

Petrolina, PE / Setembro, 2024

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

Substrato, concentração e tempo de permanência de estacas em ácido indolbutírico na propagação vegetativa de alecrim-do-mato

Ana Valéria Vieira de Souza⁽¹⁾, Evelyn Sophia Silva Costa⁽²⁾, Danilo Diego de Souza⁽³⁾ e Flávio José Vieira de Oliveira⁽⁴⁾

⁽¹⁾Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE; ⁽²⁾Professora, Faculdade Inspirar, Petrolina, PE; ⁽³⁾Biólogo, Prefeitura Municipal de Ouricuri, Ouricuri, PE; ⁽⁴⁾Professor, Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, BA

Resumo – Alecrim-do-mato (*Lippia grata* Schauer) é uma espécie nativa da Caatinga que produz óleo essencial. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do tipo de substrato, concentração e tempo de permanência de estacas em ácido indolbutírico (AIB) na produção de mudas de alecrim-do-mato. Para isso, foram realizados dois experimentos na Embrapa Semiárido. No experimento 1, as estacas apicais e medianas tiveram suas bases imersas em 100, 200, 500 e 1.000 ppm de AIB por períodos de 1, 2 e 5 horas. A ausência de auxina (0 ppm e o tempo 0) foram os tratamentos controle. No experimento 2, as estacas medianas foram colocadas nos substratos – T1: substrato comercial elaborado à base de casca de arroz carbonizada e pinus; T2: vermiculita; T3: solo; T4: areia; T5: substrato comercial elaborado à base de casca de arroz carbonizada e pinus + solo; T6: substrato comercial elaborado à base de casca de arroz carbonizada e pinus + areia, e T7: solo + areia, todos na proporção (1:1). Os tubetes contendo as estacas foram mantidos em viveiro e irrigados diariamente por 60 dias. Foram avaliados o número de brotos/estaca, número de folhas por broto, número de raiz por estaca, peso da biomassa fresca e biomassa seca e porcentagem de enraizamento. As estacas medianas responderam melhor no tratamento controle, no substrato vermiculita. É possível produzir mudas de alecrim-do-mato a partir de estacas medianas em vermiculita sem a necessidade do uso de auxina sintética.

Termos para indexação: *Lippia grata*, planta aromática, planta medicinal, alecrim-do-campo, alecrim-de-tabuleiro, propagação vegetativa.

Substrate, concentration and residence time of cuttings in acid butyric indole in the vegetative propagation of *Lippia grata* Schauer

Abstract – *Lippia grata* Schauer is a species native to the Caatinga that produces essential oil. The objective of this work was to evaluate the influence of the type of substrate, concentration and time of permanence of objective cuttings in IBA in the production of seedlings. For this, two experiments were

Embrapa Semiárido

Rodovia BR-428, Km 152, Zona Rural
Caixa Postal 23
56302-970 – Petrolina, PE
<https://www.embrapa.br/semiario>
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente
Anderson Ramos de Oliveira

Secretária-executiva
Juliana Martins Ribeiro

Membros

Bárbara França Dantas, Diógenes da Cruz Batista, Douglas de Brito, Flávio de França Souza, Geraldo Milanez de Resende, Gislene Feitosa Brito, Gama, Magnus Dal Igna Deon, Patrícia Coelho de Souza Leão, Pedro Martins Ribeiro Júnior, Raquel Mota Carneiro Figueiredo, Sidinei Anunciação Silva

Edição executiva e revisão de texto
Sidinei Anunciação Silva

Normalização bibliográfica
Sidinei Anunciação Silva
(CRB-4/1721)

Projeto gráfico
Leandro Sousa Fazio

Diagramação
Sidinei Anunciação Silva

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados à Embrapa

carried out at Embrapa Semiárido. In experiment 1, the apical and median cuttings had their bases immersed in 100, 200, 500 and 1,000 ppm of IBA for periods of 1, 2 and 5 hours. The absence of auxin (0 ppm and time 0) were the treatments. In the experiment medium cuttings were placed in the substrates – T1: commercial substrate made from carbonized rice husk and pine; T2: vermiculite; T3: soil; T4: sand; T5: commercial substrate made from carbonized rice husk and pine + soil; T6: commercial substrate made from carbonized rice husk and pine + sand, and T7: soil + sand, all in the proportion (1:1). Tubes containing as cuttings were abundant in the nursery and irrigated daily for 60 days. They were the number of leaves/cutting, number of leaves/bud, number of root /cutting, weight of fresh biomass and dry biomass and rooting shoot. The medium cuttings responded better in the control treatment, in the vermiculite substrate. It is possible to produce seedlings of *L. grata* with medium cuttings in vermiculite without the need to use auxin synthetic.

Index terms: *Lippia grata*, aromatic plant, medicinal plant, alecrim-de-tabuleiro, alecrim-do-campo, vegetative propagation.

Introdução

Entre os biomas presentes no território brasileiro, a Caatinga é um dos menos explorados como repositório natural de novos ativos biotecnológicos. Entretanto, levantamentos realizados tanto sob a perspectiva etnobotânica (Cartaxo et al., 2010; Pereira Júnior et al., 2014) quanto fitoquímica (Zeraik et al., 2016) demonstraram que determinadas espécies nativas apresentam propriedades bioativas com potencial de uso agrônomo, medicinal, nutracêutico, entre outros.

Entre os metabólitos secundários de interesse comercial, os óleos essenciais são líquidos aromáticos extraídos de folhas e flores que podem apresentar propriedades de interesse industrial. Seus derivados são comumente usados na perfumaria (May; Barata, 2004; Marques; Souza, 2012) e na indústria de alimentos (Burt, 2004), mas também apresentam potencial de uso na agricultura (Isman, 2000, 2006; Araújo et al., 2012). O uso de óleos essenciais como biopesticidas tem chamado a atenção devido a características desejáveis, como múltiplos mecanismos de ação, que podem dificultar o desenvolvimento de resistência e a baixa toxidez a vertebrados (Pavela; Benelli, 2016).

O gênero *Lippia* (Verbenaceae) compreende aproximadamente 200 espécies de plantas cujos principais centros de diversidade encontram-se no

Brasil e no México (Gomes et al., 2011). No Brasil são encontradas 120 espécies de *Lippia* que se distribuem no Cerrado e na Caatinga e são conhecidas pelo aroma forte e agradável das folhas e flores. O emprego de várias espécies é comum na medicina popular, em que são usadas no tratamento de doenças respiratórias (Gomes et al., 2011) e de dermatites (Agra et al., 2007).

A espécie *L. grata* Schauer é encontrada no Nordeste brasileiro e conhecida popularmente como alecrim-da-chapada, alecrim-do-mato e alecrim-de-tabuleiro (Lorenzi; Matos, 2008). O óleo essencial de *L. grata* apresenta propriedades antimicrobianas (Albuquerque et al., 2006), citotóxicas (Ferraz et al., 2013), anti-inflamatórias (Guimarães et al., 2012), analgésicas (Mendes et al., 2010), antifúngicas e antiparasitárias (Melo et al., 2013). A alta concentração de carvacrol na composição do óleo de *Lippia gracilis* (Matos et al., 1999) é responsável por grande parte desses efeitos biológicos.

O aproveitamento das propriedades bioativas do óleo essencial de *L. grata* requer formas eficientes de produção de biomassa. No entanto, poucos trabalhos podem ser encontrados na literatura nesse contexto (Marinho et al., 2011; Oliveira et al., 2011; Souza et al., 2016, 2017). De acordo com Momenté et al. (2003), o interesse pelo cultivo de plantas medicinais é grande, mas trabalhos de domesticação são escassos ou inexistentes para a maioria das espécies, o que implica na necessidade do desenvolvimento de estudos que indiquem ao produtor as condições ideais para a produção das espécies. As pesquisas sobre propagação devem ser um dos pontos de partida na elaboração de tecnologias agrícolas voltadas para o estabelecimento de sistemas de exploração sustentável.

