

ÁCIDO INDOL - 3 - BUTÍRICO, PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO E  
PACLOBUTRAZOL NA MINIESTAQUIA DE *Amburana cearensis*  
(Allemão) A. C. Sm.

**RACHEL MARTINS DA ROCHA SILVA**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY  
RIBEIRO**

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

MARÇO – 2022

ÁCIDO INDOL - 3 - BUTÍRICO, PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO E  
PACLOBUTRAZOL NA MINIESTAQUIA DE *Amburana cearensis*  
(Allemão) A. C. Sm.

**RACHEL MARTINS DA ROCHA SILVA**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal”

Orientadora: Deborah Guerra Barroso

Coorientadora: Mara de Menezes de Assis Gomes

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

MARÇO – 2022

### FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

S586 Silva, Rachel Martins da Rocha.

ÁCIDO INDOL - 3 - BUTÍRICO, PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO E PACLOBUTRAZOL NA  
MINIESTAQUIA DE *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Sm. / Rachel Martins da Rocha Silva. -  
Campos dos Goytacazes, RJ, 2022.

78 f. : il.

Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy  
Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2022.

Orientadora: Deborah Guerra Barroso.

Coorientadora: Mara de Menezes de Assis Gomes.

1. produção de mudas. 2. enraizamento. 3. amburana. 4. propagação vegetativa. 5. auxina. I.  
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

ÁCIDO INDOL - 3 - BUTÍRICO, PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO E  
PACLOBUTRAZOL NA MINIESTAQUIA DE *Amburana cearensis*  
(Allemão) A. C. Sm.

**RACHEL MARTINS DA ROCHA SILVA**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal”

Aprovada em 02 de março de 2022

Comissão Examinadora:

---

Dr. David Pessanha Siqueira (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

---

Prof.<sup>a</sup> Elzimar de Oliveira Gonçalves (D.Sc., Ciência Florestal) – UFV

---

Prof. José Carlos Arthur Junior (D.Sc., Ciências - Silvicultura e Manejo Florestal) – UFRRJ

---

Prof.<sup>a</sup> Deborah Guerra Barroso (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF  
Orientadora

*“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.*

*(Marthin Luther King)*

Dedico a Deus, meu guia;  
À minha amada mãe, Elisabete Martins da Rocha;  
Aos meus queridos avós, Ademar Teixeira da Rocha (*in memoriam*) e Haydeé  
Martins da Rocha (*in memoriam*);  
Aos meus estimados familiares, que estão presentes e aos que já partiram.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, primeiramente, pela vida, proteção e por ter guiado meus passos;

À minha orientadora, Deborah Guerra Barroso, por sua orientação, disponibilidade, conselhos, incentivo, ajuda e compreensão;

À minha coorientadora, Mara de Menezes de Assis Gomes, pela disponibilidade e pelo apoio;

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e ao Laboratório de Fitotecnia, pela estrutura fornecida para a realização de meus trabalhos e pela oportunidade de realização deste curso;

À FAPERJ, pela concessão da bolsa de pesquisa;

À banca de defesa de dissertação, por sua disponibilidade de participação e às sugestões visando à qualidade deste trabalho;

Ao Horto Municipal de Santa Maria Madalena (INEA) e todos os seus funcionários, pelo apoio e pela disponibilidade no fornecimento de mudas e sementes para a realização desta pesquisa;

Aos colegas do Laboratório de Fitotecnia – LFIT: Renata, Giovanna, Maria Clara, Juliana, David, Guilherme, Rebeca, José Gabriel, Thuany, Christian e Yara, por sempre estarem disponíveis para ajudar nos experimentos, apoiar e aconselhar sempre que possível;

À minha amada mãe, Elisabete Rocha, pelo apoio incondicional e por todo amor dedicado;

À minha madrinha Luci de Oliveira Lago, pelas constantes orações;

À toda a minha família, pelo carinho oferecido por toda a minha vida;

Aos meus amigos e vizinhos, Fátima Pavoni, Janaína Oliveira, Helena Macedo, Regina Arêas, Marcos Paulo Pessanha, Solange Aguiar, família Pavoni e Bruno Freitas pelo incentivo, conselhos, momentos de descontração, palavras de apoio quando precisei e por sempre acreditarem em mim

Aos professores do Jardim Escola Tio Patinhas, da Escola Municipal Dilermando Cruz e Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio (FIOCRUZ), em especial à professora Ana, por ter me alfabetizado;

Aos professores da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), que compartilharam seu conhecimento e experiência para contribuir com a minha formação acadêmica, especialmente Samuel Henrique Kamphorst, pela amizade e orientação na monografia;

Aos amigos que fiz durante o ensino fundamental, médio e graduação, pela força e pelo incentivo nos momentos mais difíceis;

Às amigas de laboratório: Giovanna Campos, Renata de Deus, Juliana Ventura e Maria Clara Coutinho pela amizade, força, companheirismo, risadas e pelo tempo abdicado, me auxiliando em diversas atividades;

A todos que direta e indiretamente contribuíram de alguma maneira para a realização deste trabalho, muito obrigada.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	4
2.1 Objetivos gerais .....	4
2.2 Objetivos específicos .....	4
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	5
3.1 <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A. C. Sm. ....	5
3.2 Propagação vegetativa .....	9
3.3 Enraizamento adventício .....	11
4. METODOLOGIA .....	16
4.1 Produção de mudas em relação à posição na brotação .....	18
4.2 Efeito de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> no enraizamento e sobrevivência de miniestacas .....	21
4.3 Efeito do AIB associado à H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> sobre o enraizamento e sobrevivência de miniestacas .....	23
4.3.1 Imersão lenta de AIB associado ao H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	23
4.3.2 Imersão rápida de AIB associado ao H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	26
4.4 Efeitos do paclobutrazol no enraizamento e sobrevivência de miniestacas .....	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
5.1 Produção de mudas em relação à posição na brotação .....	33

5.2 Efeito de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> no enraizamento e sobrevivência de miniestacas .....	37
5.3 Efeito do AIB associado à H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> sobre o enraizamento e sobrevivência de miniestacas .....	40
5.3.1 Imersão lenta de AIB associado ao H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	40
5.3.2 Imersão rápida de AIB associado ao H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	43
5.4 Efeitos do paclobutrazol no enraizamento e sobrevivência de miniestacas .....	50
6. RESUMO E CONCLUSÕES .....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55
APÊNDICE .....	69

## RESUMO

SILVA, Rachel Martins da Rocha. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Março de 2022. Efeito do ácido indol - 3 - butírico, peróxido de hidrogênio e paclobutrazol na miniestaquia de *Amburana cearensis* (allemão) A. C. Sm. Orientadora: Deborah Guerra Barroso. Coorientadora: Mara de Menezes de Assis Gomes

A espécie *Amburana cearensis* (allemão) A. C. Sm. pertence à família Fabaceae e é utilizada principalmente na medicina popular, por sua abundância de compostos como cumarina, glicosídeos fenólicos e flavonoides, sendo uma opção para plantios mistos visando à exploração não madeireira. Sua propagação por miniestaquia poderá viabilizar a multiplicação de indivíduos selecionados com base em caracteres de interesse. Este trabalho teve como objetivos: a identificação de diferenças na capacidade de enraizamento de miniestacas coletadas de diferentes posições das brotações; aumento da porcentagem de enraizamento das miniestacas de *A. cearensis*. O trabalho foi realizado em quatro etapas: 1. Foram comparados segmentos basais, intermediários e apicais de *A. cearensis*, em brotações obtidas em minicepas juvenis. 2. Miniestacas foram submetidas à aplicação exógena de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0, 25, 50, 75 e 100 mM). 3. Miniestacas foram submetidas à aplicação exógena de AIB, associado ou não a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (50 mM). Nesta etapa, foram executados dois experimentos, o primeiro com a imersão das bases em concentrações mais baixas de AIB (0, 100, 200, 300 e 400 mg L<sup>-1</sup>), por 12 horas e o segundo com concentrações mais altas (0, 2000, 4000, 6000 e 8000 mg L<sup>-1</sup>),

por 15 segundos. 4. Diferentes formas de aplicação de paclobutrazol (pulverização foliar de minicepas, aplicação no substrato das minicepas e imersão da base da miniestaca). As miniestacas basais apresentaram maior sobrevivência, no entanto, o índice final de sobrevivência foi de apenas 14,08%. As diferentes concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> não proporcionaram aumento na sobrevivência e no enraizamento em miniestacas de *A. cearensis*. Aos 60 dias após o estaqueamento, em baixas concentrações e imersão por 12 horas, o aumento das concentrações de AIB reduziu a sobrevivência de miniestacas. A aplicação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (50 mM) aumentou a sobrevivência e o enraizamento de miniestacas de *A. cearensis*, bem como a aplicação de AIB em 2000 mg L<sup>-1</sup>. Nas concentrações utilizadas, o paclobutrazol não favoreceu o enraizamento de miniestacas de *A. cearensis* e sua aplicação via substrato reduziu o comprimento de raízes. Apesar de apresentar potencial para a propagação via miniestaquia, o índice de produção final foi baixo.

**Palavras-chave:** produção de mudas, enraizamento, amburana, propagação vegetativa, auxina.

## ABSTRACT

SILVA, Rachel Martins da Rocha. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. March 2022. Effect of indole - 3 - butyric acid, hydrogen peroxide and paclobutrazol on the minicutting of *Amburana cearensis* (allemão) A. C. Sm. Advisor: Deborah Guerra Barroso. Co-advisor: Mara de Menezes de Assis Gomes

The species *Amburana cearensis* (allemão) A. C. Sm. belongs to the Fabaceae family and is used mainly in folk medicine, due to its abundance of compounds such as coumarin, phenolic glycosides and flavonoids, being an option for mixed plantations aiming at non-timber exploitation. Its propagation by minicuttings may enable the multiplication of selected individuals based on characters of interest. The objectives of this work were: Identifying differences in the rooting capacity of minicuttings collected from different positions of the shoots; increase in the rooting percentage of *A. cearensis* minicuttings. The work was carried out in four stages: 1. Basal, intermediate and apical segments of *A. cearensis* were compared in shoots obtained from juvenile mini-stumps. 2. Mini-cuttings were subjected to exogenous application of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0, 25, 50, 75 and 100 mM). 3. Mini-cuttings were subjected to exogenous application of IBA, associated or not with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (50 mM). In this step, two experiments were carried out, the first with the immersion of the bases in lower concentrations of AIB (0, 100, 200, 300 and 400 mg L<sup>-1</sup>), for 12 hours and the second with higher concentrations (0, 2000, 4000, 6000 and 8000 mg L<sup>-1</sup>), for 15 seconds. 4. Different forms of paclobutrazol application (foil spraying of mini-stumps,

application on the substrate of the mini-stumps and immersion of the mini-cutting base). The basal minicuttings showed higher survival, however, the final survival rate was only 14.08%. The different concentrations of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> did not provide an increase in survival and rooting in *A. cearensis* minicuttings. At 60 days after staking, at low concentrations and immersion for 12 hours, increasing IBA concentrations reduced minicutting survival. The application of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (50 mM) increased the survival and rooting of *A. cearensis* minicuttings, as well as the application of IBA at 2000 mg L<sup>-1</sup>. At the concentrations used, paclobutrazol did not favor the rooting of *A. cearensis* minicuttings and its application via substrate reduced the root length. Despite presenting potential for propagation via minicuttings, the final production index was low.

**Keywords:** seedling production, rooting, amburana, vegetative propagation, auxin.

## 1. INTRODUÇÃO

As espécies florestais nativas vêm sendo pesquisadas com maior frequência, não apenas para restauração ambiental, mas também para a prática da silvicultura econômica.

A exploração madeireira ilegal ainda ocorre de forma abundante por todo o território nacional. Esta exploração tem colocado algumas espécies sob o risco de extinção, tanto pelo uso direto quanto pela degradação das áreas onde ocorrem (Martinelli e Moraes, 2013).

A espécie *Amburana cearensis*, em especial, foi amplamente explorada, principalmente por suas aplicações farmacêuticas. Até a edição de 2008, constava na Lista Nacional Oficial de espécies da flora ameaçadas de extinção. Atualmente, não consta na lista, mas é importante sua preservação. Por ser uma espécie que não tolera altos níveis de sombreamento e não ser muito exigente nutricionalmente, é indicada em estádios iniciais de recuperação de áreas degradadas e para reflorestamentos em geral (Ramos et al., 2004; Campanha e Araújo, 2010).

