valores foram inferiores aos obtidos por Silva (2010) para mudas de cedro, aos 105 dias após o estaqueamento, provenientes de minijardim de origem seminal, que apresentaram variação entre 2,11 e 3,20 g. Entretanto, os valores obtidos para clones foram superiores aos obtidos por Ferreira et al (2012a), que constataram para mudas de cedro, aos 110 dias após o estaqueamento, variação de 1,29 a 1,38 g para MSPA.

Os clones variaram em relação às características radiculares (número, comprimento e massa seca) ao longo dos ciclos de produção, mas não foi observado um padrão de variação (Tabela 13).

Tabela 13: Número de raízes de primeira ordem (NRPO), comprimento total de raízes de primeira ordem e massa seca do sistema radicular (MSSR) das mudas de três clones de cedro australiano (*Toona ciliata*), produzidas por miniestaqueia, aos 105 dias após o estaqueamento, em função dos ciclos de produção

| Ciclo | NRPO | | | | | | | | |
|------------------|-----------|----|-------|-----------|----|-----|------------|----|-----|
| | Clone TC3 | | | Clone TC9 | | | Clone TC15 | | |
| 1 | 14,3 | A | a | 10,5 | B | ab | 13,0 | AB | a |
| 2 | 10,6 | A | ab | 8,63 | A | ab | 9,6 | A | ab |
| 3 | 10,7 | A | ab | 11,9 | A | a | 8,9 | A | ab |
| 4 | 8,2 | A | bc | 7,4 | A | b | 9,0 | A | ab |
| 5 | 6,8 | A | bc | 6,6 | A | b | 8,8 | A | ab |
| 6 | 8,6 | A | bc | 7,1 | A | b | 7,5 | A | b |
| 7 | 9,9 | A | abc | 6,8 | B | b | 6,2 | B | b |
| 8 | 8,8 | A | bc | 8,8 | A | ab | 8,7 | A | ab |
| 9 | 9,0 | AB | bc | 8,2 | B | ab | 12,3 | A | a |
| 10 | 6,0 | A | c | 8,5 | A | ab | 7,2 | A | b |
| CV (%) | 9,42 | | | | | | | | |
| Comprimento (cm) | | | | | | | | | |
| 1 | 94,9 | A | ab | 90,9 | A | ab | 100,8 | A | a |
| 2 | 77,9 | A | abcd | 60,3 | A | bc | 73,7 | A | abc |
| 3 | 100,9 | A | a | 91,8 | AB | a | 75,0 | B | abc |
| 4 | 68,8 | A | bcd | 58,8 | A | c | 75,6 | A | abc |
| 5 | 57,6 | A | cd | 52,8 | A | c | 65,6 | A | c |
| 6 | 73,4 | A | abcd | 61,8 | A | abc | 64,7 | A | c |
| 7 | 85,6 | A | abc | 56,5 | B | c | 60,4 | B | c |
| 8 | 71,4 | A | abcd | 69,0 | A | abc | 74,8 | A | abc |
| 9 | 70,5 | B | abcd | 60,9 | B | bc | 99,0 | A | ab |
| 10 | 53,3 | A | d | 72,3 | A | abc | 68,5 | A | bc |
| CV (%) | 18,40 | | | | | | | | |
| MSSR (g) | | | | | | | | | |
| 1 | 0,75 | A | bcde | 0,45 | B | bc | 0,98 | A | bcd |
| 2 | 0,70 | A | cde | 0,64 | A | abc | 0,78 | A | cd |
| 3 | 1,06 | A | ab | 0,82 | A | a | 0,89 | A | bcd |
| 4 | 0,93 | AB | abcd | 0,78 | B | ab | 1,14 | A | b |
| 5 | 0,73 | A | bcde | 0,71 | A | abc | 0,90 | A | bcd |
| 6 | 0,60 | A | de | 0,75 | A | abc | 0,76 | A | d |
| 7 | 1,09 | A | a | 0,65 | B | abc | 1,10 | A | dc |
| 8 | 0,83 | A | abcde | 0,74 | A | abc | 0,97 | A | bcd |
| 9 | 0,95 | B | abc | 0,92 | B | a | 1,50 | A | a |
| 10 | 0,58 | AB | e | 0,42 | B | c | 0,73 | A | d |
| CV (%) | 17,60 | | | | | | | | |

Médias seguidas da mesma letra maiúscula e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Neste trabalho, foi observado para os clones TC3, TC9 e TC15, médias de NRPO de 9,3; 8,5 e 9,1, respectivamente, valores inferiores aos observados por Silva (2010) e Ferreira et al. (2012a). Silva (2010) obteve valores médios entre 15,96 e 23,89 e Ferreira et al. (2012a), valores entre 11,08 e 14,74.