Considerando-se a importância da realização de pesquisas na área agrônoma com *L. grata* a fim de estabelecer as melhores condições para a produção de mudas em larga escala, objetivou-se, com este trabalho, avaliar a influência de diferentes tipos de substrato, concentração e tempo de permanência de estacas em ácido indolbutírico (AIB) na propagação vegetativa dessa espécie.

O trabalho está alinhado com o objetivo de desenvolvimento sustentável (ODS) 15, meta 15.2, da Organização das Nações Unidas (ONU), que visa estabelecer medidas de preservação dos ecossistemas terrestres, de modo que seja possível seu uso sustentável; gerir as florestas, combater a desertificação, sanar e reverter a degradação dos solos, além de estabelecer medidas para impedir a perda da biodiversidade (Nações Unidas, 2023).

Material e métodos

Foram instalados dois experimentos nas dependências do Laboratório de Biotecnologia e viveiro de mudas da Embrapa Semiárido. Para a realização do primeiro experimento, foram utilizadas estacas apicais e subapicais, coletadas, aleatoriamente, em plantas de uma população natural localizada no município de Petrolina, PE (376 m de altitude e coordenadas geográficas de 09°23'35"S e 40°30'27"W). No segundo experimento, objetivou-se avaliar o efeito do substrato, utilizando-se estacas subapicais coletadas aleatoriamente em plantas mantidas na coleção de trabalho no Campo Experimental de Bebedouro (CEB), pertencente à mesma instituição, localizado no município de Petrolina, PE (371 m de altitude e coordenadas geográficas de 9°8'4.46"S e -40°18'28.84"W). Uma exsiccata foi depositada no Herbário do Trópico Semiárido (Tombo - HTSM7232).

Para o primeiro experimento, as estacas foram coletadas no período da manhã, em época chuvosa, no mês de janeiro e transportadas para a Embrapa Semiárido, onde foram separadas em partes apicais e subapicais ou medianas com, aproximadamente, 20 cm de comprimento e um par de meia-folha. Após o preparo, foram imersas em solução de AIB nas concentrações de 100, 200, 500 e 1.000 ppm, por períodos de 1, 2 e 5 horas. A ausência de auxina (0 ppm e o tempo 0) foram tomados como tratamentos controle.

Após este período, as estacas foram transferidas para tubetes de polietileno rígido com capacidade volumétrica de 50 mL, que possui forma cônica, seis estrias internas, 2,7 cm de diâmetro interno superior, 1,0 cm de diâmetro interno inferior e altura de 12,2 cm, contendo casca de arroz carbonizada como substrato.

No segundo experimento, as estacas coletadas foram separadas em partes subapicais com, aproximadamente, 20 cm de comprimento e um par de meias-folhas e colocadas diretamente nos tubetes com a mesma descrição anterior, preenchidos com diferentes substratos – T1: substrato comercial elaborado à base de casca de arroz carbonizada e pinus; T2: vermiculita; T3: solo; T4: areia; T5: substrato comercial elaborado à base de casca de arroz carbonizada e pinus + solo; T6: substrato comercial elaborado à base de casca de arroz carbonizada e pinus + areia, e T7: solo + areia, todos na proporção (1:1).

Os tubetes foram mantidos em viveiro de mudas e as estacas dos dois experimentos foram irrigadas diariamente, por um período de 60 dias. A irrigação foi realizada via microaspersão pelo tempo de 1 minuto a cada hora, com lâmina de irrigação bruta de, aproximadamente, 12 L.

Os experimentos foram instalados separadamente em delineamento experimental inteiramente

casualizado. O primeiro experimento foi instalado em esquema fatorial 2 x 4 x 3 (dois tipos de estacas x quatro concentrações de AIB x três tempos de permanência), totalizando 24 tratamentos mais os controles para estaca apical e mediana, com dez repetições e uma estaca por parcela. O segundo experimento, com sete tratamentos descritos anteriormente, foi instalado com quatro repetições e dez estacas por parcela.

As avaliações foram realizadas aos 60 dias em relação ao número de brotos por estaca (NBE), número de folhas por broto (NFB), número de raiz por estaca (NRE), peso da biomassa fresca (PBF) e biomassa seca (PBS) da estaca e porcentagem de enraizamento (%EN). O peso do material fresco, foi obtido em balança analítica e, posteriormente, foi colocado em estufa com circulação de ar forçado (40 °C) até a obtenção do peso constante, para avaliação do peso médio da biomassa seca.

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística utilizando-se o software Sisvar (Ferreira, 2011), pelo teste de média de Tukey (α 1%) para o tipo de estaca e tipo de substrato e análise de regressão para concentração de AIB e tempo de permanência (α 1%). Os dados foram transformados pela equação: Raiz quadrada de $Y + 1.0 - \text{SQRT}(Y + 1.0)$.

Resultados e discussão

Para o fator tipo de estaca, os resultados são apresentados na Tabela 1. Todas as variáveis respondidas apresentaram diferença estatística significativa entre estaca apical e mediana, exceto o NRE. Para todas as variáveis, os maiores resultados foram obtidos quando se utilizou a estaca mediana (Tabela 1).

Estacas medianas ou subapicais têm apresentado bons resultados quando comparadas às estacas apicais em estudos já realizados sobre propagação vegetativa para algumas espécies (Duarte et al., 2002; Biasi; Costa, 2003; Pacheco; Franco, 2008; Carvalho Júnior et al., 2009; Vian et al., 2019), inclusive em estudos com a *L. grata* (Santos et al., 2016; Souza et al., 2016). Essa resposta pode estar relacionada à maior chance de desidratação das estacas apicais. Mesmo que esse propágulo apresente bom potencial para emitir raízes adventícias devido à baixa lignificação, são mais sensíveis à perda de água, o que afeta diretamente o enraizamento. As estacas subapicais podem apresentar maior lignificação, contudo, são mais resistentes à desidratação, por apresentarem maior diâmetro, o que pode favorecer a emissão das raízes adventícias. Estacas medianas e basais apresentaram melhores resultados para o enraizamento da mesma espécie em estudo quando comparadas às estacas apicais (Santos et al., 2016).

Para que estacas apicais possam ser usadas na produção de mudas via propagação vegetativa de determinadas espécies, há necessidade de um sistema de nebulização intermitente (Hartmann et al., 2002; Biasi; Costa, 2003). Outros autores também afirmam que, em estacas apicais, pode haver perda de carboidratos mais rapidamente, quando comparadas às estacas subapicais (Nicoloso et al., 1999), e as primeiras são mais perecíveis (Hartmann et al., 2011). Todavia, os resultados alcançados dependem da espécie pesquisada.

Parajara (2015) concluiu que a estaquia de ramos herbáceos pode ser uma alternativa viável para a propagação vegetativa de quatro espécies nativas da Mata Atlântica. Contudo, o percentual de enraizamento foi significativamente baixo e todas as espécies apresentaram menos de 30% de estacas enraizadas. Quando Marchese et al. (2010) avaliaram o efeito de diferentes diâmetros de estacas na propagação vegetativa de *Lippia alba*, observaram que houve enraizamento em todas as estacas e concluíram que a espécie não apresenta dificuldade para propagação via estaquia. Vian et al. (2019) indicaram estacas basais para a propagação vegetativa de *Aloysia triphylla* ou qualquer porção dos ramos para o enraizamento da espécie *Lippia alba*. Amaro et al. (2013) também não observaram diferença estatística significativa quando utilizaram estacas apicais e medianas para o enraizamento de *Mentha arvensis*, o que possibilitou os autores concluírem que ambas podem ser utilizadas na propagação da espécie.

Nos estudos realizados por Cunha et al. (2015) para a espécie aromática e medicinal *Piper hispidum*, a maior porcentagem de enraizamento foi observada em estacas apicais (86%), seguidas das basais (75%). As estacas medianas apresentaram 54% de enraizamento. Segundo os autores, esse resultado pode estar relacionado à proximidade das estacas apicais ao local da síntese de auxina e menor diferenciação dos tecidos nesse tipo de propágulo para essa espécie.