É uma espécie amplamente difundida em diversos países da América do Sul. No Brasil, embora seja originária da Caatinga, ocorre em domínios da Mata Atlântica, Cerrado e Pantanal, nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste (Flora do Brasil, 2020). Sua importância ecológica e econômica, especialmente de base não madeireira, justifica sua posição de destaque em plantios florestais e agroflorestais, sendo importante o fornecimento de mudas de qualidade para diferentes fins.

A produção comercial de mudas da espécie é realizada por sementes. O acesso a um número suficiente de matrizes anualmente, que garanta a manutenção da variabilidade genética nos reflorestamentos, poderia ser solucionado pela implantação de Pomares de Sementes, a partir de testes de progênies ou de clones de matrizes selecionadas. A propagação vegetativa da espécie, além de viabilizar a implantação destas áreas, permite a multiplicação de indivíduos selecionados a partir de características de interesse produtivo, garantindo plantios comerciais homogêneos.

Para o sucesso do processo de miniestaquia, é necessário que a espécie apresente boa brotação após a poda e que essas brotações sejam capazes de enraizar, podendo ainda haver diferença na capacidade de enraizamento, em função da posição da miniestaca na brotação produzida.

Ensaio preliminares realizados na UENF sobre o processo de propagação por miniestaquia de *A. cearensis* indicaram que há potencial de enraizamento das miniestacas provenientes de minicepas produzidas por sementes (Silva et al., 2019). No entanto, há baixo percentual de enraizamento adventício, sendo necessárias estratégias para aumentá-lo.

O enraizamento adventício de estacas é resultante de processos anatômicos e fisiológicos, associados à desdiferenciação e ao redirecionamento do desenvolvimento de células pluripotentes, para a formação de tecidos meristemáticos que vão originar as raízes adventícias (Alfenas et al., 2004). A formação e o desenvolvimento de raízes adventícias são processos comandados por características hereditárias complexas que, até o momento, não foram completamente elucidadas. Porém, sabe-se que fatores reguladores endógenos e ambientais possuem papel fundamental neste processo.

Alguns compostos são utilizados com a finalidade de estimular e/ou induzir o enraizamento adventício como as auxinas, o peróxido de hidrogênio e o paclobutrazol. As auxinas são fitormônios protagonistas para este emprego, uma vez que são responsáveis, dentre outras funções, pela indução do enraizamento em várias espécies vegetais. O AIB (ácido indol - 3 - butírico) mimetiza a forma de atuação das auxinas naturais. A aplicação exógena de AIB poderá proporcionar maior porcentagem, velocidade, qualidade e uniformidade ao enraizamento (Hartmann et al., 2011). O AIB é a auxina mais utilizada na propagação vegetativa por ser mais estável, não se degradar facilmente na presença de luz e se locomover

com maior facilidade entre os tecidos das plantas, se comparada ao AIA (ácido indol acético) (Bellini et al., 2014).

Outro composto capaz de influenciar positivamente o enraizamento adventício é o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ). Este é um radical livre, gerado constantemente no interior das células vegetais, uma vez que são subprodutos das reações celulares. Os radicais são capazes de ativar compostos fenólicos que eliminam espécies reativas de oxigênio e enzimas antioxidantes do interior das células vegetais (Gajewska e Sklodowska, 2007). O peróxido de hidrogênio atua como sinalizador, capaz de controlar a concentração intracelular de auxina (Pasternark et al., 2005).

Estudos têm demonstrado que o uso de peróxido de hidrogênio associado à aplicação exógena de auxinas pode aumentar o percentual de enraizamento de miniestacas (Rugini et al., 1997; Sebastiani e Tognetti, 2004). Silva (2022) alcançou enraizamento superior a 80% em miniestacas de *Cordia trichotoma*, quando utilizou  $308 \text{ mg L}^{-1}$  de AIB associados a 50 mM de  $H_2O_2$ .

Um terceiro composto que também se mostra capaz de estimular o enraizamento adventício é o paclobutrazol (PBZ), quando a dificuldade de enraizamento resulta de concentrações elevadas de giberelinas, por atuar inibindo sua biossíntese. Ao atrasar o desenvolvimento das estacas, o PBZ proporciona aumento do transporte de assimilados para a porção basal das estacas (Geneve, 1990; Maia e Botelho, 2008). Upadhyaya et al. (1986) e Campos et al. (2014) obtiveram aumento no enraizamento de estacas de feijão e miniestacas de goiabeiras, respectivamente, com uso de paclobutrazol.

A associação de AIB com  $H_2O_2$  e a aplicação de PBZ atuam sobre diferentes processos de inibição e ainda não haviam sido testadas na indução do enraizamento de *A. cearensis*. Assim, esta dissertação possui como hipóteses: a) aplicação exógena de peróxido de hidrogênio aumenta o percentual de enraizamento de *A. cearensis* b) a associação do peróxido de hidrogênio com AIB potencializa a capacidade de enraizamento das miniestacas; c) a aplicação de paclobutrazol aumenta o percentual de enraizamento de miniestacas de *A. cearensis*, ao impedir a biossíntese de giberelina.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivos gerais

Aumentar a porcentagem do enraizamento adventício de miniestacas de *Amburana cearensis*, por meio da associação ou não do AIB ao peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ou da aplicação de paclobutrazol.

### 2.2 Objetivos específicos

- Identificar diferenças na sobrevivência e no enraizamento adventício de miniestacas de *A. cearensis* da parte basal, intermediária e apical das brotações;
- Aumentar a porcentagem de enraizamento e de sobrevivência das miniestacas de *A. cearensis* por meio da aplicação exógena de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> associado ou não ao AIB em baixas e altas concentrações;
- Aumentar a porcentagem de enraizamento e de sobrevivência das miniestacas de *A. cearensis*, por meio da aplicação exógena de paclobutrazol.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Sm.

A espécie *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Sm., possui alguns nomes populares, como cerejeira, cumaru, amburana-de-cheiro, cumaru-do-Ceará, imburana, cerejeira-rajada, cumaru-das-caatingas, cumbaru, umburana-vermelha, imburana-cheirosa, cumaru-de-cheiro, louro-ingá, cumaré. *A. cearensis* é uma angiosperma da família Fabaceae e possui porte arbóreo.

*A. cearensis* é uma espécie de ocorrência natural por toda a América do Sul. O bioma de origem no Brasil é a Caatinga, mas é possível encontrar exemplares da espécie em alguns fragmentos de Mata Atlântica, Cerrado e Pantanal, localizados nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste brasileiro (Flora do Brasil, 2020). É característica de floresta estacional - um tipo de vegetação florestal com estação seca demarcada. Entretanto, pode ocorrer em floresta estacional semidecidual - vegetação pertencente ao bioma da Mata Atlântica, ocorrendo, ocasionalmente, também no Cerrado, cuja característica é a dupla estacionalidade climática, onde no verão ocorrem chuvas fortes e frequentes e, logo em seguida, ocorre um período de forte estiagem.

A espécie é caducifólia. Na época da floração, as folhas começam a cair, intensificando-se na época de frutificação (Santos, 2014). Os dias longos propiciam o início das brotações (Lima, 2007).

Suas inflorescências são paniculadas, axilares ou terminais, com 2-5 cm de comprimento. As flores são aromáticas, hermafroditas e a corola apresenta uma

única pétala adaxial, branca ou amarelada. O androceu apresenta dez estames livres e anteras amarelas (Lima, 1989; Seleme et al., 2015), e o ovário é curvado (Queiroz, 2012; Seleme et al., 2015).

Os frutos são criptossâmara, com uma câmara apical de sementes, oblonga e enrugada, medindo, em média, 6 cm de comprimento, de coloração escura, com deiscência apical (Barroso et al., 1999; Araujo e Dantas, 2018). O endocarpo membranoso envolve a semente preta (Seleme et al., 2015).

O fuste e a copa da *A. cearensis* são variáveis em função do bioma em que estiver presente. As árvores fixadas em florestas mais adensadas possuem fuste reto, podendo atingir até 20 m (Seleme et al., 2015), com copa espalhada e larga, enquanto indivíduos da Caatinga possuem características distintas, com altura de quatro a dez metros (Lorenzi, 2008), com fuste sinuoso, curto e com muitas irregularidades, e as copas são curtas e achatadas (Carvalho, 2003).

A madeira apresenta cerne uniforme, bege, castanho claro ou bege rosado, com veios escurecidos, com constante desprendimento de casca (Rossi, 2008), de corte macio e moderadamente durável quando exposta às intempéries, com boa resistência em usos internos e ao ataque de fungos e insetos (Maia, 2004; Campos Filho e Sartorelli, 2015). O diâmetro na altura do peito de um espécime adulto pode atingir de 20 a 50 cm de diâmetro (Carvalho, 2003). No entanto, indivíduos com 21 anos de idade, implantados na Região Serrana do Rio de Janeiro, possuíam DAP por volta de nove cm (Barroso et al., 2018). A espécie armazena água no caule acima da média entre as árvores com madeira mais densa (Lima, 2007).

A madeira é utilizada para a confecção de móveis nobres, portas, barris de cachaça, na marcenaria, em esculturas, na construção civil, produção de carvão e para a restauração de áreas degradadas (Andrade-lima, 1989; Aquino et al., 2005; Lima, 2014; Campos et al., 2013; Campos Filho e Sartorelli, 2015). A madeira também apresenta como peculiaridade odor agradável de cumarina (Pareyn, 2018). A densidade da madeira é de 0,55 a 0,63g cm<sup>-3</sup>, sendo classificada como moderadamente densa (Almeida et al., 2015; Rossi, 2008).

*A. cearensis* possui amplo uso medicinal popular, que pode ser comprovado pela abundância de compostos como cumarina, glicosídeos fenólicos e flavonoides (Almeida et al., 2010). A exsudação da resina é comum no tronco e é utilizada para a fabricação de goma (Carvalho, 2003).

Na medicina popular, as sementes e casca maceradas são utilizadas para tratamento de doenças reumáticas, problemas com asma e bronquite, enfermidades pulmonares, mal-estares digestivos, coriza, cólicas e como antiespasmódicas (Tigre, 1968; Braga, 1976; Berg, 1986; Teske e Trentini, 1997). Na Bolívia, em região endêmica em casos de malária, a entrecasca de *A. cearensis*, quando fervida, é utilizada para o alívio dos sintomas, como febre e calafrios (Gimenez et al., 1996).

Por volta de dez anos, a espécie inicia sua fase reprodutiva. Cada árvore adulta pode atingir a produção média de 12 Kg de sementes (Carvalho, 1994; Franklin, 1952). Um quilo (Kg) de sementes contém cerca de 2.103 unidades (Costa, 2009). Elas são classificadas como oleaginosas e possuem 23% de óleo natural, muito empregado para fins medicinais (Matos et al., 1992; Maia, 2008).

De maneira geral, a floração se dá juntamente com o término da época chuvosa, quando as árvores perdem quase todas as suas folhas (Lorenzi, 2008). Porém, o comportamento fenológico da espécie, varia em função dos diferentes ambientes onde ocorre. No Ceará, o florescimento e a frutificação acontecem todos os anos, durante a época da seca (Oliveira et al., 1988). Já em Pernambuco, a floração e a frutificação ocorrem a cada dois anos (Machado e Barros, 1997), como também observaram Japiassu et al. (2016) no semiárido paraibano.

A produção de mudas de *A. cearensis* é realizada comercialmente através de sementes, que são ortodoxas e não apresentam dormência (Angelim et al., 2007; Lopes, et al., 2014; Silva et al., 2019). Mas o vigor e a velocidade de germinação podem variar em função da matriz ou do lote (Silva et al., 2019; Porcino, 2019).

Por ser uma espécie que não tolera altos níveis de sombreamento e por não ser muito exigente nutricionalmente é indicada em estádios iniciais de recuperação de áreas degradadas e para o reflorestamento em geral (Ramos et al., 2004; Campanha e Araújo, 2010).