Assim como para as características altura e MSPA, o clone TC9 apresentou em vários ciclos valores menores de comprimento total de raízes de primeira ordem em relação aos demais clones (Tabela 13). Os resultados obtidos por Silva (2010) também foram superiores quanto ao comprimento de raízes que apresentou variação em três ciclos de produção, de 117,45 a 155,75 cm.

Os clones TC3, TC9 e TC15 apresentaram MSSR, semelhante ao obtido por Silva (2010), que para mudas de cedro, aos 105 dias após o estaqueamento, constatou médias nos ciclos de produção entre 0,91 e 1,12g. Porém, os valores foram superiores aos de Ferreira et al. (2012a), que obtiveram médias variando de 0,33 e 0,36g, respectivamente.

Para recomendação dos clones de cedro australiano para uso em escala comercial é fundamental que os mesmos sejam testados em campo para verificar se apresentam bom desempenho e características que justifiquem sua utilização.

Observa-se diferença no percentual de enraizamento, no vigor do sistema radicular e em algumas características de qualidade das mudas produzidas entre os clones, o que reflete a variação do material do povoamento de origem seminal. Entretanto, os dados obtidos, não comprometem a propagação dos materiais por miniestaquia, mas estudos devem ser conduzidos para incrementar o enraizamento, em especial do clone TC9. O manejo adequado de cada material genético poderá reduzir as variações e melhorar a qualidade final das mudas.

6. RESUMO E CONCLUSÕES

O Brasil apresenta grande potencial para produção de espécies florestais, dentre estas se destaca o cedro australiano, que vem sendo propagado por sementes, o que resulta em povoamentos heterogêneos, que dificultam os tratamentos culturais. Pesquisas apontam o potencial da propagação vegetativa por miniestaquia para a espécie. O resgate a partir de indivíduos adultos, selecionados por suas características desejáveis, conforme os critérios de exploração da espécie, permite a manutenção dessas características e o aumento da produtividade das culturas florestais, em curto prazo. Neste sentido, a propagação vegetativa torna-se uma alternativa viável para multiplicação de genótipos selecionados e resgatados, uma vez que garantirá a qualidade genética do material propagado e permitirá, ainda, a produção de mudas durante todo o ano.

O presente trabalho teve como objetivo de avaliar e comparar a produtividade de minicepas clonais, produzidas a partir de brotações de cepas adultas de três matrizes de cedro australiano (TC3, TC9 e TC15), a exportação de nutrientes pelo manejo e a qualidade de mudas produzidas por miniestacas ao longo das coletas.

O minijardim foi estabelecido em canaletões, com mudas clonais produzidas a partir de brotações coletadas de cepas de três matrizes que sofreram corte raso. Foram realizadas 10 coletas sucessivas de brotações no

minijardim clonal, com intervalos de 21 dias, sendo avaliado o percentual de sobrevivência das minicepas, o número de brotações e a produção de miniestacas por minicepas. As minicepas também foram avaliadas quanto ao conteúdo de nutrientes exportados em cada coleta e quanto ao conteúdo acumulado de nutrientes removido ao longo das coletas.

Após a coleta das brotações, em cada ciclo de produção, as miniestacas foram confeccionadas e estaqueadas em tubetes (180 cm³), contendo substrato Florestal adubado com Osmocote® 14-14-14. Em todos os ciclos de produção, as miniestacas foram avaliadas quanto ao percentual de enraizamento, ao número de raízes de primeira e segunda ordem, ao comprimento de raízes e à massa seca do sistema radicular, sendo as avaliações realizadas 30 dias após o estaqueamento, na expedição das mudas do setor de enraizamento.

