



ARTIGO

## Luminosidade, ácido indolbutírico e comprimentos de miniestacas na propagação de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert

Débora Menani Heid<sup>1\*</sup>, Jackeline Schultz Soares<sup>2</sup>, Vadim Milani de Souza Carbonari<sup>3</sup>, Luciano Souza de Rezende<sup>3</sup>, Rafael Peloso de Carvalho<sup>4</sup> e Flávia Araujo Matos<sup>5</sup>

Recebido: 27 de julho de 2016

Recebido após revisão: 29 de agosto de 2018

Aceito: 04 de setembro de 2018

Disponível on-line em <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/3774>

**RESUMO:** (Luminosidade, ácido indolbutírico e comprimentos de miniestacas na propagação de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). A recuperação de áreas degradadas e a demanda por produtos de origem florestal têm aumentado o interesse sobre as espécies brasileiras e tecnologias de plantios florestais. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar diferentes comprimentos de miniestacas, ambientes e concentrações de AIB na multiplicação da canafístula (*Peltophorum dubium*) por miniestaquia. A implantação do minijardim clonal foi conduzida no viveiro de mudas do setor de Silvicultura da FCA/UFGRS. Foram estudados: 1 - quatro alturas de miniestacas (3,0; 4,5; 6,0 e 7,5 cm) na ausência e presença de AIB (2.000 mg L<sup>-1</sup>) por 100 dias e 2 - dois ambientes (sombreado e pleno sol) em três doses desse regulador (0; 3.000 e 6.000 mg L<sup>-1</sup>), durante 80 dias. Foram avaliados o diâmetro do coleto, número de folhas, peso da matéria fresca e seca da parte aérea e sistema radicular, matéria fresca e seca total, altura da parte aérea e o índice de qualidade de Dickson. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias quantitativas foram avaliadas por regressão e as qualitativas comparadas pelo teste Tukey, ambos a 5 % de probabilidade. De acordo com os parâmetros estudados para a produção de mudas, observa-se que entre os tamanhos de miniestacas, as de comprimento 7,5 cm são as mais indicadas para a propagação vegetativa de canafístula, dispensando a aplicação exógena de AIB; para miniestacas de 6,0 cm, o ambiente a pleno sol e a aplicação exógena de 6.000 mg L<sup>-1</sup> de AIB proporcionam melhores parâmetros de qualidade de mudas.

**Palavras-chave:** canafístula, propagação vegetativa, miniestaquia, regulador de crescimento.

**ABSTRACT:** (The influence of light intensity, indole-3-butyric acid concentration and mini-cutting length on the propagation of *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). The need for recovering degraded lands and the increased demand for forest products have been raising interest on Brazilian plant species and forest plantation technology. We aimed to evaluate the influence of mini-cutting length, indole-3-butyric acid (IBA) concentration and different environments on the propagation of copperpod (*Peltophorum dubium*). The experiment was conducted in a mini clonal garden at the Silviculture sector of FCA/UFGRS. We tested: (1) four mini-cutting lengths (3.0; 4.5; 6.0; and 7.5 cm) in the absence and presence of 2,000 mg L<sup>-1</sup> IBA for 100 days; and (2) two environments (shade and full sun) with three doses of IBA (0; 3,000; and 6,000 mg L<sup>-1</sup>) for 80 days. We evaluated stem diameter, number of leaves, fresh and dry weight of roots and shoots, weight of total fresh and dry matter, shoot length, and the Dickson quality index. Data was subjected to analysis of variance and quantitative means were evaluated by regression while qualitative variables were compared by Tukey's test, both at 5% probability. According to the studied parameters of plantlet production, we observed that mini-cuttings 7.5 cm long are the most suitable for vegetative propagation of copperpod, with no need for exogenous application of IBA. Mini-cuttings 6.0 cm long yield plantlets with higher values of the evaluated quality parameters when cultivated in full sun and with exogenous application of 6,000 mg L<sup>-1</sup> IBA.

**Keywords:** canafístula, vegetative propagation, cutting, growth regulator.

### INTRODUÇÃO

A atual necessidade de recuperação de áreas degradadas e a demanda por produtos de origem florestal têm aumentado o interesse no conhecimento das espécies nativas brasileiras e tecnologias de plantios florestais de rápido crescimento, desde a seleção de matrizes de alta produtividade até métodos eficientes de produção de mudas.

Por ser uma planta de rápido crescimento, a canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taubert) apresenta grande aptidão para a composição de reflorestamentos

mistos em áreas degradadas. É uma leguminosa nativa bastante versátil, que ocorre em Florestas Estacionais Semidecíduais de Goiás, Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul, além das formações florestais do Complexo Atlântico. É caducifólia, podendo atingir 20 m de altura e até 90 cm de diâmetro. Sua madeira é densa (0,75 a 0,90 g cm<sup>-3</sup>), possui moderada resistência ao apodrecimento e elevado poder calorífico (4.755 kcal kg<sup>-1</sup>), podendo ser empregada na construção civil, marcenaria, tanoaria, carrocerias, dormentes, serviços de torno e paisagismo (Lorenzi 2002).

1. Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), Universidade Federal da Grande Dourados (UFGRS). Rodovia Dourados, Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP 79.804-970, Dourados, MS, Brasil.

2. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), CEP 79804-970, Dourados, MS, Brasil.

3. Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGRS). Rodovia Dourados, Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP 79.804-970, Dourados, MS, Brasil.

4. Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Ponta Porã, MS, Brasil.

5. Professora do Curso Técnico em Agropecuária, Estadual Castro Alves. Dourados, MS, Brasil.

\* Autor para contato. E-mail: [deborahaid1@gmail.com](mailto:deborahaid1@gmail.com)

O êxito na formação de florestas de alta produção depende, em grande parte, da qualidade das mudas plantadas, que além de resistirem às condições adversas encontradas no campo após o plantio, deverão produzir árvores com crescimento volumétrico economicamente desejável tanto para a comercialização quanto para o reflorestamento (Gomes *et al.* 2003).