Para a *L. grata*, os resultados mostraram que, mesmo as estacas apicais estando mais próximas ao local da síntese de auxina ou mesmo essas apresentando menor diferenciação dos tecidos mecânicos, não foi o melhor tipo para a propagação vegetativa da espécie. Nesse caso, as respostas alcançadas quanto ao fator tipo de estaca nesse estudo, corroboram com os autores citados anteriormente no que se refere à maior desidratação ou perda de carboidratos dessas quando comparadas

às estacas subapicais (Nicoloso et al., 1999; Hartmann et al., 2002, 2011) e, nas estacas subapicais, talvez os tecidos mecânicos não estejam totalmente formados de modo que afete a indução das raízes adventícias nesta espécie.

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, quando se avaliaram a concentração e o tempo de exposição na auxina, não foi observada interação entre nenhum fator para o NBE e o NFB. No entanto, para essas variáveis, houve diferença em função da concentração e tempo de exposição, isoladamente (Figura 1).

Tanto o NBE quanto o NFB diminuíram à medida que se aumentou a concentração do AIB e o tempo de exposição nesta auxina. Menor NBE (0,14) foi obtido na concentração 800 mg L⁻¹ e menor NFB (1,29) em 779 mg L⁻¹. Para os períodos de exposição, os menores resultados foram 0,5 NBE em 3,98 horas e 1,60 NFB em 4,47 horas. No tratamento controle, as estacas emitiram, em média, 2,8 brotos com 5,6 folhas (Figura 1).

Esses resultados foram importantes, pois evidenciaram que as estacas da *L. grata*, provavelmente, já possuem algum conteúdo da auxina endógena AIA (ácido naftaleno acético), o qual possibilitou a emissão de brotos e folhas, independente da presença da auxina sintética. Brotos e folhas são fontes de auxina endógena e fotoassimilados necessários para a indução das raízes adventícias (Taiz; Zeiger, 2013).

O teor de carboidrato pode ser considerado um fator limitante para a sobrevivência de estacas e indução de raízes. Estacas com maior diâmetro, mesmo que apresentem maior lignificação, apresentam também maior disponibilidade de carboidratos, o que afeta positivamente a emissão de brotos e folhas, que funcionam como fontes de auxina e fotoassimilados para a emissão das raízes na base das estacas (Gaspar; Hofinger, 1988; Ono; Rodrigues, 1996), beneficiando, portanto, o enraizamento.

Neste estudo, foi possível observar que, na maior parte das estacas apicais, ocorreu a formação de brotos entre o período de 7 a 15 dias após a instalação do experimento, os quais secaram dentro 30 dias, aproximadamente. Nas estacas subapicais, a formação dos brotos ocorreu mais tardiamente, os quais se desenvolveram normalmente, possibilitando a formação das folhas e, portanto, fonte das substâncias endógenas favoráveis à indução das raízes. Este comportamento também foi observado por Santos et al. (2016) com a mesma espécie e esses resultados corroboram com aqueles apresentados na Tabela 1, quanto ao tipo de estaca mais adequado para a propagação da espécie em estudo.

Tabela 1. Valores médios para número de brotos por estaca (NBE), número de folhas por broto (NFB), número de raiz/estaca (NRE), peso da biomassa fresca (PBF) e peso da biomassa seca (PBS) de alecrim-do-mato (*Lippia grata* Schauer) em função do tipo de estaca.

Tipo de estaca	NBE	NFB	NRE	PBF	PBS
Estaca apical	1,10 b	2,55 b	10,08 a	1,08 b	0,18 b
Estaca mediana	1,45 a	3,60 a	14,04 a	2,13 a	0,45 a
CV (%)	23,66	39,02	71,62	29,59	9,57

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey (α 1%). Os dados foram transformados pela equação: Raiz quadrada de $Y + 1.0 - \text{SQRT}(Y + 1.0)$.

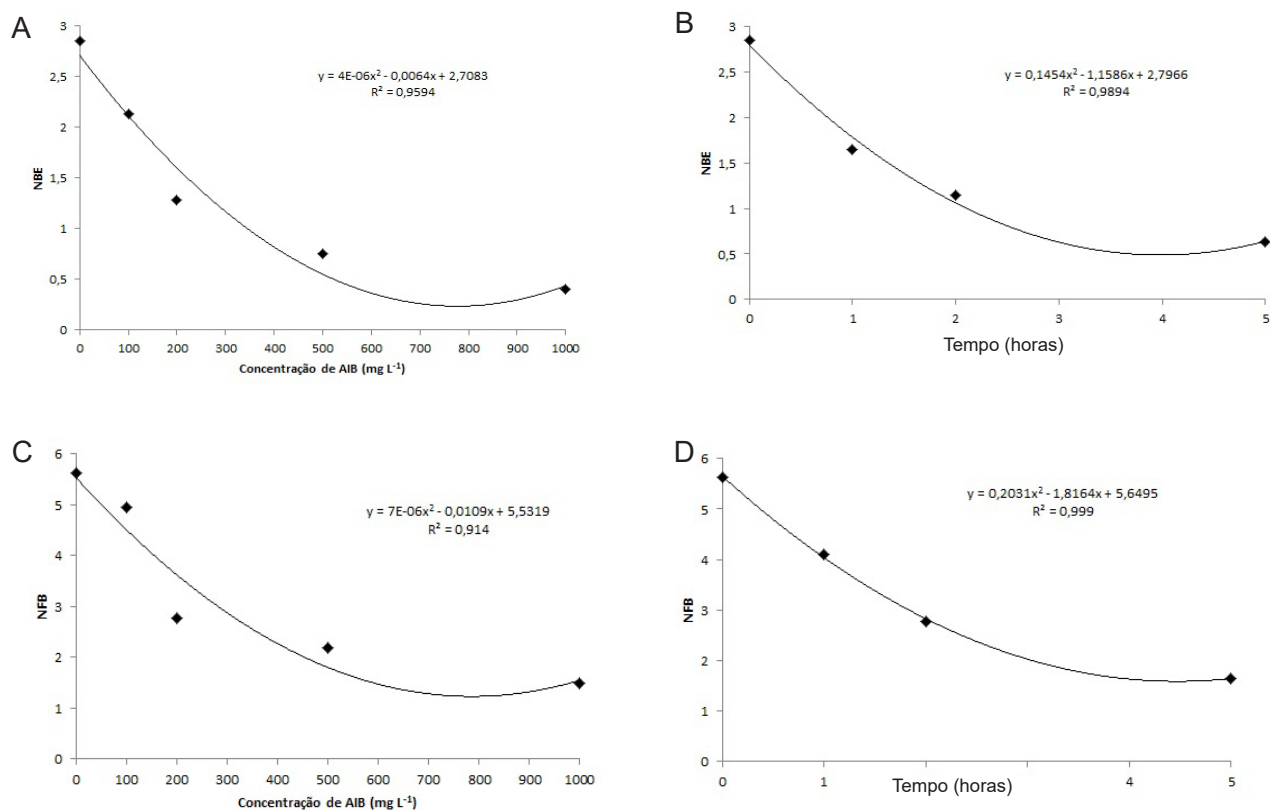


Figura 1. Valores médios das variáveis respostas do número de brotos/estaca (NBE) (A e B) e número de folhas por broto (NFB) (C e D), em função da concentração e tempo de exposição em auxina, respectivamente, para estacas de alecrim-do-mato (*Lippia grata* Schauer).

Para a variável NRE, também houve efeito significativo para os fatores concentração e tempo isoladamente e os resultados são apresentados na Figura 2. Diferentemente do NBE e NFB, o número de raiz aumentou à medida que se aumentou tanto a concentração quanto o tempo de exposição em AIB, até determinado ponto.