As mudas dos 10 ciclos de produção foram avaliadas, aos 105 dias após o estaqueamento, quanto a sobrevivência, altura, diâmetro, área foliar, comprimento de raízes, número de raízes de primeira ordem, massa seca da parte aérea e sistema radicular.

Nas condições em que foram realizados os experimentos, conclui-se que:

- As minicepas dos clones apresentaram alto percentual de sobrevivência ao longo das coletas, variando de 95,2 a 100%;
- O número de brotações das minicepas dos clones aumentou ao longo das coletas sucessivas;
- Os clones de cedro apresentaram alta produção de miniestacas por minicepa ao longo das coletas, sendo o clone TC3 mais produtivo em relação aos demais;
- Ao longo das coletas, o clone TC9 removeu mais nutrientes que os demais, sendo o clone TC3 o mais eficiente por produzir mais miniestacas com menor exportação de nutrientes;
- Ao longo dos ciclos de produção não foram observadas reduções no enraizamento das miniestacas e na qualidade das mudas produzidas;
- Os clones diferiram quanto ao enraizamento de miniestacas, com menor percentual de enraizamento, número de raízes de primeira ordem e comprimento de raízes do clone TC9 em relação aos demais;

- Os clones TC3 e TC15 apresentaram mudas com maior percentual de sobrevivência e massa seca da parte aérea. O TC3 apresentou ainda maiores valores de área foliar na maioria dos ciclos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C. A., LOPES, A. S., RAIJ, B. (1997) Análise de micronutrientes em solos brasileiros: situação atual e perspectiva. *Anais Congresso Brasileiro de Ciências do Solo*, 26, Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Ciências do Solos.
- ANDERSON, J. D.; INGRAM, J. S. I. (1996) *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. 2. ed. Wallingford: UK CAB International, 199, 171p.
- ALFENAS, A. C., ZAUZA, E. A. V., MAFIA, R. G., ASSIS, T. F. (2004) *Clonagem e doenças do eucalipto*. Viçosa-MG: Editora UFV, 442p.
- ALMEIDA, F. D., XAVIER, A., DIAS, J. M. M., PAIVA, H. N. (2007) Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muel. *Revista árvore*, Viçosa-MG, 31 (3): 455-463. ASSIS, T. F., MÁFIA, R. G. (2007) Hibridação e clonagem. *In: BORÉM, A. (Eds) Biotecnologia Florestal*. Viçosa-MG: Editora UFV, 387p.
- AZEVEDO, E. B., MARINHO, C. S., MUNIZ, R. A., CARVALHO, A. J. C. (2009) Substratos fertilizados com uréia revestida e o crescimento e estado nutricional da muda de citros. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 31, n. 1, p. 129 -137.

- BENATTI, P. B., FURTINI NETO, A. E., MORETTI, B. S., STEHLING, E. C., PÁDUA, E. J. (2010) Diâmetro do colo de matrizes de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roemer var *australis*) sob diferentes doses de fertilizantes. *XXXIII Congresso Brasileiro de Ciências do Solo*, Uberlândia-MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 3p.
- BERNARDES, M. S., GUIDUCCI, E. P., GUIDICCI, G. M. V. (2013) Avaliação do desenvolvimento de mogno brasileiro, cedro australiano e seringueira plantados em consórcio na região de São José do Rio Preto-SP. Disponível em: <http://www22.sede.embrapa.br/snt/viicbsaf/cdanais/tema01/01tema32.pdf>. Acesso em: julho de 2013.
- BORGES, S. R., XAVIER, A., OLIVEIRA, L. S., MELO, L. A., ROSADO, A. M. (2011) Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. *Revista árvore*, Viçosa-MG, 35 (3): 425-434.
- BRONDANI, G. E. (2008) *Miniestaquia e micropropagação de Eucalyptus benthamii maiden & cambage x Eucalyptus dunnii maiden*. Dissertação (Mestrado em Engenharia florestal), Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 129p.
- BRONDANI, G. E., BACCARIN, F. J. B., ONDAS, H. W. W., GONÇALVES, A. N., ALMEIDA (2012) Avaliação morfológica e produção de minijardim clonal de *Eucalyptus benthamii* em relação a Zn e B. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, 32 (70): 151-164.
- CARVALHO NETO, J. P., SILVA, E. B., SANTANA, R. C. GRAZZIOTTI, P.H., FERNANDES, J. S. C., FREITAS, J. P. X., SOUZA, C. V. (2012) Partição de biomassa seca e nutrientes em minicepas de eucalipto influenciada pela adubação NPK. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 20 (1): 19-31.
- CARVALHO, N. M., MORETTI, B. S., FURTINI NETO, A. E., BENATTI, B. P., STEHLING, E. C., REIS, D. N. (2010) Teor e acúmulo de macronutrientes em matrizes de cedro australiano. *XXXIII Congresso Brasileiro de Ciências do Solo*, Uberlândia-MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 3p.