A obtenção de sementes de canafístula é restrita a um período do ano, geralmente entre agosto e setembro na região de Mato Grosso do Sul. Uma das preocupações na área de produção de mudas é obtê-las com ótima qualidade e em menor espaço de tempo. Além disso, a utilização da propagação vegetativa em espécies florestais, associada a programas de melhoramento, tem como finalidades acelerar o crescimento, aumentar a produtividade e gerar madeira de qualidade e homogênea (Alfenas *et al.* 2004), através da multiplicação de plantas selecionadas. Assim, com a utilização desta técnica espera-se contornar problemas inerentes à grande variabilidade genética gerada por meio da multiplicação seminal da canafístula, permitindo uma rápida multiplicação de indivíduos superiores garantindo assim maiores ganhos produtivos.

A miniestaquia é o método de propagação vegetativa mais utilizado na silvicultura clonal intensiva. Inicialmente desenvolvida para propagação do eucalipto, esta técnica pode ser empregada também para outras espécies lenhosas de interesse florestal (Assis 2001). Este método, assim como a estaquia, visa à formação de plantios clonais de alta produtividade e uniformidade, a melhoria das qualidades da madeira e de seus produtos, a multiplicação de indivíduos resistentes a pragas e doenças e adaptados a sítios específicos, com a transferência de geração para geração dos componentes genéticos aditivos e não aditivos, resultando em maiores ganhos dentro de uma mesma geração de seleção (Chaperon 1987, Eldridge *et al.* 1994, Assis 1996). Entretanto, pouco se conhece sobre a miniestaquia como técnica de propagação vegetativa aplicada a espécies florestais nativas, tanto experimental quanto comercialmente, em especial para a canafístula.

O uso de reguladores vegetais também pode influenciar o processo de propagação, uma vez que a aplicação destes reguladores tem acelerado o enraizamento dos propágulos vegetativos, sendo as auxinas sintéticas as principais substâncias indutoras do enraizamento adventício. Dentre elas, a mais utilizada para o enraizamento de estacas e miniestacas, apresentando melhores resultados para a maioria das espécies florestais é o ácido indol-3-butírico (AIB) (Brondani *et al.* 2008, Cunha *et al.* 2008, Valmorbidia *et al.* 2008).

O ambiente para a produção das mudas também tem grande importância, pois influencia a luminosidade, que por sua vez controla os processos responsáveis pelo acúmulo de matéria seca, contribuindo para o crescimento das plantas, tendo em vista que a eficiência do crescimento pode ser relacionada à habilidade de adaptação das mudas às condições luminosas do ambiente (Dias-Filho 1997, Almeida *et al.* 2005).

De acordo com o exposto, o objetivo desse trabalho foi

avaliar o efeito dos diferentes comprimentos de miniestacas, concentrações de AIB e o ambiente na propagação vegetativa de canafístula.

## MATERIAL E MÉTODOS

A implantação do minijardim clonal foi conduzida em viveiro de mudas do setor de Silvicultura da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), a céu aberto, localizado em Dourados - MS (22°13'16"S e 54°48'02"O, altitude média de 452 m). O clima da região é do tipo Cwa (mesotérmico úmido) segundo a classificação de Köppen.

Cerca de 340 mudas de canafístula foram produzidas por via seminal, em tubetes plásticos de 100 cm<sup>3</sup>, preenchidos com substrato comercial HS Florestal, complementado com adubo de liberação lenta (Osmocot®) de formulação N-P-K 14-14-14, na dose de 200 g/20 kg de substrato (Pereira & Yoshiy 2013).

Aos 150 dias após a semeadura, quando as mudas estavam com aproximadamente 30 cm de altura e 3,0 mm de diâmetro de colo, foi realizada a poda da parte aérea a 10 cm do colo das plantas com a finalidade de estimular brotações laterais para promover o início do desenvolvimento das minicepas do minijardim clonal.

### *Comprimentos de miniestacas na ausência e presença de regulador vegetal*

Após dois meses, as minicepas foram levadas para o viveiro de mudas Ecosystem, em Dourados (MS), onde foram separadas em quatro comprimentos de miniestacas (3,0; 4,5; 6,0 e 7,5 cm). Para cada comprimento de miniestaca, foi testada a presença e ausência do tratamento com AIB na concentração de 2.000 mg L<sup>-1</sup>, aplicado via líquida nas bases das miniestacas durante 30 segundos. No preparo das soluções foi utilizado hidróxido de sódio (NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>) para diluir a auxina (Souza *et al.*, 2009) e, posteriormente, o volume foi completado com água destilada.

Visando reduzir a transpiração, a área foliar das miniestacas foi reduzida a 50 %, e utilizou-se o fungicida Derosal Plus® nas bases das mesmas, na concentração de 3,0 ml L<sup>-1</sup>, durante um minuto.

O plantio das miniestacas foi realizado em tubetes plásticos, substrato e adubação nas mesmas condições utilizadas para a produção das mudas seminais, conforme citado anteriormente.

Para a aclimatização dos propágulos, as miniestacas foram mantidas em ambiente climatizado com temperatura média de 25 °C e umidade relativa próxima de 85 %, durante 40 dias. Após este processo, foram levadas novamente para o viveiro de mudas de Silvicultura da FCA/UFGD, onde permaneceram durante 60 dias, entre os meses de março a junho. As temperaturas máximas e mínimas observadas durante esse período foram, respectivamente, 27,5±2 °C e 16,3±2 °C, com médias de umidade relativa (UR) de 76,5%, precipitação de 6,2 mm e radiação líquida de 7,1 MJ/m<sup>2</sup>/dia.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2, caracterizados pelos quatro comprimentos de miniestacas e ausência e presença de AIB, com quatro repetições, cada uma constituída por 6 miniestacas.

Foram avaliados, diâmetro do coleto - DC (mm), número de folhas - NF, peso da matéria fresca da parte aérea - MVAER (g), peso da matéria fresca do sistema radicular - MVRAIZ (g), a matéria fresca total - MVT = MVAER + MVRAIZ (g), peso da matéria seca da parte aérea - MSAER (g), peso da matéria seca do sistema radicular - MSRAIZ (g), a matéria seca total - MST = MSAER + MSRAIZ (g), a relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto - RHD, a relação entre a MSAER e MSRAIZ - RMSAR, e o índice de qualidade de Dickson - IQD calculado pela expressão (Dickson *et al.* 1960):

$$IQD = \frac{MST_g}{\frac{H_{cm}}{D_{mm}} + \frac{MSAER_g}{MSRAIZ_g}}$$

As alturas e diâmetro do coleto foram tomadas com o auxílio de um paquímetro digital. Para a obtenção do peso da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular o material foi secado em estufa a 65 °C até atingir peso constante. Todos dados foram submetidos à análise de variância, as médias quantitativas foram avaliadas por meio de regressão e as qualitativas comparadas pelo teste Tukey, ambos a 5 % de probabilidade.

