

**INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA
MILENA PIMENTA DE MATOS**

**ÁCIDO INDOL-3-BUTÍRICO NO ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE *Senna alata*
(LINNAEUS) ROXBURGH (FABACEAE)**

SÃO JOÃO EVANGELISTA

2015

MILENA PIMENTA DE MATOS

**ÁCIDO INDOL-3-BUTÍRICO NO ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE *Senna alata*
(LINNAEUS) ROXBURGH (FABACEAE)**

Monografia apresentada ao Instituto Federal de Minas Gerais – *campus* São João Evangelista como exigência parcial para obtenção do título de Especialista em Meio Ambiente.

Orientador: Me. Bruno Oliveira Lafetá

SÃO JOÃO EVANGELISTA

2015

FICHA CATALOGRÁFICA

M433a Matos, Milena Pimenta de
2015 Ácido Indol-3-Butírico no enraizamento de estacas de Senna alata (Linnaeus) Roxburgh (Fabaceae) / Milena Pimenta de Matos. – 2015.
30 f.
 Monografia (Especialização em Meio Ambiente) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, 2015.
 Orientador: Me. Bruno Oliveira Lafetá.
1. Estaquia. 2. Herbácea. 3. Rizogênese. 4. Semilenhosa. I. Matos, Milena Pimenta de. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista. III. Título.

CDD 631

Elaborada pela Biblioteca Professor Pedro Valério – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista

Bibliotecário Responsável: Veríssimo Amaral Matias - CRB-6/3266

MILENA PIMENTA DE MATOS

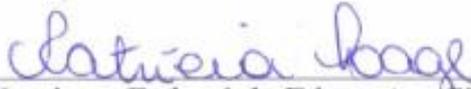
**ÁCIDO INDOL-3-BUTÍRICO NO ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE *Senna alata*
(LINNAEUS) ROXBURGH (FABACEAE)**

Monografia apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais – *campus* São João Evangelista como exigência parcial para obtenção do título de Especialista em Meio Ambiente.

Aprovado em: 28 / 09 / 2015

BANCA EXAMINADORA


Prof. Me. Bruno Oliveira Lafetá - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais *Campus* São João Evangelista


Ma. Patrícia Lage - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais *Campus* São João Evangelista


Prof.^a Ma. Ana Carolina Ferraro - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais *Campus* São João Evangelista

AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar e iluminar minha vida.

Aos meus pais Laudicéia e Edimar, por todo incentivo e apoio de sempre. Sem vocês tudo seria mais difícil.

Aos meus irmãos Emerson e Tony, por todo carinho, companheirismo e por ficarem felizes com minhas conquistas.

Ao meu orientador Bruno Lafetá, que foi essencial para a realização deste trabalho; pela paciência em me ensinar e dividir comigo seus conhecimentos.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *campus* São João Evangelista pela infraestrutura oferecida.

Aos professores, pela aprendizagem.

Aos colegas de especialização, pela amizade conquistada, companheirismo, experiências compartilhadas e por tornarem os fins de semana de aula menos cansativos e desanimadores.

A Ianny, Roniel e Renolde, pela ajuda e apoio técnico.

A todos vocês, minha gratidão!

“O sucesso é pessoal e intransferível. Separe um tempo para definir o que é sucesso para você, depois corra atrás disso”.

(Jufra Menhal)

RESUMO

A estaquia é uma técnica de propagação vegetativa promissora para a produção de mudas de espécies nativas. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes concentrações de Ácido Indol-3-Butírico (AIB) e em dois tipos de estacas na propagação vegetativa de *Senna alata*. Adotou-se delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições, no esquema fatorial 4 x 2, sendo estudado o efeito de quatro concentrações de AIB: T1) Testemunha – 0 mg/L; T2) 250 mg/L; T3) 500mg/L e T4) 1000mg/L e de dois tipos de estacas (E1 – Herbácea e E2 – Semilenhosa). Cada unidade experimental foi constituída por 12 estacas. As concentrações estudadas desse regulador de crescimento não exerceram influência no desenvolvimento do sistema radicular e aéreo das mudas e, por conseguinte, em sua sobrevivência em casa de sombra. Na casa de vegetação, as estacas herbáceas foram as que perderam menos folhas remanescentes após redução foliar e, conseqüentemente, apresentaram maior sobrevivência quando foram mantidas em casa de sombra. Conclui-se que estacas herbáceas podem ser recomendadas para a propagação vegetativa de *S. alata*.

Palavras-chave: Estaquia. Herbácea. Rizogênese. Semilenhosa.

ABSTRACT

Cutting is a propagating promising technique for the seedling production of native species. This work aimed to evaluate the effect of different concentrations of indole-3-butyric acid (IBA) and of two cuttings types in the vegetative propagation of *Senna alata*. The experiment was established in a completely randomized design with four repetitions, in a factorial 4 x 2, being studied the effect of four concentrations of AIB: T1) Control – 0 mg/L; T2) 250 mg/L; T3) 500 mg/L and T4) 1000 mg/L and two cuttings types (E1 – Herbaceous and E2 – Semihardwood). Each experimental unit consisted of 12 cuttings. The concentrations studied that growth regulator didn't influence the development of the root system and air of the seedlings and, therefore, in the survival in shade house. In greenhouse, the herbaceous cuttings were the ones that lost less remaining leaves after leaf reduction and, consequently, had higher survival when were kept in shade house. It was concluded that herbaceous cuttings can be recommended for the vegetative propagation of *S. alata*.

Keywords: Cuttings. Herbaceous. Rhizogenesis. Semihardwood

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 A ESPÉCIE <i>SENNA ALATA</i>	11
2.2 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA.....	11
2.3 ÁCIDO INDOL-BUTÍRICO (AIB)	12
3 MATERIAIS E MÉTODOS	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5 CONCLUSÕES.....	24
REFRÊNCIAS.....	25

1 INTRODUÇÃO

Senna alata (Linnaeus) Roxburgh (Fabaceae Caesalpinioideae), popularmente conhecida por fedegoso gigante, é uma planta perene arbustiva de rápido crescimento cujo interesse comercial é crescente devido suas propriedades medicinais. Pode ser usada para regular o fluxo menstrual, tratamento de anemia e laxante natural (BRAGA et al., 2010; MEDEIROS et al., 2012; RODRIGUES et al., 2009; PATHAK e CHHETRI, 2015; OGUNJOBI e ABIALA, 2013). Além disso, a ação antimicrobiana de extratos obtidos com suas folhas já foi comprovada no controle de fitopatógenos como fungos e bactérias (OGUNJOBI e ABIALA, 2013).