Na ausência de auxina no tempo 0, o número de raiz foi aproximadamente oito. Esse valor aumentou até 16,9 na concentração 527 mg L⁻¹ e 15,86 no tempo de exposição de 2,57 horas. A partir destas condições, houve o decréscimo no NR até a maior concentração e tempo avaliados. Em 1.000 mg L⁻¹ no tempo de 5 horas, os resultados foram 10 NR e 8,4 NR, respectivamente (Figura 2).

Como discutido anteriormente, a espécie em estudo certamente apresenta níveis de AIA endógeno adequados que favorecem a indução de raízes na base das estacas. Com a suplementação da auxina sintética, o processo foi beneficiado até determinado momento, no caso, 2,57 horas em solução com concentração de 527 mg L⁻¹ de AIB. Tempo de exposição e concentrações maiores foram prejudiciais e provocaram a diminuição do enraizamento do alecrim-do-mato. Esses resultados corroboram e confirmam aqueles obtidos por Souza et al. (2016) para a mesma espécie.

De acordo com McCown (1988) e Ono e Rodrigues (1996), o processo de formação de raiz adventícia ocorre de 1 a 3 semanas e pode ser dividido

em três fases: indução, iniciação e alongação. As fases de indução e iniciação são dependentes de auxina, mas o crescimento (alongação) das raízes pode ser inibido pela presença dessa substância.

Na fase de indução e iniciação, o processo é regulado pela participação do AIA além de outras substâncias. Esta auxina endógena age como um ativador de gene, alavancando a formação do primórdio radicular, e a aplicação de auxinas sintéticas favorece a conjugação entre o AIA endógeno e aminoácidos que promovem a síntese de proteínas específicas necessárias para a formação de raízes iniciais (Gaspar; Hofinger, 1988; Ono; Rodrigues, 1996). Após aplicação da auxina sintética, ocorre um aumento imediato no nível endógeno de auxina natural e consequentemente há o início da formação de raízes primordiais (Gaspar; Hofinger, 1988). Contudo, quando as estacas permanecem por longos períodos em concentrações elevadas de auxina sintética, pode ocorrer toxidez e o crescimento/alongamento das raízes ser afetado. Situação que, provavelmente, ocorreu neste estudo.

Todavia, mesmo que a espécie apresente determinado nível de auxina endógena que favoreça a indução de raízes adventícias sem a necessidade de aplicação de auxina sintética, o tratamento de estacas com esta substância pode beneficiar o enraizamento e a produção de mudas via estaquia, no tocante ao número e uniformidade de raízes. No entanto, há necessidade de se observar a concentração e o período de exposição, sendo o uso de concentrações baixas ($0\text{--}500\text{ mg L}^{-1}$) por períodos prolongados de até 24 horas ou altas concentrações ($500\text{--}10.000\text{ mg L}^{-1}$) em tempos de imersão

que podem variar entre 5 a 10 segundos (Ono; Rodrigues, 1996).

Os resultados obtidos neste estudo corroboram com a literatura, pois mostraram que a presença da auxina acima de 500 mg L^{-1} em períodos maiores que 3 horas foram prejudiciais ao enraizamento. Pode ter ocorrido a indução e iniciação das raízes, mas seu crescimento foi afetado (Figura 2).

Para as variáveis PBF e PBS, os resultados são apresentados na Figura 3, na qual é possível observar a coerência com as respostas apresentadas anteriormente, ou seja, baixas concentrações ou mesmo a ausência da auxina sintética favoreceram a emissão de raízes nas estacas do alecrim-do-mato.

Não houve interação entre os fatores avaliados e, para essas variáveis, também ocorreu um decréscimo nos valores à medida que se aumentou a concentração e o tempo de exposição das estacas em AIB (Figura 3).

Para a concentração, no tratamento controle os valores obtidos do PBF foram 1,5 e 5,3 mg e os PBS foram 0,3 e 0,8 mg para estacas apicais e medianas, respectivamente. Para o fator tempo, os resultados foram 0,29 mg e 5,6 mg do PBF e 0,3 e 0,8 mg do PBS para estacas apicais e medianas, respectivamente (Figura 3).

Para a variável porcentagem de enraizamento, os resultados mostraram interação tripla entre os tipos de estacas, as concentrações de AIB e os períodos de exposição. Contudo, na Figura 4 é possível observar que, independente da interação concentração de AIB x tempo de exposição, também houve o decréscimo na porcentagem de estacas enraizadas à medida que se aumentou a concentração de auxina e o tempo de exposição.

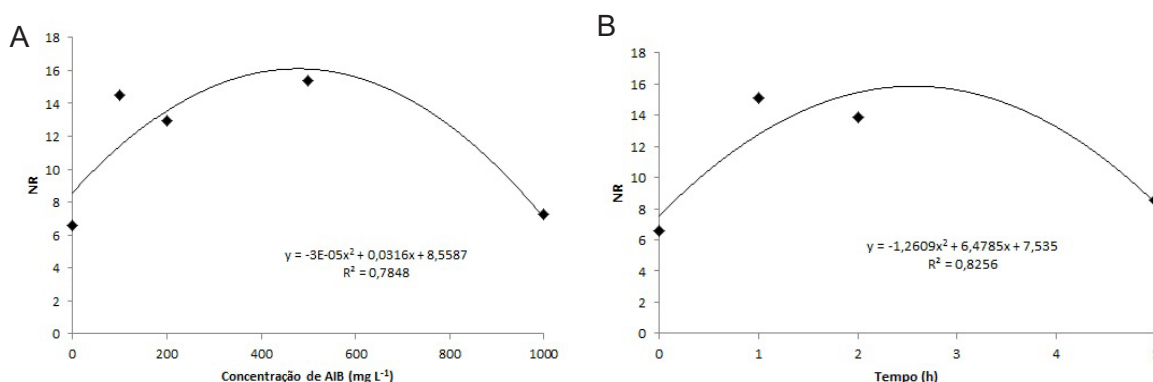


Figura 2. Valores médios do número de raiz/estaca (NRE) em função da concentração (A) e tempo de exposição em auxina (B) para estacas de alecrim-do-mato (*Lippia grata* Schauer).

Tanto para estacas apicais quanto medianas, os maiores valores médios foram obtidos no tratamento controle ou na menor concentração de AIB testada, como no caso das estacas apicais imersas em 100 mg L⁻¹ de AIB durante o tempo de exposição de 1 hora, cujo enraizamento foi de 90% (Figura 4).

Para estacas apicais, 77% enraizaram no tratamento controle. Na concentração 1.000 mg L⁻¹ apenas 8,2% dessas estacas enraizaram. Para o período de 2 horas, 82% enraizaram sem a presença de auxina sintética, esse valor decresceu até a concentração de 500 mg L⁻¹ (23%) e posteriormente aumentou até a concentração de 1.000 mg L⁻¹ (55%). Quando as estacas permaneceram pelo período de 5 horas em AIB, as porcentagens de enraizamento foram 62, 46, 5,9 e 0,25% em 0, 100, 500 e 1.000 mg L⁻¹ de AIB (Figura 4).

Para as estacas medianas, observou-se comportamento semelhante às estacas apicais e ocorreu o decréscimo na porcentagem de enraizamento a partir do tratamento controle à medida que se aumentou a concentração de AIB. No controle, essas estacas apresentaram 90% de enraizamento. No tempo de exposição de 1 hora, os valores foram

87% no tempo 0 hora, 73% em 472,5 mg L⁻¹ de AIB e 48% em 1.000 mg L⁻¹ de AIB. Quando as estacas permaneceram durante 2 horas na presença desta auxina, 98% foi observado no tempo 0 hora, 37% em 500 mg L⁻¹ de AIB e 6% em 1.000 mg L⁻¹ de AIB. Para o período de exposição de 5 horas, 91% de enraizamento foi obtido no tempo 0 hora, em 500 mg L⁻¹, 1% de estacas enraizaram, e na concentração de 1.000 mg L⁻¹, ocorreu 10% de enraizamento (Figura 4).