#### *Miniestacas submetidas a diferentes ambientes e concentrações de regulador vegetal de enraizamento*

Após a poda da parte aérea a 10 cm do colo de minicepas de cerca de um ano, oriundas do minijardim clonal supracitado, foram obtidas 300 minicepas (com aproximadamente 15 cm), sendo que metade destas (150 minicepas) foram colocadas a pleno sol e a outra parte (150 minicepas) em ambiente protegido com tela de polietileno 50%, para posterior fornecimento de miniestacas para a produção de mudas, com características climáticas semelhantes às descritas no experimento anterior.

Foram selecionadas as miniestacas com 6 cm de altura, as quais foram identificadas individualmente e imediatamente coletadas. Posteriormente, estas foram imersas em solução de AIB (0, 3.000 e 6.000 mg L<sup>-1</sup>) e plantadas

em tubetes plásticos de 100 cm<sup>3</sup> instalados em ambiente climatizado com temperatura média de 25 °C e umidade relativa próxima de 85 %. O tempo de permanência das miniestacas neste ambiente foi de 80 dias.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 3, caracterizados pelos dois ambientes (protegido e pleno sol) e três doses do regulador de enraizamento AIB, em quatro repetições, cada uma constituída por 6 miniestacas, considerando-se todas na avaliação.

Foram avaliadas a altura da parte aérea - H (cm), diâmetro do coleto - DC (mm), número de folhas - NF, peso da matéria seca da parte aérea - MSAER (g), peso da matéria seca do sistema radicular - MSRAIZ (g), a matéria seca total - MST = MSAER + MSRAIZ (g), a relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto - RHD, a relação entre a MSAER e MSRAIZ - RMSAR, a relação entre H e MSAER - RHMSAER e o índice de qualidade de Dickson - IQD (Dickson *et al.* 1960). Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Comprimentos de miniestacas na ausência e presença de regulador vegetal*

Na análise de variância fatorial, o número de folhas (NF) e a relação entre a MSAER e MSRAIZ (RMSAR) não tiveram efeito significativo tanto para a interação entre os tratamentos estudados, quanto para os tratamentos isolados (Tab. 1).

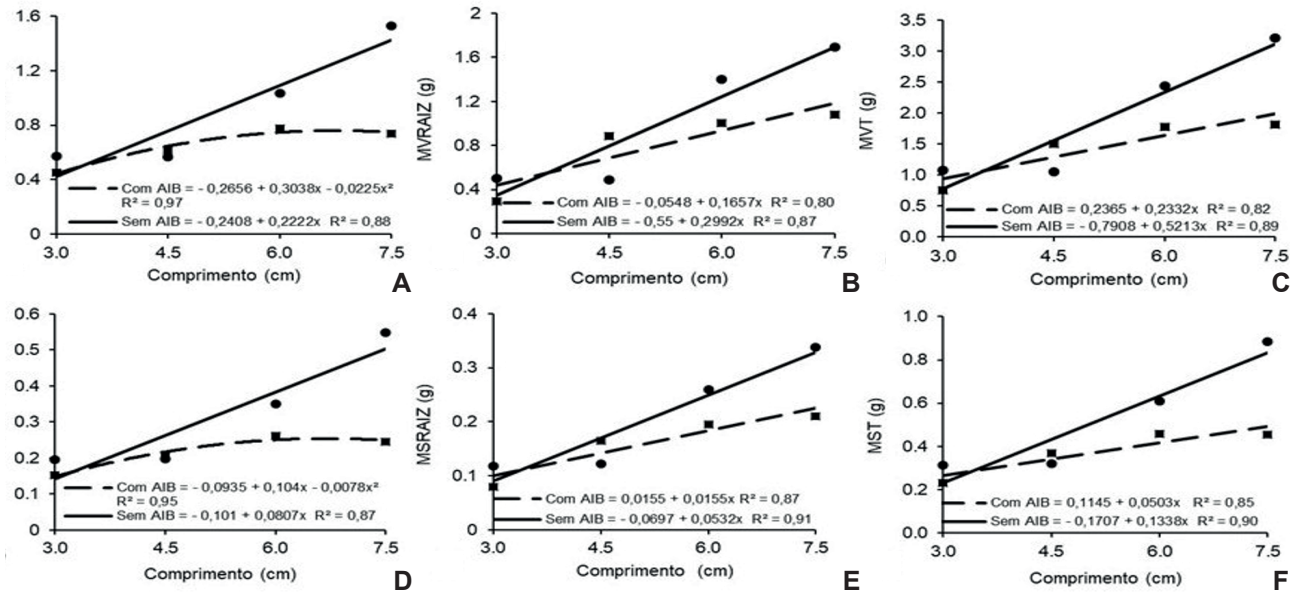
Houve interação significativa entre os comprimentos das miniestacas e a ausência ou presença de AIB (2.000 mg L<sup>-1</sup>) para matéria fresca da parte aérea (MVAER), matéria fresca do sistema radicular (MVRAIZ), matéria fresca total (MVT), matéria seca da parte aérea (MSAER), matéria seca do sistema radicular (MSRAIZ), matéria seca total (MST), relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (RHD) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (Figs. 1 e 2).

A matéria fresca da parte aérea (MVAER) apresentou comportamento quadrático quando submetida à tratamento com AIB. A maior MVAER calculada (0,76 g) foi observada com a utilização de miniestacas com 6,7

**Tabela 1.** Quadrados médios do peso (g) da matéria fresca da parte aérea (MVAER), do sistema radicular (MVRAIZ) e total (MVT), da matéria seca da parte aérea (MSAER), do sistema radicular (MSRAIZ) e total (MST), diâmetro (mm) do coleto (DC), número de folhas (NF), razão entre H (altura) e D (RHD), razão entre H e MSAER (RHMSAER), razão entre MSAER e MSRAIZ (RMSAR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de canafistula produzidas por diferentes comprimentos de miniestacas e ausência e presença de AIB.