Embora seja uma espécie pouco estudada, seu gênero é de ocorrência pantropical e possui mais de 260 espécies, em torno de 80 % são encontradas no continente americano (FARIA et al., 2013; PATHAK e CHHETRI, 2015). No Brasil ocorre desde o sudeste até a região norte (BRAGA et al., 2010). É utilizada em projetos paisagísticos, indústrias de cosméticos e, como fixadora de nitrogênio. Fornecedora de sombra para o estabelecimento de plantas de estágios mais avançados de sucessão, em programas para a recuperação de ecossistemas degradados (FARIA et al., 2013; PATHAK e CHHETRI, 2015).

O tegumento das sementes de *S. alata* é duro e impermeável, o que dificulta o deslocamento aquoso e as trocas gasosas fundamentais para a germinação. A propagação dessa espécie é realizada predominantemente por meio de sementes, sendo recomendável a superação da dormência por meio de tratamentos pré-germinativos (BRAGA et al., 2010).

A estaquia, por sua vez, é uma alternativa à propagação seminal e se baseia na indução do enraizamento adventício de segmentos destacados de uma planta matriz, formando indivíduos idênticos à mesma (ou clones). Essa técnica permite a obtenção de um grande volume de mudas com baixo custo durante todo o ano, a redução da juvenilidade e o aumento da uniformidade e vigor da produção (ZEM et al., 2015).

O enraizamento de estacas pode ser influenciado pelo balanço hormonal, condições fisiológicas e idade da planta matriz, maturação/juvenilidade dos propágulos, período de coleta de estacas, luminosidade, umidade, temperatura, e tipo de estaca (ALFENAS et al., 2004; XAVIER, SANTOS e OLIVEIRA. 2013). Ainda que a presença de folhas estimule a rizogênese através do fornecimento de produtos fotossintéticos como hormônios e carboidratos, a deposição do excesso de água na lâmina foliar (efeito “guarda-chuva”) pode prejudicar a eficiência de irrigação e causar o tombamento vegetal (Xavier et al., 2013;

Correia et al., 2015;). Para minimizar os efeitos negativos da presença de folhas em estacas, tem sido estudada a redução da lâmina foliar (MORAES, FONSECA e RUI, 2014; CORREIA et al., 2015; STUEPP et al., 2015; PURCINO, MACHADO e BIASI, 2012).

Os viveiros florestais demandam determinados insumos para a produção de mudas via estaquia que, em quantidades adequadas, podem aumentar os lucros. Reguladores de crescimento são substâncias orgânicas complexas capazes de modificar processos fisiológicos e morfológicos da planta (VILARINHO e CÂNDIDO, 2014). A formulação de uma concentração equilibrada desses reguladores tem como propósito garantir o crescimento vegetal conforme dado padrão qualidade.

Baixos níveis de auxinas endógenas podem limitar o enraizamento de determinadas espécies florestais, sendo recomendada a aplicação de reguladores sintéticos de crescimento capazes de simular o efeito daquelas produzidas pelas plantas (ZEM et al., 2015; PIO et al., 2006). O uso desses reguladores é comumente indicado em ocasiões em que há ausência de resposta rizogênica e, ou, quando se deseja aumentar a homogeneidade de estacas enraizadas. Um exemplo é a auxina sintética Ácido Indol-3-Butírico (AIB), insumo fotoestável, de ação localizada, pouco sensível à degradação biológica e amplamente usado na produção de mudas via estaquia (MINDÉLLO, BALBINOT e IRANO, 2004; ALVES, 2014). Este produto tem sido comercializado devido à capacidade de estimular a formação de primórdios radiculares, aumentando a porcentagem de estacas enraizadas e diminuindo o tempo de permanência em viveiro (AMARAL et al., 2012; MINDÉLLO, BALBINOT e IRANO, 2004).

A estaca de origem caulinar é constituída por um segmento de ramo com gemas apicais e, ou, laterais, podendo apresentar consistência herbácea, lenhosa (XAVIER, SANTOS e OLIVEIRA, 2003) ou semilenhosa. O grau de lignificação aumenta no sentido da consistência herbácea para a lenhosa, sendo que aquela apresenta maior potencial meristemático para o enraizamento (XAVIER; WENDLING E SILVA, 2013). Entretanto, há relatos que estacas mais lignificadas e espessas apresentam elevadas quantidades de assimilados que permitem a formação de raízes em ambientes menos luminosos (VILARINHO e CÂNDIDO, 2014). Enfatiza-se que a escolha inadequada do tipo de estaca pode resultar em taxas elevadas de mortalidade, inviabilizando a produção de mudas (SANTOS et al., 2014).

Diante da importância de estudos sobre a propagação via estaquia de espécies florestais nativas (DIAS et al., 2012b; DIAS et al., 2015; XAVIER; WENDLING E SILVA, 2013), especialmente, da *S. alata*, este trabalho avaliou o tipo de interação entre o AIB e o

tipo de estaca de *S. alata*, além de verificar qual o tipo de propagação via estaquia que pode ser recomendada para a espécie estudada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A ESPÉCIE *Senna alata*

A espécie *Senna alata* (Linnaeus) Roxburgh (Fabaceae- Caesalpinioideae), nome popular fedegoso-gigante, é uma planta perenifólia de interesse florestal e medicinal, capaz de atingir entre 1 a 3 metros de altura (BRAGA et al., 2010; LORENZI, 2008). Apresenta folhas paripinadas, folíolos opostos, ráquis foliar e pecíolo com ou sem glândulas, estípulas de formas variadas, persistentes ou caducas. As flores são amarelas ou alaranjadas, dispostas em racemos ou panículas; brácteas caducas ou persistentes; bractéolas ausentes; cálice com 5 sépalas, desiguais e corola zigomorfa ou assimétrica, com 5 pétalas (RODRIGUES et. al 2005). Devido ao rápido crescimento e capacidade nitrificadora, pode ser empregada em programas que visem à recuperação da fertilidade do solo e demais ecossistemas degradados. Porém, deve-se ter cautela quanto à distribuição e quantidade de seus indivíduos, pois, em alguns casos, se comporta como daninha devido à presença de compostos alelopáticos em suas folhas (RODRIGUES et al., 2010). Ferreira et.al (2007), demonstrou em seu estudo que o extrato das folhas do fedegoso foi o que apresentou maior alelopatia em relação as flores, inibindo acima de 90% a germinação de sementes de plantas daninhas e 70% para a forrageira.

