

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**CRESCIMENTO INICIAL E PROPAGAÇÃO
VEGETATIVA DE *Cordia trichotoma* (VELLOZO)
ARRABIDA EX STEUDEL (LOURO-PARDO)**

MARCO AURÉLIO CARNEIRO

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL**

2013

CRESCIMENTO INICIAL E PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE
***Cordia trichotoma* (VELLOZO) ARRABIDA EX STEUDEL**
(LOURO-PARDO)

MARCO AURÉLIO CARNEIRO

Engenheiro Agrônomo

Orientador: PROF. DR. OMAR DANIEL

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor

Dourados
Mato Grosso Do Sul
2013

CRESCIMENTO INICIAL E PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Cordia trichotoma* (VELLOZO) ARRABIDA EX STEUDEL (LOURO-PARDO)

por

Marco Aurélio Carneiro

Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
DOUTOR EM AGRONOMIA

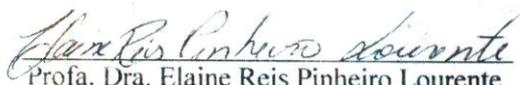
Aprovada em: 08/03/2013



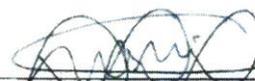
Prof. Dr. Omar Daniel
Orientador – UFGD/FCA



Prof. Dra. Silvia Santos Correa
Instituição: UFGD



Profa. Dra. Elaine Reis Pinheiro Lourente
Instituição: UFGD



Prof/Dr. Fábio Régis de Souza
Instituição: UNIGRAN



Dr. Walder Antonio Gomes de Albuquerque Nunes
Instituição: EMBRAPA/CPAO

Aos meus amados Carissa, Elohim e Mirian

Dedico...

AGRADECIMENTOS

Ao Criador por toda a Luz.

À minha família por todo o apoio e doação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFGD.

A todos os professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em
Agronomia.

Ao CNPQ, pelo apoio financeiro ao meu estudo.

Aos colegas da pós-graduação e a todos aqueles que de alguma forma contribuíram
na realização deste trabalho, em especial ao Igor e à Débora.

Ao meu amigo Éder Comunello pela colaboração em todas as horas.

A todos os membros da banca examinadora pelas suas preciosas contribuições.

Ao meu orientador, professor Omar Daniel, pela paciência, pelo incentivo, críticas,
sugestões e o apoio inestimável sem o qual não seria possível a concretização deste
trabalho.

SUMÁRIO

	PÁGINA
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	09
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
CAPÍTULO 1: AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS EM MUDAS DE <i>Cordia trichotoma</i> (VELLOZO) ARRABIDA EX STEUDEL PRODUZIDAS EM TUBETES, SUBMETIDAS À ADUBAÇÃO N-P-K	
RESUMO	13
ABSTRACT	14
INTRODUÇÃO.....	15
MATERIAL E MÉTODOS.....	16
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
ANÁLISE FATORIAL (AF) E DE AGRUPAMENTOS (AA).....	22
ANÁLISE DE VARIÂNCIA.....	25
CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
CAPÍTULO 2: FORMAÇÃO DA MINICEPA E COMPRIMENTO DA MINIESTACA NA PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE LOURO-PARDO	
RESUMO	43
ABSTRACT	44
INTRODUÇÃO.....	45
MATERIAL E MÉTODOS.....	46
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
CONCLUSÕES.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

LISTA DE TABELAS

PÁGINA

Capítulo 1

TABELA 1. Características físico-químicas do substrato utilizado para a produção das mudas de <i>Cordia trichotoma</i>	19
TABELA 2. Níveis de nutrientes do produto utilizado em adubação foliar para mudas de <i>Cordia trichotoma</i> conduzidas em tubetes.....	19
TABELA 3. Autovalores e percentual da variância explicada de cada componente, relacionados às variáveis em estudo.....	22
TABELA 4. Matriz de fatores, extraída por componentes principais, destacando as variáveis com cargas superiores a 0,7 (módulo).....	23
TABELA 5. Quadrados médios das variáveis morfológicas de mudas de <i>Cordia trichotoma</i> submetidas a diferentes doses de NPK e suas interações.....	26

Capítulo 2

TABELA 1. Resultado de análise para caracterização física do substrato utilizado para a produção das mudas de <i>Cordia trichotoma</i> realizada no Laboratório de Análise de Solo e Planta do IAC.....	48
TABELA 2. Nutrientes constituintes da composição do adubo foliar utilizado em cobertura nas mudas de <i>Cordia trichotoma</i>	48
TABELA 3. Quadrados médios de número de brotos (NB), diâmetro de coleto dos brotos (DB), comprimento dos brotos (CB), número de folhas por broto (NF) e o diâmetro (MDB), comprimento (MCB) e número de folhas (MNF) do broto mais vigoroso de mudas de <i>Cordia trichotoma</i> submetidas a diferentes alturas de corte.....	50
TABELA 4. Quadrados médios de sobrevivência (S), enraizamento (E), primórdios radiculares (P), soma de E + P (EP), número de raízes primárias por estaca (NR), comprimento médio de raízes (CR), peso da matéria seca de raiz (MSR) de diferentes comprimentos de estacas de <i>Cordia trichotoma</i> submetidas à utilização ou não de hormônio AIB	51

LISTA DE FIGURAS

PÁGINA

Capítulo 1

- FIGURA 1. a) Detalhe do local da sementeira; b) vista geral do experimento; c) matriz de louro-pardo; d) bandeja utilizada como sementeira; e) detalhe da germinação desuniforme característica da espécie; f) plântula com folhas cotiledonares abertas..... 18
- FIGURA 2. Temperatura e umidade relativa mensais em Dourados-MS, de novembro/2010 a junho/2011..... 20
- FIGURA 3. Dados de precipitações pluviométricas em Dourados-MS, de novembro/2010 a junho/2011 (P) e série de 30 anos (P30)..... 20
- FIGURA 4. (a) Plano fatorial: fator 1 x fator 2, com destaque para os atributos físicos com cargas $\geq 0,7$. (b) Dendrograma dos sistemas em estudo, mostrando a distância euclidiana e a linha de corte determinada em relação à maior distância em que os grupos foram formados..... 24
- FIGURA 5. Médias da altura (H), diâmetro do coleto (D) e número de folhas (NF) resultantes da interação de diferentes doses de nitrogênio (N) e fósforo (P) sobre mudas de *Cordia trichotoma* produzidas em tubetes..... 27
- FIGURA 6. Médias de peso da matéria seca da parte aérea (MSAER), raízes (MSRAIZ) e total (MST), resultantes da interação de diferentes doses de nitrogênio (N) e fósforo (P) sobre mudas de *Cordia trichotoma* produzidas em tubetes..... 29
- FIGURA 7. Médias das relações entre peso da matéria seca da parte aérea e das raízes (RMSAR), relação entre altura e peso da matéria seca da parte aérea (RHMSAER) e índice de qualidade de Dickson (IQD) resultantes da interação de diferentes doses de nitrogênio (N) e fósforo (P) sobre mudas de *Cordia trichotoma* produzidas em tubetes..... 30
- FIGURA 8. Médias da relação altura/diâmetro do coleto (RHD) resultantes da aplicação de diferentes doses de nitrogênio (N) e fósforo (P) sobre mudas de *Cordia trichotoma* produzidas em tubetes..... 32

Capítulo 2

- FIGURA 1. Temperatura, umidade relativa e precipitação mensais em Dourados-MS, durante o período de condução dos experimentos..... 47
- FIGURA 2. Detalhe dos primórdios radiculares (P). 49
- FIGURA 3. Médias de número de brotos (NB), diâmetro de coleto dos brotos (DB), comprimento dos brotos (CB), número de folhas por brotos (NF) e o diâmetro (MDB), comprimento

	(MCB) e número de folhas (MNF) do broto mais vigoroso de mudas de <i>Cordia trichotoma</i> submetidas a diferentes alturas de corte.....	50
FIGURA 4.	Médias de sobrevivência de miniestacas de <i>Cordia trichotoma</i> submetidas à utilização (AIB 6.000 mg L ⁻¹) ou não de hormônio (SH).....	52
FIGURA 5.	Médias de enraizamento de miniestacas de <i>Cordia trichotoma</i> submetidas à utilização (AIB 6.000 mg L ⁻¹) ou não de hormônio (SH).....	53
FIGURA 6.	Médias de primórdios radiculares de miniestacas de <i>Cordia trichotoma</i> submetidas à utilização (AIB 6.000 mg L ⁻¹) ou não de hormônio (SH).....	55
FIGURA 7.	a) Médias de enraizamento + primórdios radiculares de miniestacas de <i>Cordia trichotoma</i> com diversos comprimentos. Médias seguidas da mesma letra entre os tratamentos não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05). b) Valores médios de Enraizamento + Primórdios radiculares de miniestacas de <i>Cordia trichotoma</i> submetidas à utilização de hormônio (AIB 6.000 mg L ⁻¹) ou não (SH)....	56
FIGURA 8.	Médias de peso da matéria seca de raiz de miniestacas de <i>Cordia trichotoma</i> submetidas à utilização (AIB 6.000 mg L ⁻¹) ou não de hormônio (SH).....	57
FIGURA 9.	a) Médias do comprimento de raízes de miniestacas de <i>Cordia trichotoma</i> com diversos comprimentos. Médias seguidas da mesma letra entre os tratamentos não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05). b) Médias do comprimento de raízes de miniestacas de <i>Cordia trichotoma</i> submetidas à utilização de hormônio (AIB 6.000 mg L ⁻¹) ou não (SH).....	58
FIGURA 10.	Valores médios de Número de Raízes primárias por estaca de miniestacas de <i>Cordia trichotoma</i> submetidas à utilização (AIB 6.000 mg L ⁻¹) ou não de hormônio (SH).....	59

INTRODUÇÃO GERAL

O louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel, Boraginaceae) é uma árvore com altura de 20-30 m, com tronco de 70-90 cm de diâmetro, com folhas simples, ásperas, de 8-14 cm de comprimento. Ocorre do Ceará até o Rio Grande do Sul, nas florestas pluvial atlântica, semidecídua e no cerrado (LORENZI, 1992).

Espécie arbórea nativa, o louro-pardo tem potencial para o plantio com fins econômicos, apresentando uma série de aspectos favoráveis, principalmente a madeira de excelente qualidade (CARVALHO, 2006). Moderadamente pesada (densidade 0,78 g/cm³), dura, fácil de trabalhar, pode ser empregada na confecção de mobiliário de luxo, para revestimentos decorativos, lambris, persianas e confecção de pequenas embarcações, entre outros. A árvore possui características ornamentais e é ótima para reflorestamentos heterogêneos para a recomposição de áreas degradadas, produzindo anualmente grandes quantidades de sementes viáveis (LORENZI, 1992).

O comportamento silvicultural da espécie ainda é pouco conhecido, sobretudo quanto ao crescimento e à identificação de progênies mais produtivas (CARVALHO, 2006), no entanto a espécie tem se mostrado exigente nutricionalmente, desenvolvendo-se melhor em solos de média a alta fertilidade (CARVALHO, 1988).

Nesse sentido, apesar do maior número de estudos com espécies florestais nativas, há carência de informações acerca das exigências nutricionais dessas espécies (VIEIRA et al., 2011).

Entretanto, sabe-se que a maioria das espécies florestais ocorrentes na Mata Atlântica apresentam média a alta demanda nutricional, exigindo para seu estabelecimento, pelo menos, solos de média fertilidade e com boas condições hídricas, sem longos períodos de estiagem. Em função da grande diversidade de espécies, e conseqüentemente, das suas exigências nutricionais, não há recomendações de adubação específicas, sendo o problema contornado através de recomendações de adubação que assegurem o suprimento de nutrientes para as espécies mais exigentes. (GONÇALVES, 1995).

De modo geral, as espécies florestais da Mata Atlântica são muito mais exigentes nutricionalmente do que as espécies de *Eucalyptus* e *Pinus*, sendo que, para estes, com relação aos macronutrientes, os sintomas visuais de deficiência e as

maiores respostas à adubação têm sido observadas no campo, com mais frequência, na seguinte ordem: $P > N > K > Ca > Mg$ (GONÇALVES, 1995).

Com relação à produção de mudas, tanto em quantidade quanto em qualidade, esta fase representa uma das mais importantes no estabelecimento de povoamentos florestais, repercutindo diretamente na produtividade e qualidade do produto final (WENDLING et al., 2007). Assim, para a determinação do padrão de qualidade das mudas, as variáveis morfológicas são os parâmetros mais utilizados para responder às exigências quanto à sua sobrevivência e crescimento, determinadas pelas adversidades encontradas no campo após o plantio (GOMES et al., 2002).

Por outro lado, a maioria dos estudos que dizem respeito à propagação de espécies florestais nativas brasileiras estão relacionados à propagação sexuada, pela própria ausência de informações silviculturais das espécies e pelo maior domínio operacional e menores custos iniciais dessa técnica (DIAS et al., 2012).

Com relação à propagação assexuada, a ministaquia é hoje o principal método adotado pelos viveiros florestais das empresas do setor florestal brasileiro para clonagem de *Eucalyptus* (ALFENAS et al., 2009). No entanto, de acordo com Santos (2002), o uso da ministaquia em espécies nativas pode ser uma opção para a propagação vegetativa de algumas espécies que têm as sementes com baixo potencial de germinação e/ou dificuldade de armazenamento. Exemplos disso podem ser vistos em espécies nativas como o jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*), cedro-rosa (*Cedrela fissilis*), mogno (*Swietenia macrophylla*), sete-cascas (*Samanea inopinata*) e louro-pardo (SANTOS et al., 2000; SANTOS, 2002; XAVIER et al., 2003; NASCIMENTO, 2012; FAGANELLO, 2012).

Para espécies com difícil enraizamento, as auxinas normalmente são consideradas as principais substâncias indutoras do enraizamento adventício. Dentre estas, Hartmann et al. (2002) recomendam principalmente o ácido indol-butírico (AIB), por ser menos tóxico para a planta que as demais auxinas sintéticas utilizadas.

Nesse contexto, os objetivos desse trabalho foram: avaliar a qualidade e o crescimento de mudas de *Cordia trichotoma* (louro-pardo) conduzidas em tubetes, em função da aplicação de diferentes combinações N, P e K, avaliar três alturas de corte em mudas para a formação da minicepa e verificar a capacidade de enraizamento da espécie, com e sem a utilização de AIB.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

CARVALHO, P. E. R. Louro-pardo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 17, p.63-66, 1988.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, v. 2, 2006, 628 p.

DIAS, P. C.; OLIVEIRA, L. S.; XAVIER, A.; WENDLING, I. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 72, p. 453-462, 2012.

FAGANELLO, L. R. **Propagação vegetativa de miniestacas de *Cordia trichotoma* em função de auxinas e épocas de coleta**. 2012. 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon-PR, 2012.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.6, p.665-664, 2002.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de Adubação para Eucalyptus, Pinus e Espécies Típicas da Mata Atlântica. USP, ESALQ, Departamento de Ciências Florestais. **Documentos Florestais**. Piracicaba (15): 1 –23, 1995.

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

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1992.

NASCIMENTO, P. K. V. **Propagação vegetativa de louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud.) por estaquia radicular e miniestaquia**. 2012. 117p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2012.

SANTOS, G. A. **Propagação vegetativa de mogno, cedro rosa, jequitibá rosa e angico vermelho por miniestaquia**. 2002. 75 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2002.

SANTOS, G. A.; XAVIER, A.; WENDLING, I.; OLIVEIRA, M. L. Enraizamento de miniestacas de jequitibá rosa, sete cascas e mogno (resultados preliminares). In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10, 2000, Viçosa-MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2000. p. 63.

VIEIRA, C.R.; WEBER, O.L.S.; SCARAMUZZA, J.F.; COSTA, A.C.; SOUZA, T.R.. Descrição de sintomas visuais em função das deficiências de macronutrientes em mudas de cerejeira (*Amburana acreana*). **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 4, p. 789 - 796, 2011.