Esses resultados foram considerados bons, pois mostraram que não há necessidade de utilizar a auxina sintética para a propagação vegetativa da *L. grata*, o que implica diretamente na redução do custo de produção de mudas em escala comercial. A espécie apresenta óleo essencial com altos teores de substâncias bioativas antimicrobianas potenciais para o controle de microrganismos, com possibilidade de aplicação comercial em diversos setores da agricultura, pecuária, saúde humana, além da indústria alimentícia.

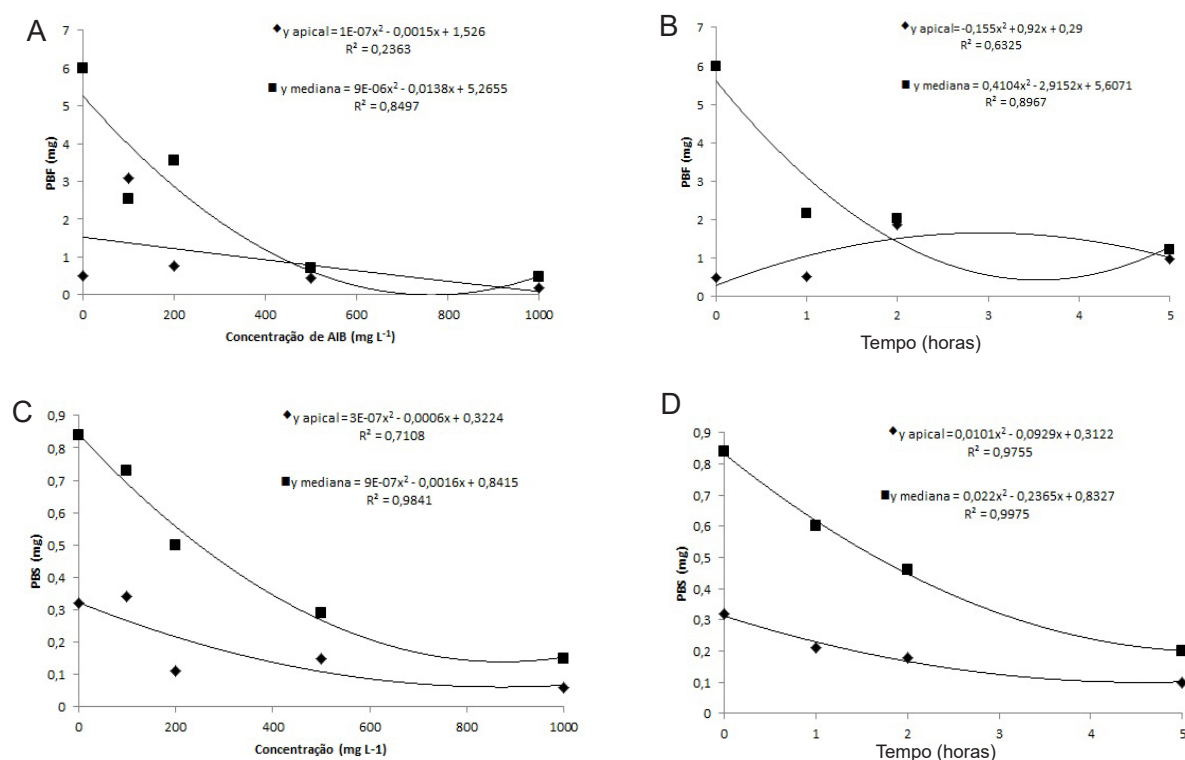


Figura 3. Valores médios para peso da biomassa fresca (PBF) e peso da biomassa seca (PBS) em função da concentração (A e C) e tempo (B e D) de exposição em auxina, respectivamente, para estacas de alecrim-do-mato (*Lippia grata* Schauer).

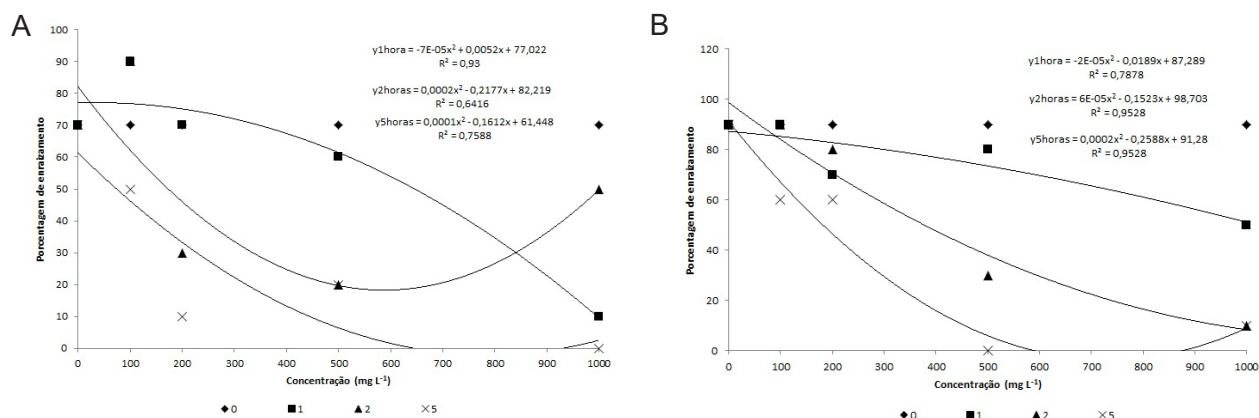


Figura 4. Valores médios para porcentagem de enraizamento (%EN) para estacas apicais (A) e medianas (B) de alecrim-do-mato (*Lippia grata* Schauer) em função da concentração de ácido indolbutírico (AIB).

No estudo realizado por Souza et al. (2016) com a mesma espécie, os autores observaram comportamento semelhante, ou seja, os valores médios obtidos para número de raízes por estaca e porcentagem de enraizamento, também foram maiores na ausência da auxina e diminuíram à medida que se aumentou a concentração do AIB. Esses autores verificaram que é possível produzir mudas de *L. grata* utilizando-se estacas medianas sem a aplicação de AIB. Contudo, destacaram a necessidade de a coleta de estacas ser realizada na época chuvosa. Esses dados corroboram os resultados apresentados neste trabalho, haja vista que as estacas foram coletadas em janeiro, época de ocorrência de maior precipitação pluviométrica na região.

Diferentemente dos resultados obtidos neste trabalho, Santos et al. (2016) obtiveram baixo percentual de enraizamento da *Lippia gracilis*. Provavelmente, essa resposta pode estar relacionada à época de coleta das estacas ou ao estado nutricional das plantas matrizes. Tanto os resultados obtidos neste trabalho quanto aqueles apresentados por Souza et al. (2016) comprovaram que esta espécie não apresenta dificuldade de enraizamento mesmo sem o uso de auxinas sintéticas, quando são utilizadas estacas medianas ou subapicais coletadas na época chuvosa para sua propagação vegetativa.

Carvalho Júnior et al. (2009) conseguiram mais de 80% de enraizamento para a espécie alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham) sem uso de auxina, mas reportaram a importância do uso de estacas maiores de 14 cm de comprimento. Gadelha et al. (2016) concluíram que o uso de estacas iguais ou superiores ao intervalo de 8,1 a 11,0 cm são as mais indicadas para o estabelecimento da raiz do alecrim-pimenta, pois influenciam positivamente no desenvolvimento do sistema radicular das mudas.

Bispo (2015) também verificou que não há necessidade do tratamento de estacas de *Lippia insignis*, *Lippia thymoides* e *Lippia lasiocalycina* com o AIB para a propagação vegetativa. Todavia, para *L. insignis* os melhores resultados foram obtidos com estacas apicais. Os estudos realizados por Silva et al. (2015) mostraram que a espécie *Lippia origanoides* pode ser propagada vegetativamente via estacas apicais. Com o uso deste propágulo, obteve-se 100% de enraizamento sem o uso do AIB.