A *Senna alata* é uma espécie pioneira e atrativa da fauna, conseqüentemente, atua fornecendo sombra para o estabelecimento de grupos mais avançados de sucessão.

É utilizada na arborização de praças e ruas devido à beleza exuberante de suas flores amarelas e porte reduzido. É usada na medicina popular devido suas propriedades anti-herpética, antianêmica, diurética e laxativa (RODRIGUES et al., 2010).

As sementes de *S. alata* apresentam dormência tegumentar (BRAGA et al., 2010). É um bloqueio físico para o crescimento do embrião, formado por uma camada de células paliçadiças recobertas por uma camada externa cuticular cerosa (JELLER e PEREZ, 1999). Fato, comumente, observado nas sementes da família Fabaceae. (SAMPAIO et al., 2001).

2.2 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

A propagação vegetativa é um método para a produção de mudas clonais, que utiliza estruturas vegetativas para induzir a formação de uma planta. É muito utilizada quando o

interesse é produzir mudas durante todo o ano, ao passo que a propagação seminal é normalmente restrita aos períodos específicos de frutificação de cada espécie. Apesar da possibilidade de armazenar as sementes em ambientes com controle de temperatura e umidade, a quantidade de material propagativo coletado pode ser limitada em função dos critérios estabelecidos pela legislação ambiental pertinente. Além de que, a perda do potencial germinativo pode ocorrer à medida do tempo que esse material é armazenado. Maiores dificuldades são observadas quando as sementes possuem algum tipo de dormência, seja ela de origem física, fisiológica, presença de substância inibidora ou a combinação dessas.

A propagação vegetativa possui diversas vantagens, principalmente para aqueles indivíduos que apresentam restrições na floração e sementes estéreis. Dentre as vantagens estão o baixo custo econômico do método, aumento da quantidade e qualidade da produção de mudas, e reprodução fiel da planta-mãe resultando em plantios uniformes (ALFENAS et. al 2004). No entanto as desvantagens devem ser observadas já que há risco do estreitamento da base genética (SOUZA 2007), transmissão de doenças quando a planta-mãe se encontrar infectada, necessidade de instalações e de plantas matrizes adequadas (YAMAZOE e BOAS, 2003).

A estaquia é uma técnica de propagação vegetativa muito aplicada na produção de mudas em viveiros florestais, podendo usar como propágulo segmentos de folhas, caules e raízes (XAVIER; WENDLING E SILVA, 2013). O método de estaquia pode variar de acordo com as características estruturais e fenológicas da planta. Os tipos mais comuns deste tipo de propagação são as estacas herbáceas e as estacas semilenhosas.

As estacas caulinares são as mais difundidas pela fácil obtenção e resposta rizogênica. Entretanto, o desenvolvimento de raízes adventícias de segmentos destacados de uma planta doadora é um processo de grande complexidade, que envolve fatores exógenos e endógenos ainda não elucidados por completo (SOUZA e PEREIRA, 2007). Salienta-se, ainda, que as raízes adventícias não são oriundas da radícula do embrião ou da raiz principal por ela formada, podendo ser originada das partes aéreas das plantas, hipocótilos jovens, caules subterrâneos e no mesocótilo de sementes de gramíneas (SOUZA e PEREIRA, 2007).

2.3 ÁCIDO INDOL-BUTÍRICO (AIB)

As auxinas englobam um grupo de reguladores de crescimento que promovem o alongamento celular e crescimento do sistema radicular de vegetais. (NOBERTO et. al, 2001).

É empregada de forma sintética quando há ausência de resposta rizogênica dos propágulos vegetativos ou para antecipar e homogeneizar a produção de mudas. As auxinas sintéticas comercializadas, como o Ácido Indol-3-Butírico (AIB), Ácido Indol-3-Acético (AIA), Ácido Naftalenoacético (ANA) e o ácido 2,4-diclorofenoxiacético. (2,4-D) (XAVIER; WENDLING E SILVA, 2013).

Por se tratar de uma substância fotoestável, de ação localizada e menos sensível à degradação biológica, em comparação as demais auxinas sintéticas (FACHINELLO et al., 1995; HOFFMANN et al., 1996), o Ácido Indol-3-Butírico (AIB) é o mais utilizado para estimular o enraizamento de plantas na propagação vegetativa por estaquia e miniestaquia.