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

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

CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS EM MUDAS DE *Cordia trichotoma* (VELLOZO) ARRABIDA EX STEUDEL PRODUZIDAS EM TUBETES, SUBMETIDAS À ADUBAÇÃO N- P-K

RESUMO - Com o objetivo de avaliar a qualidade e o crescimento de mudas de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel (louro-pardo) conduzidas em tubetes, em função da aplicação de diferentes combinações N, P e K, o experimento foi instalado em novembro de 2010, em cinco blocos casualizados e esquema fatorial composto por níveis de adubação com N, P e K, sendo cada parcela constituída de nove plantas. Sementes de louro-pardo foram coletadas diretamente de três árvores nativas da região de Dourados – MS, homogeneizadas e dispostas em sementeira. Alcançando o estágio de folhas cotiledonares completamente abertas, as plântulas eram transplantadas para os blocos de tubetes plásticos com 50 cm³ de volume instalados em bandejas ao nível do solo. O substrato utilizado foi um produto comercial constituído de vermiculita, fibra de coco e casca de arroz carbonizada, sem adição de adubos. Em cada parcela, ao final do experimento foram avaliadas a altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (D), 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 D (RHD), a relação entre a MSAER e MSRAIZ (RMSAR), a relação entre H e MSAER (RHMSAER) e o índice de qualidade de Dickson (IQD). Além das técnicas de análise univariada envolvendo análise de variância e regressões, os dados das variáveis biométricas foram submetidos às técnicas de análise multivariada (análise de fatores e agrupamentos). As variáveis apresentaram a seguinte contribuição: MST > D > MSRAIZ > IQD > MSAER > H > RMSAR > RHMSAER > RHD > NF, sendo que a altura da parte aérea (H) e o diâmetro do coleto (D) foram considerados interessantes para a avaliação da qualidade das mudas por sua contribuição significativa, facilidade de obtenção e, sobretudo, por não serem destrutivas.

Palavras-chave: louro-pardo, qualidade de mudas, análise de fatores, análise de agrupamentos.

MORPHOLOGICAL VARIABLE EVALUATION IN *Cordia trichotoma* (VELLOZO) ARRABIDA EX STEUDEL SEEDLINGS CONDUCTED IN TUBES, SUBMITTED TO FERTILIZER NPK

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate the quality and growth of seedlings of *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel (louro-pardo) seedlings conducted in tubes, under application of N, P and K. The experiment was installed in November 2010. It was divided in five randomized blocks and factorial composed of levels of fertilization with N, P and K, each plot consisted of nine plants. Louro-pardo seeds were collected from native trees in Dourados – MS/BR, homogenized and placed in seedbeds. In stage of fully open cotyledons, seedlings were transplanted into blocks of plastic tubes with 50 cm³ of volume on trays at ground level. The substrate was a commercial product with vermiculite, coconut fiber and carbonized rice chaff, without fertilizer. It was evaluated the shoot height (H), stem diameter (D), number of leaves (NL), shoot dry mass (MSAER), root dry mass (MSRAIZ), total dry mass (MST) = MSAER + MSRAIZ, shoot height/stem diameter (RHD), MSAER/MSRAIZ (RMSAR), H/MSAER (RHMSAER) and the Dickson quality index (IQD). These biometric variables were subjected to analysis of variance, regression and multivariate analysis techniques (factor analysis and cluster). Variables presented the following contributions: MST> D> MSRAIZ> IQD> MSAER> H> RMSAR> RHMSAER> RHD> NF. Shoot height (H) and stem diameter (D) were considered interesting for the evaluation of quality seedlings for their significant contribution, ease of obtaining and especially for not being destructive.

Keywords: louro-pardo, seedling quality, factor analysis, cluster analysis.

INTRODUÇÃO

O louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel, Boraginaceae) é uma espécie arbórea nativa com potencial para o plantio com fins econômicos, apresentando uma combinação de aspectos favoráveis, entre os quais a boa forma de fuste e a madeira de excelente qualidade (CARVALHO, 2006).

O comportamento silvicultural do louro-pardo ainda é pouco conhecido, sobretudo quanto ao crescimento e à identificação de progênies mais produtivas (CARVALHO, 2006). Ressalva-se que a espécie tem se mostrado exigente nutricionalmente, desenvolvendo-se melhor em solos de média a alta fertilidade (CARVALHO, 1988).

Nesse sentido, o crescimento de espécies florestais pode ser limitado caso encontrem restrições nutricionais, pois este se relaciona com a matéria seca e com os nutrientes absorvidos pela planta. Portanto, se essas espécies forem adubadas com quantidades adequadas de fertilizante, podem atingir o máximo de crescimento (VIEIRA et al., 2011).

Ocorre do Ceará até o Rio Grande do Sul, nas florestas pluvial atlântica, semidecídua e no cerrado (LORENZI, 1992).

A maioria das espécies florestais nativas da Mata Atlântica - como o louro que ocorre desde as florestas pluvial atlântica, semidecídua até o cerrado (LORENZI, 1992) -, apresentam média a alta demanda nutricional, e, de modo geral, são mais exigentes nutricionalmente do que as espécies de *Eucalyptus* e *Pinus*. Para estes, com relação aos macronutrientes, os sintomas visuais de deficiência e as maiores respostas à adubação têm sido observadas no campo, com mais frequência, na seguinte ordem: $P > N > K > Ca > Mg$ (GONÇALVES, 1995).

A importância do nitrogênio (N) reside no fato dele ser um nutriente chave para a produtividade vegetal de todos os ecossistemas. Cerca de 90% do N da planta encontra-se em forma orgânica e é assim que desempenha as suas funções, como componente estrutural de macromoléculas e constituinte de enzimas (FAQUIN, 2005). Este nutriente faz parte de vários compostos em plantas, destacando-se os ácidos nucleicos, os aminoácidos e a clorofila. Assim, as principais reações bioquímicas em plantas envolvem a presença do N, tornando-o um dos nutrientes absorvidos em maiores quantidades por plantas cultivadas (CANTARELLA, 2007;

MARSCHNER, 1995). Somente o oxigênio (O), o carbono (C) e o hidrogênio (H) são mais abundantes que o N nas plantas (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Pelo seu desempenho como componente estrutural e por ser um nutriente limitante ao crescimento das plantas, grande parte dos sistemas agrícolas apresenta ganho de produtividade após serem fertilizados com N, confirmando a sua importância (TAIZ e ZEIGER, 2004). Dessa forma, os fertilizantes nitrogenados são empregados em grandes quantidades na agricultura moderna, visando o ganho de produtividade e o enriquecimento da ciclagem de nutrientes (REIS e BARROS, 1990).

O fósforo (P) é, dos macronutrientes, um dos menos exigidos pelas plantas. Não obstante, trata-se do nutriente mais usado em adubação no Brasil. Nas regiões tropicais e subtropicais, como acontece no Brasil, é o elemento cuja falta no solo mais frequentemente limita a produção. Além da carência generalizada de P nos solos brasileiros, o elemento apresenta forte interação com o solo (fixação), o que reduz a eficiência da adubação fosfatada (FAQUIN, 2005; MALAVOLTA, 1980).

O fósforo requerido para o ótimo crescimento das plantas varia, dependendo da espécie e do órgão analisado, de 0,1 a 0,5% na matéria seca. De maneira geral, sua exigência pelas plantas é menor que do N, K, Ca e Mg, igualando-se à do S (FAQUIN, 2005; RAIJ, 2011).

O fósforo apresenta importante função no metabolismo da planta, principalmente no controle da atividade enzimática. O mais importante composto no qual o grupo fosfato serve para armazenar energia é o trifosfato de adenosina, o ATP. A energia armazenada no ATP é utilizada na síntese de vários compostos orgânicos como o amido, gorduras e proteínas (FAQUIN, 2005).

Já o potássio (K), embora seja, de maneira geral, um nutriente muito exigido pelas culturas, o mesmo não se encontra nos solos em teores tão limitantes quanto o de fósforo. É, depois do fósforo, o nutriente mais consumido como fertilizante pela agricultura brasileira (FAQUIN, 2005).

O potássio está envolvido também nos mecanismos de defesa das plantas a pragas e doenças. As plantas bem nutridas em potássio apresentam redução na incidência, severidade e danos causados por insetos e fungos (SILVEIRA, 2000), sendo que o seu requerimento para o ótimo crescimento das plantas está aproximadamente entre 2 a 5% na matéria seca, variando em função da espécie e do órgão analisado (FAQUIN, 2005).

O potássio não faz parte de nenhum composto orgânico, portanto, não desempenha função estrutural na planta. Ele contribui para a regulação osmótica da planta, atua na ativação enzimática e no processo de absorção iônica (MARSCHNER, 1995).

Além disso, tem sido atribuído à nutrição potássica a tolerância das plantas à seca e à geada, pela diminuição no potencial osmótico do suco celular e maior absorção de água. A baixa perda de água pelas plantas bem supridas em K é devido à redução na taxa de transpiração, a qual não depende somente do potencial osmótico das células do mesófilo, mas também é controlada pela abertura e fechamento dos estômatos. A fotossíntese também é afetada pela abertura e fechamento dos estômatos; faltando K os estômatos não se abrem regularmente, há menor entrada de CO₂ e, portanto, menor intensidade fotossintética. (FAQUIN, 2005).

Dessa forma, além das restrições nutricionais, na etapa de formação das mudas de espécies florestais a qualidade de mudas recebe destaque especial. A avaliação dos seus padrões está diretamente relacionada aos parâmetros medidos, sendo dependente principalmente da escolha acertada da embalagem a ser utilizada, do substrato e de sua adequada fertilização, das técnicas de produção e manejo, além do tempo gasto para a sua produção (GOMES, 2001).

Ainda em viveiro a classificação das mudas é importante em virtude da melhor adaptação no plantio definitivo e velocidade de crescimento daquelas com melhor padrão de qualidade (REIS et al., 2008).

Nesse sentido, as variáveis morfológicas têm sido as mais utilizadas na determinação desses padrões, considerando-se como principais a altura da parte aérea, o diâmetro do coleto, o peso de matéria seca total, o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca das raízes (GOMES, 2001).

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi o de avaliar a qualidade e o crescimento de mudas de *Cordia trichotoma* (louro-pardo) conduzidas em tubetes, em função da aplicação de diferentes combinações de N, P e K na adubação de base.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de novembro de 2010 a junho de 2011, em Dourados-MS. A cidade está situada a 22° 13'16" de latitude Sul e 54° 48'2" de longitude Oeste e tem altitude de 452 m. O clima é classificado como Cwa e a precipitação média anual é de 1.500 mm, com temperatura média anual de 22° C.

O desenho experimental seguiu o esquema fatorial composto por cinco níveis de adubação de N₂ (0, 70, 140, 210 e 280 mg dm⁻³), cinco níveis de P₂O₅ (0, 120, 240, 360 e 480 mg dm⁻³) e cinco níveis de K₂O (0, 50, 100, 150 e 200 mg dm⁻³), utilizando como fontes respectivamente, Ureia, Superfosfato Simples e Cloreto de Potássio. Cada parcela foi constituída por nove plantas.

Sementes de *Cordia trichotoma* foram coletadas diretamente de três árvores nativas da região de Dourados-MS, homogeneizadas e dispostas em sementeira frequentemente irrigada sob tela sombrite (50%). À medida que as plântulas emergidas alcançavam o estágio de folhas cotiledonares completamente abertas, eram transplantadas para os blocos de tubetes plásticos com 50 cm³ de volume instalados em bandejas ao nível do solo, com irrigação duas vezes ao dia (Figura 1).

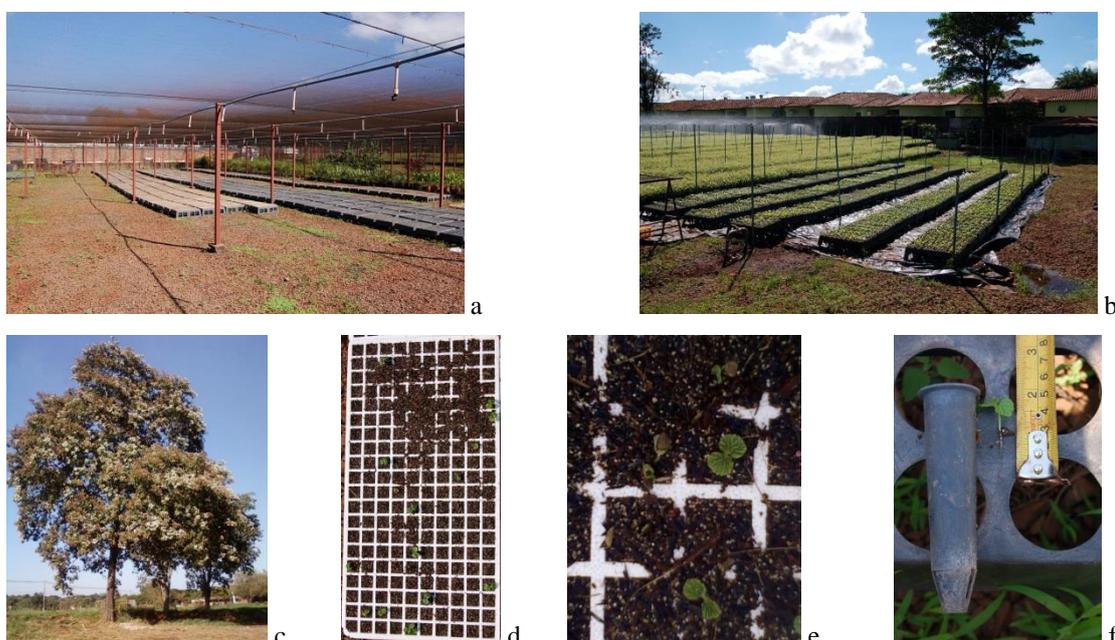


Figura 1. a) Detalhe do local da sementeira; b) vista geral do experimento; c) matriz de louro-pardo; d) bandeja utilizada como sementeira; e) detalhe da germinação desuniforme característica da espécie; f) plântula com folhas cotiledonares abertas. Dourados, 2011.

O substrato utilizado tanto na sementeira quanto nos tubetes foi um produto comercial constituído de vermiculita, fibra de coco e casca de arroz carbonizada, sem adição de nutrientes, caracterizado na Tabela 1.

Tabela 1. Características físico-químicas do substrato utilizado para a produção das mudas de *Cordia trichotoma*

pH*	EC (dS m ⁻¹)	CRA 10 (%v/v)	CRA 10 (%m/m)	CTC ² (mmolc kg ⁻¹)	CTC ² (mmolc dm ⁻³)
6,9	0,3	40,4	314,6	460,7	84,5

* Extração 1:5 para pH e CE : Método descrito na IN 17 de 21/05/2007

Capacidade de Retenção de água (CRA 10): Mesa de tensão a 10 cm de coluna d'água (10kPa).

Métodos descritos na IN 17 de 21/05/2007 e IN 31 de 23 de outubro de 2008.

² Capacidade de Troca de Cátions: Método descrito na IN 17 de 21/05/2007.

Observou-se altas temperaturas nos primeiros quatro meses, além de precipitações pluviométricas acima da média histórica na maior parte do período, com destaque para os meses de janeiro, fevereiro e abril (Figura 2 e Figura 3). Em função disso, além da adubação de base no substrato, que constituiu os tratamentos, foram realizadas quinzenalmente adubações foliares para todos os tratamentos a partir de 75 dias do transplante das mudas, até o final do experimento. Aplicou-se produto comercial em diluição de 100 g/10 L de água/aplicação (Tabela 2), via regador manual.

Tabela 2. Níveis de nutrientes do produto utilizado em adubação foliar para mudas de *Cordia trichotoma* conduzidas em tubetes

Nutrientes	N ¹	P ₂ O ₅ ²	K ₂ O ³	Ca	Mg	S	B	Mo	Mn	Fe	Cu	Zn
Níveis (%)	12,0	5,0	15,0	1,0	1,0	5,0	0,06	0,005	0,08	0,2	0,05	0,2

Fontes: ¹Ureia, ²Superfosfato Simples e ³Cloreto de Potássio.

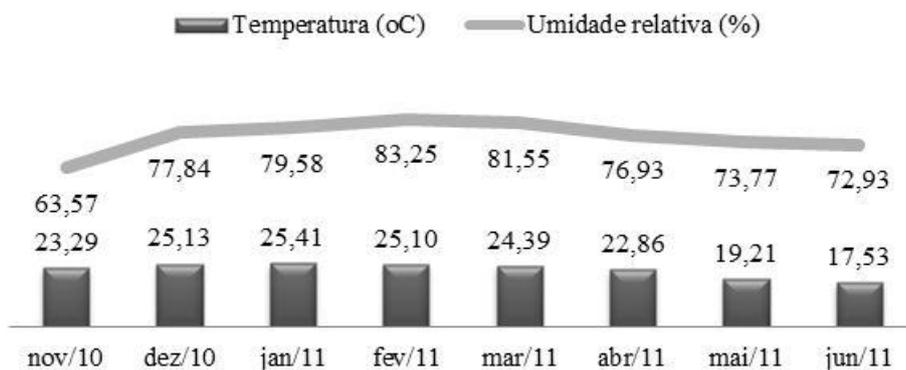


Figura 2. Temperatura e umidade relativa mensais em Dourados-MS, de novembro/2010 a junho/2011. Fonte: Estação Agrometeorológica Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados (2012).