FV	GL	MVAER	MVRAIZ	MVT	MSAER	MSRAIZ	MST	DC	NF	RHD	RMSAR	IQD
Comp. (C)	3	0,65**	1,66**	4,37**	0,08**	0,05**	0,26**	0,99**	1,29 <sup>ns</sup>	93,82**	0,32 <sup>ns</sup>	0,0002**
AIB	1	0,62**	0,33*	1,88**	0,09**	0,01**	0,18**	0,80*	0,30 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,0003*
C*AIB	3	0,26*	0,37**	1,17**	0,03**	0,01*	0,08**	0,23 <sup>ns</sup>	1,26 <sup>ns</sup>	44,75*	0,22 <sup>ns</sup>	0,0001*
Média	-	0,78	0,91	1,70	0,26	0,18	0,45	2,46	3,04	17,85	1,47	0,0236
CV%	-	33,89	26,83	28,57	32,74	24,88	28,35	14,24	28,38	18,20	22,95	31,55

\*\*,\* e <sup>ns</sup> - significativo ao nível de 1 % e 5 % de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F. Abreviaturas: Comp., comprimento; AIB, regulador vegetal; CV, coeficiente de variação.



**Figura 1.** Mudanças de canafistula produzidas por diferentes comprimentos de miniestacas e ausência e presença de AIB (2.000 mg L<sup>-1</sup>). A. Peso da matéria fresca da parte aérea (MVAER). B. Peso da matéria fresca do sistema radicular (MVRAIZ). C. Peso da matéria fresca total (MVT). D. Peso da matéria seca da parte aérea (MSAER). E. Peso da matéria seca do sistema radicular (MSRAIZ). F. Peso da matéria seca total (MST).

cm de comprimento. Quando o regulador vegetal não foi utilizado, o comportamento apresentado por essa variável foi linear crescente, onde os maiores valores (1,42 cm) foram obtidos nas miniestacas de 7,5 cm (Fig. 1A).

Na ausência de regulador, o peso da matéria fresca do sistema radicular (MVRAIZ) apresentou comportamento linear crescente, sendo maior (1,6 g) nas miniestacas de 7,5 cm e menor (0,3 g) nas miniestacas de 3,0 cm. Na presença do AIB pode-se observar o mesmo comportamento, com o menor valor observado nas miniestacas de 3,0 cm (0,4 g) e o maior nas de 7,5 cm (1,1 g) (Fig. 1B). Foi observado comportamento linear crescente também para matéria fresca total (MVT) tanto na ausência quanto na presença do regulador. Nas miniestacas de 7,5 cm foram observadas médias calculadas de 1,9 g e 3,1 g com e sem AIB, respectivamente (Fig. 1C).

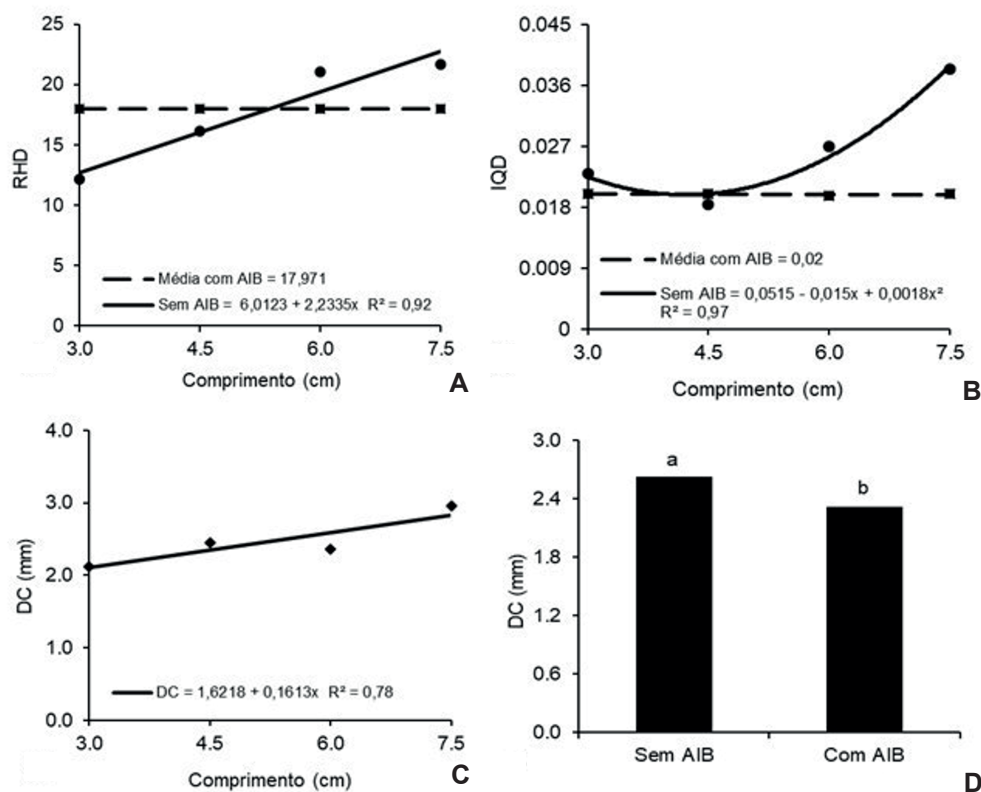
Em materiais juvenis, nos quais o balanço hormonal interno mostra-se favorável ao enraizamento, pode ocorrer uma resposta negativa às aplicações hormonais, não necessitando, portanto, de aplicações de AIB para incrementar o enraizamento. Assim, no presente estudo não foram observados efeitos positivos da aplicação de AIB sobre o enraizamento das miniestacas, permitindo inferir que os conteúdos hormonais internos foram suficientes para o desenvolvimento do processo, já que a concentração dos hormônios vegetais que varia de acordo com a espécie e o estágio de desenvolvimento da planta. Além disso, as estacas possuem uma quantidade endógena de hormônios promotores ou inibidores de enraizamento, sendo necessário um balanceamento adequado entre auxinas, giberelinas e citocininas para que haja enraizamento (Hartmann *et al.* 2011). Desse modo, o fornecimento de auxina exógena pode promover alteração hormonal, favorecendo ou não o enraizamento (Dias *et al.* 2012).