- CENTRO DE INTELIGÊNCIA EM FLORESTAS (2013) Disponível em: http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=cedro_australiano, Acesso em: julho de 2013.
- CUNHA, A. C. M. C. M., PAIVA, H. N., BARROS, N. F., LEITE, H. G., LEITE, F. P. (2008) Relação do estado nutricional de minicepas com o número de miniestacas de eucalipto. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, 36 (79): 203-213.
- CUNHA, A. C. M. C. M., WENDLING, I., SOUZA JUNIOR, L. (2005) Produtividade e sobrevivência de minicepas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et cambage em sistema de hidroponia e em tubetes. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 15 (3): 307-310.
- CUNHA, A. C. M. C. M., PAIVA, H. N., LEITE, H. G., BARROS, N. F., LEITE, F. P. (2009a) Influência do estado nutricional de minicepas no enraizamento de miniestacas de eucalipto. *Revista árvore*, Viçosa-MG, 33 (4): 607-615.
- CUNHA, A. C. M. C. M., PAIVA, H. N., XAVIER, A., OTONI, W. C. (2009b) Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, 58: 35-47.
- DIAS, P. C., XAVIER, A., OLIVEIRA, L. S., PAIVA, H. N., CORREIA, A. C. G. (2012) Propagação vegetativa de progênies de meios-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) por miniestaquia. *Revista árvore*, Viçosa-MG, 36 (3): 389-399.
- FAZENDA BELA VISTA FLORESTAL (2012) Mudanças de Cedro Australiano. Disponível em: <http://www.belavistaflorestal.com.br>. Acesso em: março de 2012.
- FERRIANI, A. P., ZUFFELLATO-RIBAS, K. C., WENDLING, I. (2010) Miniestaquia aplicada a espécies florestais. *Revista Agro@ambiente on-line*, Boa Vista, 4 (2): 102-109.
- FERREIRA, B. G. A., ZUFFELLATO-RIBAS, K. C., WENDLING, I., KOCHER, H. S., NOGUEIRA, A. C. (2010b) Miniestaquia de *Sapium glandulatum* (Vell)

Pax com o uso de ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 20 (1): 19-31.

FERREIRA, R. T. (2009a) *Seleção de genótipos de cedro australiano (Toona ciliata) via metodologia REML/BLUP e marcadores de DNA*. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 88 p.

FERREIRA, D. de A. (2009b) *Produtividade das minicepas de cedro australiano em minijardim multiclonal e influência da posição das miniestacas na qualidade das mudas*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 55 p.

FERREIRA, D. de A., BARROSO, D. G., SILVA, M.P.S., SOUZA, J. S., FREITAS, T. A. S. de F., CARNEIRO, J. G. de A. (2012a) Influência da posição das miniestacas de mudas de cedro australiano e no seu desenvolvimento inicial no pós-plantio. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 22 (4): 715-723.

FERREIRA, E. M., ALFENAS, A.C., MAFIA, R.G., LEITE, H.G., SARTORIO, R.C., PENCHEL FILHO, R.M. (2004) Determinação do tempo de enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 28 (2): 183-187.

FERREIRA, R., VIANA, A. P., BARROSO, D. B., AMARAL, J. (2012b) Genetic diversity in australian cedar genotypes selected by mixed models. *Ciência Agrotecnica*, Lavras, 36 (2): 171-179.

FERREIRA, R., VIANA, A. P., BARROSO, D. B., RESENDE, M. D. V., AMARAL JÚNIOR, A. T. (2012c) *Toona ciliata* genotype selection with the use of individual blup with repeated measures. *Scientia Agricola*, Piracicaba, 69 (3): 210-216.