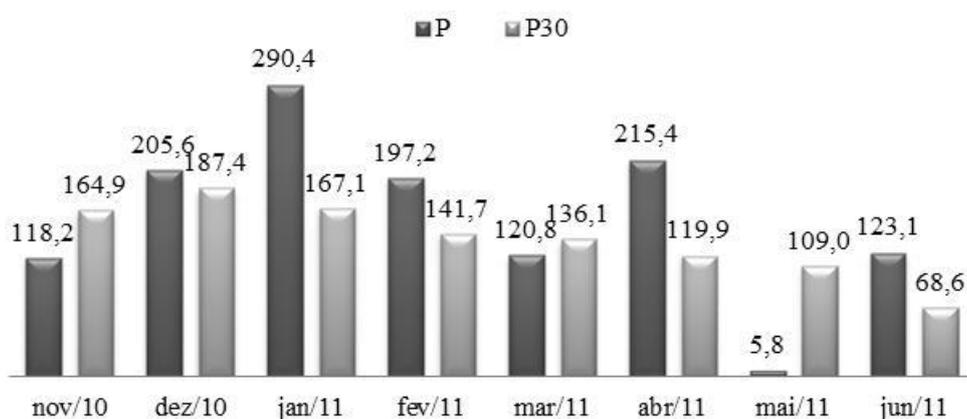


Figura 3. Dados de precipitações pluviométricas em Dourados-MS, de novembro/2010 a junho/2011 (P) e série de 30 anos (P30). Fonte: Estação Agrometeorológica Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados (2012).

Em cada parcela, ao final do experimento que se deu aos 135 dias após a repicagem, foram avaliadas em sete plantas a altura da parte aérea (H); diâmetro do coleto (D); número de folhas (NF); peso da matéria seca da parte aérea (MSAER); peso da matéria seca do sistema radicular (MSRAIZ); peso da matéria seca total, $MST = MSAER + MSRAIZ$; a relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (RHD); a relação entre MSAER e MSRAIZ (RMSAR); a relação entre H e MSAER (RHMSAER) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON et al., 1960), calculado pela expressão:

$$IQD = \frac{MST_g}{\frac{H_{cm}}{D_{mm}} + \frac{MSAER_g}{MSRAIZ_g}} \quad (1)$$

As alturas foram tomadas com régua graduada em milímetros e o diâmetro do colo das mudas com o auxílio de um paquímetro. Para a obtenção do peso da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular o material foi colocado em estufa a 65 °C até atingir peso constante, sendo, posteriormente, pesado em uma balança de precisão.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância sendo utilizado o teste F e para comparação entre médias o teste Tukey. Para os parâmetros das regressões foi aplicado o teste t e avaliados os modelos linear e quadrático. A probabilidade aceitável foi de pelo menos 0,05 em todos os testes. Utilizou-se o software estatístico GENES (CRUZ, 1998).

Os dados das variáveis biométricas (H, D, NF, RHD, MSAER, MSRAIZ, MST, RMSAR, RHMSAER e IQD) foram submetidos à análise fatorial (AF) e de agrupamentos (AA). Para a análise fatorial os dados das variáveis foram padronizados a fim de eliminar a influência das diferentes unidades de medida. O número de fatores selecionados (componentes principais) seguiu critério adotado por Kaiser (1960) descrito por Mardia et al. (2000), em que se utilizam aquelas componentes que conseguem sintetizar uma variância acumulada dos dados igual ou superior a 70%, desde que, no mínimo, consistam em dois fatores (componentes).

Na matriz de fatores, extraída por componentes principais, foram selecionadas as variáveis com cargas fatoriais maiores que 0,7, destinadas então, para a análise de agrupamentos. As cargas fatoriais, nada mais são do que a correlação de cada variável com um determinado fator, ou seja, elas indicam o grau de correspondência entre a variável e o fator, assim, quanto maior a carga fatorial maior será a correlação com determinado fator (NAKAMURA et al., 2010).

Para representar a análise de agrupamentos, foi construído dendrograma por meio da distância euclidiana, considerando como nível de similaridade para separação de grupos a linha de corte determinada em relação à maior distância em que os grupos foram formados (VICINI, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE FATORIAL (AF) E DE AGRUPAMENTOS (AA)

Observou-se que os dois primeiros fatores, também denominados componentes principais, apresentaram autovalores que corresponderam respectivamente a 78,83% e 7,62% da variância, ou seja, explicaram juntos 86,45% da variação total (Tabela 3). Além desses dois fatores terem apresentado variância acumulada superior a 70%, a partir do terceiro fator não houve carga fatorial maior do que o módulo de 0,7, podendo assim os dois primeiros serem considerados os mais expressivos (Tabela 4).

Tabela 3. Autovalores e percentual da variância explicada de cada componente, relacionados às variáveis em estudo

Autovalores				
Extração dos componentes principais				
Número de componentes	Autovalores	% da variância explicada	Autovalores acumulados	% da variância explicada acumulada
1	7,883	78,834	7,883	78,83
2	0,762	7,619	8,645	86,45
3	0,657	6,568	9,302	93,02
4	0,341	3,410	9,643	96,43
5	0,191	1,907	9,834	98,34
6	0,121	1,208	9,955	99,55
7	0,034	0,341	9,989	99,89
8	0,007	0,073	9,996	99,96
9	0,002	0,022	9,998	99,98
10	0,002	0,017	10,000	100,00

Tabela 4. Matriz de fatores, extraída por componentes principais, destacando as variáveis com cargas superiores a 0,7 (módulo)

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
MST	0,985	0,022	-0,063	-0,079
D	0,980	-0,018	-0,033	-0,055
MSRAIZ	0,976	0,077	-0,056	-0,126
IQD	0,975	0,077	0,001	-0,128
MSAER	0,917	-0,259	-0,057	0,220
H	0,901	-0,018	-0,385	0,003
RMSAR	-0,913	-0,021	0,102	0,204
RHMSAER	-0,817	0,412	-0,122	-0,327
RHD	-0,711	0,042	-0,681	0,128
NF	-0,627	-0,714	-0,09	-0,295

Considerando que o fator 1 sozinho corresponde a 78,83% (Tabela 3) da variância explicada, verifica-se a sua maior importância para o presente estudo. Consequentemente, as variáveis peso da matéria seca total (MST), diâmetro do coleto (D), peso da matéria seca do sistema radicular (MSRAIZ), índice de qualidade de Dickson (IQD), peso da matéria seca da parte aérea (MSAER), altura da parte aérea (H), a relação entre MSAER e MSRAIZ (RMSAR), a relação entre H e MSAER (RHMSAER) e a relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (RHD) se apresentaram com a maior contribuição (Tabela 4).

De forma semelhante, Binotto et al. (2010) ao avaliarem a correlação existente entre variáveis morfológicas e o índice de qualidade de Dickson (IQD) em mudas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*, verificaram que o peso da matéria seca do sistema radicular (MSRAIZ) foi a variável mais relacionada com IQD, porém consideraram o diâmetro do coleto (D) como a mais apropriada para indicar qualidade de muda, baseado no seu alto grau de relação com IQD e por não se constituir em parâmetro destrutivo. Especificamente para o eucalipto, número de folhas (NF) se apresentou como a pior variável para indicar qualidade de mudas.

Essa informação corrobora com os resultados obtidos para número de folhas (NF), já que o fator 2, explicado em maior grau por esta variável, demonstrou ter importância secundária nesta análise (Tabelas 3 e 4)

Selecionadas as variáveis com maior representatividade, estas foram agrupadas e representadas na forma de dendrograma (Figura 4).

Observa-se por meio da Figura 4a, que representa o plano fatorial, três grupos distintos de variáveis agrupadas por similaridade. Pode-se verificar que as variáveis que melhor representam o fator 1 são as que estão localizadas mais distantes da origem em relação ao eixo do x, formando dois grupos, o primeiro representado por peso da matéria seca total (MST), diâmetro do coleto (D), peso da matéria seca do sistema radicular (MSRAIZ), índice de qualidade de Dickson (IQD), peso da matéria seca da parte aérea (MSAER) e altura da parte aérea (H) e o segundo pela relação entre MSAER e MSRAIZ (RMSAR), a relação entre H e MSAER (RHMSAER) e a relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (RHD). O terceiro grupo, que explica o fator 2 é representado apenas pelo número de folhas (NF), que tem menor contribuição, ou seja apenas 7,62% da variância explicada (Tabela 3).

Observa-se ainda, no dendrograma (Figura 4b) a formação de um primeiro grupo muito homogêneo que incluiu as variáveis peso da matéria seca total (MST), diâmetro do coleto (D), peso da matéria seca do sistema radicular (MSRAIZ), índice de qualidade de Dickson (IQD), peso da matéria seca da parte aérea (MSAER) e altura da parte aérea (H); um segundo grupo formado pela relação entre MSAER e MSRAIZ (RMSAR), a relação entre H e MSAER (RHMSAER) e a relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (RHD), além de um terceiro grupo incluindo somente número de folhas (NF), confirmando as análises anteriores.

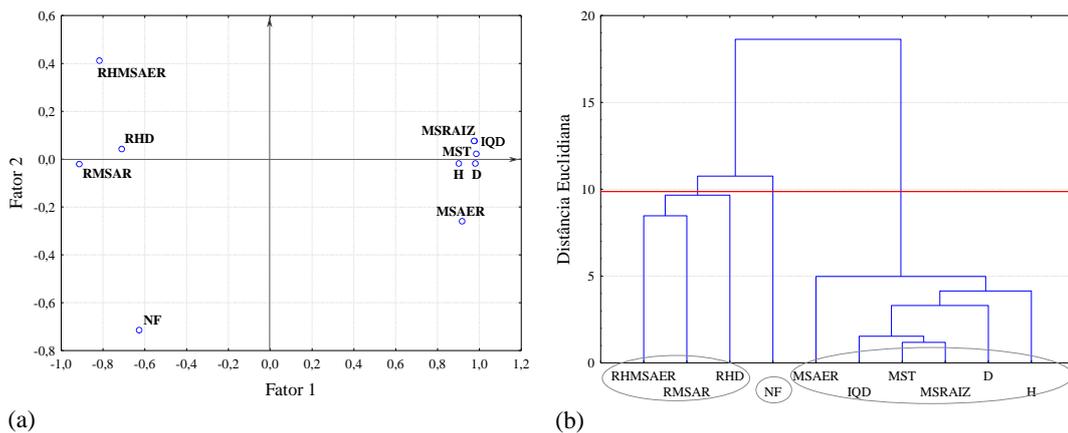


Figura 4. (a) Plano fatorial: fator 1 x fator 2, com destaque para os atributos físicos com cargas $\geq 0,7$. (b) Dendrograma dos sistemas em estudo, mostrando a distância euclidiana e a linha de corte determinada em relação à maior distância em que os grupos foram formados.

Portanto, ambas as análises, tanto no plano fatorial (Figura 4a), quanto no dendrograma (Figura 4b), apresentam a importância primária do primeiro grupo de variáveis (peso da matéria seca total (MST), diâmetro do coleto (D), peso da matéria seca do sistema radicular (MSRAIZ), índice de qualidade de Dickson (IQD), peso da matéria seca da parte aérea (MSAER) e altura da parte aérea (H) e, confirmando a importância do primeiro grupo – e não menos importante – o segundo grupo formado pelas relações existentes entre as componentes do primeiro grupo (relação entre MSAER e MSRAIZ (RMSAR), a relação entre H e MSAER (RHMSAER) e a relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (RHD)). A importância secundária da variável número de folhas (NF) é destacada em ambas as análises.

ANÁLISE DE VARIÂNCIA

As doses de P e N influenciaram significativamente a relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (RHD), entretanto, para as demais variáveis estudadas o efeito do fósforo foi dependente do teor de nitrogênio aplicado (Tabela 5).

Tabela 5. Quadrados médios das variáveis morfológicas de mudas de *Cordia trichotoma* submetidas a diferentes doses de NPK e suas interações.

FV	GL	H (cm)	D (mm)	NF	MSAER (g)	MSRAIZ (g)	MST (g)	RHD	RHMSAER	RMSAR	IQD
N	4	15,16**	6,70**	17,9**	0,150**	3,754**	5,328**	1,218**	4525,6**	1,8704**	1,158**
P	4	14,52**	4,01**	5,3**	0,061**	2,504**	3,295**	0,195**	7803,1**	2,3123**	0,717**
K	4	0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,2 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,011 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,029 ^{ns}	33,6 ^{ns}	0,0046 ^{ns}	0,006 ^{ns}
P*K	16	0,14 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,8 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,015 ^{ns}	0,023 ^{ns}	0,023 ^{ns}	85,7 ^{ns}	0,0189 ^{ns}	0,005 ^{ns}
N*K	16	0,19 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,8 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,019 ^{ns}	0,025 ^{ns}	0,036 ^{ns}	96,9 ^{ns}	0,0320 ^{ns}	0,005 ^{ns}
N*P	16	0,27*	0,07**	2,7**	0,002*	0,069**	0,068**	0,064 ^{ns}	198,2**	0,0396*	0,022**
N*P*K	64	0,19 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,016 ^{ns}	0,019 ^{ns}	0,041 ^{ns}	86,9 ^{ns}	0,0195 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Blocos	4	9,27**	1,75**	36,9**	0,050**	0,366**	0,683**	2,696**	2422,1**	0,1899**	0,156**
Resíduo	496	0,14	0,02	0,7	0,001	0,013	0,018	0,039	87,3	0,0213	0,005
Média	-	4,31	1,93	5,5	0,156	0,413	0,566	2,256	30,97	0,4789	0,225
CV%	-	8,88	7,94	16,9	21,70	28,17	21,29	9,34	30,20	30,20	33,46

**,* e ^{ns} - significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F; CV – coeficiente de variação (%). Valores representam as médias por planta. H=altura, D=diâmetro do coleto, NF=número de folhas, MSAER=peso da matéria seca da parte aérea, MSRAIZ= peso da matéria seca do sistema radicular, MST= peso da matéria seca total, RHD=razão entre H e D, RHMSAER=razão entre H e MSAER, RMSAR=razão entre MSAER e MSRAIZ e IQD=índice de qualidade de Dickson.

As interações foram analisadas com base na superfície de resposta (Figura 5) em função dos dois nutrientes aplicados (N, P), tendo havido significância a $P < 0,01$ para todos os coeficientes no modelo quadrático. Para o número de folhas (NF) o modelo linear foi o de melhor ajuste, também apresentando a mesma significância.

Nas interações, exceto para o número de folhas onde o coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,65, para todas as outras variáveis seus valores ultrapassaram 0,9, indicando excelente grau de explicação de suas variações a partir de N x P para a maioria delas.

A variável altura (H) é, há muito tempo, considerada importante para a classificação e seleção de mudas em viveiros. Plantas com maiores alturas resultam em maiores taxas de sobrevivência e crescimento inicial (PAWSEY, 1972), o que indica que H possui características de indicador de qualidade, embora Binotto et al. (2010) considerem esta variável eficiente somente quando analisada juntamente com o diâmetro de colo.