A definição de uma concentração adequada de AIB é essencial para maximizar o crescimento vegetal, principalmente quando a quantidade de auxina endógena é insuficiente para induzir o enraizamento. Estudos relatam que o uso correto de AIB pode aumentar em média 56% o enraizamento de plantas. Porém, quando há um aumento exagerado na aplicação desta auxina exógena, o seu efeito pode tornar-se inibitório (WAGNER et. al, 2004; PEÑA et. al, 2012), como foi demonstrado por Dias (2011) em seu trabalho, constatando que a miniestaquia da espécie *Anadenanthera macrocarpa* não sofreu efeito no seu processo de enraizamento quando tratado em 4 concentrações de ácido indol-3 butiríco (0; 2000, 4000 e 6000 mg L⁻¹). No entanto, quando a miniestaquia de *Handroanthus heptaphyllus* foi avaliada em 5 concentrações de AIB (0; 2000, 4000, 6000 e 8000 mg L⁻¹) verificou-se que a aplicação da dose máxima (8000 mg L⁻¹) de ácido resultou num acentuado aumento no número de raízes (FREITAS 2012) . Sendo assim, pode-se inferir que a quantidade de ácido indol-3 butiríco utilizado no enraizamento de plantas florestais pode variar de acordo com a espécie estudada.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Coletaram-se estacas herbáceas e semilenhosas no terço inferior da parte aérea de mudas e árvores de *S. alata* em 17 de março de 2014. Esta posição em relação à copa foi escolhida com a finalidade de melhorar a capacidade de enraizamento das estacas devido à maior juvenilidade e vigor do tecido (WENDLING e XAVIER, 2001). Os indivíduos doadores de estacas não apresentavam sinais aparentes de ataques por insetos, doenças ou injúrias. Definiram-se como estaca herbácea aquelas coletadas em 20 mudas (altura de 20 a 35 cm e diâmetro do coleto superior a 4 mm) produzidas via seminal no viveiro de espécies florestais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus São João Evangelista*. No mesmo local, foram coletadas estacas de consistência semilenhosa de oito árvores (altura de $2,31 \pm 0,35$ m e diâmetro a 1,30 m do solo de $10,38 \pm 1,92$ cm) oriundas da sua arborização.

A região possui um clima temperado chuvoso-mesotérmico, classificado como Cwa pelo sistema de Köppen (com inverno seco e verão chuvoso), a temperatura média anual é de 21 °C e precipitação média anual é de 1400 mm (BRAGA et al., 1999).

A coleta das estacas foi realizada com auxílio de tesoura esterilizada em fogo no início da tarde (às 13 horas). Os materiais propagativos foram acondicionados em bandeja com solução de hipoclorito de sódio (NaClO), com 2,0 % de cloro ativo, a 3,0 % (v/v) e posteriormente, lavados em água corrente. O comprimento das estacas herbáceas foi de $7,79 \pm 0,72$ cm (diâmetro da base de $1,72 \pm 0,64$ cm) e das semilenhosas de $10,28 \pm 1,01$ cm (diâmetro da base de $2,22 \pm 1,30$ cm), cada uma conteve um par de folhas com dois folíolos basais apenas.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com quatro repetições, no esquema fatorial 4 x 2, sendo estudado o efeito de quatro concentrações de Ácido Indol-3-Butírico (AIB): T1) Testemunha – 0 mg/L; T2) 250 mg/L; T3) 500mg/L e T4) 1000mg/L) e em dois tipos de estacas (E1 – Herbácea e E2 – Semilenhosa). Cada unidade experimental foi constituída por 12 estacas.

Foram utilizados 384 tubetes de plástico rígido de fundo aberto (capacidade de 180 cm³, seção circular e com 8 estrias internas salientes, longitudinais e equidistantes) no sistema de canteiro suspenso. Cada tubete foi preenchido com substrato comercial composto por casca de pinus (Mecplant®- Classe A) com capacidade de retenção de água de 60,0 %

(p/p). Este substrato foi enriquecido com formulado de liberação controlada Osmocote® 15-9-12 (2 g.kg⁻¹).

A base das estacas foi imersa em solução com AIB por dois segundos e posteriormente enterradas no substrato em profundidade média de 1,5 cm. (Figura1). As unidades experimentais foram mantidas em casa de vegetação com tela de sombreamento de monofilamento, malha para 50,0 % de sombra, e irrigadas quatro vezes ao dia durante cinco minutos (vazão do bico miniaspensor de 7 L/h) para conservação do turgor hídrico das estacas e indução do enraizamento. Avaliou-se aos 42 dias a frequência relativa de estacas que Perderam as Folhas Remanescentes (PFR, %) após redução foliar, estacas que emitiram Novas Folhas (NF, %) e estacas que Emitiram Novas Folhas mesmo Perdendo as Remanescentes (NFPF, %).

Figura 1. À esquerda têm-se os materiais propagativos acondicionados em bandeja com solução de hipoclorito de sódio para posterior lavagem em água corrente e obtenção de estacas. Ao centro se encontra uma estaca semilenhosa com a base imersa em solução com AIB. À direita é apresentada uma estaca sendo enterrada no substrato.



Em seguida, o material experimental foi transferido para aclimatação em casa de sombra (com a mesma malha da casa de vegetação) e submetido à irrigação três vezes ao dia durante 20 minutos (vazão do bico aspensor de 47 L/h), onde foi mantido por 49 dias. Foi registrada a Sobrevivência (S, %) das estacas aos 91 dias após instalação do experimento; aquelas que não apresentavam folhas e, ou exibiam sinais de necrose foram consideradas mortas.

As mudas obtidas foram cortadas rente ao substrato para isolamento e lavagem em água corrente do sistema radicular. Tomaram-se os comprimentos da Parte Aérea (PA, cm) e da maior raiz presente no Sistema Radicular (SR, cm) com auxílio de um paquímetro digital de precisão 1/10 mm. Para a Massa Seca do Sistema Radicular (MSSR, g) de cada muda, este material foi seco a 65 °C até peso constante em estufa com circulação forçada de ar.

Todos os resultados expressos em porcentagem e em gramas foram transformados em $\arcseno\sqrt{x/100}$ e \sqrt{x} , respectivamente, a fim de atender aos critérios de normalidade

segundo teste de Lilliefors e homogeneidade de variâncias por Cochran (BANZATTO e KRONKA, 2006; RIBEIRO JÚNIOR, 2012). Realizaram-se teste F e análise de correlação segundo Pearson, ambos a 5,0 % de significância estatística. A análise estatística foi realizada com auxílio dos *softwares* Excel® e SISVAR (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito estatístico pelo teste F ($p > 0,05$) não foi observado em nível de interação (concentrações de AIB x tipos de estacas) para os atributos avaliados (Tabela 1). Diferenças entre os tipos de estacas ($p \leq 0,05$) foram verificadas para aquelas que perderam as folhas remanescentes após redução foliar, sobrevivência e comprimentos de parte aérea e da maior raiz do sistema radicular. A distribuição das raízes com origem em um único ponto foi observada, formando um sistema fasciculado ou em cabeleira. (Figura 2).