*A. cearensis* também pode ser utilizada em sistemas agroflorestais (Souza Filho et al., 2005; Pimentel e Guerra, 2015), pois além de propiciar ambiente adequado ao desenvolvimento das plantas de menor estatura, apresenta múltiplos usos (madeireiro e medicinal). Destaca-se ainda por ser uma espécie com potencial melífero (Campanha e Araújo, 2010), com expressiva visitação de abelhas (Dias et al., 2007).

No atual cenário, a exploração da espécie tem sido realizada de forma extrativista, com foco especialmente nos extratos medicinais encontrados em sua casca e suas sementes.

Em 2018, a exportação de produtos florestais não madeireiros rendeu ao Brasil mais de 366 milhões de dólares (SNIF, 2019), o que demonstra a importância econômica das florestas, aliada aos serviços ambientais e a *A. cearensis* apresenta forte potencial neste cenário.

As informações sobre a comercialização madeireira de *A. cearensis* são bastante escassas. A espécie é classificada como de ciclo longo. Quando presente em plantios, no período de dois anos, as plantas atingem 1,5 metros de altura (Rossi, 2008). O tempo estimado para a colheita da madeira ou o ciclo de corte é de 40 anos de idade, se o destino em questão forem as serrarias. Com crescimento lento, pode atingir em média 5,35 m de altura aos nove anos, com incremento médio anual (IMA) de 2,00 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Campos Filho e Sartorelli, 2015), o que certamente poderá variar com a densidade de plantio.

Atualmente, a propagação comercial da espécie é realizada por sementes. No entanto, a prática da propagação vegetativa poderá trazer ganhos para a produção madeireira e não madeireira, uma vez que a clonagem possibilita a seleção de indivíduos superiores (Dias et al., 2012; Xavier et al., 2013) e permite conservar diferentes materiais genéticos acessados durante as coletas a campo, para a composição futura de pomares de sementes.

### 3.2 Propagação vegetativa

As plantas apresentam capacidade de regeneração e podem produzir novos órgãos a partir de tecidos pós-embrionários (Rodrigues e Kerbauy, 2009), bem como reconstituir órgãos danificados após ferimentos (Sugimoto, 2015). Esse processo é possível graças às células pluripotentes que, por definição, são aquelas capazes de originar a maioria das células de um indivíduo (Rodrigues e Kerbauy, 2009). Neste contexto, a propagação vegetativa, assexuada ou clonal, consiste na multiplicação e na produção de mudas, utilizando partes da planta como ramos, folhas ou raízes, a fim de gerar indivíduos geneticamente idênticos à planta matriz.

As técnicas de propagação vegetativa constituem uma alternativa de superação das dificuldades na propagação de espécies nativas, podendo ser utilizadas para fins comerciais, assim como auxiliam no resgate e na conservação de recursos genéticos florestais (Dias et al., 2012).

Atualmente, a estaquia e a miniestaquia têm sido as técnicas de propagação vegetativa mais utilizadas na área florestal, destacando-se como o principal método adotado por empresas do setor para clonagem de espécies exóticas de importância comercial, dentre elas, as do gênero *Eucalyptus* (Alfenas et al., 2009; Benin et al., 2013; Stuepp et al., 2018); *Toona ciliata* (Silva et al., 2012, Ferreira et al., 2012); bem como mostra-se viável na multiplicação de espécies nativas como *Cordia trichotoma* (Silva, 2022), *Paratecoma peroba* (Silva et al., 2021, Araújo et al., 2019); *Plathymenia reticulata* (Carvalho et al., 2021); *Erythrina falcata* (Cunha et al., 2008); *Psychotria nuda* (Nery et al., 2014); *Anadenanthera macrocarpa* (Dias et al., 2015); *Handroanthus heptaphyllus* (Oliveira et al., 2016); e *Inga edulis* (Berude et al., 2020).

A estaquia consiste na retirada do propágulo da planta doadora, colocando-o em um meio adequado, para assim formar um sistema radicular e desenvolver a parte aérea, com o objetivo de originar uma planta completa.

As técnicas de estaquia e miniestaquia se diferenciam a partir da origem do material trabalhado. A primeira se refere à coleta de ramos em jardins clonais, ou matrizes adultas no campo. Enquanto na segunda técnica, os ramos são obtidos em minijardins clonais, constituídos por mudas alocadas em condições controladas, podendo ser provenientes de propagação seminífera ou vegetativa (Oliveira et al., 2006).

Existem algumas vantagens na utilização da miniestaquia em espécies florestais nativas. A redução da área produtiva pela adoção do minijardim clonal, diminuição do período de enraizamento e aclimatação e homogeneidade dos plantios (quando este for o objetivo) são algumas delas. A miniestaquia é uma importante ferramenta para o melhoramento genético, possibilitando a seleção e a multiplicação de genótipos de interesse (Dias et al., 2012; Xavier et al., 2013), o que possibilita aumento da produtividade e qualidade dos produtos madeireiros ou não madeireiros.

### 3.3 Enraizamento adventício

As raízes adventícias são originadas pós-embriologicamente, em células vizinhas aos tecidos vasculares, a partir de tecidos aéreos como ramos e folhas. Já foi observado que células do periciclo, parênquima do floema ou xilema, células jovens do floema secundário ou células do câmbio interfascicular próximas às células do floema são capazes de dar origem às raízes adventícias. Este tipo de enraizamento é induzido por alguns fatores que perturbam a sua sobrevivência natural, como ferimentos, inundações ou outros tipos de estresse. A capacidade de emitir raízes adventícias é fundamental para que a propagação vegetativa por estaquia ou miniestaquia seja viável (Bellini et al., 2014).

O enraizamento adventício ocorre em três etapas: iniciação, alongamento das raízes iniciais, crescimento e desenvolvimento das raízes (Hartmann et al., 2011).

Alguns fitormônios possuem relevante importância na iniciação do enraizamento adventício, por inibirem ou estimularem o processo de enraizamento das miniestacas. Auxina é o fitormônio com maior participação na indução do enraizamento adventício, podendo até mesmo ser listado como o principal. Outros, como o etileno (Negi et al., 2010) e os brassinosteroides (Maharjan, 2014) também atuam estimulando o desenvolvimento das raízes adventícias. Em contrapartida, citocinina, ácido jasmônico, giberelina, estrigolactonas e ácido abscísico são inibidores naturais do enraizamento adventício (Bellini et al., 2014; Lakehal e Bellini, 2019).

No processo de confecção de estacas, o estresse causado pelo corte poderá favorecer a dediferenciação das células e a emissão de raízes adventícias. Para que haja a indução do enraizamento, é necessário que a auxina se concentre na base da estaca. Em contrapartida, é importante que os antagonistas ao enraizamento, tenham a concentração reduzida após a separação da estaca da planta matriz (Gomez-Roldan et al., 2008).

Para que os processos citados anteriormente ocorram, é importante que determinados fatores intrínsecos ou extrínsecos às estacas influenciem positivamente. Alguns dos fatores intrínsecos capazes de influenciar o enraizamento são: genótipo, tipo de estacas, estado nutricional e idade ontogenética (maturação) da planta matriz (Antonelli, 2013). Já dentre os fatores

extrínsecos estão: temperatura, luminosidade, umidade, aplicação de reguladores de crescimento e época de coleta das miniestacas (Antonelli, 2013).

A técnica da estaquia apresenta algumas limitações em material adulto, em função do grau de maturação dos propágulos. Isso se explica pelo fato de que, na transição da fase vegetativa para a reprodutiva, as plantas sofrem mudanças em seus tecidos meristemáticos (Rodrigues e Kerbauy, 2009) e a perda da capacidade de formar raízes é uma das principais consequências (Hartmann et al., 2011; Wendling et al., 2014).

Estudos mostram que estacas oriundas de matrizes juvenis apresentam maior aptidão ao enraizamento (Xavier et al., 2013; Cunha et al., 2008; Sampaio et al., 2010; Dias et al., 2012; Oliveira et al., 2016; Araújo et al., 2019), sendo necessário, em casos de utilização de material adulto, buscar a indução da juvenilidade ou o revigoramento no material a ser trabalhado (Hartmann et al., 2011; Wendling et al., 2014; Stuepp et al., 2018).

No estudo realizado por Neves et al. (2006), com miniestacas de *Erythrina falcata*, o maior percentual de enraizamento foi obtido em miniestacas oriundas de mudas seminíferas coletadas no verão (73%), seguido pelo outono (57%) e primavera (48%). Isso mostra que as condições climáticas relacionadas às estações do ano foram determinantes no processo rizogênico e na sobrevivência delas. Além disso, observaram que o percentual de enraizamento foi maior nas miniestacas oriundas de material juvenil, quando comparado àquelas oriundas de material adulto e lignificado.

As casas de vegetação equipadas com sistema de nebulização intermitente são ideais para o enraizamento de miniestacas com folhas. A nebulização mantém a umidade das folhas, diminuindo a pressão de vapor das mesmas, reduzindo a temperatura e a taxa de respiração, mantendo-as funcionais por maior tempo, o que pode ser decisivo no enraizamento de muitas espécies (Higa, 1983; Cunha et al., 2008; Hartmann et al., 2011).

A umidade relativa do ar deve ser mantida acima de 80%, mantendo o turgor celular no propágulo, uma vez que eles não possuem meios para absorver água e nutrientes. Por outro lado, o excesso de umidade é prejudicial, por dificultar as trocas gasosas e favorecer o desenvolvimento de doenças (Xavier et al., 2013).

O enraizamento adventício é também afetado por alguns fitormônios endógenos, como as auxinas. A biossíntese das substâncias ocorre em células de

meristemas localizados em zonas de crescimento constante, como o ápice da parte aérea e folhas jovens. Também nas sementes ocorre a síntese de auxina. A auxina percorre todo o vegetal através do floema, do ápice da parte aérea até o ápice das raízes (transporte basípeto). O transporte polar, ou célula a célula, é outro tipo de movimentação interna da auxina. Estes fitormônios são responsáveis pelo alongamento, desenvolvimento e divisão celular, pela dominância apical e pela promoção do enraizamento. As auxinas existentes (naturais e sintéticas) são: ácido naftaleno acético (ANA), ácido indolacético (AIA) e o ácido indolbutírico (AIB) (Petri et al., 2016).

O enraizamento adventício de estacas depende da presença de auxinas, mas nem sempre a concentração interna da auxina das estacas é suficiente, sendo necessário seu fornecimento exógeno, cujas concentrações variam em função das espécies (Bellini et al., 2014). Dentre as três auxinas citadas anteriormente, o AIB é o mais utilizado por ser estável, visto que é mais resistente à degradação pela luz e é capaz de alcançar maiores distâncias (podendo localizar alvos mais distantes do seu local de aplicação), quando comparado ao AIA (Bellini et al., 2014).

Outro composto capaz de beneficiar o enraizamento adventício é o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ). Classificado como um radical livre ou uma espécie reativa de oxigênio (ROS), é produzido de forma ininterrupta no interior das células vegetais (Bouchereau et al., 1999). O  $H_2O_2$  possui a capacidade de regular a concentração de auxina no interior das células, favorecendo, conseqüentemente, o enraizamento (Pasternark et al., 2005).

Em um estudo realizado por Li et al. (2007), foi observado que o  $H_2O_2$  é capaz de atuar também como uma molécula sinalizadora para as auxinas. É possível encontrar relatos indicando que a associação das auxinas ao  $H_2O_2$  aumenta o enraizamento adventício (Silva, 2022; Li et al., 2009; Li et al., 2007; Rugini et al., 1997). A atuação benéfica do  $H_2O_2$  no enraizamento pode estar relacionada, além dos fatores já mencionados, à redução da degradação de auxina promovida por ele. Desta maneira, a auxina percorre seu curso natural, se concentrando na base das estacas e induzindo assim, a formação de raízes adventícias (Steffens e Rasmussen, 2016). Há também uma resposta inversa na interação  $H_2O_2$  – auxina. Ou seja, além da sinalização do  $H_2O_2$  para a auxina, ela é capaz de aumentar a produção de  $H_2O_2$ , que resulta em uma maior curvatura das raízes, em virtude da

interferência do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no gravitropismo dos sistemas radiculares (Li et al., 2009; Kang et al., 2018).