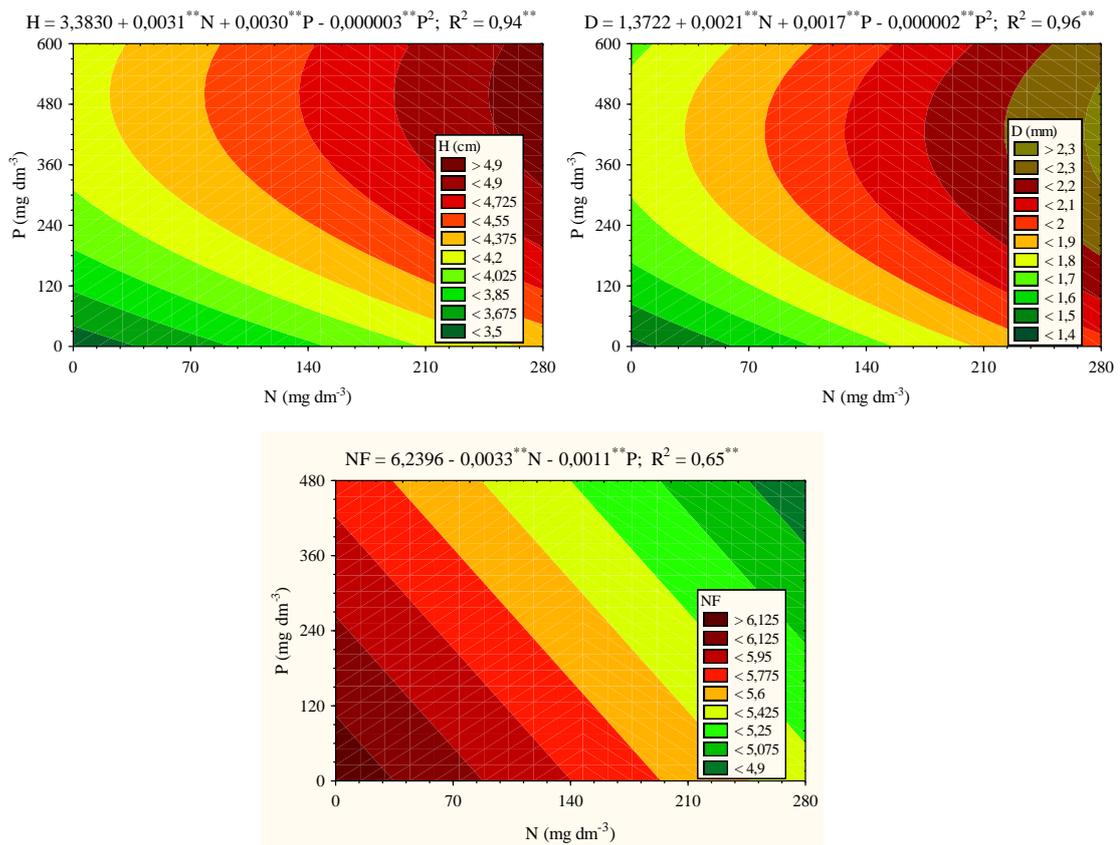


Figura 5. Médias da altura (H), diâmetro do coleto (D) e número de folhas (NF) resultantes da interação de diferentes doses de nitrogênio (N) e fósforo (P) sobre mudas de *Cordia trichotoma* produzidas em tubetes.

** - significativo a $P < 0,01$ pelo teste t

Os resultados de altura de mudas para louro-pardo (Figura 5) indicam tendência linear para N e quadrática para P. Assim, não foi possível derivar ponto de máxima altura para o nitrogênio, considerando-se que a dose máxima aplicada não foi suficiente para atender ao máximo desenvolvimento das plantas. Porém, para fósforo o maior nível estimado para se obter maior altura das mudas foi de 576 mg dm⁻³ de substrato, (com N = 253 mg dm⁻³) extrapolando portanto a dose máxima utilizada no experimento.

A variável diâmetro do coleto (D) apresentou comportamento semelhante à altura, sem indicação de limite para o nitrogênio, porém, com ponto de máxima produção para o fósforo na dose de 500 mg dm⁻³ de substrato (com N = 228 mg dm⁻³). Segundo Gomes et al. (2002), a contribuição do diâmetro do coleto para a qualidade das mudas foi de 10,43% quando desenvolveu experimento comparando-a com outros indicadores, mencionando também que ela seria preferível à matéria seca

das raízes, já que não há necessidade de destruição de plantas para tomada de sua medida.

Com relação ao número de folhas por planta observa-se (Figura 5) que houve tendência de redução dos seus valores com o aumento das doses de N e P. A tendência dos dados para as doses desses dois nutrientes foi linear, não sendo possível determinar ponto de máxima ou de mínima produção.

Em ensaio testando volume do recipiente, adubação e sua forma de mistura ao substrato no crescimento inicial de canafístula (*Peltophorum dubium*) Brachtvogel e Malavasi (2010), verificaram que o número de folhas foi semelhante nas plântulas sob fertilização com NPK, independentemente do volume do recipiente, o que não ocorreu naquelas sob fertilizante de liberação lenta, em que esse parâmetro diminuiu com o volume do recipiente.

Portanto, parece se tratar de um indicador que não pode ser considerado isoladamente, restringindo-se o seu uso e relacionando-o com outros indicadores como tamanho de folhas ou índice de área foliar, que não foram objeto de estudo neste trabalho.

Para as variáveis peso da matéria seca da parte aérea (MSAER), das raízes (MSRAIZ) e total (MST), a tendência foi linear como resposta às diferentes doses de N e quadrática quanto à aplicação de P (Figura 6). Consequentemente, também não foi possível determinar as doses adequadas de N para o desenvolvimento das mudas. Porém, para P foram obtidos os seguintes pontos de máxima produção: MSAER = 432, MSRAIZ = 490 e MST = 461 mg dm⁻³ de substrato (com N = 215, 243 e 217 mg dm⁻³ respectivamente). Portanto, para a massa seca de raízes ocorreu o ponto de máxima produção estimada um pouco acima da dose máxima aplicada para o fósforo.

Comparando a contribuição relativa de MSAER e MSRAIZ na avaliação da qualidade das mudas no trabalho de Gomes et al. (2002), os valores apresentados atingiram 28,6% e 11,8%, respectivamente. A importância da massa seca da planta, para classificação da qualidade das mudas foi destacada pelos autores, quando concluíram que a contribuição das três variáveis (MSAER+MSRAIZ+MST) foi de 83,77%.

Justifica-se assim a necessidade de maior estudo nas doses de N e P para louro-pardo, mas principalmente para nitrogênio, utilizando esses três indicadores para avaliação de qualidade das mudas.

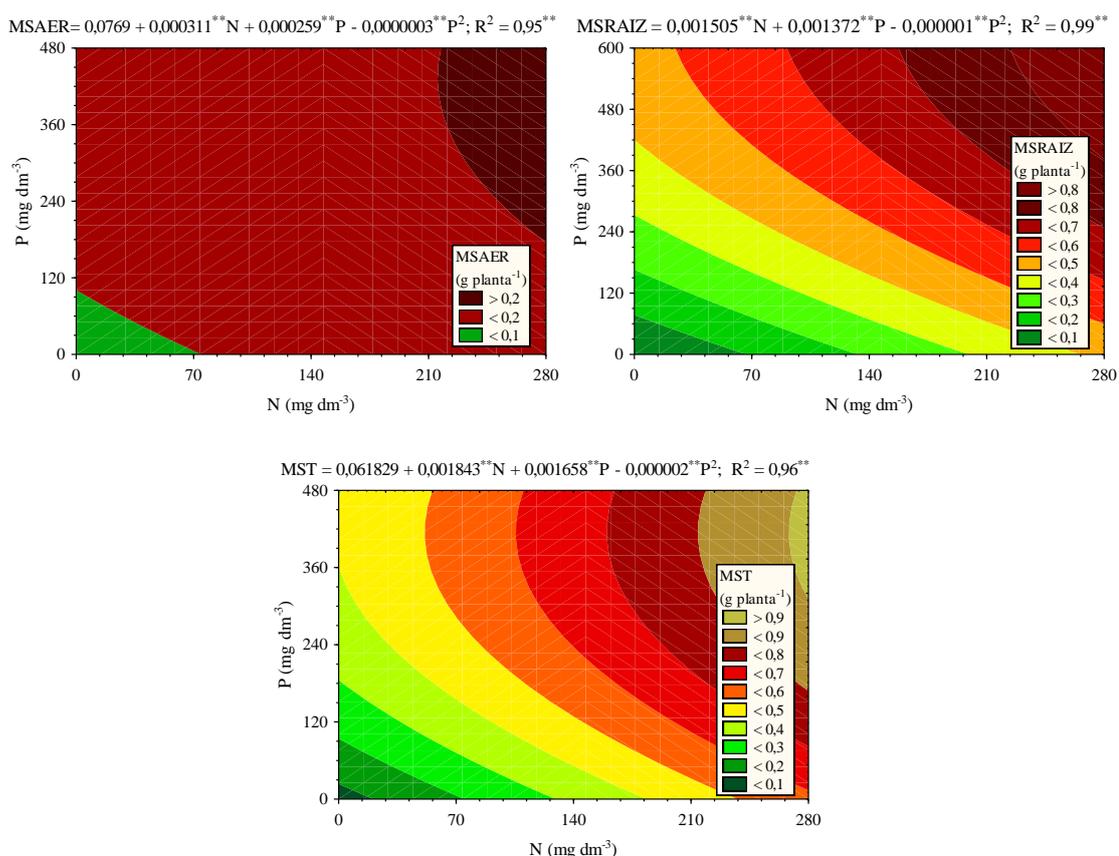


Figura 6. Médias de peso da matéria seca da parte aérea (MSAER), raízes (MSRAIZ) e total (MST), resultantes da interação de diferentes doses de nitrogênio (N) e fósforo (P) sobre mudas de *Cordia trichotoma* produzidas em tubetes.

** - significativo a $P < 0,01$ pelo teste t

Embora a relação entre o peso da matéria seca da parte aérea e das raízes (RMSAR) seja tradicionalmente utilizado para indicar a qualidade das mudas (PARVIAINEN, 1981), isso pode não se refletir no campo (BURDETT, 1979). Assim, foi acrescentada a relação entre a altura e o peso da matéria seca da parte aérea (RHMSAER), que pode apresentar alta contribuição relativa na avaliação da qualidade das mudas, alcançando entre 42% e 44%, como já foi indicado por Gomes et al. (2002) no estudo de eucalipto. Esses autores consideram que, quanto menor for esse índice (RHMSAER), mais lignificada será a muda e maior deverá ser a sua capacidade de sobrevivência no campo.

Para estas relações (RMSAR e RHMSAER) as curvas de resposta foram quadráticas, resultando em pontos de mínima produção como se observa os sinais

dos coeficientes de regressão (Figura 7), tanto para N quanto para P (RMSAR, N = 270, P = 390; RHMSAER, N = 279, P = 349 mg dm⁻³ de substrato).

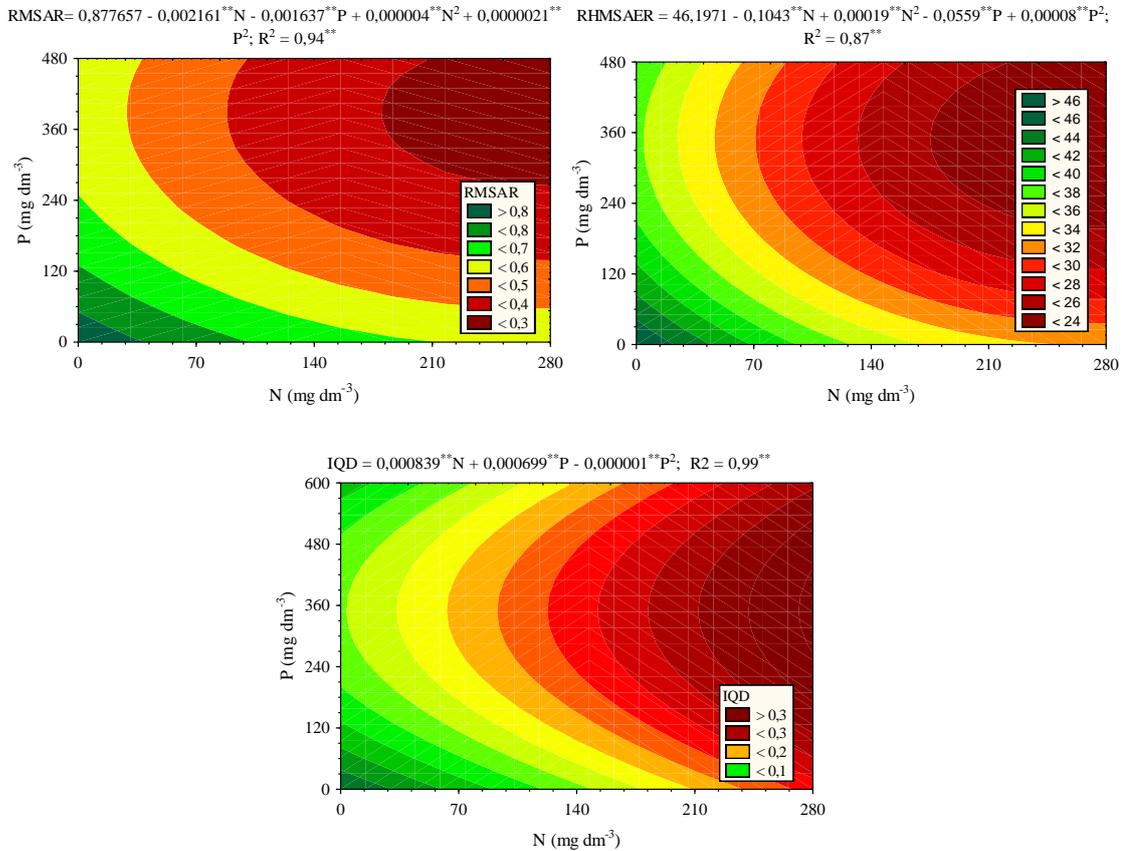


Figura 7. Médias das relações entre peso da matéria seca da parte aérea e das raízes (RMSAR), relação entre altura e peso da matéria seca da parte aérea (RHMSAER) e índice de qualidade de Dickson (IQD) resultantes da interação de diferentes doses de nitrogênio (N) e fósforo (P) sobre mudas de *Cordia trichotoma* produzidas em tubetes.

** - significativo a $P < 0,01$ pelo teste t

Cabe destacar que, entre todas as variáveis observadas, apenas RMSAR e RHMSAER apresentaram ao mesmo tempo, efeito quadrático quanto às doses de N e P aplicadas. Elas resultaram também em pontos de mínima produção, o que pode qualificá-las para definição das doses mínimas desses dois nutrientes a serem indicadas para produção de mudas de louro-pardo. Isso é reforçado pela possibilidade de que, assim como para o eucalipto, a relação entre a altura e o peso da matéria seca da parte aérea (RHMSAER) possa apresentar alta contribuição relativa na avaliação da qualidade das mudas para a espécie estudada.

Quanto ao índice de qualidade de Dickson (IQD), este apresentou tendência linear para N e quadrática para P, assim como para a maioria das variáveis estudadas. A dose de P para o máximo valor de IQD foi de 514 mg dm⁻³ de substrato (com N = 275 mg dm⁻³) extrapolando a dose máxima desse elemento aplicada nas mudas.

O valor médio de IQD aqui encontrado de 0,225 (Tabela 5) ficou acima de 0,20 preconizado por Hunt (1990), como sendo um bom nível desse indicador para a qualidade de mudas de *Pseudotsuga menziesii* e *Picea abies*.

No entanto, Binotto et al. (2010), buscando identificar a relação entre variáveis de crescimento e o IQD em mudas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* concluíram que o diâmetro de colo foi mais propício para indicar qualidade de muda, em razão do seu maior grau de relação com IQD.

Dessa forma, de acordo com Gomes et al. (2003), o IQD, apesar de ser mencionado como uma promissora medida morfológica integrada (JOHNSON e CLINE, 1991) é de difícil determinação, por envolver parâmetros destrutivos. Assim, sempre que possível, seria preferível optar por medidas que tivessem facilidade de coleta e que pudessem ser determinadas sem a destruição das mudas.

Na relação entre altura e diâmetro do colo (RHD) não houve significância nas interações avaliadas a partir dos tratamentos aplicados, ocorrendo efeito apenas para nitrogênio e fósforo individualmente (Tabela 5).

Essa relação (RHD), também denominada quociente de robustez (Carneiro, 1995), capaz de integrar dois importantes parâmetros morfológicos das mudas, é considerado um dos indicadores mais precisos da qualidade das plantas na fase inicial do seu desenvolvimento (JOHNSON e CLINE, 1991).

Para louro-pardo RHD apresentou tendência quadrática, tanto para nitrogênio quanto para fósforo (Figura 8) com elevado R², embora não tenha havido significância, tanto para este quanto para os coeficientes dos modelos, apesar dos tratamentos terem sido significativos a P<0,01 (Tabela 5).

Em função disso, complementarmente foram aplicados testes de média entre as doses para cada elemento, quando se verificou que para N as três iniciais (0, 70 e 140 mg dm⁻³) diferiram das duas últimas (210 e 280 mg dm⁻³) (Figura 8). Pode-se considerar, portanto que, para o nitrogênio as doses abaixo de 140 mg dm⁻³ resultaram em maiores valores de resposta, comparando-se com as doses superiores a esta. Para P os resultados foram inconclusivos, em função da dispersão dos dados nas doses de 240 e 360 mg dm⁻³.