Tabela 1 – Resumo da análise de variância com os dados transformados dos atributos avaliados durante a propagação vegetativa de *S. alata*

F.V.	Q.M.						
	PFR	NF	NFPR	S	PA	SR	MSSR
Concentrações AIB (c)	31,7 ^{ns}	146,2 ^{ns}	44,0 ^{ns}	92,9 ^{ns}	10,5 ^{ns}	9,3 ^{ns}	<0,1 ^{ns}
Estacas (e)	747,8 [*]	337,9 ^{ns}	237,3 ^{ns}	1950,6 [*]	205,0 [*]	51,1 [*]	<0,1 ^{ns}
c x e	88,9 ^{ns}	96,2 ^{ns}	84,7 ^{ns}	51,8 ^{ns}	5,3 ^{ns}	9,7 ^{ns}	<0,1 ^{ns}
Resíduo	106,7	126,3	120,0	121,7	5,2	4,5	<0,1 ^{ns}
CV _{exp} (%)	28,31	17,03	34,35	13,70	29,81	11,04	23,48

CV_{exp} = Coeficiente de variação experimental. Os graus de liberdade foram 1, 3, 3 e 23 para Estacas, Concentrações AIB, “e x c” e Resíduo, respectivamente. Uma unidade experimental do tratamento T2 (E1) foi perdida.

PFR = Estacas que perderam as folhas remanescentes após redução foliar; NF = Estacas que emitiram novas folhas; NFPR = estacas que emitiram novas folhas mesmo perdendo as remanescentes; S = Sobrevivência; PA = Comprimento de Parte Aérea; SR = Comprimento de Raiz Principal e MSSR = Massa Seca do Sistema Radicular.

*Significativo a 5,0 % de probabilidade.

^{ns}Não significativo a 5,0 % de probabilidade.

Figura 2 - Imagens de uma muda produzida via estaquia de *S. alata*. Na imagem inferior se encontra em destaque o sistema radicular fasciculado desenvolvido.



As médias dos atributos avaliados em função do tipo de estaca são apresentadas na Tabela 2. As estacas herbáceas apresentaram maior sobrevivência e comprimentos de parte aérea e da maior raiz do sistema radicular. Somando a isso, foi o tipo de estaca que perdeu menos folhas remanescentes após redução foliar. A distribuição das médias e desvios padrões dos atributos está representada na Figura 3.

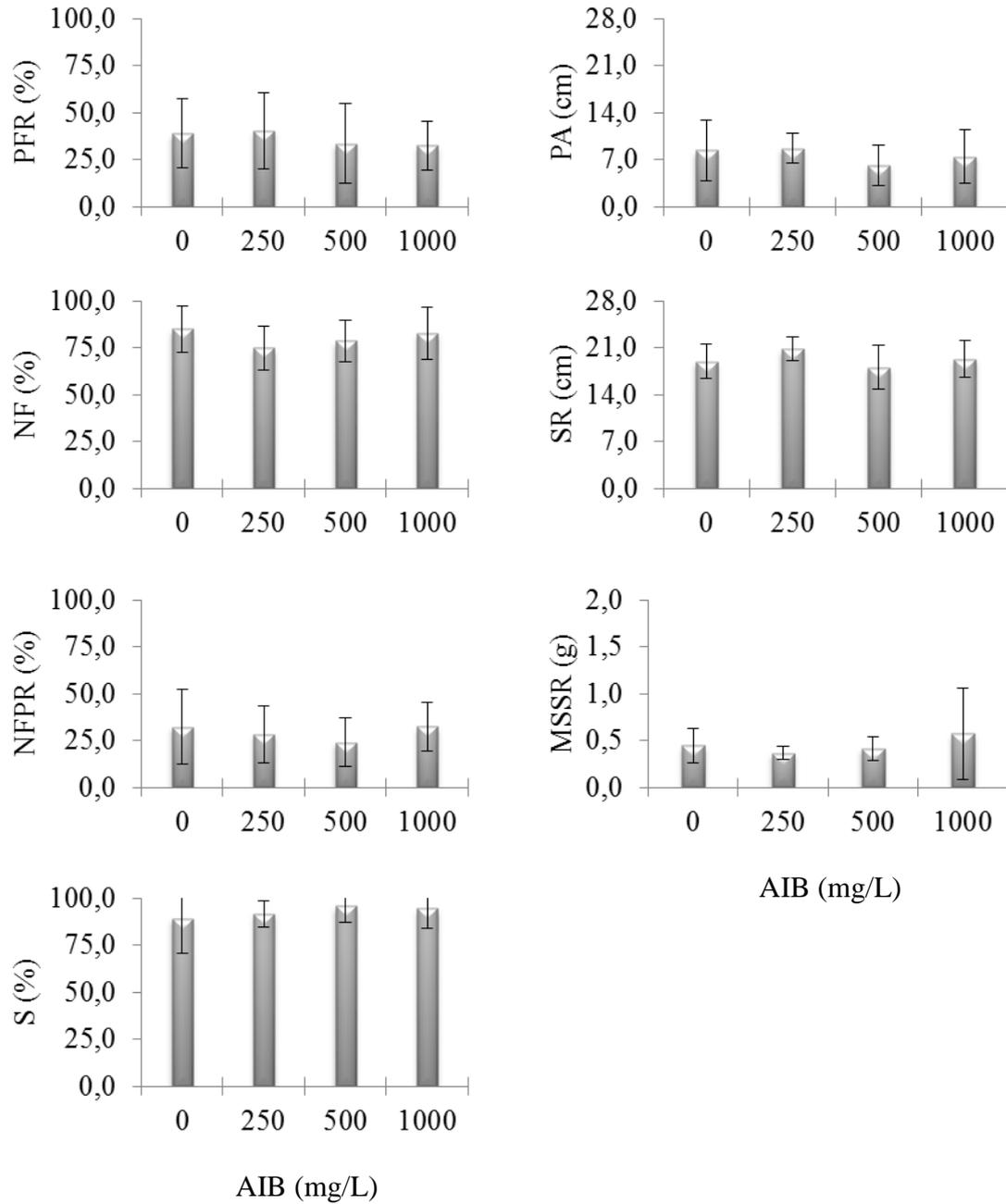
Tabela 2- Médias dos atributos avaliados durante a propagação vegetativa de *S. alata*

Estacas	PFR	NF	NFPR	S	PA	SR	MSSR
	----- % -----				cm	cm	G
E1	27,88 b	84,19 a	25,66 a	99,44 a	10,34 a	20,62 a	0,44 A
E2	44,18 a	77,23 a	33,05 a	86,70 b	5,17 b	18,04 b	0,47 A

Médias seguidas pela mesma letra não se diferenciam estatisticamente pelo teste F a 5,0 % de significância.

