



EFEITOS DO ÁCIDO INDOLBUTÍRICO (AIB) NO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS EM ESPÉCIES FLORESTAIS AMAZÔNICAS

Annanda Souza de Campos¹, Rafael Barbosa Diógenes Lienard¹, Lucas Graciolli Savian¹, Barbara
Valentim de Oliveira², Felipe Coelho de Souza¹, Paulo André Trazzi^{1*}

Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, Brasil¹

Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, Brasil²

*paulo.trazzi@ufac.br

RESUMO

A miniestaquia tem se destacado como alternativa viável para a propagação clonal de espécies florestais nativas, sobretudo na Amazônia, onde limitações relacionadas à reprodução sexuada dificultam a produção de mudas em larga escala. Este estudo avaliou o efeito de quatro concentrações de ácido indolbutírico (AIB – 0, 2000, 4000 e 8000 ppm) sobre o enraizamento e a sobrevivência de miniestacas de *Handroanthus impetiginosus* (ipê-roxo), *Licania tomentosa* (oiti), *Copaifera paupera* (copaíba) e *Calycophyllum spruceanum* (mulateiro). O experimento foi conduzido em ambiente protegido, sob delineamento em blocos casualizados. Os resultados evidenciaram variação significativa entre as espécies. Para o mulateiro, as doses de 0 e 2000 ppm promoveram os maiores índices de enraizamento (50%), com queda significativa em concentrações superiores. O ipê-roxo respondeu melhor a 0 e 4000 ppm (44,4%), com menor desempenho em 2000 e 8000 ppm. Para oiti, o enraizamento foi baixo e estatisticamente indiferente entre os tratamentos, embora a sobrevivência tenha se mantido elevada (85,7% a 100%). Em copaíba, não houve formação de raízes em nenhuma concentração testada, e a sobrevivência variou sem diferença estatística. Conclui-se que a resposta ao AIB foi variável e espécie-dependente, e que, para as condições avaliadas, o enraizamento pode ocorrer de forma satisfatória sem o uso do regulador de crescimento.

Palavras-chave: Miniestaquia, Auxina, Espécies florestais nativas, Propagação clonal.

INTRODUÇÃO

A restauração ecológica e a produção florestal sustentável na Amazônia dependem da disponibilidade de mudas de qualidade, geneticamente superiores e adaptadas às condições edafoclimáticas locais. Contudo, a maioria das espécies nativas enfrenta dificuldades na propagação por sementes, seja pela baixa viabilidade, sazonalidade de coleta ou inexistência de protocolos técnicos padronizados. Nesse cenário, a propagação vegetativa representa uma alternativa viável para multiplicação clonal e conservação de genótipos de interesse (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2021).

Dentre as técnicas disponíveis, a miniestaquia tem se destacado por permitir o enraizamento de propágulos juvenis em ambientes protegidos, sendo amplamente adotada em espécies comerciais como *Eucalyptus*. Para espécies florestais nativas, no entanto, seu uso ainda é incipiente, especialmente na região amazônica, exigindo ajustes metodológicos específicos. Trabalhos recentes, como os de Carvalho et al. (2020), Oliveira et al. (2016) e Sant'Ana et al. (2023), demonstram avanços significativos, embora reforcem a necessidade de adaptação da técnica às particularidades fisiológicas de cada espécie.

O uso de reguladores de crescimento, como o ácido indolbutírico (AIB), é um dos principais fatores que influenciam o sucesso do enraizamento clonal, por sua atuação direta na indução da rizogênese. No entanto, apresenta resultados variáveis conforme a espécie, época do ano, concentração e condições ambientais (OLIVEIRA et al., 2016).

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o enraizamento de miniestacas de quatro espécies florestais amazônicas — *Handroanthus impetiginosus* (ipê-roxo), *Licania tomentosa* (oiti), *Copaifera paupera* (copaíba) e *Calycophyllum spruceanum* (mulateiro) — submetidas a diferentes concentrações de AIB, visando ao desenvolvimento de um protocolo de baixo custo, atendendo às crescentes demandas por mudas em projetos de reflorestamento e conservação na Amazônia.