Li et al. (2009) realizaram um experimento a fim de observar o desempenho de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na promoção do enraizamento adventício em feijão Mungo, com imersão por oito horas em concentrações de 1, 10, 30, 50, 70 e 100 mM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Os autores obtiveram resultados positivos com as maiores concentrações utilizadas, constatando o aumento do número de raízes adventícias.

Sebastiani e Tognetti (2004) também realizaram estudos para investigar o efeito do peróxido de hidrogênio sobre o enraizamento adventício de estacas semilenhosas de duas cultivares de *Olea europaea* L., com alta e baixa capacidade de enraizamento. Os autores obtiveram sucesso em seus experimentos quando associaram o AIB com peróxido. A taxa de enraizamento foi de 77% em estacas tratadas com 4000 mg L<sup>-1</sup> de AIB associado a 3,5% (p/v) de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e em estacas tratadas apenas com AIB, o enraizamento foi de 56%. Logo, os autores concluíram que o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> auxiliou positivamente o AIB.

Outro fitormônio produzido pelas plantas são as giberelinas (GA). De forma natural, sua síntese ocorre onde os vegetais concentram maior índice de divisão celular, como o ápice dos ramos em crescimento, o ápice das raízes novas, as folhas jovens e as sementes dos frutos. Sua biossíntese se inicia a partir do ácido mevalônico e ocorre através da via do fosfato de metileritritol (MEP). A GA<sub>12</sub> é a precursora para a síntese das GAs bioativas (GA<sub>1</sub>, GA<sub>3</sub> e GA<sub>9</sub>, por exemplo). Este fitormônio é transportado via floema e xilema, movendo-se nos dois sentidos no interior das plantas. Conforme sua concentração, as GAs podem atuar bloqueando a divisão celular, por serem as responsáveis pela regulação da formação de novos ácidos nucleicos e proteínas. Pelo fato de ser capaz de suprimir o enraizamento adventício, é interessante que as plantas produzam concentrações menores de GAS bioativas (Hansen, 1994).

O paclobutrazol, também conhecido por  $\beta$ -[4(clorofenil) metil-1H-1,2,4,-triazol- 1-etanol], é uma molécula do grupo dos triazóis, que atua como um inibidor da biossíntese de giberelina. Esta redução é obtida através do impedimento da oxidação do caureno ao ácido caurenoico (Smith et al., 1990). Por regular a concentração de giberelina, o paclobutrazol pode proporcionar à planta maior facilidade para formação de raízes adventícias, além de fomentar o crescimento deste tipo de raiz (Ono e Rodrigues, 1996).

Upadhyaya et al. (1986) obtiveram sucesso ao utilizar 43  $\mu\text{M}$  de paclobutrazol em estacas de feijão, por 24h de imersão das bases. Segundo os autores, o PBZ aumentou em mais de 50% o número de raízes formadas nas estacas.

Em outro experimento realizado por Geneve (1990), foram utilizadas concentrações de 0 e 50  $\mu\text{M}$  de paclobutrazol como pré-tratamento em pecíolos juvenis e maduros de hera (*Hedera helix* L.), por 24 h de imersão. O Paclobutrazol aumentou o número de raízes apenas em estacas juvenis, atingindo o número médio de raízes por miniestaca de 56,9 e 89,8 aos 30 e 50 dias após o estaqueamento, respectivamente. Campos et al. (2014) trabalharam com paclobutrazol para a indução do enraizamento adventício em miniestacas de goiabeiras “Cortibel 1”. Segundo os autores, o PBZ foi eficiente, contribuindo para o aumento de aproximadamente 54% do enraizamento em relação à testemunha, atingindo 64,6%, com a imersão em 60  $\text{mg L}^{-1}$  de PBZ, por 60 minutos.

Desta forma, após os trabalhos encontrados indicarem que tanto o peróxido de hidrogênio associado ao AIB e o paclobutrazol são capazes de proporcionar aumento no enraizamento adventício de estacas e miniestacas, o presente trabalho aplicou estas técnicas à espécie *A. cearensis*. A partir do resultado encontrado, espera-se poder inferir sobre a possível causa do baixo enraizamento adventício da espécie.

## 4 METODOLOGIA

Para o presente estudo, foram conduzidos cinco experimentos (Figura 1) em casa de vegetação na Unidade de Apoio à Pesquisa (UAP), localizado no campus da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), município de Campos dos Goytacazes, RJ (latitude 21° 19' 23" S e na longitude 41° 19' 41" O).

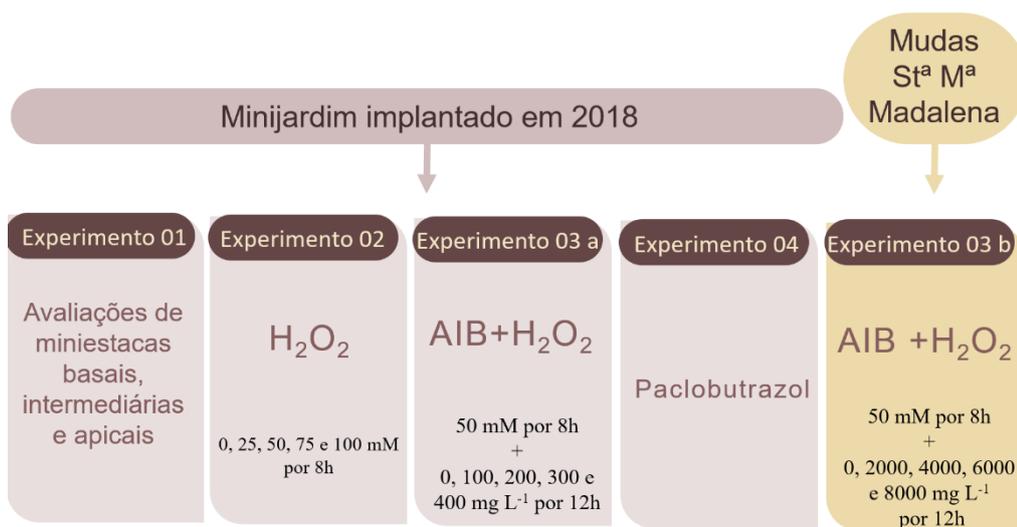


Figura 1. Fluxograma dos experimentos executados.

Os dados das condições micro meteorológicas, tanto na câmara de nebulização quanto na casa de vegetação (Figura 2), foram monitorados por meio de um *datalogger* da marca Akso, modelo AK 147.

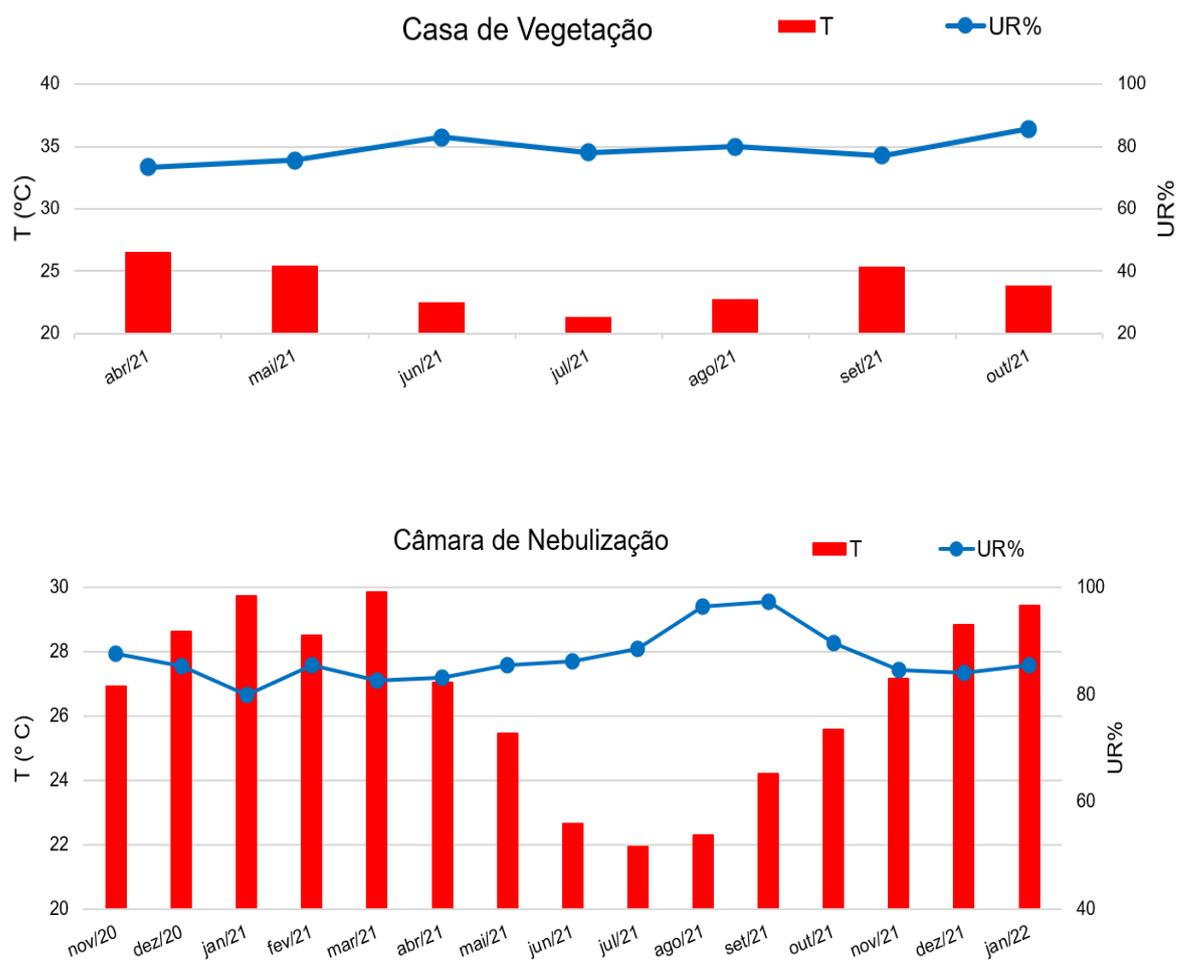


Figura 2. Médias mensais de Temperatura (T) e Umidade Relativa do ar (UR), na casa de vegetação e câmara de nebulização, durante o período experimental, de 2020 a 2022.

#### 4.1 Produção de mudas em relação à posição na brotação

Para a coleta de miniestacas de todos os experimentos – exceto para o item 4.4.1 – utilizou-se um minijardim implantado em 2018.

No período de julho de 2017 a novembro de 2018, deu-se início aos procedimentos de formação de um minijardim multiclonal de *Amburana cearensis*, em casa de vegetação, localizada na UAP, no *campus* da UENF. Para tanto, foram produzidas mudas a partir de sementes procedentes de matrizes estabelecidas no Horto Municipal de Santa Maria Madalena, RJ. Região de Mata Atlântica. As mudas foram produzidas em tubetes (280 cm<sup>3</sup>), contendo uma mistura de substrato florestal comercial, à base de turfa, corretivos, vermiculita, carvão vegetal e casca de pinus (Basaplant®), e fertilizante de liberação controlada Osmocote® na formulação NPK (15 – 09 – 12), com tempo de ação de oito meses e concentração de 8 g Kg<sup>-1</sup> de substrato.

Aos 162 dias após a semeadura, as mudas de *A. cearensis*, com aproximadamente 25 cm de altura, foram submetidas à poda apical a 10 cm da base e transferidas para sacos de polietileno de 20,5 cm X 12 cm, contendo Basaplant® e fertilizante de liberação controlada Osmocote®, sendo estabelecido o minijardim multiclonal, com um total de 150 minicepas. Adubações mensais foram realizadas com sulfato de amônio [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>] e cloreto de potássio (KCl) nas concentrações de 12 g L<sup>-1</sup> e 4 g L<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo aplicados 10 mL da solução em cada minicepa, conforme recomendação de Gonçalves e Benedetti (2005).

Com as brotações oriundas do minijardim multiclonal, um total de 405 miniestacas de *A. cearensis* com oito cm de comprimento e uma folha reduzida a 75% foram confeccionadas a partir de diferentes segmentos do ramo (basal, intermediário e apical) (Figura 3). Cada segmento da brotação deu origem a uma miniestaca. O material foi imediatamente estaqueado em tubetes de 180 cm<sup>3</sup>, contendo como substrato Basaplant® e fertilizante de liberação controlada Osmocote®, como descrito anteriormente. As bandejas já estaqueadas permaneceram em setor de enraizamento sob nebulização intermitente (30

segundos a cada 20 minutos) (Figura 4), por 70 dias após o estaqueamento (DAE) (Barroso et al., 2019). A média de temperatura e umidade relativa do ar registradas neste período foram de 25° C e 94%, respectivamente.