Corroborando com os resultados desta pesquisa, Xavier *et al.* (2003), estudando a propagação de *Cedrella fissilis* por miniestaquia descreve que esta espécie apresentou aptidão natural ao enraizamento, não justificando a aplicação de regulador de crescimento.

Com a aplicação do regulador vegetal foi observado comportamento quadrático para o peso da matéria seca da parte aérea (MSAER), com a maior média calculada de 0,26 g em miniestacas de 6,6 cm. Sem o uso do AIB, os maiores valores calculados de MSAER foram encontrados nas miniestacas de 7,5 cm, com 0,50 g (Fig. 1D). Em estudo de propágulos rejuvenescidos pela micropropagação seriada, Xavier & Comério (1996) também não encontraram resposta positiva ao AIB aplicado na técnica de microestaquia em *Eucalyptus*.

Sem a utilização do regulador, o maior valor calculado (0,30 g) de matéria seca do sistema radicular (MSRAIZ) foi observado em miniestacas 7,5 cm e os menores (0,08 g) nas estacas 3,0 cm (Fig. 1E), inferindo que são necessárias aplicações exógenas de regulador estimulante para promover o enraizamento dos menores tamanhos de miniestacas, aproximadamente 3,0 cm, na propagação vegetativa. Já na presença de AIB, o maior peso calculado da matéria seca (0,24 g) foi observado para miniestacas de 7,5 cm de comprimento e o menor (0,1 g) para as de 3,0 cm (Fig. 1E). Isso possivelmente explica o menor peso desse tamanho de miniestaca, indicando a necessidade de maiores concentrações do regulador para que possa apresentar incremento de matéria seca radicular.

Corroborando com os resultados obtidos, outros trabalhos de miniestaquia também demonstraram que o enraizamento ocorreu na ausência ou sob baixas concentrações de AIB (inferiores a 1.000 mg L<sup>-1</sup>) (Xavier & Santos 2002, Cunha *et al.* 2003, Xavier *et al.* 2003, Alcantara 2005, Ferriani 2006). Xavier *et al.* (2003) ob-



**Figura 2.** Mudanças de canafístula produzidas por diferentes comprimentos de miniestacas e ausência e presença de AIB (2.000 mg L<sup>-1</sup>). A. Razão entre altura e Diâmetro do Coleto (RHD). B. Índice de qualidade de Dickson (IQD). C. Diâmetro do coleto (DC) em função dos comprimentos de miniestacas. D. Diâmetro do coleto (DC) em função da ausência e presença de AIB.

tiveram todas as estacas enraizadas de *Cedrella fissilis Vell.* sem a aplicação de regulador vegetal. Wendling *et al.* (2005), em estudo de miniestaquia de *Erythrina falcata* Benth. utilizando propágulos juvenis obtidos de mudas produzidas por sementes, observaram que não é necessário o uso de reguladores vegetais para o enraizamento das miniestacas.

A técnica de miniestaquia utiliza material vegetativo mais responsivo ao enraizamento, dispensando, muitas vezes, a aplicação exógena de auxinas. Esse regulador é formado naturalmente nas partes em crescimento ativo da planta e é transportado para a base das estacas via floema, onde é concentrado e, juntamente com outras substâncias, se torna responsável pelo enraizamento, dispensando aplicação exógena para a formação de raízes (Hartmann *et al.* 2011).

Visando a produção de mudas a serem utilizadas tanto para recuperação de áreas degradadas quanto para produção de madeira, a obtenção de plantas com sistema radicular bem desenvolvido garante a qualidade desses plantios. Isto propicia maior sobrevivência e desenvolvimento no campo o que, conseqüentemente, reduz os gastos com replantios, os quais também se tornam menores pela ausência do uso de reguladores vegetais.

Semelhante à MSRAIZ, a matéria seca total (MST) apresentou comportamento linear crescente com e sem a utilização de AIB, com as maiores médias calculadas de 0,4 g e 0,8 g nas miniestacas de 7,5 cm, respectiva-

mente (Fig. 1F). Wendling & Xavier (2005), estudando a influência do ácido indolbutírico e da miniestaquia seriada no enraizamento e vigor de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden, também não observaram efeitos positivos da aplicação de AIB sobre o enraizamento das miniestacas, supondo que os conteúdos hormonais internos tenham sido suficientes para promover um bom enraizamento.

Além da concentração da auxina, outros fatores podem interferir no processo de formação de raízes, como por exemplo, a baixa capacidade genética das árvores matrizes para a formação de raízes adventícias e o uso de propágulos com tamanho inadequado e com idade fisiológica desfavorável ao enraizamento (Xavier *et al.* 2009). Assim, as auxinas podem auxiliar no enraizamento de estacas de diversas espécies, todavia, é necessário que haja um adequado balanço hormonal nos tecidos das estacas, sendo este balanço específico para cada genótipo (Dias *et al.* 2012).

Analisando a relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (RHD), na ausência do regulador vegetal foi observada tendência linear crescente, com o menor valor observado (12,7) para as miniestacas de 3,0 cm, e o maior (22,7) nas miniestacas de 7,5 cm. Embora significativa, a interação entre os tamanhos de miniestacas e a aplicação do regulador AIB não apresentou significância ( $p < 0,05$ ) aos modelos de regressão linear e quadrático, sendo a média 17,9 (Fig. 2A).

A variável RHD é capaz de integrar dois importantes parâmetros morfológicos das mudas, sendo considerada um dos precisos indicadores da qualidade das plantas na fase inicial de seu desenvolvimento, pois, além de refletir o acúmulo de reservas, assegura maior resistência e melhor fixação no solo (Sturion & Antunes 2000).