MATERIAL E MÉTODOS

Área do experimento

O presente trabalho foi realizado em viveiro do Parque Zoobotânico da Universidade Federal do Acre, localizado no município de Rio Branco, situado no Estado do Acre, pertencente à Amazônia Sul-Occidental brasileira. O clima predominante do local, de acordo com a classificação de Köppen, caracteriza-se por Am (clima tropical chuvoso de monção) (ALVARES et al., 2013).

2. Material e Métodos

2.1 Estabelecimento do minijardim clonal e coleta das miniestacas

O experimento foi conduzido com quatro espécies florestais nativas da Amazônia: ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus*), oiti (*Licania tomentosa*), copaíba (*Copaifera paupera*) e mulateiro (*Calycophyllum spruceanum*). As mudas, oriundas do Viveiro da Universidade Federal do Acre (UFAC) e Viveiro da Floresta (SEMA-AC), foram transplantadas para vasos de 5 litros contendo substrato florestal comercial e areia lavada na proporção de 3:1 (v/v). Após 30 dias de aclimação, foram decepadas a 10 cm da base para indução de brotações.

O minijardim clonal foi estabelecido em ambiente protegido com irrigação manual e fertirrigação a cada três dias, utilizando 150 mL de solução nutritiva elaborada conforme Barbosa Filho et al. (2017), contendo macro e micronutrientes. As miniestacas foram confeccionadas com 8 cm de comprimento, mantendo duas folhas reduzidas à metade no ápice. Após o corte, foram imediatamente acondicionadas em água para evitar desidratação. Em seguida, as bases foram imersas por 60 segundos em soluções de AIB (0, 2.000, 4.000 e 8.000 ppm), preparadas em NaOH 1 mol L⁻¹ e diluídas em água destilada.

2.2 Enraizamento e condução experimental

O enraizamento foi conduzido em miniestufa de sistema fechado, confeccionada com lona plástica transparente de 200 micras e sistema de irrigação automática por aspersão. As miniestacas foram estaqueadas em tubetes de 55 cm³ contendo substrato comercial. O tempo de permanência em casa de vegetação foi de 45 dias para o mulateiro e 60 dias para as demais espécies. Ao final desse período, foram realizadas avaliações quanto à sobrevivência e presença de raízes na base inferior dos tubetes.

2.3 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), com três blocos e quatro concentrações de ácido indolbutírico (AIB): 0, 2.000, 4.000 e 8.000 ppm. O número de miniestacas por parcela variou entre as espécies, sendo utilizadas seis para ipê-roxo, sete para oiti, oito para copaíba e dezesseis para mulateiro.

2.4 Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett ($p < 0,05$) e à verificação da normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$). Com as pressuposições atendidas, procedeu-se à análise de variância (ANOVA), considerando delineamento em blocos casualizados (DBC). Quando constatada diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de agrupamento de Scott-Knott ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstram respostas distintas entre as espécies amazônicas avaliadas quanto à aplicação de ácido indolbutírico (AIB), influenciando de forma variável o enraizamento e sobrevivência das miniestacas. A aplicação de ácido indolbutírico (AIB) influenciou significativamente o enraizamento de miniestacas de mulateiro, evidenciando sensibilidade da espécie a diferentes concentrações do regulador de crescimento. A análise estatística apontou diferença significativa ($p < 0,05$) no percentual de miniestacas com raízes visíveis na base inferior dos tubetes, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Efeito da aplicação de AIB no enraizamento e sobrevivência de miniestacas mulateiro (*Calycophyllum spruceanum*) após 45 dias de estaqueamento.