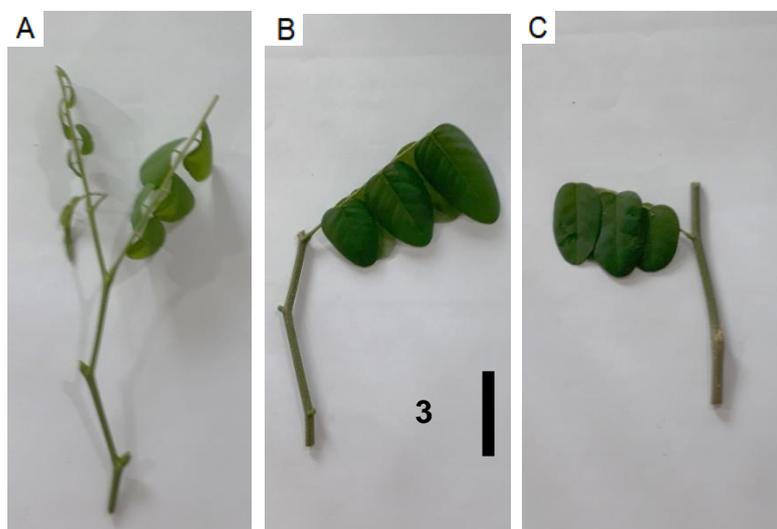


Figura 3: Miniestacas apical (A), intermediária (B) e basal (C) de *A. cearensis*.



Figura 4. Miniestacas de *A. cearensis* em câmara de nebulização, 1 dia após o estaqueamento (1 DAE).

Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos (miniéstacas coletadas da parte apical, intermediária e basal das brotações), nove repetições, de 15 plantas por parcela, totalizando 135 plantas por tratamento.

A sobrevivência das miniéstacas foi avaliada aos 70 DAE, quando o material foi retirado da câmara de nebulização. A avaliação final das mudas ocorreu aos 190 DAE. Nesta avaliação também foram medidos altura da base do colo até o ápice da gema apical (H); diâmetro do colo (DC), por meio de régua graduada e paquímetro digital, respectivamente; comprimento da raiz principal (CRP); área foliar (AF), por meio do medidor eletrônico de bancada (LI-COR modelo LI-3000); e massa seca da parte aérea (MSPA) e do sistema radicular (MSR). Para determinação da massa seca, os materiais foram colocados separadamente em sacos de papel identificados, em estufa de circulação forçada a 65°C, por 72 horas, para posterior pesagem em balança analítica.

Os dados foram testados em relação às premissas da ANOVA. Aqueles que não atenderam as premissas básicas para a ANOVA foram transformados. Desta forma, os dados referentes à sobrevivência aos 70 e 190 DAE foram transformados para arcosen de raiz de  $x + 0,5$ . Em seguida, os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando houve diferença estatística, foi aplicado o teste de Tukey (5% de probabilidade). O *software* estatístico utilizado foi o R (R Core team, 2017).

#### 4.2 Efeito de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no enraizamento e sobrevivência de miniestacas

A partir das brotações das minicepas provenientes do minijardim clonal, foram confeccionadas miniestacas com o comprimento de 7 a 8 cm (Figura 5). A parte apical dos ramos não foi utilizada. As miniestacas foram dispostas em bandejas plásticas contendo água, com a finalidade de impedir a desidratação do material. Foi mantida uma folha reduzida a 75%. Posteriormente, a base das miniestacas foi imersa em hipoclorito de sódio a 0,5%, por cinco minutos, para promover a desinfestação do material, seguida da lavagem com água deionizada.



Figura 5. Miniestacas de *A. cearensis*, com 7 a 8 cm de comprimento e 1 folha reduzida a 75%.

As miniestacas foram dispostas em bandejas plásticas com placas de isopor perfuradas (com a função de manter as miniestacas eretas), contendo concentrações distintas de peróxido de hidrogênio (Figura 6). Desta forma, as bases das miniestacas permaneceram imersas por oito horas nas concentrações de 0, 25, 50, 75 e 100 mM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Li et al., 2009; Neill et al., 2002).

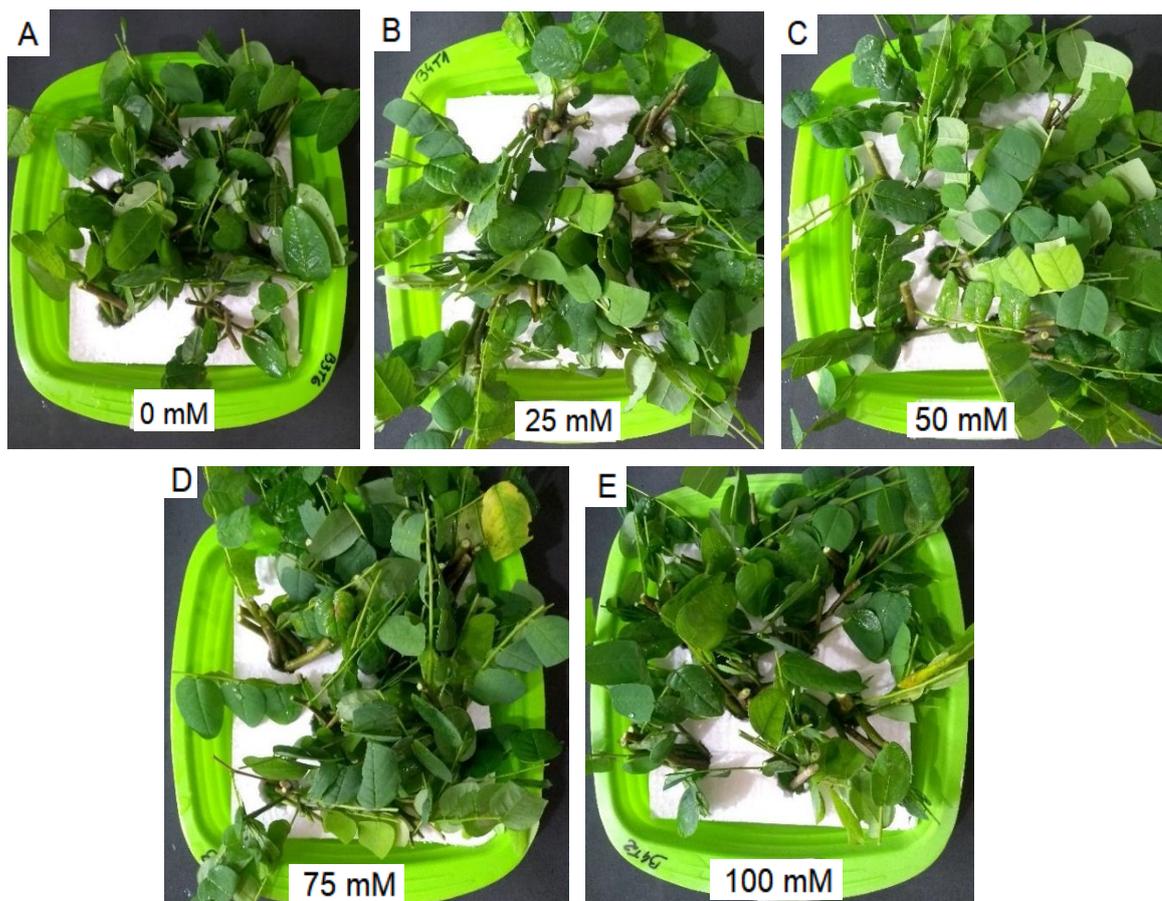


Figura 6. Imersão das bases das miniestacas em diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio, por 8 horas.

Após a imersão, o estaqueamento foi realizado em tubetes de 180 cm<sup>3</sup>, contendo como substrato Basaplant® e fertilizante de liberação controlada Osmocote®, conforme foi descrito no subitem 4.1, em bandejas com 54 células, que foram dispostas em câmara de nebulização intermitente (30 segundos a cada 20 minutos).

Aos 70 DAE foi avaliada a porcentagem de sobrevivência das miniestacas e o enraizamento, após lavagem das raízes sobre conjunto de peneiras. As raízes de primeira ordem ou principais e as brotações foram contadas e, posteriormente, medidas com o auxílio de uma régua milimetrada.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado. O experimento foi composto por cinco tratamentos, quatro repetições, com 12 miniestacas por repetição, totalizando 240 miniestacas.

### **4.3 Efeito do AIB associado à H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sobre o enraizamento e sobrevivência de miniestacas**

#### **4.3.1 Imersão lenta de AIB associado ao H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

Utilizando brotações das minicepas provenientes do minijardim multiclonal, implantou-se o experimento utilizando a imersão das bases de miniestacas de *A. cearensis* em diferentes concentrações de AIB, associadas ou não à pré imersão em H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Foram coletadas brotações para a confecção de 400 miniestacas, conforme item 4.3.

Primeiramente, 200 miniestacas foram dispostas em bandejas com placas de isopor perfuradas, contendo 50 mM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> por 8h (Neill et al., 2002) (Figura 7 A). Em sequência, foram coletadas e preparadas mais 200 miniestacas que foram dispostas em soluções de 0, 100, 200, 300 e 400 mg L<sup>-1</sup> de AIB por 12 horas (Valeri et al., 2012), assim como as miniestacas retiradas da solução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Figura 7 B). O preparo das soluções hidroalcolicas a 5% consistiu na diluição prévia de diferentes massas de AIB em álcool etílico absoluto PA, seguido da adição de água deionizada. Durante o período de 12 horas de imersão em AIB, as soluções receberam oxigenação com o objetivo de não comprometer os tecidos imersos, por meio de um compressor de ar BOYU® eletromagnético, modelo ACQ-003 utilizado em aquários (Figura 7 C).

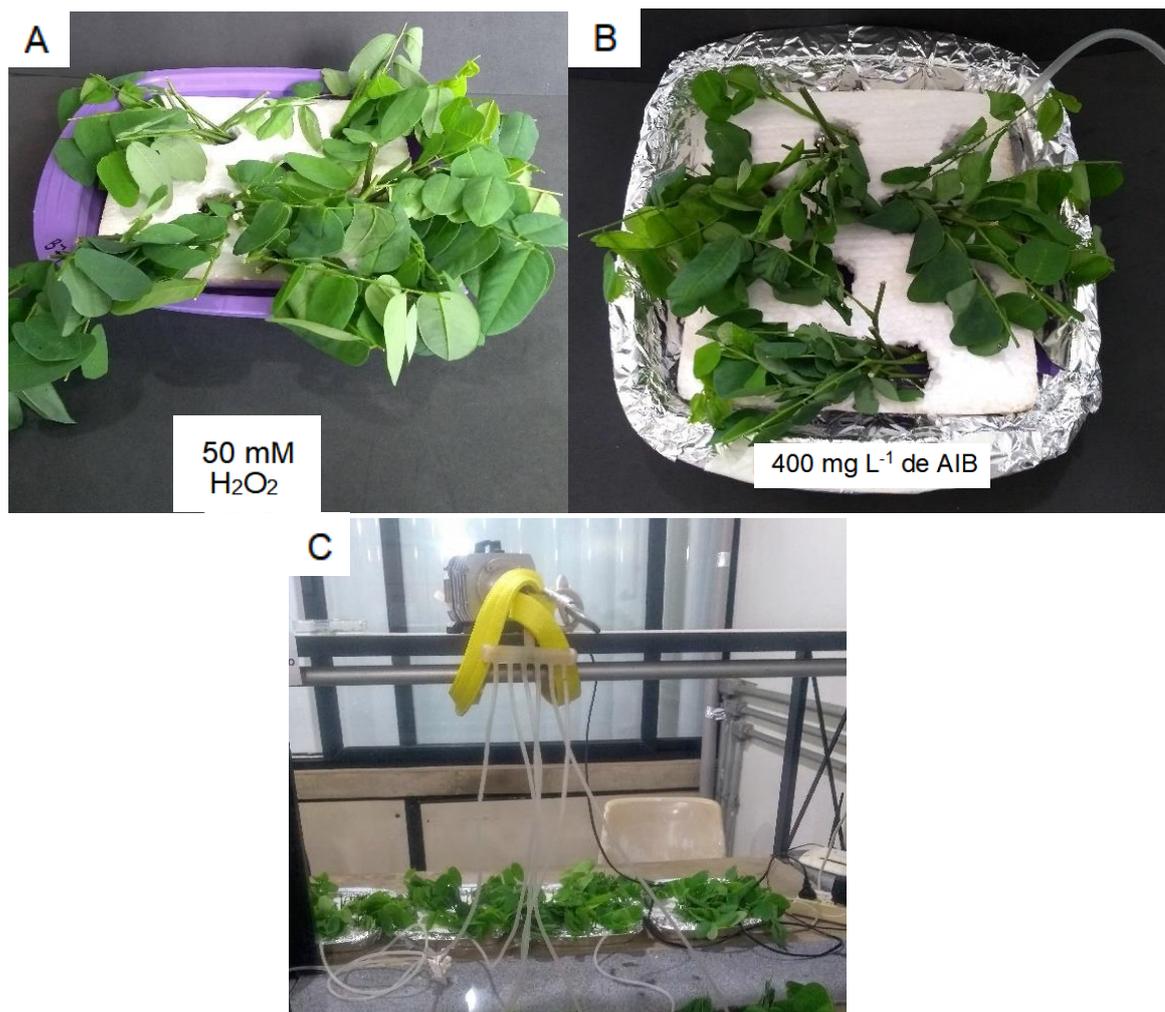


Figura 7. Imersão das bases de miniestacas de *A. cearensis* em 50 mM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> por 8h (A); imersão em AIB por 12h (B). Disposição das bandejas com diferentes concentrações de AIB e com oxigenação das soluções por um compressor de ar (C).