Comparando-se com os valores considerados ideais de RHD registrados por Carneiro (1995) em mudas de pinus (5,4 a 8,1), os valores obtidos para quaisquer doses de nitrogênio foram bastante inferiores (2,14 a 2,37) e com pequena amplitude. No entanto, quanto menor for este valor, maior será a capacidade das mudas sobreviverem e se estabelecerem (CARNEIRO, 1983).

Cruz et al. (2004) também não encontraram significância estatística nesta relação para mudas de ipê-roxo em resposta à elevação da saturação por bases. Aos 120 dias após a repicagem, encontraram valores de 2,87 (60% saturação) a 3,32 (50% saturação), também inferiores aos recomendados por Carneiro (1995).

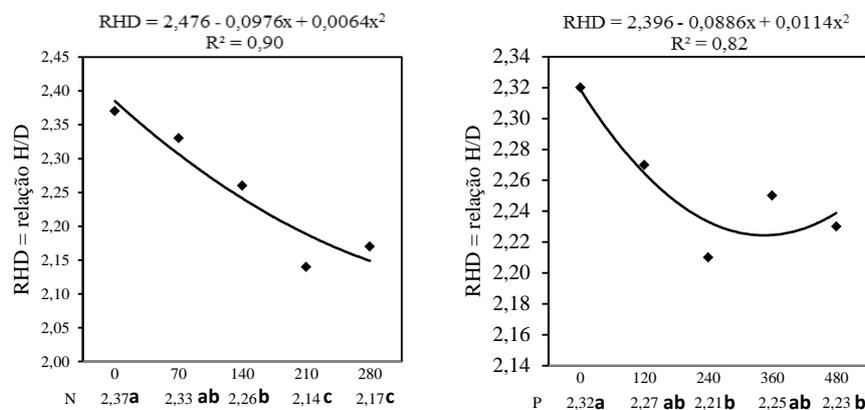


Figura 8. Médias da relação altura/diâmetro do coleto (RHD) resultantes da aplicação de diferentes doses de nitrogênio (N) e fósforo (P) sobre mudas de *Cordia trichotoma* produzidas em tubetes. Médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Quanto ao K, este não apresentou significância para nenhuma das variáveis avaliadas, indicando que as diferentes doses aplicadas não provocaram efeito sobre elas.

Resultados similares foram obtidos em estudo sobre o efeito da adubação potássica em mudas de *Acacia mangium* Willd, cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo, álico e de textura argilosa, cujo teor de K era de 5 mg dm^{-3} . Neste estudo, Dias et al. (1991) verificaram que, à exceção da altura de plantas, as demais características avaliadas (matéria seca de folhas, de caule + ramos, matéria seca total, diâmetro de coleto) apresentaram-se com valores maiores para a ausência de aplicação de K, com tendência de decréscimo de produção, entre zero e as primeiras doses, para, em seguida, atingir um nível onde a produção não se alterava com o

acréscimo das doses aplicadas. Os autores acrescentam que na literatura verifica-se que para algumas espécies florestais o nível crítico de K para a produção de mudas tem sido inferior a 50 mg dm^{-3} , como é o caso do taxi-branco (*Sclerobium paniculatum* Voguel) (Dias et al., 1992), em que o nível crítico de K no substrato para produção das mudas é de $27,4 \text{ mg dm}^{-3}$.

Em outro trabalho, envolvendo plantas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.) sob omissão de K, estas apresentaram-se maiores em altura e diâmetro e com maior produção de matéria seca da parte aérea do que o tratamento com todos os nutrientes testados, confirmando o baixo requerimento dessa espécie para este nutriente (DUBOC et al., 1996).

Raij (2011) considera ainda que, em presença de teores mais elevados de cálcio e magnésio no solo, os mesmos teores de potássio trocável podem se revelar menos disponíveis para certas culturas, e, de maneira inversa, ocasionalmente podem ocorrer deficiências de Mg, as quais são agravadas em culturas que recebem aplicações elevadas de K. Nesse sentido, Malavolta et al. (1997) afirmam que a ausência de K na solução nutritiva aumenta a absorção de Mg pelas plantas, devido a uma inibição competitiva entre estes macronutrientes, os quais competem pelo mesmo sítio do carregador na absorção.

Em estudo com macronutrientes em mudas de *Amburana acreana* (cerejeira) cultivadas em solução nutritiva, Vieira et al. (2011) observaram que a omissão de K foi a que promoveu a maior concentração de Mg na parte aérea das plantas, evidenciando o antagonismo existente entre esses elementos. Da mesma forma, Barroso et al. (2005) em ensaio com macronutrientes em mudas de Teca (*Tectona grandis* L.f.) verificaram aumento dos teores de Ca e Mg na parte aérea na ausência de K na solução nutritiva.

Algumas hipóteses podem ser apresentadas para explicar a baixa relação entre as variáveis analisadas e as doses de K aplicadas. Uma delas é de que a quantidade de potássio oferecida pelo próprio substrato tenha sido suficiente para o desenvolvimento das plantas. De acordo com Schumacher et al., (1999) a matéria orgânica possui correlação positiva com o P, K, Ca, Mg, CTC e V%. Logo, quanto maior o teor de matéria orgânica, maior o teor desses elementos no substrato.

Outra possibilidade implica na hipótese de que o nível crítico desse elemento no estágio de produção de mudas seja bastante baixo, o que demanda investigação específica para definição dessa questão.

Ainda pode ser levantada a possibilidade de perda por lixiviação do adubo adicionado ao substrato. Além de todos os nutrientes em todos os tratamentos terem sido aplicados em adubação de base, durante a condução do experimento, entre os meses de novembro de 2010 a junho de 2011, ocorreram fortes chuvas que podem ter causado a lavagem do substrato (Figura 3).

Raij (2011) relata que perdas maiores por lixiviação podem ser causadas pela concentração de altas quantidades de K, em área restrita de solo. Nesse experimento, além da quantidade de K original no substrato utilizado, foi adicionado mais desse elemento nas doses experimentais e na adubação de base.

A lixiviação foliar é também muito comum, consistindo na retirada de íons e solutos das folhas, pela ação das chuvas, orvalho, garoa e nevoeiro, sendo que o K, o Ca, o Mg e o Mn são os nutrientes lixiviados em maior quantidade (AWAD e CASTRO, 1983).

Com relação ao tamanho das mudas, nenhum relato foi encontrado, na literatura, acerca da altura e diâmetro do coleto de mudas de louro-pardo na mesma idade de avaliação, produzidas no mesmo volume de embalagem utilizada neste trabalho. Porém, foram encontrados relatos de mudas de louro-pardo com 15 meses de idade em tubetes de 120 cm³ apresentando tamanho médio de 25 cm de altura (FAGANELLO 2012). Em outro trabalho, plantas de louro-pardo em recipientes de tamanho 8 x 15 cm (754 cm³) apresentaram alturas de 7,37 a 11,59 cm aos 135 dias (JESUS et al. 1987), o que parece confirmar o lento desenvolvimento inicial das mudas desta espécie em viveiro.

Por outro lado, Malavasi e Malavasi (2003), comparando a produção de mudas de louro-pardo em tubetes de 55 a 300 cm³, constataram alturas e diâmetro do coleto de 4,78 cm e 2,01 mm aos 70 dias em mudas nos menores tubetes e 8,4 cm e 4,54 mm respectivamente, aos 120 dias após o plantio a campo. Os mesmos autores consideram que o uso de tubetes menores causou diminuição da matéria seca do sistema radicular e do número de radículas que potencialmente influenciam a absorção de nutrientes.

De forma similar, Gomes et al. (2003), constataram que, independentemente das fertilizações, as médias das alturas de mudas de *Eucalyptus grandis* foram significativamente maiores à medida que se aumentou o volume de tubetes. No tubete de menor tamanho (50 cm³), as adições de fertilizantes não promoveram diferenças significantes nas médias de alturas, provavelmente em função da restrição

ao crescimento radicular, devido ao baixo volume de substrato e, conseqüentemente, ao fornecimento de quantidades de nutrientes aquém das exigidas pelas mudas, e para compensar as perdas, principalmente por lixiviação.

Outro fator a ser considerado se refere à época de desenvolvimento do presente experimento, com conclusão em pleno inverno, onde naturalmente as temperaturas caem (Figura 2) e há cessação ou, no mínimo, diminuição do crescimento das plantas, principalmente quando se trata de uma espécie local.

CONCLUSÕES

Considerando-se as análises realizadas no presente trabalho envolvendo o crescimento inicial de mudas de louro-pardo, conclui-se que:

a) As variáveis morfológicas apresentaram a seguinte ordem de contribuição: MST > D > MSRAIZ > IQD > MSAER > H > RMSAR > RHMSAER > RHD > NF;

b) O número de folhas (NF) apresentou-se como a variável menos expressiva;

c) As melhores doses de fósforo para o crescimento inicial de mudas de louro-pardo situam-se acima de 349 mg dm^{-3} e abaixo de 576 mg dm^{-3} . Para o nitrogênio as doses devem estar acima de 270 mg dm^{-3} ;

d) As variáveis altura da parte aérea (H) e diâmetro do coleto (D) são interessantes para a avaliação da qualidade das mudas por sua contribuição significativa, facilidade de sua obtenção e, sobretudo, por não serem destrutivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AWAD, M.; CASTRO, P. R. C. **Introdução à fisiologia vegetal**. São Paulo: Nobel, 1983. 177 p.

BARROSO, D. G.; FIGUEIREDO, F. A. M. M. A.; PEREIRA, R. C.; MENDONÇA, A. V. R.; SILVA, L. C. Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 671 - 679, 2005.

BINOTTO, A. F.; LÚCIO, A. D.; LOPES, S. J. Correlations between growth variables and the dickson quality index in forest seedlings. **Cerne**, Lavras, v.16, n.4, p.457-464, 2010.

BRACHTVOGEL, E. L.; MALAVASI, U. C. Volume do recipiente, adubação e sua forma de mistura ao Substrato no crescimento inicial de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert em viveiro. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.2, p.223-232, 2010.

BURDETT, A. N. New methods for measuring root growth capacity: their value in assessing lodgepole pine stock quality. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 9, p. 63-67, 1979.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (eds.). **Fertilidade do Solo**, SBCS, Viçosa, p. 375-470, 2007.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995, 451p.

CARNEIRO, J. G. A. Variações na metodologia de produção de mudas florestais afetam os parâmetros morfofisiológicos que indicam sua qualidade. **Série técnica FUPEF**, n.12, p.1-40, 1983.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, v. 2, 2006, 628 p.

CARVALHO, P. E. R. Louro-pardo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 17, p.63-66, 1988.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GOMES, K. C. O.; GUERRERO, C. R. A. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientia forestalis**, Curitiba, n.66, p.100-107, 2004.

CRUZ, C. D. Programa GENES - Aplicativo Computacional em Estatística Aplicada à Genética (GENES - Software for Experimental Statistics in Genetics). **Genetics and Molecular Biology**, São Paulo, v.21, n.1, 1998.

DIAS, L. E.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; BRIENZA JÚNIOR, S. Formação de mudas de *Acacia mangium* Willd: 2. Resposta a nitrogênio e potássio. **Revista Árvore**, Viçosa, v.15, n.1, p.11-22, 1991.

DIAS, L. E.; JUCKSCH, I.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; BRIENZA JÚNIOR, S. Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerobium panuculatum* Voguel) II: resposta a nitrogênio, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 135-143, 1992.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v.36, n.1, p.10-13, 1960.

DUBOC, E.; VENTURIM, N.; VALE, F.; DAVIDE. A. C. Nutrição do jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *Stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.) **Revista Cerne**, Lavras, v.2, n.1, p.31-47, 1996.

FAGANELLO, L. R. **Propagação vegetativa de miniestacas de *Cordia trichotoma* em função de auxinas e épocas de coleta**. 2012. 73p. Dissertação (Mestrado em

Agronomia) Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon-PR, 2012.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA / FAEPE, 2005. Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização a Distância): Solos e Meio Ambiente.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; LEITE, H.G.; XAVIER, A.; GARCIA, S.L.R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.2, p.113-127, 2003.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; LEITE, H.G.; XAVIER, A.; GARCIA, S.L.R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.6, p.665-664, 2002.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K**. 2001. 166p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2001.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de Adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e Espécies Típicas da Mata Atlântica. USP, ESALQ, Departamento de Ciências Florestais. **Documentos Florestais**. Piracicaba (15): 1 –23, 1995.

HUNT, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: Target seedling symposium, meeting of the western forest nursery associations, general technical report rm-200, 1990, Roseburg. **Proceedings...**, Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 218-222.

JESUS, R. M.; MENANDRO, M. S.; COUTO, H. T. Z. Efeito do tamanho do recipiente, tipo de substrato e sombreamento na produção de mudas de louro (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud.) e gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* SCHOTT). **IPEF**, Piracicaba, n.37, p.13-19, 1987.

JOHNSON, J. D.; CLINE, P. M. Seedling quality of southern pines. In: DUREYA, M. L., DOUGHERTY, P. M. (Eds.). **Forest regeneration manual**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. p. 143-162.

KAISER, H. F. The application of electronic computers to factor analysis. **Educational and Psychological Measurement**, 20, 1960. p. 141-151.

MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Efeito do tubete no crescimento inicial de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex steud e *Jacaranda micranta* Cham. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v.5, n.2, 2003.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral das plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 250 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 888p.

MARDIA, K. V.; KENT, J. T.; BIBBY, J. M. **Multivariate analysis**. London: Academic Press, 2000. 518 p.

NAKAMURA, L. R.; CARVALHO FILHO, A. A.; OLIVEIRA, E. C.; FIRETTI, R. Utilização da Análise Fatorial para orientar a criação de políticas públicas na área do trabalho, nas regiões administrativas de Araçatuba, Presidente Prudente e Marília. SINAPE - Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística, 19, 2010, São Pedro-SP. **Anais...** São Pedro - SP: 2010. Disponível em: http://www.ime.unicamp.br/sinape/sites/default/files/artigo_submissao_sinape_2010_nakamura_carvalhofilho_oliveira_firetti.pdf Acesso em 04/02/2013.

PARVIAINEN, J. V. Qualidade e avaliação de qualidade de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. p. 59-90.

PAWSEY, C. K. Survival and early development of *Pinus radiata* as influenced by size of planting stock. **Australian Forest Research**, v.5, n.4, p.13-29, 1972.

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Institute, 2011. 420 p.: il.

REIS, E. R.; DAL'COL LÚCIO, A.; BINOTTO, A. F.; LOPES, S.J. Variabilidade dos parâmetros morfológicos em mudas de *Pinus elliotti* Engelm. **Cerne**, Lavras, v.14, n.2, p. 141-146, 2008.

REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N. F. e NOVAIS, R. F. (eds.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, Folha de Viçosa, p. 265-302, 1990.

SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M.; ZANCAN, V. **Caracterização física e química de um solo em uma área de campo nativo, destinada ao plantio de *Pinus taeda* L.** Santa Maria : UFSM, CCR, Dep. Ci. Fl., 1999. 37 p.

SILVEIRA, R. L. V. A. **Efeito do potássio no crescimento, nas concentrações dos nutrientes e nas características da madeira juvenil de progênies de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden cultivadas em solução nutritiva**. Tese (doutorado), Universidade de São Paulo. Piracicaba: USP, ESALQ, 2000, 169 p.: il.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Assimilação de nutrientes minerais. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. 3. ED. **Fisiologia Vegetal**, Porto Alegre, Artmed, p. 286-298, 2004.

VICINI, L. **Análise multivariada da teoria à prática**. Monografia (especialização), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria: UFSM, CCNE, 2005. 215 p.: il.

VIEIRA, C.R.; WEBER, O.L.S.; SCARAMUZZA, J.F.; COSTA, A.C.; SOUZA, T.R. Descrição de sintomas visuais em função das deficiências de macronutrientes em mudas de cerejeira (*Amburana acreana*). **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 4, p. 789-796, 2011.