PFR = Estacas que perderam as folhas remanescentes após redução foliar; NF = Estacas que emitiram novas folhas; NFPR = estacas que emitiram novas folhas mesmo perdendo as remanescentes; S = Sobrevivência; PA = Comprimento de Parte Aérea; SR = Comprimento de Raiz Principal e MSSR = Massa Seca do Sistema Radicular.

Figura 3 - Representações gráficas dos atributos avaliados durante a propagação vegetativa de *S. alata*. PFR = Estacas que perderam as folhas remanescentes após redução foliar; NF = Estacas que emitiram novas folhas; NFPR = estacas que emitiram novas folhas mesmo perdendo as remanescentes; S = Sobrevivência; PA = Comprimento de Parte Aérea; SR = Comprimento de Raiz Principal e MSSR = Massa Seca do Sistema Radicular



As concentrações estudadas de AIB não exerceram influência no desenvolvimento do sistema radicular e aéreo das mudas e, por conseguinte, em sua sobrevivência em casa de sombra (Tabela 1). A aplicação de auxina exógena, mesmo em estacas pouco lignificadas como as herbáceas, resultou em um modesto ou nulo estímulo ao crescimento do material propagativo (Figura 3). Segundo Taiz e Zeiger (2004), este evento pode ocorrer quando o nível de auxina endógena na região de alongamento se encontra próximo ao ponto ótimo para o crescimento. Da mesma forma, Faria et al. (2007) observaram a ineficiência da aplicação de auxina exógena em estacas semilenhosas de porta-enxerto de *Vitis vinifera* (L.) cv. Shiraz, levantando a possibilidade de o teor de auxina endógena nas estacas ter sido suficiente para o enraizamento.

Outras hipóteses que devem ser consideradas são a pouca sensibilidade do tecido à presença de auxinas (TREWAS e CLELAND, 1983) ou as concentrações utilizadas foram muito baixas. Mesmo empregando três vezes mais AIB (3000 mg/L) que a maior concentração do presente trabalho, Neves et al. (2006) não verificaram efeito dessa auxina no comprimento da maior raiz e sobrevivência de estacas de *Erythrina falcata* Benth independente da época do ano e tipo de estaca. No entanto, Gratieri-Sossella et al. (2008) concluíram que concentrações a partir de 1000 mg/L podem reduzir a mortalidade e favorecer o enraizamento de estacas herbáceas de *E. crista-galli* L.

Os resultados do tratamento testemunha foram estatisticamente similares aos demais (T2 a T4). Isto apresenta grande importância econômica e prática para a produção de mudas via estaquia, pois é possível manter uma elevada taxa de sobrevivência ($92,86 \pm 11,85$ %) e um adequado desenvolvimento vegetal mesmo na ausência de aplicação de AIB (T1), considerando o tratamento menos oneroso e laborioso ao considerar o tempo de avaliação.

A emissão de novas folhas não se correlacionou significativamente com a perda daquelas remanescentes após redução foliar (correlação de $0,04^{ns}$). Entretanto, do ponto de vista fisiológico, a biossíntese de auxina pode ter sido retardada em função da perda de folhas remanescentes, diminuindo a razão auxina/citocinina e favorecendo a formação de brotações. Esta afirmação se baseou na premissa que a auxina é normalmente sintetizada nos tecidos apicais da parte aérea vegetal e transportada de forma basípeta em direção ao sistema radicular (TAIZ e ZEIGER, 2004).

A redução foliar realizada pode ter influenciado de modo indireto a perda de folhas remanescentes quando as estacas foram mantidas em casa de vegetação. É importante considerar que, uma redução na concentração de auxinas pode tornar as células da região de

abscisão foliar sensíveis ao etileno, propiciando a queda de folhas (TAIZ e ZEIGER, 2004). As estacas herbáceas responderam melhor a esse estresse mantendo mais folhas, o que, provavelmente, contribuiu para o sucesso no enraizamento e sobrevivência (Tabela 2), haja vista que as folhas são fontes de carbono e auxina (XAVIER; WENDLING E SILVA, 2013).

A menor frequência relativa de sobrevivência das estacas semilenhosas pode ter ocorrido em razão da maior idade ontogenética do propágulo, reduzindo o vigor fisiológico e, conseqüentemente, a capacidade de formar raízes (WENDLING e XAVIER, 2001). Isto se deve à tendência dos ramos mais velhos acumularem inibidores de enraizamento e apresentarem menores níveis fenólicos e de auxina (DIAS et al., 2012a). Além do mais, o tecido lignificado pode ter atuado como barreira anatômica entre o floema e o córtex, dificultando o enraizamento (XAVIER et al., 2013). Ressalta-se que essa tendência pode ser mais acentuada com a proximidade de estações mais frias, quando níveis de ácido abscísico (ABA) são normalmente elevados (NEVES et al., 2006).

As estacas herbáceas apresentaram maior comprimento de parte aérea, superando o tamanho das semilenhosas quando coletadas (Tabela 2). A correlação do comprimento da maior raiz com o da parte aérea foi positivo (correlação de 0,69*), indicando uma possível relação de dependência entre os tecidos envolvidos. O intenso crescimento radicular poderia ter implicado numa elevada produção de citocinina que estimulou o crescimento da parte aérea vegetal, pois a citocinina é predominantemente sintetizada nas raízes e transportada de forma acrópeta para o ápice vegetal, estimulando a iniciação de gemas caulinares (PERES et al., 1997). De forma retroativa, ou *feedback*, as novas gemas formadas eventualmente garantiram o suprimento de auxina necessário para o completo desenvolvimento do sistema radicular das mudas de *S. alata* (Figura 2).