FREITAS, T. A. S. de., BARROSO, D. G., CARNEIRO, J. G. de A., PENCEL, R. M., LAMONICA, K. R., FERREIRA, D. de A. (2005). Desempenho radicular de

- mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. *Revista Árvore*, Viçosa - MG, 29(6): 853-861.
- FREITAS, T. A. S. de., BARROSO, D. G., MENDONÇA, A. V. R.; CARNEIRO, J. G. de A. (2009) Manejo de miniestacas de eucalipto no setor de enraizamento para produção em sistema de blocos. *Scientia Florestalis*, piracicaba, 37 (84): 483-490.
- FREITAS, T. P. (2012) Propagação de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* Mattos) por miniestaquia. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 71 p.
- FIGUEIREDO, F. de A. M. M. A., CARNEIRO, J. G. de A., PENCHEL, R. M., BARROSO, D. G., DAHER, R. F. (2011) Efeito das variações de mudas clonais de eucalipto sobre o crescimento no campo. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 35 (1): 1-11.
- GATTI, K. C., GOLÇALVES, R. C., XAVIER, A., PAIVA, H. (2011) Propagação vegetativa de jequitibá *Cariniana estrellensis* (Raddi) por miniestaquia. *Temas Agrários*, 16 (2): 54-63.
- GOULART, P. B., XAVIER, A. (2008) Efeito do tempo de armazenamento de miniestacas no enraizamento de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, 32 (4): 671- 677.
- GOULART, P. B., XAVIER, A., CARDOSO, N. Z. (2008) Efeito dos reguladores de crescimento AIB e ANA no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, 32 (6): 1051-1058.
- HASSE, G. (2004) Crescimento Verde: O Espírito Santo no caminho da sustentabilidade florestal. *Cadernos do Sindiex-4*, Vitória-ES, 42 p.
- HIGASHI, E. N., SILVEIRA, R. L. V. de A., GONÇALVES, A. N. (2000a) Propagação vegetativas de *Eucalyptus*: princípios básicos e sua evolução no

- Brasil. *Circular técnica IPEF*, n 192, São Paulo: Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, 11p.
- HIGASHI, E. N., SILVEIRA, R. L. V. A., GONÇALVES, A. N. (2000b) Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*. *Circular técnica IPEF*, n 194, São Paulo: Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, 11p.
- JACKSON, M.L. (1965) *Soil chemical analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 498p.
- JONES Jr., J.B., WOLF, B., MILLS, H.A. (1991) *Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide*. Athens (USA): Micro - Macro Publishing. 213p.
- LATTUADA, D. S. (2010) *Micropropagação e miniestquia de pitangueira (Eugenia uniflora L.)*. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Porto Alegre - RS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, 75 p.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. (1997) *Avaliação do estado nutricional de plantas: princípio e adaptações*. 2. ed. Piracicaba, SP: Potafos, 319p.
- MELO, L. A., XAVIER, A., PAIVA, H. N., BORGES, S.R. (2011) Otimização do tempo necessário para o enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 35 (4): 759-767.
- MORAES, D. G. (2008) *Enraizamento de miniestacas caulinares e foliares de cedro australiano e brotações de minicepas*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 22 p.
- MORETTI, B. S., FURTINI NETO, A. E., PINTO, S. I. do C., FURTINI, I. V., MAGALHÃES, C. A. de S. (2011) Crescimento e nutrição de mudas de Cedro Australiano (*Toona ciliata*) sob omissão de nutrientes. *Cerne*, Lavras, 17 (4): 453-463.
- MURAKAMI, C. H. G. FOREST BRAZIL – Viveiro Florestal. Boletim Florestal – Informativo Florestal do Norte Pioneiro. Cedro Australiano: Valorização de Espécies Nobres. 7 ed. Fev. 2008. Disponível em:

http://www.forestbrazil.com.br/images/admin/boletim_1202960284.pdf, Acesso em: julho de 2010.