Além dos fatores discutidos anteriormente, o estado nutricional e hídrico da planta matriz também influencia diretamente na indução de raízes adventícias em estacas (Ono; Rodrigues, 1996; Hartmann, 2002). Pereira e Peres (2016) também afirmam que o enraizamento de estacas é influenciado por inúmeros fatores, dentre eles o estado nutricional das plantas matrizes e dos propágulos, uma vez que esse determina a quantidade de carboidratos, auxinas e outros compostos do metabolismo essencial da planta para a iniciação e desenvolvimento da rizogênese.

Outro componente importante para a produção de mudas via propagação vegetativa é o tipo de substrato mais adequado para o enraizamento. Para plantas medicinais é de grande importância a utilização de substratos ou misturas de componentes estáveis e adaptados à obtenção de mudas de boa qualidade. Para que o substrato seja considerado adequado para o enraizamento devem ser consideradas algumas características importantes, como a capacidade de sustentar as estacas durante todo o processo, proporcionar umidade e permitir aeração nas bases (Menezes Júnior, 1998; Ming et al., 1998).

Quando se avaliou o efeito de diferentes substratos no enraizamento das estacas subapicais de *L. grata*, foi possível observar diferenças significativas entre os tratamentos. Verificou-se nitidamente o efeito positivo da vermiculita em relação aos demais substratos (Tabela 2). Tanto a porcentagem de enraizamento (88%), quanto o número de raízes (11,05) e o número de folhas/broto (2,26) foram maiores nesse tratamento. As piores respostas para todas as variáveis foram observadas no substrato comercial elaborado à base de casca de arroz carbonizada e pinus + areia e no substrato solo + areia (Tabela 2). A vermiculita também foi utilizada como substrato por Souza et al. (2016) em um estudo sobre a propagação com alecrim-do-mato.

É considerado substrato ideal aquele que apresente boas características físicas e químicas, no que se refere à textura, estrutura, porosidade e matéria orgânica. A textura do substrato deve ser arenosa de modo a facilitar a rápida drenagem e prevenir o aparecimento de fungos, assim como a estrutura deve ser adequada, para que ocorra a drenagem, a oxigenação e a penetração das raízes. A desestruturação do substrato acarreta a compactação do mesmo e a redução da porosidade, o que limita a aeração e o fornecimento de oxigênio, bem como o transporte de nutrientes para as raízes das mudas, limitando o seu desenvolvimento (Schorn; Formento, 2003; Oliveira et al., 2008; Fronza; Hamann, 2015).

Para Oliveira et al. (2008), o início do crescimento radicular e da parte aérea da muda estão associadas à boa capacidade de aeração, drenagem, retenção e disponibilidade de água apresentada pelos substratos. A utilização de materiais que promovam a retenção suficiente de água sem o acúmulo excessivo, que mantenha uma quantidade adequada de espaço poroso para fornecer O_2 , permitindo o desenvolvimento das raízes e evitando o desenvolvimento de patógenos nas estacas é de grande importância para o êxito no processo de propagação (Fronza; Hamann, 2015).

Todavia, a mistura de outros materiais, como areia, argila e compostos orgânicos como o húmus, podem apresentar vantagens no processo, como foi observado por Santos et al. (2016) para a propagação vegetativa da *L. grata*. A mistura de argila + húmus ou areia + húmus proporcionou maior emissão de raízes adventícias em estacas da espécie e os autores atribuíram esse efeito à porosidade desses elementos. Para Fronza e Hamann (2015), a composição dos substratos varia de acordo com a necessidade da espécie propagada, porém, esse

deve atender às necessidades físicas dos propágulos para que ocorra o enraizamento.

De acordo com Fachinello et al. (2005) e Fronza e Hamann (2015), o uso da areia é vantajoso na propagação via estaquia, pois é de baixo custo, fácil disponibilidade e apresenta características positivas quanto à drenagem. Porém, possui poucas reservas nutricionais, o que propicia o desenvolvimento de estacas menos vigorosas, além da possibilidade de compactação, peso elevado e risco de danos às raízes na repicagem.

A utilização de solo natural ou da mistura de solo com areia ainda é prática comum na produção de mudas em consequência da grande disponibilidade e baixo custo dos materiais. Porém, algumas desvantagens devem ser consideradas quando utilizados como substrato único, pois possuem excessiva densidade, facilidade de compactação e reduzida porosidade, o que afeta diretamente na aeração necessária para o bom desenvolvimento do sistema radicular das mudas, além da possibilidade de disseminação de doenças. Dentre as principais características de um substrato adequado para a propagação vegetativa pode-se destacar a necessidade de as estacas enraizadas serem facilmente removidas, sem ocorrer o rompimento das raízes (Fachinello et al., 2005; Fronza; Hamann, 2015).

Para a *Lippia alba*, Tavares et al. (2012) reportaram que a mistura substrato comercial elaborado à base de casca de arroz carbonizada e pinus + esterco bovino curtido (1:1), e substrato comercial elaborado à base de casca de arroz carbonizada e pinus + palha de arroz carbonizada (1:1) foram os melhores tipos para a propagação vegetativa da espécie. Marchese et al. (2010) obtiveram bons resultados utilizando o substrato comercial turfa fértil, que é uma mistura de turfa, perlita, calcário e fertilizante mineral para a propagação da *L. alba*.

Para as espécies *Lippia insignis*, *Lippia thymoides* e *Lippia lasiocalycina*, bom enraizamento ocorreu em substrato comercial composto por pó ou fibra de coco, casca de pinus moída e composta-da, biokashi (aditivo orgânico com macro e micronutrientes) e composto orgânico fórmula biomix (Bispo, 2015). Esse substrato também proporcionou melhores respostas para a *Lippia origanoides*. Quando foi misturado com vermiculita expandida (1:1) promoveu maior produção de folhas, raízes e de biomassa seca (Silva et al., 2015).

Os resultados obtidos neste trabalho com a *L. grata* foram positivos e corroboram com a literatura. Os diversos trabalhos já realizados com espécies medicinais e aromáticas comprovaram que o substrato comercial é um dos principais tipos utilizados na produção de mudas. Esses proporcionam boa relação ar-água, maior taxa de enraizamento, auxiliam na redução do ciclo de formação da muda e viabilizam a produção de mudas de melhor qualidade, sanidade e mais homogêneas. A vermiculita apresenta a vantagem de ser adequada para estacas semilenhosas, não disseminar doença, além do baixo peso, elevada porosidade e boa retenção de umidade (Schorn; Formento, 2003; Fronza; Hamann, 2015).

Esses fatores contribuíram para a obtenção dos melhores resultados no enraizamento das estacas subapicais da *L. grata*. No que se refere à baixa composição nutricional desse material, vale destacar que o período para a produção das mudas deve ser considerado.

Para os estudos realizados com as espécies medicinais *P. hispidum*, observou-se mais de 80% de enraizamento das estacas quando se utilizou os substratos areia e substrato comercial, separadamente (Cunha et al., 2015) e para *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, quando se empregou a vermiculita + fibra de coco ou vermiculita + fibra de coco + areia (Lima; Ohashi, 2016).

Tabela 2. Valores médios para número de brotos por estaca (NBE), número de folhas por broto (NFB), número de raiz por estaca (NRE), peso da biomassa fresca (PBF), peso da biomassa seca (PBS) e porcentagem de enraizamento (%EN) de alecrim-do-mato (*Lippia grata* Schauer) em função de diferentes tipos de substratos.