CAPÍTULO 2

FORMAÇÃO DA MINICEPA E COMPRIMENTO DA MINIESTACA NA PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE LOURO-PARDO

RESUMO - Realizado entre outubro de 2012 a janeiro de 2013, o objetivo do trabalho foi avaliar 3 alturas de corte em mudas de louro-pardo (*Cordia trichotoma*) para a formação da minicepa e verificar a capacidade de enraizamento da espécie, com e sem a utilização de AIB nas miniestacas. Para tanto realizou-se duas etapas. Na primeira, mudas de louro-pardo em tubetes de 100 cm³, com aproximadamente dez meses de idade, formadas a partir de sementes, foram submetidas a 3 alturas de corte pré-determinadas (5 cm, 9 cm e 13 cm a partir da base do coleto) para a formação das minicepas. As unidades amostrais foram compostas por 5 plantas, distribuídas em 8 repetições totalizando 120 plantas em delineamento inteiramente casualizado. Após 60 dias foram avaliados o número de brotos (NB); diâmetro da base das brotações (DB); comprimento dos brotos (CB); número de folhas por broto (NF) e ainda, o diâmetro (MDB), o comprimento (MCB) e o número de folhas (MNF) do broto mais vigoroso. Na segunda etapa verificou-se a capacidade de enraizamento da espécie. Adotou-se o delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial, com quatro repetições, cada uma constituída por seis estacas. Os fatores testados foram: tamanho das estacas (4,5 cm, 6,5 cm, 8,5 cm e 10,5 cm) e utilização ou não de AIB na concentração de 6 g L⁻¹. Ao final de trinta dias avaliou-se a sobrevivência (S), o enraizamento (E) e a existência de primórdios radiculares (P) nas estacas; a soma de E + P (EP), o número de raízes primárias por estaca (NR), o comprimento médio de raiz (CR) e o peso da matéria seca de raiz (MSR). Para a análise de variância foi utilizado o teste F e para comparação entre médias o teste Tukey. Na primeira etapa, para todas as características avaliadas, não houve diferenças significativas. Na segunda etapa houve interação significativa entre a aplicação de AIB e o tamanho das estacas para S, E, P e MSR. Com relação ao tamanho das estacas, houve significância para EP e CR. Já para a utilização do AIB houve significância para EP, CR e NR.

Palavras-chave: miniestaquia; AIB; *Cordia trichotoma*; enraizamento.

FORMATION OF MINI-STUMP AND LENGTH OF MINICUTTINGS IN VEGETATIVE PROPAGATION OF LOURO-PARDO

ABSTRACT - The goal of the study was to evaluate 3 cutting heights in seedlings of louro-pardo (*Cordia trichotoma*) for the formation of mini-stump and check the rooting capacity of the specie, with IBA (indolbutiric acid). Conducted from October 2012 to January 2013, the procedure was held in two steps. At first, seedlings of louro-pardo in 100 cm³ tubes with approximately ten months of age, taken from seeds, were subjected to three predetermined section (5 cm, 9 cm and 13 cm from the base of the stem) for the formation of mini-stumps. The plots were composed of five plants, in 8 replicates totaling 120 plants in a completely randomized design. At 60 days were evaluated the number of shoots (NB); shoot diameter (DB); shoot length (CB); number of leaves per shoot (NF) and the diameter (MDB), the length (MCB) and number of leaves (MNF) of more vigorous shoot. In the second step was to verify the rooting capacity of the specie. It was adopted a completely randomized design in a factorial design with four replicates, each consisting of six cutting. The factors tested were: size of cuttings (4.5 cm, 6.5 cm, 8.5 cm and 10.5 cm), and IBA at 6 g L⁻¹. At thirty days it was evaluated the survival (S), rooting (E) and the existence of root primordia (P) in the cutting; E + P (EP), the number of roots per cutting (NR), root length (CR) and the dry mass of root (MSR). F test and the Tukey means comparison test was used. In the first step, there was no significant differences, for all traits evaluated. In the second stage there was a significant interaction between the application of IBA and the size of the cuttings for S, E, P and MSR. Regarding the size of the cuttings, there was significance for EP and CR. As for the use of IBA there was significance for EP, CR and NR.

Keywords: minicutting; IBA; *Cordia trichotoma*; rooting.

INTRODUÇÃO

O louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel, Boraginaceae) é uma árvore caducifólia que pode alcançar até 35 m de altura. Apresenta boa forma de tronco podendo apresentar fustes de 10 a 20 m de altura (CARVALHO, 1988) e 100 cm de DAP na idade adulta (REITZ et al., 1988). Floresce durante os meses de abril a julho, período no qual fica totalmente desfolhada, com frutos amadurecendo nos meses de julho a setembro (LORENZI, 1992) na região Centro-Oeste.

Nas Regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, o louro-pardo é uma das espécies nativas mais promissoras para plantio. Apresenta rápido crescimento e madeira de excelente qualidade, apreciada nos mercados interno e externo (CARVALHO, 1988). Porém, a reprodução sexuada da espécie é dificultada pela rápida perda da viabilidade das sementes, quando mantidas em ambiente não controlado, por apresentarem comportamento recalcitrante ao armazenamento (MARCHETTI, 1984) e com germinação geralmente irregular.

Dessa forma, mesmo que a planta possa ser propagada sexualmente, a propagação vegetativa pode ter inúmeras vantagens por ser uma técnica simples, rápida e de baixo custo, além de produzir muitas mudas em espaço reduzido, proporcionando ainda maior uniformidade do estande, mantendo as características genéticas da planta doadora (HARTMANN et al., 2002).

Algumas tecnologias já vêm sendo estudadas como forma alternativa de reprodução assexuada para o louro-pardo, dentre elas, a micropropagação (MANTOVANI et al., 2001; FICK et al., 2007; HEBERLE, 2010), a estaquia radicular (NASCIMENTO, 2012) e a miniestaquia (NASCIMENTO, 2012; FAGANELLO, 2012).

Para promover o enraizamento de estacas na propagação vegetativa, Hartmann et al. (2002) recomendam principalmente o ácido indol-butírico (AIB), por ser menos tóxico para a planta que as demais auxinas sintéticas utilizadas.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar três alturas de corte em mudas de louro-pardo (*Cordia trichotoma*) para a formação da minicepa e verificar a capacidade de enraizamento da espécie, com e sem a utilização de AIB.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no período de outubro de 2012 a janeiro de 2013, em duas etapas, utilizando-se mudas de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steud (louro-pardo).

A primeira etapa teve início em outubro de 2012, tendo como objetivo a avaliação da melhor altura de corte para formação de minicepas. A coleta do material foi feita em mudas de louro-pardo formadas em viveiro a partir de sementes coletadas de árvores nativas da região de Dourados – MS, produzidas em tubetes de 100 cm³, com aproximadamente dez meses de idade. Estas mudas foram submetidas a três alturas de corte (5 cm, 9 cm e 13 cm a partir da base do coleto) para a formação das minicepas.

As unidades amostrais, localizadas em viveiro telado (50% de sombreamento), foram compostas por cinco plantas, das quais quatro foram avaliadas, distribuídas em oito repetições totalizando 120 plantas em delineamento inteiramente casualizado. Após 60 dias do corte foram avaliados o número de brotos (NB), o diâmetro da base das brotações (DB), o comprimento dos brotos (CB), o número de folhas por broto (NF) e ainda, o diâmetro (MDB), o comprimento (MCB) e o número de folhas (MNF) do broto mais vigoroso. Os comprimentos foram medidos com régua graduada em milímetros e o diâmetro dos brotos com o auxílio de um paquímetro com aproximação de 0,2 mm, sendo ambos os resultados apresentados em cm.

A segunda etapa, cujo objetivo foi a avaliação da capacidade de enraizamento da espécie, teve início em dezembro de 2012, utilizando-se material vegetativo produzido na etapa anterior.

Adotou-se o delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial, com quatro repetições, cada uma constituída por seis estacas, em função do material disponível. Os fatores testados foram: tamanho (T) das estacas (4,5 cm, 6,5 cm, 8,5 cm e 10,5 cm) e utilização (H) ou não de hormônio (SH) AIB. Nos tratamentos com AIB a concentração utilizada foi de 6 g L⁻¹ (CASTRO, 2011; CUNHA et al., 2004).

As estacas destacadas do ápice dos brotos das minicepas foram preparadas recebendo corte em bisel na base, mantendo-se quatro folhas cortadas aproximadamente pela metade, com finalidade de manter área suficiente para fotossíntese e, ao mesmo tempo reduzir a evapotranspiração. Em seguida foram

imersas em solução de hipoclorito de sódio a 1% por 5 minutos, sendo logo após, lavadas em água corrente (OLIVEIRA et al., 2005).

Nos tratamentos com hormônio a base das estacas (1,5 cm) foi imersa em solução de AIB por 10 segundos. Para o preparo da solução, foi realizada diluição do regulador em solução 0,5 normal NaOH, completando o volume com água de acordo com a concentração (OLIVEIRA et al., 2009; VILLA et al., 2003; CAMPAGNOLO e PIO, 2012).

Após o preparo das estacas, estas foram acondicionadas em tubetes plásticos com 50 cm³ de volume, instalados em bandejas a 80 cm do nível do solo. As estacas foram mantidas por 30 dias em casa de vegetação, período necessário para o enraizamento. A irrigação ocorreu por meio de nebulizadores acionados 10 segundos a cada 10 minutos, das 7 h às 18 h.

Os dados locais de temperatura, precipitação e umidade relativa mensais no período do experimento e séries de 30 anos de cada evento são apresentados na Figura 1.

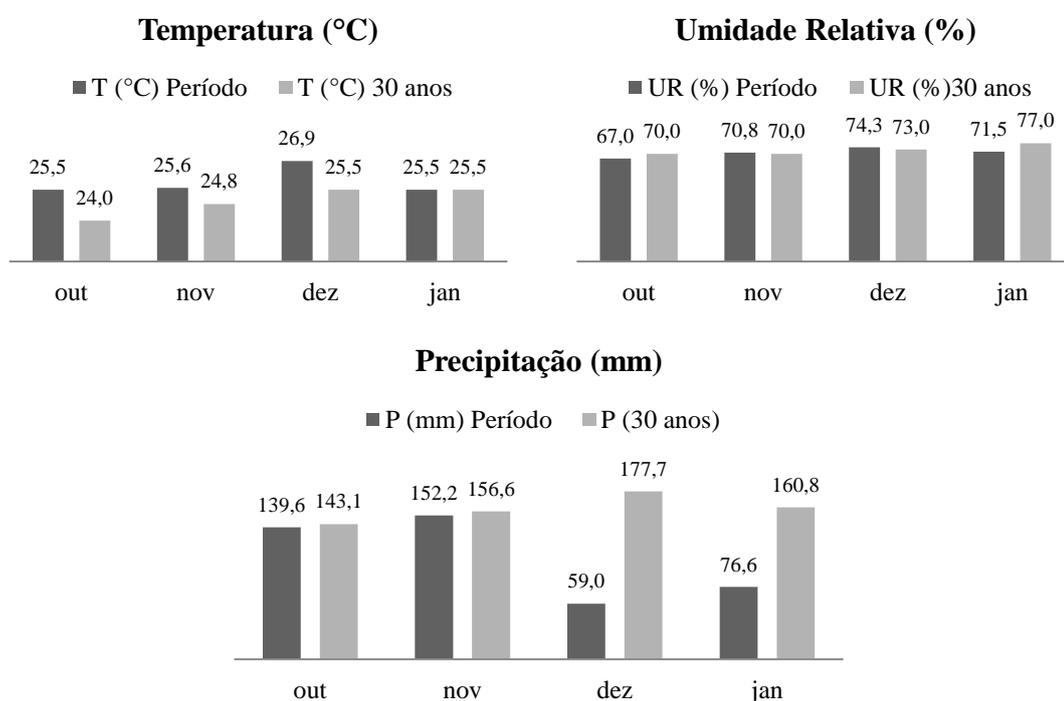


Figura 1. Temperatura, umidade relativa e precipitação mensais em Dourados-MS, durante o período de condução dos experimentos. Fonte: Estação Agrometeorológica Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados (2013).

O substrato utilizado nos tubetes, nas duas etapas, foi um produto comercial constituído de vermiculita, fibra de coco e casca de arroz carbonizada (Tabela 1), com adição de adubo de liberação lenta NPK (12,7-7,6-10,2) na dose de 250 g 50 L⁻¹ de substrato, conforme recomendação do fabricante. Quinze dias após a implantação do experimento, realizou-se adubação foliar em cobertura com produto comercial em diluição de 1 ml L⁻¹ de água (Tabela 2).

Tabela 1. Resultado de análise para caracterização física do substrato utilizado para a produção das mudas de *Cordia trichotoma* realizada no Laboratório de Análise de Solo e Planta do IAC

pH*	EC (dS m ⁻¹)	CRA 10 (%v/v)	CRA 10 (%m/m)	CTC2 (mmolc kg ⁻¹)	CTC2 (mmolc dm ⁻³)
6,9	0,3	40,4	314,6	460,7	84,5

* Extração 1:5 para pH e CE : Método descrito na IN 17 de 21/05/2007

Capacidade de Retenção de água (CRA 10): Mesa de tensão a 10 cm de coluna d'água (10kPa).

Métodos descritos na IN 17 de 21/05/2007 e IN 31 de 23 de outubro de 2008.

² Capacidade de Troca de Cátions: Método descrito na IN 17 de 21/05/2007.

Tabela 2. Nutrientes constituintes da composição do adubo foliar utilizado em cobertura nas mudas de *Cordia trichotoma*

Nutrientes	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	B	Cu	Mn	Zn
Níveis (%)	10,0	8,0	8,0	1,0	0,5	0,5	0,2	0,5	1,0

Ao final de trinta dias avaliou-se a sobrevivência (S), o enraizamento (E), a existência de primórdios radiculares (P) nas estacas, a soma de E + P (EP), o número de raízes primárias por estaca (NR), o comprimento médio de raiz (CR) e o peso da matéria seca de raiz (MSR).

As alturas e comprimentos foram medidas com régua graduada em milímetros e o diâmetro do colo das mudas com o auxílio de um paquímetro com aproximação de 0,2 mm, sendo ambos os resultados apresentados em cm. Para a obtenção do peso da matéria seca de raiz (MSR) o material vegetal foi seco em estufa a 65 °C até atingir peso constante, sendo, posteriormente, pesado numa balança de precisão com aproximação de 0,02 g. Para a análise de sobrevivência foram consideradas as estacas que permaneceram verdes após os trinta dias. Para o

enraizamento, bem como para efeito de comprimento radicular, foram consideradas as estacas que apresentaram qualquer tamanho de raiz. Já os primórdios radiculares foram caracterizados pela presença de massa celular indiferenciada na base de algumas estacas (calos), e de alterações nos tecidos caulinares com aparente formação inicial de raízes (pequenas pontuações esbranquiçadas) (Figura 2).

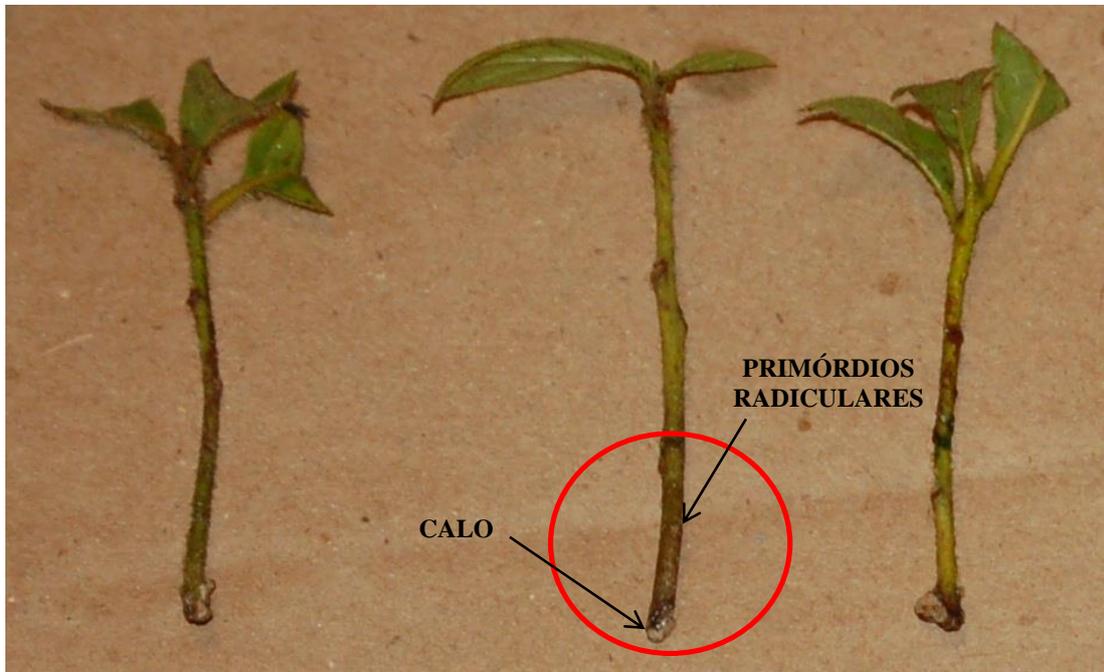


Figura 2. Detalhe dos primórdios radiculares (P).