Na Figura 4 é possível observar o desenvolvimento do sistema radicular que envolveu a desdiferenciação de células específicas para alcançar um estado meristemático, sendo mostrado um primórdio de raiz reconhecível com o subseqüente crescimento e emergência radicial suficiente para proporcionar a sustentação vegetal. Esta dinâmica de crescimento seguiu o padrão típico de rizogênese conforme descrito por Xavier et al (2013). Salienta-se que a formação de um novo meristema é essencial para a iniciação da rizogênese, sobrevivência de estacas e propagação vegetativa de mudas (CUNHA et al., 2009). A distribuição do sistema radicular em cabeleira (Figura 2) está de acordo ao relatado para raízes de mudas clonais por Xavier; Wendling e Silva, 2013).

Figura 4. Imagens de estacas de *S. alata* com 42 dias de idade em casa de vegetação. Na imagem superior à esquerda tem-se uma estaca que emitiu novas folhas e à direita, uma que emitiu novas folhas mesmo perdendo as remanescentes. Nas imagens inferiores é apresentado o desenvolvimento do sistema radicular em casa de vegetação.



Mediante o exposto, recomenda-se o uso de estacas herbáceas para a propagação vegetativa de *S. alata*, principalmente quando a disponibilidade de sementes é um insumo limitante para a produção de mudas. Contudo, as concentrações estudadas de AIB não são indicadas para a propagação via estaquia dessa espécie. Os resultados obtidos fornecem subsídios relevantes para o desenvolvimento de futuras pesquisas e de protocolos que contemplem o melhoramento genético e a propagação através de estacas caulinares de espécies florestais nativas, sobretudo, aquelas de ocorrência no bioma da Mata Atlântica.

5 CONCLUSÕES

Não foi verificada interação entre as concentrações de AIB e os tipos de estacas de *S. alata*. Além disso, as concentrações estudadas desse regulador de crescimento não influenciaram o enraizamento e o desenvolvimento de parte aérea das mudas.

Na casa de vegetação, as estacas herbáceas foram as que perderam menos folhas remanescentes após redução foliar e, conseqüentemente, apresentaram maior sobrevivência quando foram mantidas em casa de sombra. Esse tipo de estaca pode ser recomendado para a propagação vegetativa de *S. alata*,

As mudas oriundas de estacas herbáceas de *S. alata* apresentaram os maiores comprimentos de parte aérea e de raiz. Entretanto, a massa seca do sistema radicular produzido não se diferenciou estatisticamente entre os tipos de estacas.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G. ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 1 ed. Viçosa: UFV, 442p, 2004.
- ALVES, E. C. **Clonagem por estaquia de ramos de *Dovyalis hebecarpa* e *Dovyalis hebecarpa* x *D. abissinica***. 2014. 33f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, 2014.
- AMARAL, G. C.; BRITO, L. P. S.; AVELINO, R. C.; SILVA JÚNIOR, J. V.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; CAVALCANTE, I. H. L. Produção de mudas de *Duranta repens* L. pelo processo de estaquia. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 134-142, 2012.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4 ed. Jaboticabal: Funep, 237p, 2003.
- BRAGA, F. A.; BARROS, N. F.; SOUZA, A. L.; COSTA, L. M. Características ambientais determinantes da capacidade produtiva de sítios cultivados com eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p.291-298, 1999.
- BRAGA, L. F.; SOUSA, M. P.; BRAGA, J. F.; DELACHIAVE, M. E. A. Escarificação ácida, temperatura e luz no processo germinativo de sementes de *Senna alata* (L.) Roxb. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 1, p. 1-7, 2010.
- Concentrações e formas de aplicação do ácido indolbutírico na propagação por estaquia dos mirtilheiros cvs. Flórida e Clímax. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 57-64, jan./mar. 2012.
- CORREIA, A. C. G.; XAVIER, A.; DIAS, P. C.; MIRANDA, T.; SANTANA, R. C. Redução foliar em miniestacas e microestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 295-304, 2015.

CUNHA, A. C. M. C. M.; PAIVA, H. N.; XAVIER, A.; OTONI, W. C. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 58, p. 35-47, 2009.

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

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

DIAS, P. C.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S.; FÉLIX, G. A.; PIRES, I. E. Resgate vegetativo de árvores de *Anadenanthera macrocarpa*. **Cerne**, v. 21, n. 1, p. 83-89, 2015.

DIAS, P. C.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S.; PAIVA, H. N.; CORREIA, A. C. G. Propagação vegetativa de progênes de meios-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 389-399, 2012b.

FARIA, A. P.; ROBERTO, S. R.; SATO, A. J.; RODRIGUES, E. B.; SILVA, J. V.; SACHS, P. J. D.; CAMOLESI, M. R.; UNEMOTO, L. K. Enraizamento de estacas semilenhosas do porta-enxerta de videira 'IAC-Jales' tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 3, p. 393-398, 2007.

FARIA, J. C. T.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; ROCHA, R. L. F. Uso de resíduos orgânicos na produção de mudas de *Senna alata* (L.) Roxb. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 1, n. 3, p. 133-146, 2013.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