Tratamentos	NBE	NFB	NRE	PBF	PBS	% EN
1	1,55 a	1,78 ab	2,5 b	5,73 a	4,78 a	70 ab
2	1,51ab	2,26 a	11,05 a	4,92 ab	4,07 ab	88 a
3	1,05 abc	0,93 abc	0,48 b	4,67 ab	4,12 ab	31 ab
4	0,85 abc	1,00 abc	2,08 b	4,87 ab	4,11 ab	56 ab
5	0,45 abc	0,43 bc	0,63 b	4,19 b	3,02 b	25 ab
6	0,025 c	0,23 c	0,0 c	3,28 c	2,86 c	0 b
7	0,40 bc	0,58 bc	3,35 b	4,12 b	3,11 b	56 ab
CV (%)	39,13	44,40	79,93	34,05	34,87	14,45

T1 – substrato comercial elaborado à base de casca de arroz carbonizada e pinus; T2 – vermiculita; T3 – solo; T4 – areia; T5 – substrato comercial elaborado à base de casca de arroz carbonizada e pinus e solo; T6 – substrato comercial elaborado à base de casca de arroz carbonizada e pinus e areia, e T7 – solo e areia.

Teste de Tukey (α 1%). Os dados foram transformados pela equação: Raiz quadrada de $Y + 1.0 - \sqrt{Y + 1.0}$ para NBE, NFB, NRE, %ENR.

Conclusão

A produção de mudas da *L. grata* pode ser realizada via estaquia utilizando-se estacas medianas ou subapicais colocadas em substrato vermiculita. Não há necessidade do uso de auxina sintética para promover o enraizamento das estacas, pois estas devem apresentar um nível satisfatório de auxina endógena que favorece a emissão das raízes adventícias.

Referências

- AGRA, M. F.; FREITAS, P. F. de; BARBOSA-FILHO, J. M. Synopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, v. 17, n. 1, p. 114–140, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2007000100021>.
- ALBUQUERQUE, C. C.; CAMARA, T. R.; MARIANO, R. de L. R.; WILLADINO, L.; MARCELINO JÚNIOR, C.; ULISSES, C. Antimicrobial action of the essential oil of *Lippia gracilis* Schauer. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 49, n. 4, p. 527–535, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-89132006000500001>.
- AMARO, H. T. R.; SILVEIRA, J. R.; DAVID, A. M. S de S.; RESENDE, M. A. V. de; ANDRADE, J. A. S. Tipos de estacas e substratos na propagação vegetativa da menta (*Mentha arvensis* L.). *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 15, n. 3, p. 313–318, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722013000300001>.
- ARAÚJO, M. J. C.; CÂMARA, C. A.; BORN, F. S.; MORAES, M. M.; BADJI, C. A. Acaricidal activity and repellency of essential oil from *Piper aduncum* and its components against *Tetranychus urticae*. *Experimental & Applied Acarology*, v. 57, n. 2, p. 139–55, 2012. DOI: [10.1007/s10493-012-9545-x](https://doi.org/10.1007/s10493-012-9545-x).
- BIASI, L. A.; COSTA, G. Propagação vegetativa de *Lippia alba*. *Ciência Rural*, v. 33, n. 3, p. 455–459, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000300010>.

- BISPO, L. P. **Propagação, cultivo e produção de óleo essencial de espécies de *Lippia* (Verbenaceae) ocorrentes no Semiárido baiano**. 2015. 85 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.
- BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 94, n. 3, p. 223–253, 2004. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022.
- CARTAXO, S. L.; SOUZA, M. M. D. A.; DE ALBUQUERQUE, U. P. Medicinal plants with bioprospecting potential used in semi-arid northeastern Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 131, n. 2, p. 326–42, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.07.003>.
- CARVALHO JÚNIOR, W. G. O.; MELO, M. T. P.; MARTINS, E. R. Comprimento da estaca no desenvolvimento de mudas de alecrim-pimenta. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2199–2202, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000152>.
- CUNHA, A. L. B.; CHAVES, F. C. M.; BATISTA, A. C.; HIDALGO, A. F. Propagação vegetativa de estacas de *Piper hispidum* Sw. em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 685–692, 2015. Suplemento I. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/136916/1/1516-0572-rbpm-17-4-s1-0685.pdf>. Acesso em: 4 maio 2024.
- DUARTE, E. F.; OLIVEIRA JÚNIOR, E. D.; BIGARELLI, L. F. G.; ALMEIDA, C. S.; SILVA, L. C.; ASSIS, S. R. F. Enraizamento de estacas de produção de biomassa de *Lippia alba* (Mill) N. E. Brow (Verbenaceae). **Revista Científica Eletrônica de Agro-nomia**, v. 1, n. 2, 2002.
- FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 221 p.
- FERRAZ, R. P. C.; BOMFIM, D. S.; CARVALHO, N. C.; SOARES, M. B.; SILVA, T. B. da; MACHADO, W. J.; PRATA, A. P.; COSTA, E. V.; MORAES, V. R.; NOGUEIRA, P. C.; BEZERRA, D. P. Cytotoxic effect of leaf essential oil of *Lippia gracilis* Schauer (Verbenaceae). **Phytomedicine**, v. 20, n. 7, p. 615–621, 2013. DOI: 10.1016/j.phymed.2013.01.015.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.
- FRONZA, D.; HAMANN, J. J. **Viveiros e propagação de mudas**. Santa Maria: UFSM – Colégio Politécnico: Rede e-Tec Brasil, 2015. 142 p.
- GADELHA, P. H. M.; SANTOS, J. R.; BRITO, R. R.; MAIA, R. de O.; COSTA, M. R. da; UCHÔA, C. do N. Influência do comprimento da estaca de alecrim-pimenta no estabelecimento da raiz. **Revista Inova Ciência & Tecnologia**, n. 3, p. 7–12, 2016. Disponível em: <https://periodicos.iftm.edu.br/index.php/inova/article/view/221>. Acesso em: 8 jun. 2024.
- GASPAR, T.; HOFINGER M. Auxin metabolism during adventitious rooting. In: DAVIS, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, A. N. (ed.). **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Press, 1988. p. 117–131.
- GOMES, S. V. F.; NOGUEIRA, P. C. L.; MORAES, V. R. S. Aspectos químicos e biológicos do gênero *Lippia* enfatizando *Lippia gracilis* Schauer. **Ecletica Química**, v. 36, n. 1, p. 64–77, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-46702011000100005>.
- GUIMARÃES, A. G.; GOMES, S. V. F.; MORAES, V. R. S.; NOGUEIRA, P. C. L.; FERREIRA, A. G.; BLANK, A. F.; SANTOS, A. D. C.; VIANA, M. D.; SILVA, G. H.; QUINTANS JÚNIOR, L. J. Phytochemical characterization and antinociceptive effect of *Lippia gracilis* Schauer. **Journal of Natural Medicines**, v. 66, n. 3, p. 428–434, 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11418-011-0601-3>. Acesso em: 7 maio 2024.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D.; DAVIES, F.; GENEVE, R.; WILSON, S. **Plant propagation: principles and practices**. 6. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880 p.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. New Jersey: PrenticeHall, 2011. 915 p.
- ISMAN, M. B. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop Protection**, v. 19, n. 8/10, p. 603–608, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00079-X](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00079-X).
- ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 45–66, jan. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151146>.
- LIMA, C. C.; OHASHI, S. T. Substrato no enraizamento de estacas provenientes de mudas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, p. 1270–1282, 2016. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/1291>. Acesso em: 14 maio 2024.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais do Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 544 p.
- MARCHESE, J. A.; PISSAIA, E.; BOCCHESI, V. C. C.; CAMBRUZZI, E.; COLUSSI, G.; HART, V.; MAGIERO, E. C. Estacas de diferentes diâmetros na propagação de *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. –Verbenaceae. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 4, p. 506–509, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722010000400015>.
- MARINHO, M. J. M.; ALBUQUERQUE, C. C.; MORAIS, M. B.; SOUZA, M. C. G.; SILVA, K. M. B. Estabelecimento de protocolo para micropropagação de *Lippia gracilis* Schauer. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 2, p. 246–252, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722011000200019>.
- MARQUES, L. C.; SOUZA, C. M. Pesquisa e desenvolvimento de fitoterápicos: relatos de experiência em indústria farmacêutica nacional. **Revista Fitos**, v. 7, n. 1, p. 50–66, 2012. Disponível em: https://mooc.campusvirtual.fiocruz.br/rea/inovacao_medamentos/leitura_1_Pesquisa_e_Desenvolvimento_de_Fitoterapicos.pdf. Acesso em: 7 jun. 2024.
- MATOS, F. J. A.; MACHADO, M. I. L.; CRAVEIRO, A. A.; ALENCAR, J. W.; SILVA, M. G. de V. Medicinal plants of Northeast Brazil containing thymol and carvacrol – *Lippia sidoides* Cham. and *L. gracilis* H.B.K. (Verbenaceae). **Journal of Essential Oil Research**, v. 11, n. 6, p. 666–668, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1080/10412905.1999.9711990>.
- MAY, P. H.; BARATA, L. E. S. Rosewood exploitation in the Brazilian Amazon: options for sustainable production. **Economic Botany**, v. 58, n. 2, p. 257–265, 2004. DOI: 10.1663/0013-0001(2004)058[0257:REITBA]2.0.CO;2.
- MCCOWN, B. H. Adventitious rooting of tissue cultured plants. In: DAVIS, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. (ed.). **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Press, 1988. v. 2, p. 289–302.
- MELO, J. O.; BITENCOURT, T. A.; FACHIN, A. L.; CRUZ, E. M. O.; JESUS, H. C. R.; ALVES, P. B.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; FRANCA, S. de C.; BELEBONI, R. O.; FERNANDES, R. P. M.; BLANK, A. F.; SCHER, R. Antidermatophytic and antileishmanial activities of essential oils from *Lippia gracilis* Schauer genotypes. **Acta Tropica**, v. 128, n. 1, p. 110–115, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2013.06.024>.
- MENDES, S. S.; BOMFIM, R. R.; JESUS, H. C. R.; ALVES, P. B.; BLANK, A. F.; ESTEVAM, C. S.; ANTONIOLLI, A. R.; THOMAZZI, S. M. Evaluation of the analgesic and anti-inflammatory effects of the essential oil of *Lippia gracilis* leaves. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 129, n. 3, p. 391–397, 2010. DOI: 10.1016/j.jep.2010.04.005.
- MENEZES JÚNIOR, F. O. G. **Caracterização de diferentes substratos e seu efeito na produção de mudas de alface e couve-flor em ambiente protegido**. 1998. 83 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MOMENTÉ, V. G.; BEZERRA, A. M. E.; INNECCO, R.; LEDO, A. da S.; ALVES, M. da C. S. Crescimento inicial de mudas de mentrasto "forma florífera". **Ciência Agronômica**, v. 34, n. 1, p. 5–10, 2003. Disponível em: <http://periodicos.ufc.br/revistacienciaagronomica/article/view/91358/249246>. Acesso em: 11 maio 2024.