Na ausência de AIB, os menores índices calculados de qualidade de Dickson (IQD) (0,02) foram observados nas miniestacas de 4,1 cm. Com a utilização do regulador, não houve significância ( $p < 0,05$ ) dos modelos de regressão linear e quadrático, com média de 0,02 (Fig. 2B).

De acordo com Gomes *et al.* (2003), no cálculo do IQD são considerados robustez e o equilíbrio de distribuição de biomassa da muda, ponderando resultados de atributos importantes na avaliação de sua qualidade, sendo um índice de confiança muito utilizado, mas de difícil determinação por envolver parâmetros destrutivos.

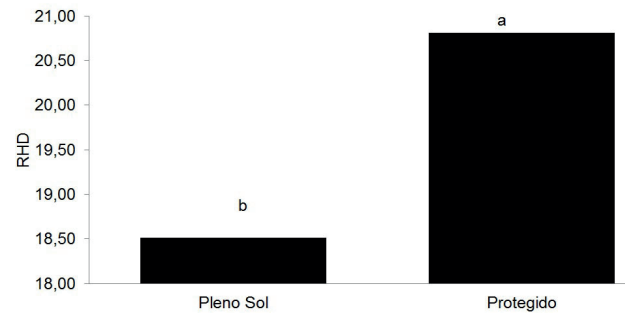
Para a variável diâmetro do coleto (DC) houve efeito significativo isolado apenas para comprimento de miniestacas e presença ou ausência de regulador (Tab. 1). Sendo assim, observa-se que os maiores valores de DC (2,8 mm) foram encontrados nas mudas provenientes das miniestacas de 7,5 cm de comprimento e os menores (2,1 mm) nas de 3,0 cm (Fig. 2C). Em relação à utilização ou não do estimulante, os maiores valores de diâmetro do coleto (2,6 mm) foram observados na ausência do AIB (Fig. 2D).

#### Miniestacas submetidas a diferentes ambientes e concentrações de regulador vegetal de enraizamento

Na análise de variância, as variáveis diâmetro do coleto (DC), número de folhas (NF), peso da matéria seca da parte aérea (MSAER), peso da matéria seca do sistema radicular (MSRAIZ), a  $MST = MSAER + MSRAIZ$ , a relação entre H e MSAER (RHMSAER) não apresentaram diferença significativa entre os ambientes e as concentrações de AIB avaliados (Tab. 2).

Titon *et al.* (2001), em trabalho com a técnica de miniestaca, informaram que a tendência é o uso de dosagens cada vez mais baixas de reguladores de crescimento, em alguns casos, até a suspensão do uso, devido a falta de influência no desenvolvimento vegetativo.

Ferreira *et al.* (2010), estudando a espécie *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax, obtiveram 80,56 % de enraizamento adventício em miniestacas sem a aplicação de



**Figura 3.** Relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (RHD) de acordo com o ambiente das miniestacas. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

reguladores vegetais. Souza *et al.* (2009) conseguiram 100 % de enraizamento das miniestacas de *Toona ciliata* M. Roemer, independente da aplicação de AIB, em três sucessivas coletas de miniestacas, provenientes de estacas de origem seminal. Também, Silva *et al.* (2010) observaram que o percentual de enraizamento de *Calophyllum brasiliense* Cambess. foi superior a 85 %, ao utilizar material juvenil indicando que a aplicação de AIB é desnecessária para a espécie, pelo fato das miniestacas apicais conterem o meristema, que é um dos locais de maior síntese natural de auxina.

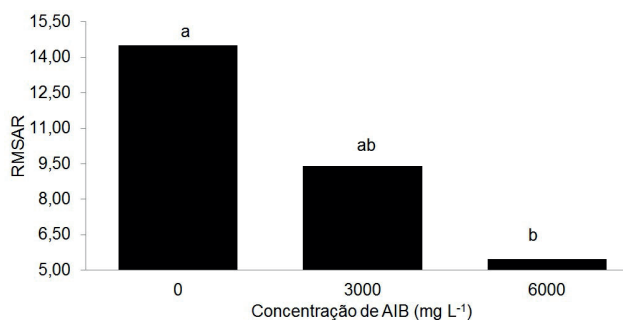
Para a relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (RHD) houve efeito significativo apenas para os ambientes estudados, sendo os maiores valores observados nas plantas que se encontravam em ambiente sombreado (Fig. 3), uma vez que as mudas buscam uma maior luminosidade, e assim, quanto maior for o sombreamento, maior será a probabilidade de estiolamento (Engel & Poggiani 1990). Santos *et al.* (2013) também observaram maior RHD em mudas de pau-ferro em ambiente com 50 % de luminosidade. Almeida *et al.* (2005) também verificaram que a maior altura em espécies lenhosas ocorre em condições sombreadas.

A relação entre a MSAER e MSRAIZ (RMSAR) apresentou efeito significativo para as doses de regulador vegetal isoladas, com o maior valor encontrado para a dose de 0 mg L<sup>-1</sup> e o menor valor para a dose de 6.000 mg L<sup>-1</sup> (Fig. 4). Neste caso, a aplicação da maior dose de AIB proporcionou maior formação de raízes, influenciando em seu maior peso quando comparado ao peso da matéria

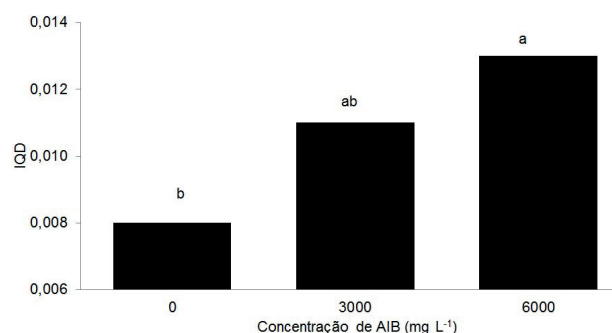
**Tabela 2.** Quadrados médios do peso (g) da matéria seca da parte aérea (MSAER), do sistema radicular (MSRAIZ) e total (MST), da altura (H, em mm) e diâmetro do coleto (DC, em cm), número de folhas (NF), razão entre H e D (RHD), razão entre H e MSAER (RHMSAER), razão entre MSAER e MSRAIZ (RMSAR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de canafístula em função do ambiente e concentração de AIB.