Foi realizada análise de variância e o teste Tukey ($p < 0,05$) para comparação entre médias. Os dados expressos em porcentagem e os dados de contagem foram transformados para $\text{arc sen } \sqrt{P\%/100}$ antes da análise de variância. Para tanto foi utilizado o software estatístico GENES (CRUZ, 1998) e para a confecção dos gráficos o programa Excel (2010) da Microsoft.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura de corte não influenciou a formação das minicepas de louro-pardo, avaliada por meio das características número de brotos (NB), diâmetro de coletor dos brotos (DB), comprimento dos brotos (CB), número de folhas por broto (NF), e o diâmetro (MDB), comprimento (MCB) e número de folhas (MNF) do broto mais vigoroso (Tabela 3 e Figura 3).

Tabela 3. Quadrados médios de número de brotos (NB), diâmetro de coletor dos brotos (DB), comprimento dos brotos (CB), número de folhas por broto (NF) e o diâmetro (MDB), comprimento (MCB) e número de folhas (MNF) do broto mais vigoroso de mudas de *Cordia trichotoma* submetidas a diferentes alturas de corte.

FV	GL	NB	DB	CB	NF	MDB	MCB	MNF
Altura Corte	2	1,234 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	1,593 ^{ns}	1,474 ^{ns}	0,002 ^{ns}	54,333 ^{ns}	2,640 ^{ns}
Resíduo	21	10,797	0,0104	81,929	14,761	0,013	222,100	25,515
Média		3,063	0,2169	8,703	7,425	0,273	13,972	10,813

**,* e ^{ns} - significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F

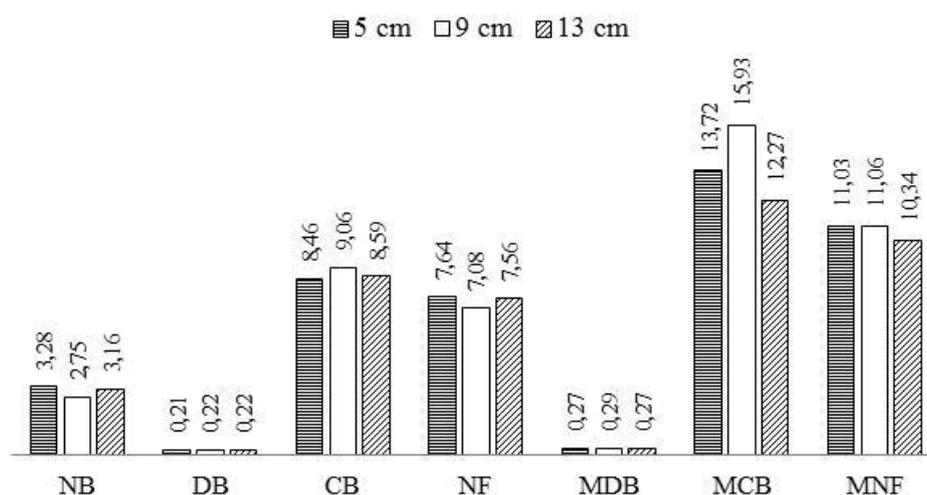


Figura 3. Médias de número de brotos (NB), diâmetro de coletor dos brotos (DB), comprimento dos brotos (CB), número de folhas por brotos (NF) e o diâmetro (MDB), comprimento (MCB) e número de folhas (MNF) do broto mais vigoroso de mudas de *Cordia trichotoma* submetidas a diferentes alturas de corte.

Considerando o enraizamento de estacas (Tabela 4) verificou-se interação significativa entre a aplicação de AIB (H) e o tamanho das estacas para a sobrevivência (S), o enraizamento (E), a existência de primórdios radiculares (P) e o peso da matéria seca da raiz (MSR).

A única variável que respondeu significativamente somente ao fornecimento de AIB foi o número de raízes (NR), enquanto aquelas que foram significativas sem interação, porém, para ambas as fontes de variação (H e T) separadamente foram a soma de enraizamento e primórdios radiculares (EP) e comprimento de raízes (CR) (Tabela 4).

Tabela 4. Quadrados médios de sobrevivência (S), enraizamento (E), primórdios radiculares (P), soma de E + P (EP), número de raízes primárias por estaca (NR), comprimento médio de raízes (CR), peso da matéria seca de raiz (MSR) de diferentes comprimentos de estacas de *Cordia trichotoma* submetidas à utilização ou não de hormônio AIB

FV	GL	S	E	P	EP	NR	CR	MSR
Hormônio (H)	1	585,87**	5495,69**	329,98 ^{ns}	6458,83**	279,66**	16,97**	0,000037**
Comprimento das estacas (T)	3	3346,33**	1617,18**	953,96**	4132,67**	20,61 ^{ns}	8,47*	0,000011**
H*T	3	247,19*	618,10**	781,06**	260,88 ^{ns}	3,70 ^{ns}	2,62 ^{ns}	0,000006*
Resíduo	24	69,18	81,67	105,03	89,24	11,52	1,71	0,000001
Média		61,23	16,12	13,24	25,46	3,67	1,04	0,001258

**,* e ^{ns} - significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F

Observou-se que a maior média de sobrevivência (S) das estacas ocorreu no comprimento de 4,5 cm, independente da presença ou ausência de hormônio, chegando a 100% no grupo sem hormônio (SH), onde diferiu estatisticamente das outras medidas (Figura 4).

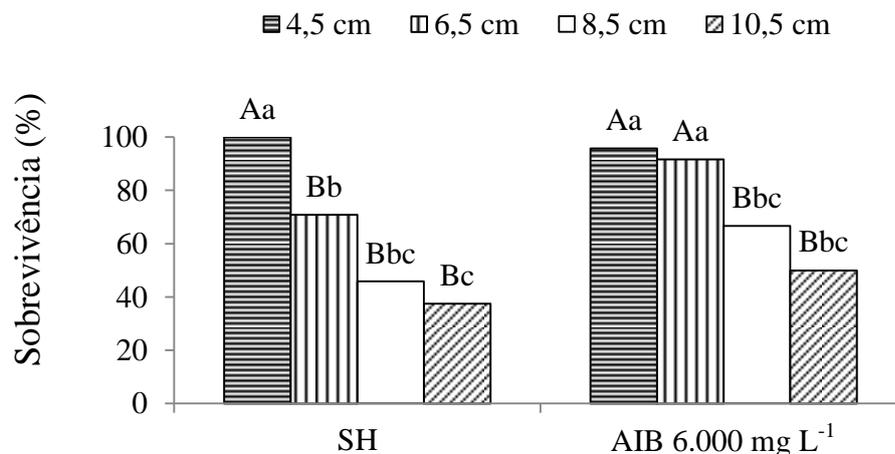


Figura 4. Médias de sobrevivência de miniestacas de *Cordia trichotoma* submetidas à utilização (AIB 6.000 mg L⁻¹) ou não de hormônio (SH). Médias seguidas da mesma letra maiúscula entre os comprimentos e, médias seguidas da mesma letra minúscula para o mesmo comprimento de estaca, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

No grupo com aplicação de hormônio os melhores resultados de sobrevivência se deram nos comprimentos de 4,5 e 6,5 cm, respectivamente 98,8% e 91,6%, que foram estatisticamente semelhantes. Esses resultados se assemelharam aos de Nascimento (2012), quando avaliaram estacas com 5 cm de comprimento e aplicação de AIB, obtendo 92,5% de sobrevivência aos 30 dias. Embora tenham trabalhado com clones de híbridos de eucalipto, Brondani et al. (2008) e Borges et al. (2011) também verificaram altos níveis sobrevivência de miniestacas aos 30 dias, com variação de 82 a 96%.

Embora não tenha sido objetivo desse trabalho, é possível notar a tolerância das miniestacas de louro-pardo ao AIB. Foi utilizada a concentração de 6.000 mg L⁻¹ nessa pesquisa, três vezes maior do que os 2.000 mg L⁻¹ de Nascimento (2012) e, nos dois casos pode-se indicar pela alta capacidade da espécie em tolerar altas doses dessa auxina. Há espécies nas quais pequenas doses de hormônio já são suficientes para prejudicar o enraizamento. Goulart et al. (2008), testando efeito fitotóxico em diversos clones de eucalipto híbrido (*urograndis*), demonstraram que em um deles apenas 500 mg L⁻¹ de AIB foi suficiente para causar prejuízos à sobrevivência.

Os dados resultaram que o aumento do tamanho das miniestacas reduziu o percentual de sobrevivência e que isso é particularmente notável quando não se

utilizou auxina externa para o enraizamento. Nesse caso, o comprimento de 4,5 cm foi o que gerou melhor desempenho para esta variável.

Nesse sentido, Lima et al. (2006) observaram em aceroleira (*Malpighia glabra* L) que estacas longas podem tornar-se mais suscetíveis à desidratação devido à grande superfície exposta ao ambiente e à maior demanda de água para suprir a grande quantidade de tecido vivo. É possível que o mesmo possa ter ocorrido com as estacas de maior tamanho em louro-pardo.

O maior nível de enraizamento aos 30 dias foi proporcionado pelo tratamento com auxina nas menores estacas (75%), embora todos os comprimentos de estaca dentro desse grupo tenham apresentado melhores índices do que nos tratamentos sem AIB. Por outro lado, dentro do grupo sem hormônio verificou-se a presença de raízes (8,33%) apenas nas estacas de 4,5 cm (Figura 5).

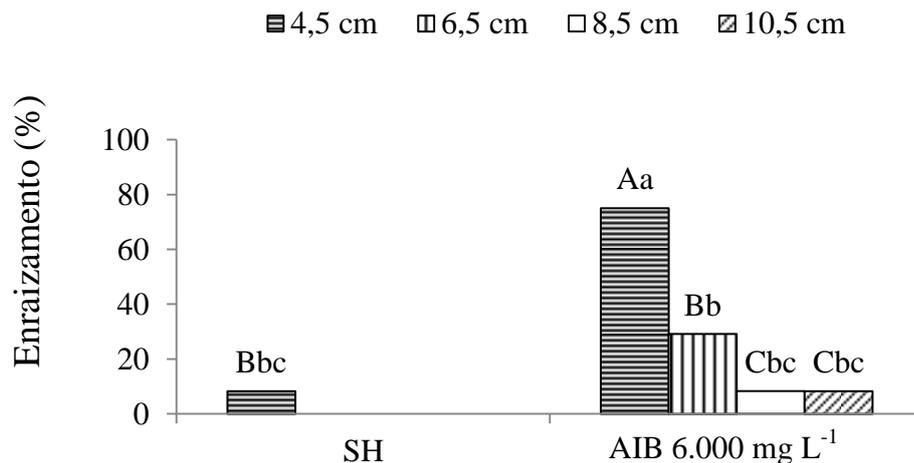


Figura 5. Médias de enraizamento de miniestacas de *Cordia trichotoma* submetidas à utilização (AIB 6.000 mg L⁻¹) ou não de hormônio (SH). Médias seguidas da mesma letra maiúscula entre os comprimentos e, médias seguidas da mesma letra minúscula para o mesmo comprimento de estaca, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

Diferentemente da avaliação da sobrevivência, onde o tratamento com AIB não influenciou nos resultados das menores estacas (4,5 cm), para o enraizamento o fornecimento de auxina externa foi essencial. Awad e Castro (1983) esclarecem que o ácido indol-butírico é uma substância sintética com atividade semelhante à auxina endógena, apresentando a capacidade de promover a formação de primórdios radiculares, utilizado para estimular e acelerar o enraizamento de estacas na propagação vegetativa de numerosas espécies vegetais.

Nascimento (2012) utilizando minicepas de louro-pardo de 5 cm de comprimento verificou, aos 60 dias que, aquelas tratadas com AIB apresentaram 36% de enraizamento, contra zero nos tratamentos sem auxina. Embora neste trabalho, no menor comprimento tenha ocorrido 8,33% de enraizamento, esse valor inviabiliza a produção de miniestacas sem aplicação de estimulante.

Também trabalhando com miniestacas de louro-pardo, Faganello (2012) constatou que o uso de 8.000 mg L⁻¹ de AIB no verão resultou em 28,9% de enraizamento, enquanto o tratamento sem o regulador apenas 2,5%.

Assim, como para a sobrevivência das miniestacas, o aumento do tamanho das miniestacas reduziu o percentual de enraizamento. Isso aconteceu mesmo quando se utilizou auxina externa. Nesse caso, o comprimento de 4,5 cm foi o que gerou melhor desempenho para esta variável. Desempenho similar foi encontrado por Oliveira et al. (2008) ao constatarem o melhor resultado de enraizamento (41,25%), para produção de mudas de *Melaleuca alternifolia*, com o menor comprimento de estacas avaliado (10 cm). Segundo Taiz e Zeiger (2004) resultados como estes devem estar relacionados com o gradiente hormonal do ramo, pois estacas apicais com menor comprimento podem apresentar maior concentração de auxina endógena, uma vez que a mesma é produzida no ápice e translocada para regiões basais.

A boa capacidade de enraizamento das miniestacas com menor comprimento pode ser explicada também pelo seu grau de juvenilidade, pois, de acordo com Ferrari et al. (2004), quanto mais adulto o material, menor é a capacidade de enraizamento e pior o desenvolvimento vegetativo a campo. Isto é confirmado por Dias (2011) em miniestaquia de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan), onde as estacas apicais demonstraram ser mais responsivas ao enraizamento adventício que as miniestacas intermediárias, havendo a formação mais rápida de raízes e de mudas com o sistema radicular bem mais estruturado.

A presença de massa celular indiferenciada na base de algumas estacas e de alterações nos tecidos caulinares, com aparente formação inicial de raízes (primórdios radiculares) (Figura 2), foram verificados com intensidade nas estacas de 4,5 cm (41,67%) sem tratamento hormonal e, em menor escala, nas estacas tratadas com hormônio nos diferentes comprimentos (Figura 6).

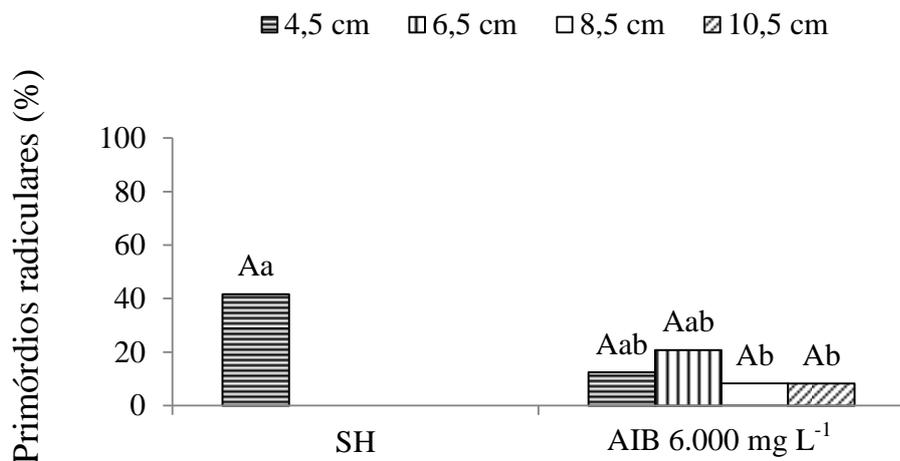


Figura 6. Médias de primórdios radiculares de miniestacas de *Cordia trichotoma* submetidas à utilização (AIB 6.000 mg L⁻¹) ou não de hormônio (SH). Médias seguidas da mesma letra maiúscula entre os comprimentos e, médias seguidas da mesma letra minúscula para o mesmo comprimento de estaca, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

Fachinello et al. (2005) conceituam o calo como um tecido cicatricial que pode surgir do câmbio vascular, do córtex e da medula cuja formação representa o início do processo de regeneração. É possível, portanto, que com maior período de avaliação, ou seja, acima dos 30 dias utilizados nesse trabalho, viesse a ocorrer emissão de raízes, melhorando o aproveitamento das miniestacas. Em função disso não foi possível maiores inferências sobre a variável primórdios radiculares, deixando para pesquisas futuras maiores detalhamentos para essa condição.

Não houve interação entre a aplicação de hormônio e o comprimento das estacas para a variável enraizamento + primórdios radiculares (EP), indicando que ambos os fatores agiram separadamente sobre EP (Tabela 4).

O agrupamento dos dados de enraizamento e primórdios radiculares (EP) é uma característica que chama a atenção pela possibilidade de enraizamento de miniestacas de louro-pardo sem a utilização de tratamento hormonal. As médias de EP para o menor comprimento das estacas foi diferente de todas as outras medidas.