- MUSSI-DIAS, V., FERREIRA, R. T.; ARÊAS, F. C., AZEREDO, E. P., SILVEIRA, S. F. (2006) *Colletotrichum* sp. Associado a Manchas de *Phyllachora* sp. em Cedro Australiano. CD-ROM dos anais do *XI Encontro de Iniciação Científica, 6ª Mostra de Pós-Graduação, 4ª Mostra de Extensão da UENF*, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.
- PÁDUA, E. J., FURTINI NETO, A. E., MORETTI, B. S., BENATTI, P. B., SANTOS, L. L., STEHLING, E. C., TORQUETI, S. T. S. (2010) Efeito do boro, cobre, ferro, manganês e zinco no crescimento de mudas de cedro australiano. *XXXIII Congresso Brasileiro de Ciências do Solo*, Uberlândia-MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 3p.
- PÁDUA, E. J., FURTINI NETO, A. E., BENATTI, P. B., MORETTI, B. S., SANTOS, L. L., STEHLING, E. C., XIMENES, M. C. (2010) Deficiência induzida de micronutrientes em mudas de cedro australiano. *XXXIII Congresso Brasileiro de Ciências do Solo*, Uberlândia-MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 4p.
- PINHEIRO, A. L., LANI, J. L., COUTO, L. (2006) Cedro-australiano: cultivo e utilização (*Toona ciliata* M. Roem. Var. *australis* (F. Muell) Bahadur). Viçosa: UFV, 42p.
- RICKEN, P., MATTOS, P. P., BRAZ, E. M., KALIL FILHO, A. N. (2011) Crescimento diamétrico de *Toona ciliata* var. *australis* em Adrianópolis, PR. Comunicado Técnico 285 (ISSN 1980-3982), Colombo-PR: Embrapa Floresta, 4p.
- SANTOS, A. P., XAVIER, A., OLIVEIRA, M. L., REIS, G. G. (2005) Efeito da estaquia, miniestaquia, microestaquia e micropropagação no desempenho silvicultura de clones de *Eucalyptus grandis*. *Scientia Forestalis*, 68:29-38.

- SCOCCHI, A., DIERINGER, E., MROGINSKI, E., MROGINSKI, L. (2006) Conservación de semillas de Cedro Australiano (*Toona ciliata*). *Plant Genetic Resources Newsletter*, FAO – IPGRI, (137): 22-25.
- SEMENTES CAIÇARA (2013) Cedro australiano. Disponível em: <http://www.sementescaicara.com.br/scedro.html>. Acesso em: julho de 2013.
- SILVA, B. V. N., INOCÊNCIO, M. F., CARMO, D. L., DIAS, J. S., FURTINI NETO, A. E., CARVALHO, J. G. (2010) Nutrição mineral de cedro australiano em função da aplicação de Boro e Zinco. *XIX Congresso de pós-graduação da UFPA*, Lavras-MG: Universidade Federal de Lavras, 6p.
- SILVA, M. P. S., (2010) *Qualidade das mudas produzidas por miniestaquia e produtividade de minicepas de cedro australiano, manejadas em canaletões e tubetes*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Campos dos Goytacazes – RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 49 p.
- SILVA, M. P. S., BARROSO, D. G., SOUZA, J. S., FERREIRA, D. A., CARNEIRO, J. G. A. (2012a) Enraizamento de miniestacas e produtividade de minicepas de cedro australiano manejadas em canaletões e tubetes. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 22 (4): 703-713.
- SILVA, R. L., OLIVEIRA, M. L., MONTE, M. A., XAVIER, A. (2010b) Propagação clonal de guanandi (*Calophyllum brasiliense*) por miniestaquia. *Agronomía Costarricense*, 34 (1): 99-104.
- SONNEVELD, C., ENDE, J. V. D., DIJK, P. A. V. (1974). Analysis of growing media by means of a 1:1,5 volume extract. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, (53): 183-202.
- SOUZA, C. C., XAVIER, A., LEITE, F. P., SANTANA, R.C., LEITE, H.G. (2013) Padrões de miniestacas e sazonalidade na produção de mudas clonais de *Eucalyptus grandis* HILL X *E. urophylla* S. T. BLACK. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, 37 (1): 67-77.