Dosagem de AIB (ppm)	Raiz na base do tubete (%)	Sobrevivência (%)
0	50 a	75 a
2000	50 a	73 a
4000	25 b	62 a
8000	31 b	66 a

Cada variável foi analisada independentemente, diferentes letras nas colunas indicam diferenças significativas entre os tratamentos, conforme o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

As concentrações de 0 e 2000 ppm promoveram os maiores índices de enraizamento (50%), com desempenho significativamente superior às doses de 4000 e 8000 ppm, indicando sensibilidade da espécie a concentrações elevadas do regulador. Embora não tenham sido observadas diferenças estatísticas para a sobrevivência, a menor taxa ocorreu em 8000 ppm (66%), sugerindo possível efeito fitotóxico. Resultados semelhantes foram relatados por Sales et al. (2023) e Mantovani et al. (2017), que destacam a inibição do desenvolvimento radicular por excesso de auxina. De forma complementar, Alcantara et al., (2010) destaca que concentrações excessivas de auxina podem ocasionar inibição do desenvolvimento radicular e da brotação, além de sintomas como clorose, abscisão foliar, necrose e morte da estaca.

Em copaíba, não houve enraizamento em nenhuma das concentrações testadas, e tampouco diferença estatística nas variáveis avaliadas. A ausência de resposta pode estar associada a um ciclo rizogênico lento e à reconhecida dificuldade de enraizamento do gênero (CARVALHO, 2003). Estudos com *C. langsdorffii* indicam que a resposta pode variar entre espécies e com diferentes períodos de avaliação (DUTRA et al., 2018).

Para oiti, os baixos percentuais de enraizamento (0–9%) e a ausência de diferença estatística entre tratamentos evidenciam a limitada resposta da espécie ao AIB. No entanto, a sobrevivência das miniestacas foi elevada (86%–100%), indicando tolerância fisiológica ao regulador, ainda que sem efeitos rizogênicos relevantes. Esses achados reforçam a importância de ajustes específicos nos protocolos de miniestaquia conforme a fisiologia de cada espécie. A ausência de resposta rizogênica pode estar relacionada à baixa sensibilidade da espécie à auxina exógena, como já relatado por Hartmann et al. (2011) para espécies lenhosas, ou à ocorrência de rizogênese discreta, não detectada visualmente no período de avaliação.

Para ipê-roxo, a aplicação de ácido indolbutírico (AIB) influenciou significativamente o enraizamento das miniestacas ($p < 0,05$) conforme observado na Tabela 2.

Tabela 2. Efeito da aplicação de AIB no enraizamento e sobrevivência de miniestacas ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus*) após 60 dias de estaqueamento.

Dosagem de AIB (ppm)	Raiz no fundo do tubete	Sobrevivência
0	44 a	72 a
2000	22 b	67 a
4000	44 a	55 a
8000	11 b	42 a

Cada variável foi analisada independentemente, diferentes letras nas colunas indicam diferenças significativas entre os tratamentos, conforme o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

As concentrações de 0 e 4000 ppm de AIB promoveram os maiores índices de enraizamento (44%), enquanto as doses de 2000 e 8000 ppm resultaram em desempenho inferior, sugerindo inibição da rizogênese possivelmente causada por excesso de auxina. Não houve diferença estatística na sobrevivência entre os tratamentos, embora tenha sido observada uma tendência de queda nos percentuais com o aumento da concentração do regulador, sendo o menor valor registrado em 8000 ppm. Esse comportamento reforça a hipótese de fitotoxicidade em doses elevadas (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Resultados similares foram observados por Oliveira et al. (2016) para ipê roxo (*Handroanthus heptaphyllus*), em que o AIB não foi essencial para o enraizamento, mas contribuiu para o desenvolvimento radicular. Outros estudos, como os de Freire et al. (2019) e Araújo et al. (2019), demonstram que o sucesso da miniestaquia pode ocorrer mesmo na ausência de auxinas, desde que os protocolos estejam adaptados às particularidades fisiológicas de cada espécie.