É importante destacar, no entanto, que dos 68,75% de EP, apenas 8,33 pontos percentuais (Figura 7a) representaram estacas efetivamente enraizadas. Há necessidade de avaliações mais detalhadas das perspectivas de que os primórdios radiculares transformem-se em raízes com o passar do tempo.

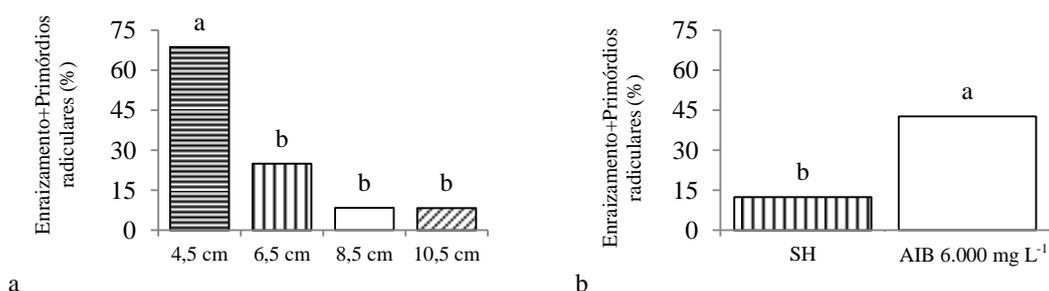


Figura 7. a) Médias de enraizamento + primórdios radiculares de miniestacas de *Cordia trichotoma* com diversos comprimentos. Médias seguidas da mesma letra entre os tratamentos não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($P < 0,05$). **b)** Valores médios de Enraizamento + Primórdios radiculares de miniestacas de *Cordia trichotoma* submetidas à utilização de hormônio (AIB 6.000 mg L⁻¹) ou não (SH). Médias seguidas da mesma letra entre os tratamentos não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Por outro lado, dos 42,71% de EP (Figura 7b) obtidos como resultado da aplicação de AIB, 75 pontos percentuais (Figura 5) corresponderam a efetivo enraizamento no comprimento de 4,5 cm.

Resultados similares foram observados por Faganelo (2012) em estacas da mesma espécie. Nesse trabalho, somando-se as médias gerais de E + P obteve-se o valor de 75%, resultante de diferentes concentrações de AIB e ANA.

De modo similar ao enraizamento, para o peso da matéria seca de raízes (MSR) observaram-se maiores médias no grupo com tratamento hormonal e nas menores estacas (4,5 cm) (Figura 8).

O AIB, além de outros fatores ambientais, pode contribuir para o enraizamento e conseqüentemente para maiores valores de matéria seca de raízes (MSR). Isto permite a suposição de que, quando os fatores ambientais aliados aos reguladores de crescimento internos responsáveis pela formação de raízes falharem em induzir a diferenciação ou o fizerem em taxas restritas, os reguladores exógenos atuam complementando a diferenciação (WENDLING E XAVIER 2005).

Nesse sentido, outros autores verificaram que houve um efeito significativo do AIB sobre o peso da matéria seca de raízes (MSR) em estacas de aceroleira (*Malpighia glabra* L) e de *Chamaecyparis lawsoniana* Parl, nas concentrações de 2.800 mg L⁻¹ e 10.000 mg L⁻¹, respectivamente (GONTIJO et al., 2003 e STUMPF et al., 2001), ao passo que, clones de *Eucalyptus grandis* apresentaram certos níveis de

toxidez nas concentrações acima de 500 mg L⁻¹ quanto ao MSR em função das aplicações de AIB (WENDLING E XAVIER 2005).

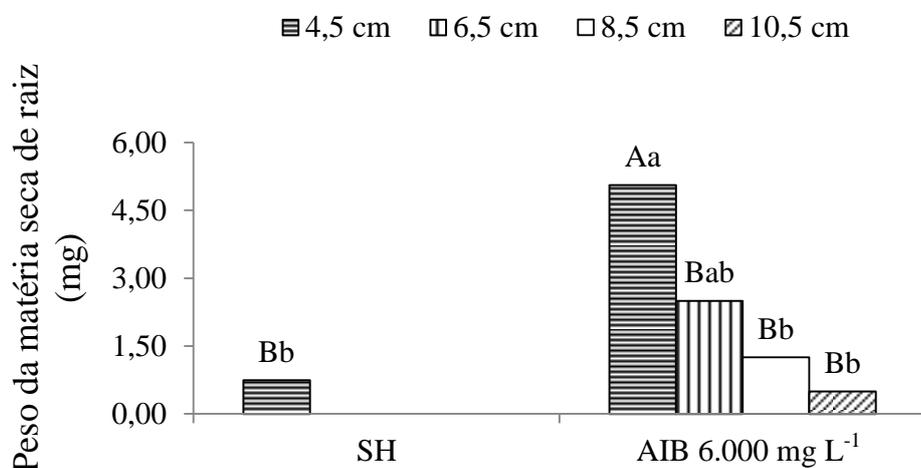


Figura 8. Médias de peso da matéria seca de raiz de miniestacas de *Cordia trichotoma* submetidas à utilização (AIB 6.000 mg L⁻¹) ou não de hormônio (SH). Médias seguidas da mesma letra maiúscula entre os comprimentos dentro da mesma dose de hormônio e, médias seguidas da mesma letra minúscula para o mesmo comprimento de estaca, entre as diferentes doses de hormônio, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

Não houve interação entre aplicação de hormônio e comprimento das estacas para a variável comprimento de raízes (CR), a qual seguiu a mesma tendência das características analisadas anteriormente para enraizamento (E) e enraizamento + primórdios (EP), apresentando os maiores valores no grupo com tratamento hormonal e nas menores estacas (Figura 9).

As estacas com os dois menores comprimentos (4,5 e 6,5) não apresentaram diferença entre si, variando de 2,39 a 1,30 cm.

Estes valores variaram entre 0,18 e 2,39 cm entre comprimento de estacas e de 0,31 a 1,77 cm considerando a ausência ou presença de AIB. Gontijo et al. (2003) também observaram maiores valores de CR com o aumento da concentração de AIB, em estacas de aceroleira, sendo o maior comprimento da raiz obtido com 2800 mg L⁻¹. Por outro lado Nascimento (2012), avaliando louro-pardo, obteve médias de 2,13 a 1,85 cm de comprimento radicular aos 30 dias, e de 3,43 a 4,69 cm aos 60 dias, em relação à ausência ou presença de AIB.

Segundo Reis et al. (2000) uma melhor resposta para o comprimento e número de raízes formadas nas estacas indica que as mudas posteriormente formadas

possuirão melhor desenvolvimento, uma vez que a melhor qualidade do sistema radicial possibilitará maiores chances de sobrevivência quando transplantadas para o campo.

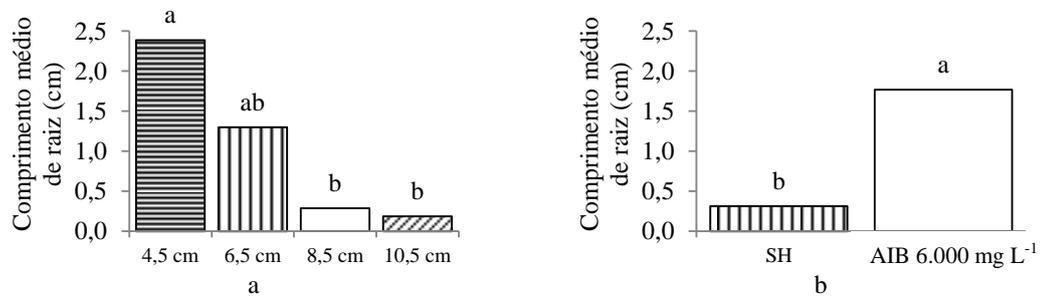


Figura 9. a) Médias do comprimento de raízes de miniestacas de *Cordia trichotoma* com diversos comprimentos. Médias seguidas da mesma letra entre os tratamentos não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($P < 0,05$). **b)** Médias do comprimento de raízes de miniestacas de *Cordia trichotoma* submetidas à utilização de hormônio (AIB 6.000 mg L⁻¹) ou não (SH). Médias seguidas por mesma letra entre os tratamentos não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Com relação ao número de raízes (NR) primárias por estaca verificou-se diferença significativa somente com relação ao fator AIB. A média para as estacas que receberam hormônio foi maior (1,88) do que naquelas sem AIB (0,13) (Figura 10). No estudo de Nascimento (2012), com a mesma espécie, essa característica não foi influenciada pelas doses de AIB ($P < 0,05$), aos 30 e 60 dias de avaliação.

Entretanto, Stumpf et al. (2001) verificaram que o efeito do tratamento com AIB só ficou evidenciado no número de raízes de estacas de *Chamaecyparis lawsoniana* Parl quando outros fatores apresentaram-se menos favoráveis, como o substrato e o tipo de estaca. Já Gontijo et al. (2003) observaram para a mesma variável que, com o aumento das concentrações de AIB, houve aumento significativo no número das raízes das estacas de aceroleira, sendo a concentração de 2800 mg L⁻¹ de AIB a que proporcionou maior número de raízes por estaca (2,5).

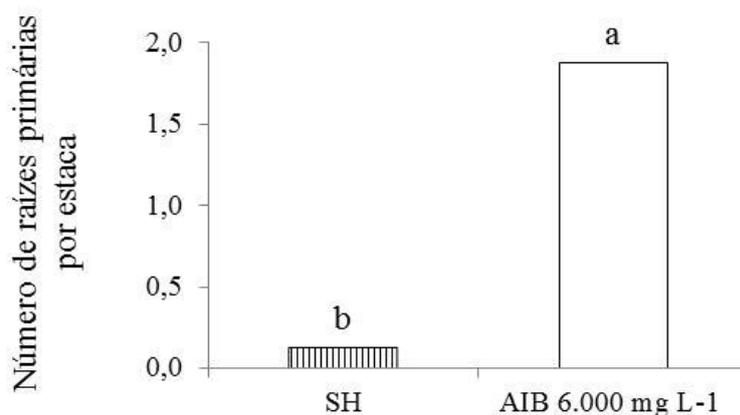


Figura 10. Valores médios de Número de Raízes primárias por estaca de miniestacas de *Cordia trichotoma* submetidas à utilização (AIB 6.000 mg L⁻¹) ou não de hormônio (SH). Médias seguidas por mesma letra entre os tratamentos não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

O número de raízes (NR) é uma característica interessante a ser avaliada, pois presume-se que um maior número de raízes primárias deve determinar uma melhor arquitetura de sustentação refletindo em maior sobrevivência das plantas no campo.

Considerando as demais características avaliadas e, em função da interação detectada entre a presença/ausência de AIB e o comprimento das miniestacas, há necessidade de maior refinamento na pesquisa com relação às doses hormonais visando economia e praticidade para a propagação vegetativa da espécie.

Dessa forma, há perspectivas de se obter melhores resultados no enraizamento de estacas de louro-pardo com comprimento de 4,5 cm, sem o uso de auxina exógena, em períodos maiores do que os 30 dias decorridos neste experimento, em função do alto percentual de primórdios radiculares detectados.

CONCLUSÕES

Considerando as análises realizadas envolvendo a propagação vegetativa do louro-pardo conclui-se que:

a) A altura de corte das mudas, com o objetivo de formação de minicepas não interfere na produção de brotos.

b) O comprimento das miniestacas de louro-pardo apresentou relação inversa com a sobrevivência e o percentual de enraizamento, ocorrendo os melhores resultados nas estacas de 4,5 cm de comprimento.

c) Para o melhor enraizamento e maior acúmulo de matéria seca nas raízes de miniestacas de louro-pardo aos 30 dias é essencial a aplicação de auxina exógena, devendo estas ter comprimento de 4,5 cm.

d) Considerando o agrupamento dos dados de enraizamento (E) e formação de primórdios radiculares (P) aos 30 dias, seria mais econômico a utilização de estacas de 4,5 cm de comprimento, sem adição de hormônio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AWAD, M.; CASTRO, P. R. C. **Introdução à fisiologia vegetal**. São Paulo: Nobel, 1983. 177 p.

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

BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; ARAUJO, M. A.; PIRES, P. P. Ácido indolbutírico em gel para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.2, p.153-158, 2008.

CAMPAGNOLO, M. A.; PIO, R. Enraizamento de estacas caulinares e radiculares de cultivares de amoreira-preta coletadas em diferentes épocas, armazenadas a frio e tratadas com AIB. **Ciência Rural**, v.42, n.2, 2012.

CARVALHO, P. E R. Louro-pardo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 17, p.63-66, 1988.

CASTRO, W. H. **Propagação vegetativa do jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) e do pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr.) por estaquia**. 2011. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2011.

CUNHA, A. C. M. C. M.; WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Influência da concentração do regulador de crescimento para enraizamento AIB na formação de mudas de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax por estaquia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 49, p. 17-29, 2004.

DIAS, P. C. **Propagação vegetativa de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) por estaquia e miestaquia.** 2011. 101p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2011.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. **Propagação de plantas frutíferas. Embrapa informações tecnológicas.** Brasília, DF, 2005, 221p.

FAGANELLO, L. R. **Propagação vegetativa de miniestacas de *Cordia trichotoma* em função de auxinas e épocas de coleta.** 2012. 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon-PR, 2012.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. Propagação vegetativa de espécies florestais. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. **Documentos**, 94. 22p.

FERRIANI, A. P.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I. Miniestaquia aplicada a espécies florestais. **Revista Agroambiente On-line**, v. 4, n. 2, p. 102-109, 2010.

FICK, T. A.; BISOGNIN, D. A.; QUADROS, K. M.; HORBACH, M.; REINIGER, L. R. S. Estabelecimento e crescimento in vitro de plântulas de louro-pardo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.17, n.4, p.343-349, 2007.

GONTIJO, T. C. A.; RAMOS, J. D.; MENDONÇA, V.; PIO, R.; ARAÚJO NETO, S. E.; CORRÊA, F. L. O. Enraizamento de diferentes tipos de estacas de aceroleira utilizando ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 25, n. 2, p. 290-292, 2003.

GOULART, P. B.; XAVIER, A.; CARDOSO, N. Z. Efeito dos reguladores de crescimento AIB e ANA no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.6, p.1051-1058, 2008.

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

HEBERLE, M. **Propagação *in vitro* e *ex vitro* de louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrabida ex Steudel)**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2010.

LIMA, R. L. S.; SIQUEIRA, D. L.; WEBER, O. B.; CAZZETA, J. O. Comprimento de estacas e parte do ramo na formação de mudas de aceroleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 83-86, 2006.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1992.

MANTOVANI, N. C.; FRANCO, E. T. H.; VESTENA, S. Regeneração *in vitro* de louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 93-101, 2001.

MARCHETTI, E. R. Época de coleta, semeadura, tratamento pré-germinativo e métodos de semeadura de espécies florestais cultivadas no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 1984, Nova Prata. **Anais...** Nova Prata: [s. n.], 1984. p. 524-532.

NASCIMENTO, P. K. V. **Propagação vegetativa de louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud.) por estaquia radicular e miniestaquia**. 2012. 117p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2012.

OLIVEIRA, A. F.; CHALFUN, N. N. J.; ALVARENGA, A. A.; VIEIRA NETO, J.; PIO, R.; OLIVEIRA, D. L. Estaquia de oliveira em diferentes épocas, substratos e doses de AIB diluído em NaOH e álcool. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 79-85, 2009.

OLIVEIRA, A. P.; NIENOW, A. A.; CALVETE, E. O. Qualidade do sistema radicular de estacas semilenhosas e lenhosas De pessegueiro tratadas com AIB. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 346-348, 2005.

OLIVEIRA, Y.; SILVA, A. L. L.; PINTO, F.; QUOIRIN, M.; BIASI, L. A. Comprimento das estacas no enraizamento de melaleuca. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 415-418, 2008.

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

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIZ, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Governo do Estado do RS, 1988. 525 p.

STUMPF, E. R. T.; GROLLI, P. R.; SCZEPANSKI, P. H. G. Efeito do ácido indolbutírico, substrato e tipo de estaca no enraizamento de *Chamaecyparis lawsoniana* PARL. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.7 n. 2, p.101-105, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 565 p.

VILLA, F.; PIO, R.; CHALFUN, N. N. J.; GONTIJO, T. C. A.; DUTRA, L. F. Propagação de amoreira-preta utilizando estacas lenhosas. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras. v. 27, n. 4, p. 829-834, 2003.

WENDLING, I. e XAVIER, A. Influência do ácido indolbutírico e da miniestaquia seriada no enraizamento e vigor de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.6, p.921-930, 2005.

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

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