FV	GL	MSAER	MSRAIZ	MST	H	DC	NF	RHD	RHMSAER	RMSAR	IQD
Ambiente	1	0,001 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	0,000004 <sup>ns</sup>	102,92 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	2,61 <sup>ns</sup>	31,60*	932,13 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,000009 <sup>ns</sup>
Conc. AIB	2	0,004 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,011717 <sup>ns</sup>	81,28 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	10,37 <sup>ns</sup>	763,55 <sup>ns</sup>	164,46**	0,000066*
Amb.*Conc.	2	0,005 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	0,002617 <sup>ns</sup>	97,20 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	3,48 <sup>ns</sup>	5072,83 <sup>ns</sup>	6,57 <sup>ns</sup>	0,000007 <sup>ns</sup>
Média	-	0,25	0,04	28,31	7,29	3,74	2,61	0,25	313,34	9,80	0,010
CV%	-	29,27	88,84	0,29	10,86	9,99	34,07	19,66	27,25	48,97	35,22

\*\*,\* e <sup>ns</sup> - significativo ao nível de 1 % e 5 % de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F. Abreviaturas: Amb., pleno sol e protegido; Conc. AIB, Concentração de AIB (0, 3000 e 6000 mg L<sup>-1</sup>); CV, coeficiente de variação.



**Figura 4.** Relação entre a matéria seca da parte aérea e a matéria seca do sistema radicular (RMSAR) em função da concentração de AIB (0, 3000 e 6000 mg L<sup>-1</sup>). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 1 % de probabilidade.



**Figura 5.** Índice de qualidade de Dickson (IQD) em função da concentração de AIB (0, 3000 e 6000 mg L<sup>-1</sup>). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

seca da parte aérea.

Wendling *et al.* (2006) compararam o enraizamento de miniestacas de *Ilex paraguariensis* A. St. - Hil. sob efeito de dosagens crescentes de AIB (1.000 a 6.000 mg L<sup>-1</sup>), e obtiveram maior percentual de enraizamento em função do aumento de concentração do regulador vegetal.

Assim como a variável RMSAR, o índice de qualidade de Dickson (IQD) foi significativo apenas para as doses de AIB estudadas, com maior índice (0,013) para a maior dose (6.000 mg L<sup>-1</sup>) e o menor para as plantas que não receberam o regulador de enraizamento (0,008) (Fig. 5).

De acordo com Caldeira *et al.* (2012) o valor mínimo para IQD é de 0,20 para avaliação da qualidade das mudas. Fernandes *et al.* (2017), avaliando o tamanho de miniestacas para produção de mudas de *Azadirachta indica* A. Juss, relatam que as mudas produzidas pelas maiores miniestacas avaliadas (11 cm) foram as únicas que apresentaram o valor mínimo de qualidade. Os autores ressaltam ainda que os valores do IQD também reforçam a necessidade da avaliação por um período maior para uma melhor avaliação da qualidade das mudas, notadamente para as mudas originadas das miniestacas menores, como as avaliadas no presente estudo (6,0 cm) e no estudo anterior (tamanho máximo 7,5 cm).

Com base nos parâmetros avaliados nesse trabalho, visando o custo benefício da miniestaquia para a produção de mudas de canafistula, o ambiente a pleno sol e a utilização de miniestacas maiores que 7,5 cm podem dispensar a utilização do regulador vegetal AIB. No entanto, se o material a ser propagado tiver até 6,0 cm, justifica-se a utilização da aplicação exógena de doses equivalentes a 6.000 mg L<sup>-1</sup> de AIB.

## CONCLUSÕES

Ao avaliar a influência do uso de regulador vegetal AIB e do sombreamento em miniestacas de *Peltophorum dubium*, conclui-se que:

- 1) As miniestacas de 7,5 cm de comprimento são as mais indicadas para a propagação vegetativa de canafistula, dispensando a aplicação exógena de AIB.
- 2) Para miniestacas de 6,0 cm, o ambiente a pleno sol

e a aplicação exógena de 6.000 mg L<sup>-1</sup> de AIB proporcionam melhores parâmetros de qualidade de mudas de canafistula.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor e pesquisador Dr. Omar Daniel (*in memoriam*).

## REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, G. B. 2005. *Miniestaquia de Pinus taeda L.* 77 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- ALMEIDA, S. M. Z., SOARES, A. M., CASTRO, E. M., VIEIRA C. V. & GAJEGO E. B. 2005. Alterações morfológicas de biomassa em plantas de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. *Ciência Rural*, 35(1): 62-68. < <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000100010>>
- ALFENAS, A. C., ZAUZA, E. A. V., MAFIA, R. G. & ASSIS, T. F. 2004. *Clonagem e doenças do eucalipto*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 442 p.
- ASSIS, T. F. 2001. Evolution of technology for cloning *Eucalyptus* in large scale. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL IUFRO, 2001, Valdivia, *Anais...* Valdivia: IUFRO. 16 p. < <http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2016.%20Paper%20IUFRO%202001%20corrected.doc>>
- ASSIS, T. F. 1996. *Melhoramento genético do eucalipto*. Informe Agropecuário, 18(185): 32-51.
- BRONDANI, G. E., WENDLING, I., ARAUJO, M. A. & PIRES, P. P. 2008. Ácido indolbutírico em gel para enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden e Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. *Scientia Agraria*, 9(2): 153-158. <<http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v9i2.10962>>
- CALDEIRA, M. V. W., GOMES, D. R., GONÇALVES, E. O., DELAR-MELINA, W. M., SPERANDIO, H. V. & TRAZZI, P. A. 2012. Biossólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*. *Revista Floresta*, Curitiba, PR, 42(1): 77-84. < <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v42i1.26302>>
- CHAPERON, H. 1987. Vegetative propagation of *Eucalyptus*. In: SIMPÓSIO SOBRE SILVICULTURA Y MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ESPÉCIES FORESTALES, 1987. *Anais...* Buenos Aires: CIEF, 1: 215-232.
- CUNHA, A. C. M. C. M., WENDLING, I. & SOUZA JÚNIOR, L. 2003. *Influência da presença ou ausência de folhas no enraizamento de miniestacas de corticeira-do-mato (Erythrina falcata Benth) obtidas em sistema hidropônico*. Comunicado Técnico Embrapa Florestas, 89: 2003.