CONCLUSÕES

- A resposta ao AIB variou entre as espécies, e para as condições avaliadas, o enraizamento pode ocorrer de forma satisfatória sem o uso do regulador de crescimento.
- Mulateiro (*Calycophyllum spruceanum*) e ipê-roxo *Handroanthus impetiginosus* apresentaram os melhores resultados de enraizamento, indicando viabilidade para a técnica de miniestaquia.
- Oiti (*Licania tomentosa*) demonstrou elevada sobrevivência, mas baixa resposta rizogênica ao AIB.
- Copaíba (*Copaifera paupera*) não respondeu ao regulador, sugerindo necessidade de ajustes nos protocolos ou baixa aptidão à técnica nas condições avaliadas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq Processo 408601/2023-0) pela concessão de recursos financeiros e apoio ao projeto de pesquisa. Agradecemos também a Universidade Federal do Acre e Viveiro da Floresta (SEMA-AC) pela cessão de materiais e doação de mudas florestais.

REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, G. B.; OLIVEIRA, Y.; LIMA, D. M.; FOGAÇA, L. A.; PINTO, F.; BIASI, L. A. Efeito dos ácidos naftaleno acético e indolilbutírico no enraizamento de estacas de jabolão [*Syzygium cumini* (L.) Skeels]. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 12, p. 317-321, 2010.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. C.; SENTELHAS, P. C.; GOLÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO, E. F.; GIBSON, E. L.; SANTOS, A. R.; GONÇALVES, E. O.; WENDLING, I. ALEXANDRE, R. S.; POLA, L. A. V. Mini-cutting technique for vegetative propagation of *Paratecoma peroba*. **CERNE**, v. 25, n. 3, p.314-325, 2019.
- BARBOSA FILHO, J.; CARVALHO, M. A.; OLIVEIRA, L. S.; KONZEN, E. R.; BRONDANI, G. E. Mini-cutting technique for *Khaya anthotheca*: selection of suitable IBA concentration and nutrient solution for its vegetative propagation. **Journal of Forestry Research**, v. 29, n.1, p. 73-84, 2017.
- CARVALHO, A.; NEVES, A. H. B.; TRONCO, K. M. Q. Vegetative propagation of amazonian forest species. **Brazilian Journal Of Development**, v. 6, n. 10, p.83417-83430, 2020.
- DUTRA, T. R.; SANTANA, R. C.; MASSAD, M. D.; TITON, M. Tecnologia para produção de mudas de *Copaifera langsdorffii* Desf. por meio de miniestaquia seminal. **Revista Brasileira De Ciências Agrárias**, 9(1), 91-96, 2014.
- FREIRE, J.; VERÍSSIMO, L.N.; PEREIRA, B.R.; RUIVAS, J.R.C.; ARTHUR JUNIOR, J.C. Vegetative propagation of *Hymenaea courbaril* l. and *Apuleia leiocarpa* (Vogel) j. f. macbr. by minicutting. **Revista Árvore**, v.44, n.05, p.111, 2020.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR., F. T.; GENEVE, R. L. (2011) **Plant propagation: principles and practices**. 8th ed. New Jersey: PrenticeHall, 2011. 915p
- HUSEN, A. Clonal propagation of *Dalbergia sissoo* Roxb. and associated metabolic changes during adventitious root primordium development. **New Forests**, v. 36, p. 13-27, 2008
- MANTOVANI, N.; ROVEDA, M.; TRES, L.; FORTES, F. D. O.; GRANDO, M. F. Cultivo de canafístula (*Peltophorum dubium*) em minijardim clonal e propagação por miniestacas. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 225-236, 2017.
- OLIVEIRA, T. P. D. F. D.; BARROSO, D. G.; LAMÔNICA, K. R.; CARVALHO, G. C. M. W. D. Aplicação de AIB e tipo de miniestacas na produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* Mattos. **Ciência Florestal**, v. 26, p. 313-320, 2016a.
- SANT'ANA, B. T.; BERUDE, M. C.; FELETTI, T. A.; CALDEIRA, M. V. W.; GONÇALVES, E. O. Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de sapucaia (*Lecythis lanceolata*). **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 43, 2023.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2017.
- XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. da. **Silvicultura Clonal - Princípios e Técnicas**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2021.