NAÇÕES UNIDAS. **Ojetivo de desenvolvimento sustentável 2: fome zero e agricultura sustentável**. New York, 2023. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/2>. Acesso em: 12 fev. 2023.

NICOLOSO, F. T.; FORTUNATO, R. P.; FOGACA, M. A. F. Influência da posição da estaca no ramo sobre o enraizamento de *Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen em dois substratos. **Ciência Rural**, v. 29, n. 2, p. 277–283, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84781999000200015>.

OLIVEIRA, R. B. de; LIMA, J. S. de S.; SOUZA, C. A. M. de; SILVA, S. de A.; MARTINS FILHO, S. Produção de mudas de essências florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento em campo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 122–128, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/Wpx9ZZB59Tcb4G4h3tfd3jq/?format=pdf>. Acesso em: 25 jan. 2024.

OLIVEIRA, A. C. L.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; BLANK, A. F.; BIANCHINI, F. G. Produção de mudas de dois genótipos de alecrim-de tabuleiro (*Lippia gracilis* Schauer) em função de fertilizante mineral, calcário, substratos e recipientes. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 13, n. 1, p. 35–42, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722011000100006>.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares**. Jaboticabal: Funep, 1996. 83 p.

PACHECO, J. P.; FRANCO, E. T. H. Ácido indolbutírico em diferentes diâmetros na estaquia de *Luehea divaricata*. **Ciência Rural**, v. 38, n. 6, p. 1624–1629, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000600020>.

PARAJARA, F. C. **Propagação vegetativa e desenvolvimento de mudas de espécies nativas por estaquia de ramos herbáceos**. 2015. 71 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo.

PAVELA, R.; BENELLI, G. Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. **Trends in Plant Science**, v. 21, n. 12, p. 1000–1007, 2016. DOI: [10.1016/j.tplants.2016.10.005](https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.10.005).

PEREIRA JÚNIOR, R. L.; ANDRADE, A. P. de; ARAÚJO, K. D.; BARBOSA, A. da S.; BARBOSA, F. M. Espécies da Caatinga como alternativa para o desenvolvimento de novos fitofármacos. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 509–520, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.024212>.

PEREIRA, F. B.; PERES F. S. B. Nutrição e enraizamento adventício de plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 87, p. 319–326, jul/set. 2016. DOI: <https://doi.org/10.4336/2016.pfb.36.87.1146>.

SANTOS, R. G.; SOUSA, I. M.; ALBUQUERQUE, C. C.; SILVA, B. K. M. Tipo de estaca e substrato na propagação vegetativa de *Lippia gracilis* Schauer. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 83, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1808-1657000012014>.

SCHORN, L. A.; FORMENTO, S. **Silvicultura II: produção de mudas florestais**. Blumenau: Universidade Regional de Blumenau, 2003. 55 p.

SILVA, G. C.; OLIVEIRA, L. M.; LUCHESE, A. M.; SILVA, T. R. S.; NASCIMENTO, M. N. Propagação vegetativa e crescimento inicial de *Lippia origanoides* (alecrim-de-tabuleiro). **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 236–240, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000200016>.

SOUZA, A. V. V.; SANTOS, U. S.; SOUZA, M. D.; SOUZA, D. D.; BASTOS, D. C. Efeito da época de coleta e concentração de auxina no enraizamento de estacas de *Lippia gracilis* Schauer. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 18, n. 3, p. 699–707, 2016. Disponível em: https://www.sbpmed.org.br/admin/files/papers/file_ekhmmqymW1YI.pdf. Acesso em: 14 jan. 2024.

SOUZA, A. V. V. de; SANTOS, U. S. dos; CORREA, R. M.; SOUZA, D. D. de; OLIVEIRA, F. J. V. de. Essential oil content and chemical composition of *Lippia gracilis* Schauer cultivated in the Sub-middle São Francisco Valley. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 20, n. 4, p. 983–994, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165130/1/Ana-valeria-2017.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2024.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TAVARES, I. B.; MOMENTÉ, V. G.; BARRETO, H. G.; CASTRO, H. G. de; SANTOS, G. R. dos; NASCIMENTO, I. R. do. Tipos de estacas e diferentes substratos na propagação vegetativa da erva cidreira (quimiotipos I, II e III). **Bioscience Journal**, v. 28, n. 2, p. 206–213, 2012. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/11328>. Acesso em: 8 jun. 2024.

VIAN, A. L.; CARON, B. O.; BEHLING, A. Propagação vegetativa de *Aloysia triphylla* e *Lippia alba*: Efeito da posição da estaca no ramo e do substrato. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 29, 2019. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/278>. Acesso em: 5 jul. 2024.

ZERAIK, M. L.; QUEIROZ, E. F.; MARCOURT, L.; CICLET, O.; CASTRO-GAMBOA, I.; SILVA, D. H. S.; CUENDET, M.; BOLZANI, V. da S.; WOLFENDER, J.-L. Antioxidants, quinone reductase inducers and acetylcholinesterase inhibitors from *Spondias tuberosa* fruits. **Journal of Functional Foods**, v. 21, p. 396–405, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.12.009>.