- SOUZA JUNIOR, L.; QUOIRIN, M.; WENDLING, I. Miniestaquia de *Grevillea robusta* A. Cunn. a partir de propágulos juvenis. *Ciência Florestal*, v.18, n.4, p. 455-460, 2008.
- SOUZA, J. C. A. V. de, BARROSO, D. G., Carneiro, J. G. de A., TEIXEIRA, S. L., BALBINOT, E. (2009) Propagação vegetativa de cedro-australiano (*Toona ciliata*) por miniestaquia. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, 33 (2): 205-213.
- SOUZA, J. C. A. V. de, BARROSO, D. G., Carneiro, J. G. de A. (2009) Cedro Australiano (*Toona ciliata*). Manual Técnico 21 (ISSN 1983-5671), Niterói – RJ: Programa Rio Rural, 12p.
- SOUZA, J. S. (2010) *Produtividade de minicepas de cedro australiano e remoção de nutrientes pela coleta sucessiva de miniestacas*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 61 p.
- TITON, M., XAVIER, A., OTONI, W. C., REIS, G. G. (2003) Efeito do AIB no enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, 27 (1): 1-7.
- VILELA, E. S., STEHLING, E. de C. (2012) Recomendações de plantio para Cedro Australiano. Apostila de recomendações da Bela Vista Florestal. Disponível em: http://www.belavistaflorestal.com.br/informativos_e_documentos.php. Acesso em: dezembro de 2012.
- WENDLING, I., XAVIER, A. (2003) Miniestaquia seriada no rejuvenescimento de clones de *Eucalyptus*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 38(4): 475-480.
- WENDLING, I., XAVIER, A. PAIVA, H. N. (2003) Influência da miniestaquia seriada no vigor de minicepas de clones de *Eucalyptus grandis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 38(4): 475-480.

- WENDLING, I., XAVIER, A. (2005) Influência do ácido indolbutírico e da miniestaquia seriada no enraizamento e vigor de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, 29 (6): 921-930.
- XAVIER, A., SANTOS, G. A., WENDLING, I, OLIVEIRA, M. L. (2003) Propagação vegetativa de cedro rosa por miniestaquia. *Revista Árvore*, Viçosa, 27(2): 139-143.
- XAVIER, A., WENDLING, I., SILVA, R. L. *Silvicultura Clonal: princípios e técnicas*. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2009, 272p.
- ZIMMERMANN, F. J. P. *Estatística aplicada à pesquisa agrícola*. EMBRAPA Arroz e Feijão, 2004. 400p.

APÊNDICE

Tabela 1A. Resumo dos ciclos de produção de miniestacas de *Toona ciliata* conduzidos em casa de vegetação e câmara de nebulização, entre Setembro de 2012 e Julho de 2013

| Ciclo de produção | Tempo de produção de brotações nas minicepas | Data de avaliação da Produtividade | Data de avaliação do enraizamento das estacas | Data de avaliação final das mudas |
|--------------------------|---|---|--|--|
| 1 | 84 dias (após estaqueamento) | 14/09/2012 | 15/10/2012 | 27/12/2012 |
| 2 | 21 dias (após a coleta do ciclo 1) | 05/10/2012 | 05/11/2012 | 21/01/2013 |
| 3 | 21 dias (após a coleta do ciclo 2) | 26/10/2012 | 26/11/2012 | 08/02/2013 |
| 4 | 24 dias (após a coleta do ciclo 3) | 19/11/2012 | 19/12/2012 | 06/03/2013 |
| 5 | 21 dias (após a coleta do ciclo 4) | 10/12/2012 | 10/01/2013 | 25/03/2013 |
| 6 | 24 dias (após a coleta do ciclo 5) | 03/01/2013 | 04/02/2013 | 18/04/2013 |
| 7 | 21 dias (após a coleta do ciclo 6) | 24/01/2013 | 25/02/2013 | 09/05/2013 |
| 8 | 21 dias (após a coleta do ciclo 7) | 14/02/2013 | 14/03/2013 | 29/05/2013 |
| 9 | 21 dias (após a coleta do ciclo 8) | 07/03/2013 | 08/04/2013 | 24/06/2013 |
| 10 | 21 dias(após a coleta do ciclo 9) | 28/03/2013 | 29/04/2013 | 15/07/2013 |