O estaqueamento ocorreu em tubetes de 180 cm<sup>3</sup>, utilizando-se como substrato Basaplant® e fertilizante de liberação controlada Osmocote® (descrição no tópico 4.1). Os tubetes foram dispostos em oito bandejas com 54 células e foram alocados em câmara de nebulização intermitente, com o turno de rega ajustado para 30 segundos a cada 20 minutos.

As parcelas foram dispostas em delineamento inteiramente casualizado sob esquema fatorial 2x5, constituído pelo pré-tratamento das miniestacas com e sem peróxido de hidrogênio, por oito horas e pela posterior imersão em cinco concentrações de AIB por 12h, completando dez tratamentos, com quatro

repetições, compostas por dez miniestacas por parcela, totalizando 400 miniestacas.

As bandejas permaneceram em câmara de nebulização por 70 dias. Foi contabilizada a sobrevivência das miniestacas aos 30 e 70 DAE, quando foi avaliado o enraizamento pelo leve toque, onde delicadamente tenta-se retirar a miniestaca do tubete. Ao sentir uma pequena resistência, considerou-se emissão de raízes. As plântulas foram transferidas para casa de vegetação, onde permaneceram até 170 DAE na expedição final. Aos 95 e 170 DAE foi realizada novamente a avaliação quanto à sobrevivência.

Os dados foram testados em relação às premissas da análise de variância (ANOVA). As médias originais de sobrevivência aos 30 DAE, significativas, foram submetidas aos ajustes de regressão e os resultados foram submetidos à ANOVA. Quando houve diferença estatística, foi aplicado o teste de Tukey (0,05). O *software* estatístico utilizado foi o R (*R Core team*, 2017).

#### 4.3.2 Imersão rápida de AIB associado ao H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Foi utilizada a imersão rápida das bases de miniestacas de *A. cearensis* em diferentes concentrações de AIB, associadas ou não à pré imersão em H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, utilizando brotações de 200 mudas doadas pelo Horto Municipal de Santa Maria Madalena (INEA) (Figura 8), provenientes de propagação seminífera. Para o semeio, executado pela equipe no INEA, foram utilizados sacos de polietileno contendo 65% de terra de substrato, 30% de esterco bovino e 5% de areia lavada. Aos 143 dias após a semeadura, implantou-se o experimento.

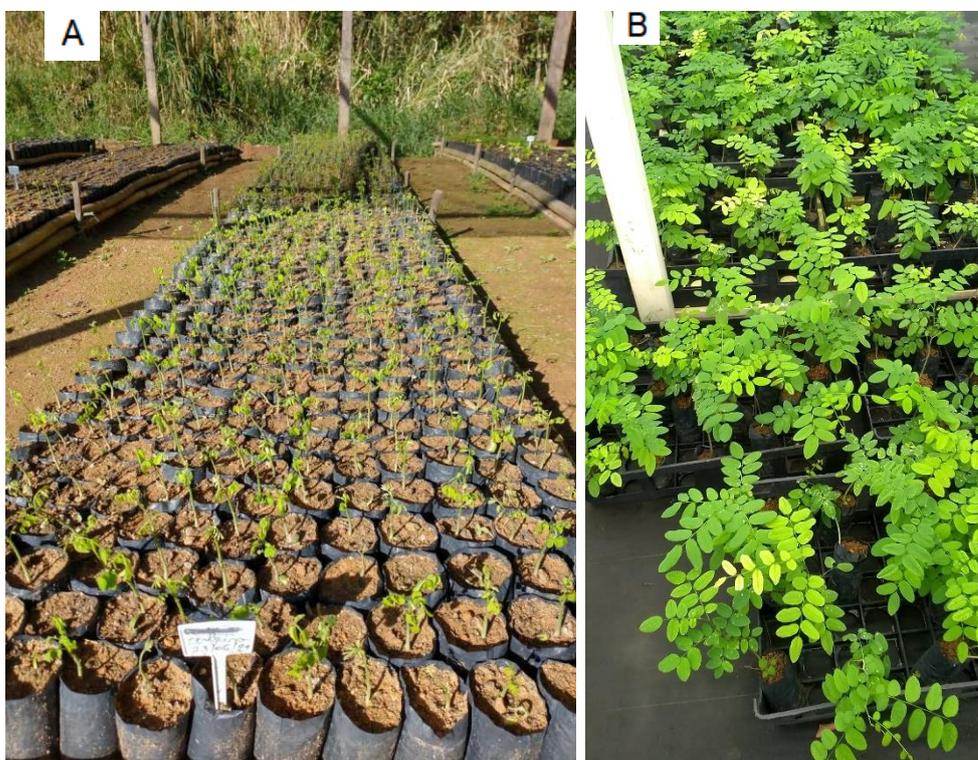


Figura 8. Mudas de *A. cearensis*, aos 60 dias após a semeadura, no Horto Municipal de Santa Maria Madalena (A); Mudas de *A. cearensis*, aos 140 dias após a semeadura em casa de vegetação na UENF (B).

Os mesmos procedimentos de preparo e desinfestação do material, presentes em 4.4.1 foram adotados para testar concentrações maiores de AIB.

O preparo das soluções se deu por meio da diluição prévia de 4 g de AIB em 10% de hidróxido de sódio 0,5 molar (Pereira et al., 2021), seguido da adição de

água deionizada, completando-se 500 mL. A partir da solução de maior concentração (8000 mg L<sup>-1</sup>), foram feitas diluições seriadas com água deionizada para atingir 100 mL das menores concentrações (2000, 4000 e 6000 mg L<sup>-1</sup>).

As miniestacas foram dispostas em bandejas com placas de isopor perfuradas, contendo 50 mM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> por oito horas (Neill et al., 2002). Uma hora antes de retirar o material da solução contendo H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, foram coletadas e preparadas mais 200 miniestacas que foram desinfestadas por cinco minutos. As bases das 400 miniestacas (com e sem o tratamento de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) foram imersas ordenadamente em suas respectivas soluções de 0, 2000, 4000, 6000 e 8000 mg L<sup>-1</sup> de AIB (Faganello et al., 2015), por 15 segundos.

O estaqueamento ocorreu em tubetes de 180 cm<sup>3</sup> contendo Basaplant® e fertilizante de liberação controlada Osmocote®, como citado em 4.1.

As parcelas foram dispostas em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x5, constituído pelo pré-tratamento das miniestacas com e sem peróxido de hidrogênio por oito horas e a posterior imersão em cinco concentrações de AIB por 15 segundos, completando dez tratamentos, com quatro repetições, compostas por dez miniestacas por parcela, totalizando 400 miniestacas.

As bandejas permaneceram em câmara de nebulização por 60 DAE. Foi avaliada a sobrevivência das miniestacas aos 30 e 60 DAE. Neste experimento o tempo em câmara de nebulização foi reduzido, com o intuito de minimizar o apodrecimento do material, apresentado anteriormente.

Na saída do setor de enraizamento, aos 60 DAE, foi determinada a porcentagem de enraizamento (%ENR) em função do número total de miniestacas que foram colocadas para enraizar dentro de cada parcela; a lavagem das raízes foi realizada sobre conjunto de peneiras. O número de raízes (NR) e o comprimento de raízes por muda (CR), com o auxílio de régua milimetrada. Em seguida, a parte aérea (miniestaca inteira) foi separada do sistema radicular e dispostos separadamente, em sacos de papel identificados, em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C ± 2, por 72 horas, para determinação da massa seca do sistema radicular (MSR) e massa seca da parte aérea (MSPA), pela pesagem do material em balança analítica.

Os dados que não atenderam as premissas básicas para a ANOVA, foram transformados. Desta forma, os dados referentes ao percentual de enraizamento e ao número de raiz foram transformados para log de x. Comprimento de raiz e massa

seca da parte aérea foram transformados para raiz quadrada. Massa seca de raiz foi transformado para  $1/X$ . As médias originais de sobrevivência aos 60 DAE, por terem apresentado interação positiva entre  $H_2O_2$  e AIB, foram submetidas aos ajustes de regressão. Os resultados foram submetidos à ANOVA. Quando houve diferença estatística, foi aplicado o teste de Tukey (0,05). O *software* estatístico utilizado foi o R (R Core team, 2017).

#### 4.4 Efeitos do Paclobutrazol no enraizamento e sobrevivência de miniestacas

Utilizando as minicepas do minijardim multiclonal, foram testados três procedimentos de aplicação do paclobutrazol: a imersão das bases das miniestacas, a aplicação no substrato e a pulverização foliar das minicepas de *A. cearensis*, com a finalidade de promover o enraizamento adventício das miniestacas.

Foi preparada solução 100 mg L<sup>-1</sup> de Paclobutrazol (Benett et al., 2014), a partir da diluição do produto comercial Cultar® 250 SC (25,0 % m/v de i.a) e 200 µl de Tween® 20 em 1000 mL de água deionizada.

Foi realizada uma pulverização da solução em 23 minicepas (Figura 9), através de um aspersor manual. A aplicação foi realizada no período da manhã, com temperatura amena.



Figura 9. Aplicação foliar de Paclobutrazol em minicepas de *A. cearensis* em 08/11/2021.

Paralelamente, em 31 minicepas, foram aplicados 0,4 mL de solução de PBZ (Cultar® 250 SC) na concentração de 100 mg L<sup>-1</sup> (Carvalho et al., 2015) diluído em 20 ml de água deionizada por minicepa (capacidade de campo do substrato), diretamente no substrato.

A irrigação por aspersão foi suspensa em ambos os tratamentos, sendo efetuada apenas no substrato, até o momento da coleta dos ramos para o estaqueamento.

Aos sete dias após a aplicação do PBZ no substrato e em pulverização, foram coletadas miniestacas em todas as minicepas. Aquelas que não receberam aplicação prévia de PBZ forneceram material vegetal para o controle e tratamento de imersão. A confecção das miniestacas e sua preservação consta no item 4.3. Em seguida, foi realizada a desinfestação do material, com a imersão das bases em hipoclorito de sódio a 0,5% por cinco minutos, seguida da lavagem em água deionizada.

Na sequência, as miniestacas tiveram suas bases imersas em solução de 60 mg L<sup>-1</sup> de paclobutrazol, a partir da diluição do produto comercial Cultar® 250 em 500 ml de água deionizada, permanecendo por 60 minutos (Figura 10 A), tomando como referência a melhor concentração obtida no trabalho de Campos et al. (2014). As miniestacas dos demais tratamentos (Figura 10 B e C) e do tratamento controle (Figura 10 D) ficaram 60 minutos com as bases imersas em água deionizada.