- GRATIERI-SOSSELLA, A. G.; PETRY, C.; NIENOW, A. Propagação da corticeira do banhado (*Erythrina crista-galli* L.) (Fabaceae) pelo processo de estaquia. **Revista Árvore**, v. 32, n. 1, p. 163-171, 2008.
- JELLER, H.; PEREZ, S. C. J. G. A. Estudo da superação da dormência e da temperatura em sementes de *Cassia excelsa* Schrad. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n. 1, p. 32-40, 1999.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa-SP: Instituto Plantarum, 384p, 2008.
- MEDEIROS, E. V.; VIANA, M. G.; ALBUQUERQUE, C. C.; VIANA, F. A.; SILVA, K. M. B. Extrato etanólico de *Senna alata* no controle de *Fusarium oxysporum*, causador da murcha-de-fusarium no meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V. 16, n. 11, p. 1166-1170, 2012.
- MINDÉLLO NETO, U. R.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; HIRANO, E. Efeito do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas herbáceas de dois porta-enxertos de pessegueiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, n. 4, p. 433-437, 2004.
- MORAES, C. E.; FONSECA, R. C. M.; RUI, M. Influência das folhas no enraizamento de miniestacas de híbridos de eucalipto. **Nucleus**, v. 11, n.1, p. 101-106, 2014.
- NEVES, T. S.; CARPANEZZI, A. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; MARENCO, R. A. Enraizamento de corticeira-da-serra em função do tipo de estaca e variações sazonais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 12, p. 1699-1705, 2006.
- NORBERTO, P.M.; CHALFUN, N.N.J.; PASQUAL, M.; VEIGA, R.D.; PEREIRA, G.E.; MOTA, J.H. Efeito da época de estaquia e do AIB no enraizamento de estacas de figueira (*Ficus carica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, p.533-541, 2001
- OGUNJOBI, A. A.; ABIALA, M. A. Antimicrobial activity of *Senna alata* and *Phyllanthus amarus*. **Global Journal of Pharmacology**, v. 7, n. 2, p. 198-202, 2013.

PATHAK, M. L.; CHHETRI, D. B. *Senna alata* (Linnaeus) Roxburgh (Leguminosae), a new addition to the flora of Nepal. **Bulletin of Department of Plant Resources**, n. 37, p. 21-22, 2015.

PEÑA, M. L. P.; GUBERT, C.; TAGLIANT, M. C.; BUENA, C. M. P.; BIASE, L. A. PERES, L. E. P.; MERCIER, H.; KERBAUY, G. B.; ZAFFARI, G. R. Níveis endógenas de AIA, citocinina e ABA em uma orquídea acaule e uma bromélias sem raiz, determinados por HPLC e ELISA. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 9, n. 3, p. 169-176, 1997.

PIO, R.; RAMOS, J. D.; CHALFUN, N. N. J.; GONTIJO, T. C. A.; MENDONÇA, V.; CARRIJO, E. P.; CHAGAS, E. A. Propagação de estacas apicais de figueira: diferentes ambientes, ácido indolbutírico e tipo de estaca. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 5, p. 1021-1026, 2006.

PURCINO, M.; MACHADO, M. P.; BIASI, L. A. Efeito das folhas no enraizamento de estacas de alfavaca-cravo e alfavaca-anis. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 11, n. 2, p. 93-98, 2012.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Métodos estatísticos aplicados à melhoria da qualidade**. 1 ed., Viçosa: Editora UFV., 2012, 385p.

RODRIGUES, I. M. C.; SOUSA FIALHO, A. P. S.; FERREIRA, F. A. Estudo fitoquímico de *Senna alata* por duas metodologias. **Planta Daninha**, v. 27, n. 3, p. 507-513, 2009.

RODRIGUES, I. M. C.; SOUSA FIALHO, A. P. S.; FERREIRA, F. A.; DEMUNER, A. J. Prospecção química de compostos produzidos por *Senna alata* com atividade alelopática. **Planta Daninha**, v. 28, n. 1, p. 1-12, 2010.

RODRIGUES, R. S.; FLORES, A.S; MIOTTO, T. S; MOURA, L.R. O gênero *Senna* (Leguminosae, Caesalpinioideae) no Rio Grande do Sul, Brasil. Baptista **Acta bot. bras.** **19(1): 1-16. 2005**

SAMPAIO, L. S. V.; PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. F. S. P.; COSTA, J. A.; GARRIDO, M. S.; MENDES, L. N. Ácido sulfúrico na superação da dormência de sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* H. B. K. – Fabaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 1, p. 184-190, 2001.

SANTOS, L. W.; COELHO, M. F. B.; DOMBROSKI, J. L. D.; AZEVEDO, R. A. B. Propagação vegetativa de mulungu (*Erythrina velutina* Willd. – Fabaceae). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 3, p. 420-426, 2014.

SOUZA JUNIOR, L. **Tipo de minijardim clonal e efeito do ácido indolbutírico na miniestaquia de *Grevillea robusta* A. Cunn. (Proteaceae)**. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Curitiba-PR, Universidade Federal do Paraná, 66 p, 2007

SOUZA, A. V.; PEREIRA, A. M. S. Enraizamento de plantas cultivadas *in vitro*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 9, n. 4, p. 193-117, 2007.

STUEPP, C. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S.; BONA, C. Presença de folhas e ácido indol butírico no enraizamento de estacas de quiri. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 2, p. 181-193, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719p.

TREWAVAS, A. J.; CLELAND, R. E. Is plant development regulated by changes and the concentration of growth substances or by changes in the sensitivity to growth substances? **Trends in Biochemical Sciences**, v.8, p.354-357, 1983.

VILARINHO, M. K. C.; CÂNDIDO, A. K. A. A. Efeito de biorregulador no enraizamento de estacas de eritrina-verde-amarela (*Erythrina indica picta*). **Revista Agrarian**, v. 7, n. 24, p. 251-256, 2014.

WAGNER JÚNIOR, A.; COUTO, M.; RASEIRA, M. do C.B.; FRANZON, R. C. Efeito da lesão basal e do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas herbáceas de quatro cultivares de mirtilo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 2, p. 251-253, 2004.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 187-194, 2001.

XAVIER, A.; SANTOS, G. A.; OLIVEIRA, M. L. Enraizamento de miniestaca caulinar e foliar na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p. 351-356, 2003.

XAVIER, A.; WENDLING, I. e SILVA, R. L. **Silvicultura Clonal: Princípios e Técnicas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2013, 279p.

YAMAZOE, G.; VILAS BÔAS, O. **Manual de pequenos viveiros florestais**. Páginas e Letras Editora e Gráfica, São Paulo, 120p. 2003

ZEM, L. M.; WEISER, A. H.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RADOMSKI, M. I. Estaquia caulinar herbácea e semilenhosa de *Drimys brasiliensis*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 2, p. 396-403, 2015.