- CUNHA, A. C. M. C. M., WENDLING, I. & SOUZA JÚNIOR, L. 2008. Miniestquia em sistema de hidroponia e em tubetes de corticeira-do-mato. *Ciência Florestal*, 18(1): 85-92. < <http://dx.doi.org/10.5902/19805098513>>
- DIAS-FILHO, M. B. 1997. Physiological response of *Solanum crinitum* Lam. to contrasting light environments. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 32(8): 789-796.
- DIAS, P. C., OLIVEIRA, L. S. de, XAVIER, A. & WENDLING, I. 2012. Estaquia e miniestquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 32(72): 453-462. < <http://dx.doi.org/10.4336/2012.pfb.32.72.453>>
- DICKSON, A., LEAF, A. L. & HOSNER, J. F. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forestry Chronicle*, 36: 10-13.
- ELDRIDGE, K., DAVIDSON, J., HARDWIID, C. & Van WYK, G. 1994. *Eucalyptus domestication and breeding*. Oxford: Clarendon Press, 288p.
- ENGEL, V. L. & POGGIANI, F. 1990. *Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de algumas essências nativas e suas implicações ecológicas e silviculturais*. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 43/44: 1 – 10.
- FERNANDES, S. P. DOS S., ARRIEL, E. F., ARRIEL, D. A. A., MARTINS, K. B. DA S., DE ALMEIDA, E. P., & DA NOBREGA, A. M. F. 2017. Tamanho de miniestacas para produção de mudas de *Azadirachta indica* A. Juss. *Agropecuária Científica No Semiárido*, 13(4), 284-290. < <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v13i4.903>>
- FERREIRA, B. G. A., ZUFFELLATO-RIBAS, K. C., WENDLING, I., KOEHLER, H. S. & NOGUEIRA, A. C. 2010. Miniestquia de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax com o uso de ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. *Ciência Florestal*, 20(1): 19-31. < <http://dx.doi.org/10.5902/198050981758>>
- FERRIANI, A. P. 2006. *Estaquia de vassourão-branco (Piptocarpha angustifolia Dusén) com uso do ácido indol-butírico*. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- GOMES, J. M., COUTO, L., LEITE, H. G., XAVIER, A. & GARCIA, S. L. R. 2003. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. *Revista Árvore*, 27(2): 113-127. < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622003000200001>>
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR, F. T.; GENEVE, R. L. 2011. *Plant propagation: principles and practices*. 8 Ed. São Paulo: Prentice-Hall, 915p.
- LORENZI, H. 2002. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 2v. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 368p.
- PEREIRA, A. L., YOSHIY, M. L. 2013. Propagação vegetativa de Canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert) por miniestquia. 16f. Trabalho de Conclusão de curso (Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2013.
- SANTOS, L. W. dos, COELHO, M. de F. B. & AZEVEDO, R. A. B. de. 2013. Qualidade de mudas de pau-ferro produzidas em diferentes substratos e condições de luz. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 33(74): 151-158. < <http://dx.doi.org/10.4336/2013.pfb.33.74.344>>
- SILVA, R. L., OLIVEIRA, M. L. de, MONTE, M. A. & XAVIER, A. 2010. Propagação clonal de guanandi (*Calophyllum brasiliense*) por miniestquia. *Agronomia Costarricense*, 34(1): 99-104.
- SOUZA, J. C. A. V., BARROSO, D. G., CARNEIRO, J. G. A., TELXEIRA, S. L. & BALBINOT, E. 2009. Propagação vegetativa de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) por miniestquia. *Revista Árvore*, 33(2): 1-10. < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622009000200002>>
- STURION, J. A. & ANTUNES, J. B. M. 2000. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M. (Ed.). *Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais*. Colombo: Embrapa Florestas. p.125-150.
- TITON, M. 2001. *Propagação clonal de Eucalyptus grandis por miniestquia e microestquia*. 65 F. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.
- VALMORBIDA, J., BOARO, C. S. F., LESSA, A. O. & SALERNO, A. R. 2008. Enraizamento de estacas de *Trichilia catigua* A. Juss (catigua) em diferentes estações do ano. *Revista Árvore*, 32(3): 435-442. < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622008000300006>>
- XAVIER, A., SANTOS, G. A. & OLIVEIRA, M. L. 2003. Enraizamento de miniestaca caulinar e foliar na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). *Revista Árvore*, 27(3): 351-356. < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622003000300011>>
- XAVIER, A. & COMÉRIO, J. 1996. Microestquia: uma maximização da micropropagação de *Eucalyptus*. *Revista Árvore*, 20(1): 9-16.
- XAVIER, A. & SANTOS, G. A. 2002. Clonagem de espécies florestais nativas. In ROCHA, M. G. B. *Melhoramento de espécies arbóreas nativas*. Minas Gerais: Instituto Estadual de Florestas. 171p.
- XAVIER, A., SANTOS, A., WENDLING, I. & OLIVEIRA, M. L. 2003. *Propagação vegetativa de Cedro-rosa por miniestquia*. *Revista Árvore*, 27(2): 139-143. < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622003000200003>>
- XAVIER, A., WENDLING, I. & SILVA, R. L. 2009. *Silvicultura clonal: princípios e técnicas*. Viçosa: Editora UFV. 272 p.
- WENDLING, I., FERRIANI, A. P., BIASSIO, A. & HEBERLE, M. 2006. Miniestacas de origem juvenil e adulta e concentrações de ácido indolbutírico na miniestquia de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: CONGRESO SUDAMERICANO DE LA YERBA MATE, 4, 2006, Misiones. *Anais...* Misiones, Argentina. 2006.
- WENDLING, I., FERRARI, M. & DUTRA, L. F. 2005. *Produção de mudas de corticeira-do-mato (Erythrina falcata Bentham) por miniestquia a partir de propágulos juvenis*. Colombo: Embrapa Florestas, 6, 130p.
- WENDLING, I. & XAVIER, A. 2005. Influência do ácido indolbutírico e da miniestquia seriada no enraizamento e vigor de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, 29(6): 921-930. < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622005000600011>>