Tabela 2A: Análise de variância do percentual de sobrevivência de minicepas (% SOB), número de brotações (NBROT) e número de miniestacas produzidas (NMIN) de três clones de *Toona ciliata* em 10 ciclos de produção.

| Causas de variação | % SOB | | NBROT | | NMIN | |
|--------------------|-------|----------|-------|----------|------|----------|
| | G.L. | Q.M. | G.L. | Q.M. | G.L. | Q.M. |
| Bloco | 5 | 0,0168 | 5 | 0,1365 | 5 | 0,3986 |
| Clone | 2 | 0,0409** | 2 | 0,9613** | 2 | 3,0007** |
| Ciclo de produção | 9 | 0,0075 | 9 | 1,5368** | 9 | 0,3743** |
| Clone x Ciclo | 18 | 0,0075* | 18 | 0,0310 | 18 | 0,2698** |
| Resíduo | 45 | 0,0044 | 45 | 0,0187 | 45 | 0,0570 |

*Significativo a 5% pelo teste F; **Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela. 3A: Análise de variância do percentual de enraizamento (% ENR), número de raízes de primeira ordem (NRPO), número de raízes de segunda ordem (NRSO), comprimento de raízes de primeira ordem (CRPO) e massa seca do sistema radicular (MSSR) de três clones de *Toona ciliata*, aos 30 dias após o estaqueamento, em 10 ciclos de produção.

| Causas de variação | % ENR | | NRPO | | NRSO | | CRPO | | MSSR | |
|--------------------|-------|----------|------|----------|------|-----------|------|-----------|------|----------|
| | G.L. | Q.M. | G.L. | Q.M. | G.L. | Q.M. | G.L. | Q.M. | G.L. | Q.M. |
| Ciclo de produção | 9 | 0,1839** | 9 | 0,3769* | 9 | 9,2200** | 9 | 375,12* | 9 | 9,7143** |
| Clone | 2 | 0,3745** | 2 | 2,0175** | 2 | 13,7563** | 2 | 1705,33** | 2 | 4,0560 |
| Ciclo x Clone | 18 | 0,5771** | 18 | 0,2903* | 18 | 2,4535 | 18 | 295,04* | 18 | 1,9288 |
| Resíduo | 90 | 0,0180 | 90 | 0,1525 | 90 | 1,6756 | 90 | 154,78 | 90 | 2,0819 |

*Significativo a 5% pelo teste F; **Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 4A: Análise de variância do percentual de enraizamento (% SOB), altura (H), diâmetro a altura do colo (DAC), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) de mudas de três clones de *Toona ciliata*, aos 105 dias após o estaqueamento, em 10 ciclos de produção.

| Causas de variação | G.L. | % SOB | H | DAC | AF | MSPA |
|--------------------|------|------------------|-----------|----------|------------|----------|
| | | ----- Q.M. ----- | | | | |
| Ciclo de produção | 9 | 0,4150** | 15,3962** | 2,5540** | 45372,23** | 1,6681** |
| Clone | 2 | 0,7491** | 30,4492** | 0,4171* | 52519,70** | 1,6969** |
| Ciclo x Clone | 18 | 0,1078** | 3,8161** | 0,4257** | 5716,99** | 0,1791 |
| Resíduo | 90 | 0,0253 | 1,2565 | 0,1350 | 2245,90 | 0,1108 |

Tabela 5A: Análise de variância do número de raízes de primeira ordem (NRPO), Comprimento de raízes de primeira ordem (CRPO) e massa seca do sistema radicular de mudas de três clones de *Toona ciliata*, aos 105 dias após o estaqueamento, em 10 ciclos de produção.

| Causas de variação | G.L. | NRPO | CRPO | MSSR |
|--------------------|------|------------------|-----------|----------|
| | | ----- Q.M. ----- | | |
| Clone | 9 | 0,8134** | 1553,97** | 0,3094** |
| Ciclo de produção | 2 | 0,1823 | 878,93** | 0,8206** |
| Clone x Ciclo | 18 | 0,1935** | 428,72** | 0,0632** |
| Resíduo | 90 | 0,0869 | 180,08 | 0,0212 |

*Significativo a 5% pelo teste F; **Significativo a 1% pelo teste F.