Figura 10. Base de miniestacas de *A. cearensis* imersas em  $60 \text{ mg L}^{-1}$  de PBZ (A); Miniestacas pulverizadas com PBZ (B) ou aplicado no substrato (C) e o tratamento controle (D), com as bases imersas em água deionizada por 1h.

O estaqueamento foi realizado em tubetes de  $180 \text{ cm}^3$ , contendo substrato florestal Basaplant® e fertilizante de liberação controlada Osmocote®, conforme descrito no item 4.1. Os tubetes foram dispostos em cinco bandejas com 54 células e foram alocados em câmara de nebulização intermitente, com o turno de rega ajustado para 30 segundos a cada 20 minutos.

As parcelas foram dispostas em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, com cinco repetições, compostas por 12 miniestacas por parcela, totalizando 240 miniestacas.

As bandejas permaneceram em câmara de nebulização por 60 dias. Foi avaliada a sobrevivência das miniestacas aos 30 e 60 DAE. Na saída do setor de enraizamento, aos 60 DAE, foi determinada a porcentagem de enraizamento, quantificado o número de raízes (NR) e determinado o comprimento das raízes

(CR) por planta, com o auxílio de régua milimetrada. A miniestaca inteira foi separada do sistema radicular e dispostos, separadamente, em sacos de papel identificados, em estufa de circulação forçada de ar, a  $65^{\circ}\text{C} \pm 2$ , por 72 horas, para determinação de MSR e MSPA, pela da pesagem do material em balança analítica.

Os dados que não atenderam as premissas básicas para a ANOVA, foram transformados. Desta forma, os dados referentes ao comprimento de raiz, número de raiz e massa seca de raiz foram transformados para log de x. Sobrevivência aos 30 e 60 DAE e massa seca da parte aérea foram transformados para raiz quadrada. Os resultados foram submetidos à ANOVA. Quando houve diferença estatística, foi aplicado o teste de Tukey (0,05). O *software* estatístico utilizado foi o R (R Core team, 2017).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Produção de mudas em relação à posição na brotação

Aos 70 e aos 190 DAE, a sobrevivência das mudas produzidas por miniestacas basais foi superior às intermediárias e apicais (Figura 11). Em relação à todas as miniestacas sobreviventes aos 190 DAE, 28% apresentaram duas raízes tuberosas e 72% apenas uma raiz tuberosa. Todas as miniestacas sobreviventes emitiram raízes. Observa-se que é baixa a porcentagem de sobrevivência das miniestacas de *A. cearensis*, mais evidente nas intermediárias e apicais. O percentual de miniestacas sobreviventes e enraizadas aos 190 DAE são iguais. Por este motivo, apenas o gráfico de sobrevivência foi apresentado.

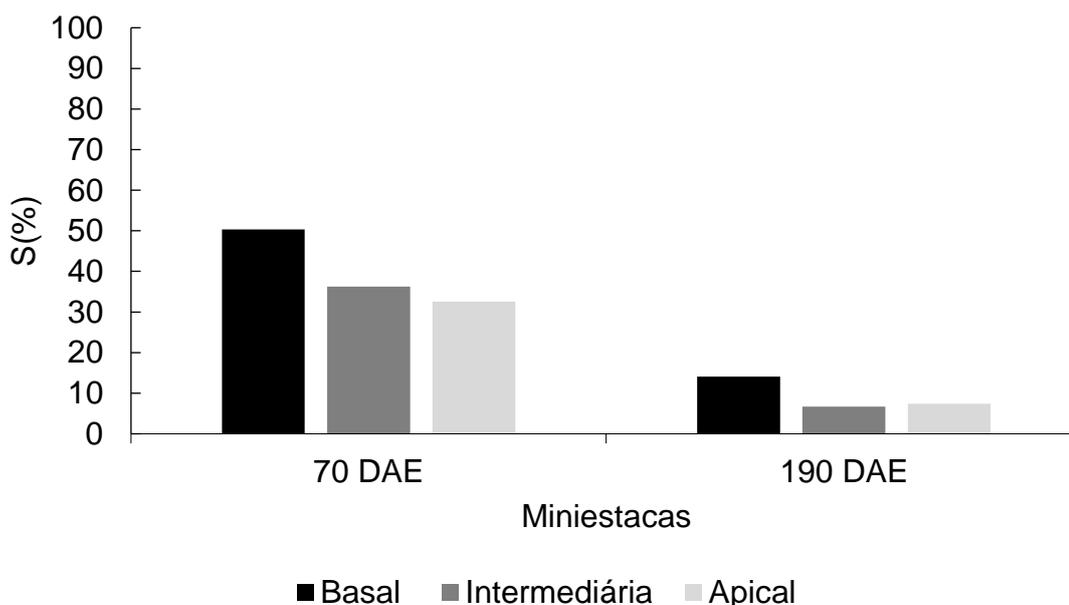


Figura 11. Média de sobrevivência (S) de miniestacas de *A. cearensis*, aos 70 e 190 DAE, em função da posição das miniestacas no ramo.

A constituição química interna dos tecidos pode variar de acordo com a posição do tecido em relação à brotação. Portanto, estacas apicais, basais e intermediárias podem apresentar respostas diferentes quando são submetidas a um processo para indução de raízes (Pacheco e Franco, 2008). Um dos principais constituintes endógenos de uma planta capaz de influenciar o enraizamento são as auxinas. A biossíntese destes fitormônios ocorre em células de meristemas presentes onde há crescimento constante, como os ápices da parte aérea e folhas jovens. Desta forma, o local que apresenta as maiores concentrações de auxina no interior das plantas é o ápice da parte aérea. De acordo com esta teoria, esperava-se que miniestacas apicais obtivessem as maiores taxas de sobrevivência, por estarem relacionadas à maior porcentagem de enraizamento. Porém, a sobrevivência das miniestacas basais foi maior neste experimento. Também Santos et al. (2016), trabalhando com estacas de *Lippia gracilis* Schauer, observaram que para todas as variáveis avaliadas (% de estacas brotadas, nº de brotos, % de enraizamento, comprimento da maior raiz, biomassa seca dos brotos e biomassa seca das raízes) as estacas medianas e basais apresentaram maiores valores do que as apicais.

As miniestacas localizadas na porção basal dos ramos são maiores em diâmetro. Segundo Pacheco e Franco (2008), miniestacas mais grossas possuem

maiores reservas de carboidratos e fotoassimilados disponíveis, o que contribui para o sucesso do enraizamento, uma vez que a disponibilidade de energia e carbono estrutural são elementos básicos para a multiplicação celular (Rapaka et al., 2007). Estes dois componentes são determinantes para a biossíntese de proteínas e de ácidos nucleicos que também estão diretamente envolvidos na rizogênese (Fachinello et al., 1995). Logo, a maior disponibilidade de reserva de carboidratos e fotoassimilados, possivelmente, tenha sido determinante para o maior percentual de enraizamento das miniestacas basais de *A. cearensis*, ainda que baixos.

Conseqüentemente, a menor sobrevivência das miniestacas apicais pode ter sido provocada pela baixa concentração de carboidratos, uma vez que as miniestacas apicais são menores em diâmetro. Provavelmente, as reservas endógenas não atendiam ao processo de enraizamento ou as miniestacas não obtiveram sucesso em direcioná-las a tempo para a emissão das raízes (Nicoloso et al., 1999).

A MSR foi a única variável que diferiu estatisticamente no experimento, sendo maior nas miniestacas apicais (Tabela 1). Os demais parâmetros avaliados (H, DC, CRP, AF, MSPA) não variaram em função da posição das miniestacas nas brotações. As miniestacas apicais apresentaram sistema radicular mais vigoroso. Por ser uma característica desejável para mudas, seria importante ampliar a indução do enraizamento adventício para este tipo de miniestaca. Este resultado vai de encontro ao trabalho de Costa et al. (2016), onde os autores avaliaram a massa seca de diferentes tipos de estacas de *Menta* sp. com a presença ou ausência de folhas. As estacas apicais obtiveram médias maiores. Os autores atribuíram o resultado à capacidade das estacas em direcionar fotoassimilados e auxina para suas bases, no período em que estiveram no setor de enraizamento.

Tabela 1. Valores médios de altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), comprimento da raiz principal (CRP), área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca do sistema radicular (MSR) de miniestacas de *A. cearensis*, 190 dias após o estaqueamento

Posição das miniestacas	H (cm)	DC (mm)	CRP (cm)	AF (cm <sup>2</sup> )	MSPA (g <sup>-1</sup> )	MSR (g <sup>-1</sup> )
Apical	7.32 a	3.66 a	15.74 a	78.92 a	0.79 a	2.23 a
Intermediária	7.43 a	3.94 a	15.04 a	75.35 a	0.78 a	0.98 b
Basal	5.34 a	3.97 a	12.21 a	39.29 a	0.51 a	0.64 b

\*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste F 5% de probabilidade

## 5.2 Efeito de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no enraizamento e sobrevivência de miniestacas

As diferentes concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> não influenciaram a sobrevivência das miniestacas de *A. cearensis*. O percentual de sobrevivência das miniestacas variou de 12,5 a 29,2% (Figura 12). Devido à baixa sobrevivência, o delineamento estatístico foi descaracterizado, impossibilitando que os dados fossem submetidos à análise estatística.

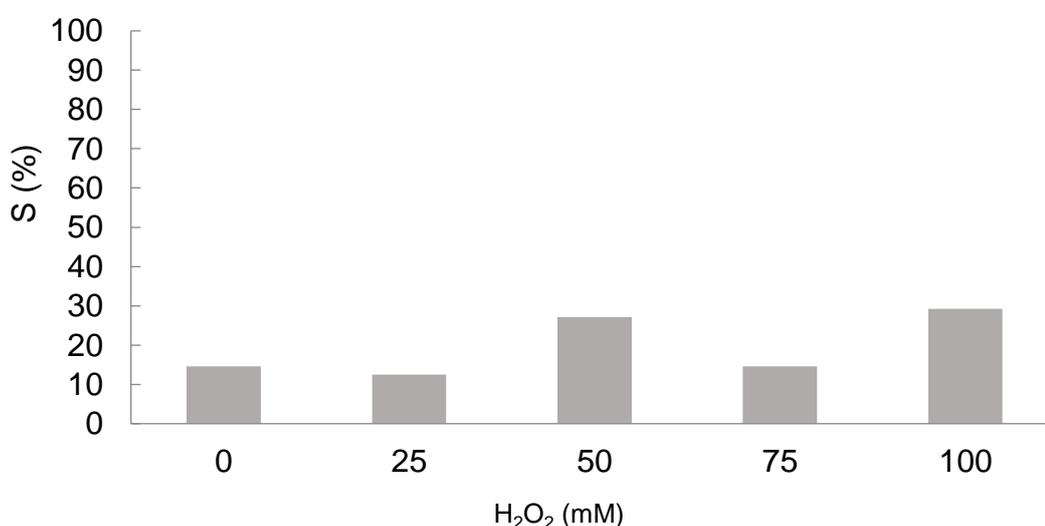


Figura 12. Sobrevivência (S) de miniestacas de *A. cearensis*, aos 70 DAE, em função da imersão da base em diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

Apenas duas miniestacas enraizaram (Figura 13). Uma miniestaca tratada com 50 mM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> formou três raízes medindo 3,9 cm, 1,9 cm e 2,1 cm e a outra tratada com 100 mM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, formando também três raízes cada uma, medindo 11,7cm, 11,6 cm e 11 cm. Dentre as miniestacas sobreviventes, as médias do número de brotações foram de 1,2; 1; 0,93; 1 e 1 e comprimento das brotações foi de 2,8 cm, 4,4 cm, 3,2 cm, 4,1cm e 4,8cm, para os tratamentos com 0, 25, 50, 75 e 100 mM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, respectivamente.

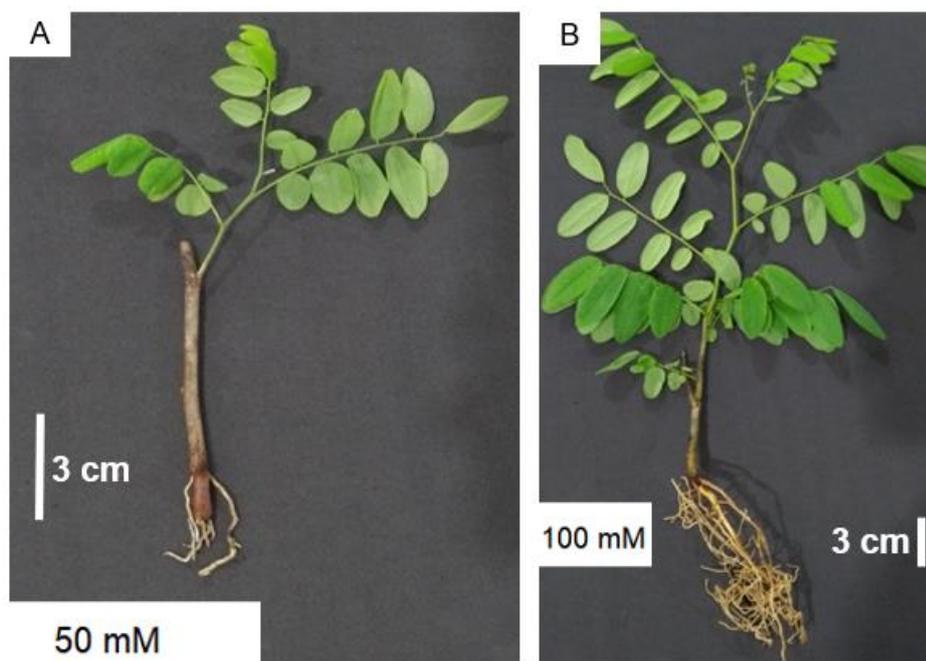


Figura 13. Miniestacas de *A. cearensis* enraizadas 70 DAE, tratadas com 50 mM (A) e 100 mM (B) de  $H_2O_2$ .

Observa-se que a porcentagem de sobrevivência de miniestacas de *A. cearensis* foi baixa, em virtude de o material não ter enraizado. No entanto, dentre as miniestacas sobreviventes, houve maior investimento em parte aérea.

Os resultados obtidos neste estudo vão de encontro aos obtidos por Moshtaghi e Shahsavari (2011), cuja aplicação exógena de  $H_2O_2$ , também não foi eficaz para o enraizamento de estacas de duas cultivares de oliveira. No entanto, são distintos do trabalho de Li et al. (2009), no qual a aplicação exógena de  $H_2O_2$  por meio da imersão das bases de estacas por oito horas em concentrações de 50 a 100mM aumentaram o percentual de enraizamento em feijão mungo.

O peróxido de hidrogênio é uma forma de oxigênio reativo que possui relevante influência sobre sistemas biológicos. O acúmulo de  $H_2O_2$  endógeno em raízes promove o crescimento e a diferenciação das mesmas (Li et al., 2007). Algumas funções do  $H_2O_2$ , como a capacidade de regular a concentração de auxina no interior das células (Pasternak et al., 2005) e sua atuação como uma molécula sinalizadora para as auxinas (Li et al., 2007) já foram elucidadas. Desta forma, é provável que a baixa porcentagem do enraizamento adventício de miniestacas de *A. cearensis*, observada no presente trabalho, não esteja relacionada apenas à

sinalização das espécies reativas de oxigênio para as auxinas, ou à sua regulação, por parte do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

De fato, estudos realizados por Zhang et al. (2019) mostraram que, provavelmente, há uma rede regulatória ampla e complexa envolvendo sete fitormônios (auxinas, ácido abscísico, brassinosteroides, citocininas, etileno, giberelinas e ácido jasmônico), além do peróxido de hidrogênio na indução e formação de raízes de uma árvore caducifólia, a *Populus euramericana*.

### 5.3 Efeito do AIB associado à H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sobre o enraizamento e sobrevivência de miniestacas

#### 5.3.1 Imersão lenta de AIB associado ao H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

O aumento das concentrações de AIB reduziram o percentual de sobrevivência das miniestacas de *A. cearensis*, com correlação linear inversa (Figura 14), independente da pré imersão em H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Entre os tratamentos houve variação de 72 a 26% na sobrevivência das miniestacas, indicando uma redução de 36%, quando observada a diferença entre a testemunha e a maior concentração testada AIB.

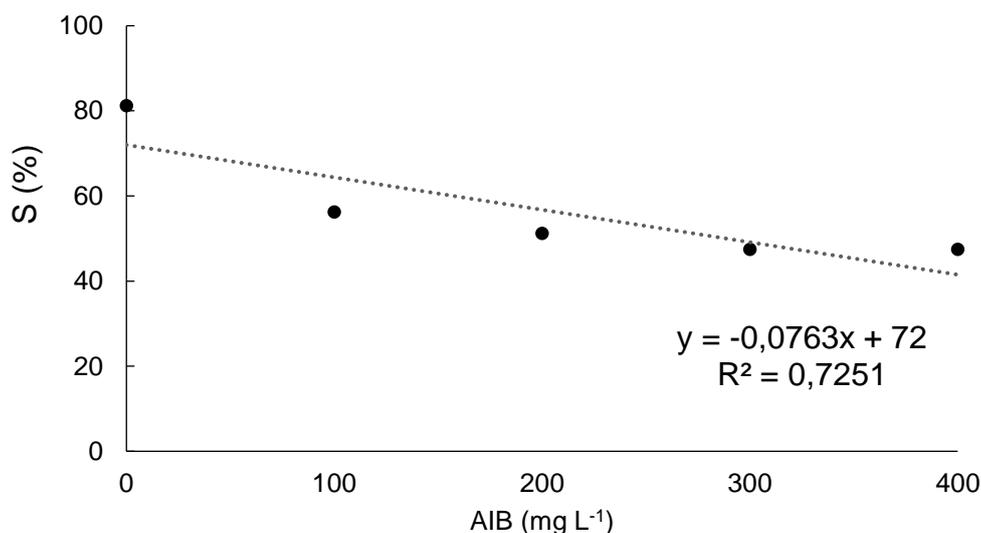


Figura 14. Sobrevivência (S) de miniestacas de *A. cearensis*, aos 30 dias após o estaqueamento, tratadas com diferentes concentrações de AIB.

O comportamento observado neste experimento também foi observado por Silva (2022), quando trabalhou com a imersão da base de miniestacas de *C. trichotoma* em diferentes concentrações de AIB. Os autores obtiveram 94% de sobrevivência em miniestacas submetidas à imersão em 300 mg L<sup>-1</sup> de AIB, com redução em torno de 34% em 400 mg L<sup>-1</sup>. Lattuada et al. (2011) também

observaram que o incremento de concentrações de AIB foi prejudicial às estacas de plantas jovens de *Eugenia uniflora*. O mesmo desempenho foi observado para híbridos de *Eucalyptus viminalis x saligna* e *Eucalyptus dunnii x grandis* (Souza, 2017). Provavelmente, assim como nos trabalhos citados, houve efeito de fitotoxicidade causado pelo excesso de AIB, somado ao fitormônio endógeno, como relatado por Lattuada et al. (2011).

Aos 95 DAE foi observado efeito positivo do peróxido com relação ao percentual de sobrevivência das mudas (Figura 15). A porcentagem de sobrevivência foi cerca de duas vezes maior, entretanto, ainda com valores muito baixos, para os tratamentos com e sem a presença de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, respectivamente.

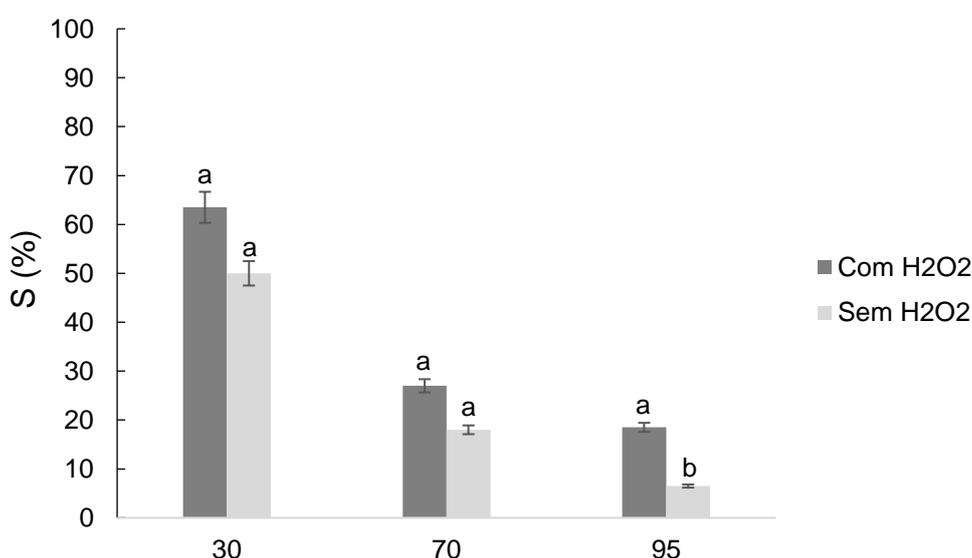


Figura 15. Sobrevivência de miniestacas de *A. cearensis*, aos 30, 70 e 95 DAE, em função da pré-imersão em solução 50 mM de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

Silva (2022) trabalhou com 0,100, 200, 300 e 400 mg L<sup>-1</sup> de AIB associado ou não a 50 mM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> com imersão por 12 horas das bases das miniestacas. A maior porcentagem de sobrevivência de miniestacas de *C. trichotoma* ocorreu quando se associou H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ao AIB. A aplicação de AIB + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> resultou em 100% de sobrevivência, enquanto os tratamentos com AIB obtiveram cerca de 80%. Em estacas semilenhosas de *Olea europaea* até 88 DAE, o uso de 4000 mg L<sup>-1</sup> de AIB em associação ao H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> obteve efeitos, significativamente, superiores ao tratamento com AIB, sem esta associação (Sebastiani e Tognetti, 2004).

Poucas miniestacas sobreviveram até chegarem na expedição final, aos 170 DAE (Figura 16), quando foi realizada a última avaliação de sobrevivência. As miniestacas com a presença do  $H_2O_2$  atingiram 10,5% de sobrevivência, enquanto o tratamento sem  $H_2O_2$  atingiu 2%. Em função da descaracterização do delineamento, não foi possível avaliar estatisticamente as características referentes à qualidade do enraizamento. No entanto, observou-se que todas as plantas que sobreviveram até 170 DAE desenvolveram sistema radicular. Assim, é possível inferir que as miniestacas mortas após 95 DAE estavam consumindo suas reservas até o momento.



Figura 16: Miniestacas de *A. cearensis* aos 170 DAE, na expedição final.

### 5.3.2 Imersão rápida de AIB associado ao H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Aos 30 DAE não houve efeito dos tratamentos na sobrevivência das miniestacas, com média de 82.75% entre os tratamentos.

Tabela 2. Sobrevivência 30 DAE (SOB30), de miniestacas de *A. cearensis* em função de diferentes concentrações de AIB com e sem a associação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mM)	SOB 30 (%)					Média
	0	2000	4000	6000	8000	
	-----mg L <sup>-1</sup> -----					
<b>0</b>	82,50	95,00	67,50	70,00	82,50	79,50 ns
<b>50</b>	92,50	75,00	90,00	92,50	80,00	86,00 ns
<b>Média</b>	87,50	85,00	78,75	81,25	81,25	82,75

Aos 60 DAE, a presença do peróxido de hidrogênio aumentou o percentual de sobrevivência das miniestacas. O aumento das concentrações de AIB diminuíram o efeito positivo do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, com correlação linear inversa (Figura 17), indicando uma interação negativa. Na presença de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> houve redução de 39,6% entre a concentração 0 e 8000 mg L<sup>-1</sup> de AIB, que apresentaram o maior e menor percentual de sobrevivência, respectivamente. A redução na sobrevivência das miniestacas, na presença de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, diante das crescentes concentrações de AIB, sugere um possível efeito de fitotoxidez pelo AIB nesta espécie, quando associado ao H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Sem a pré-imersão em H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, a regressão cúbica foi o modelo que propiciou melhor ajuste ao percentual de sobrevivência das miniestacas em função do aumento das concentrações de AIB. Observa-se que com 2000 mg L<sup>-1</sup> de AIB houve aumento da sobrevivência em relação à testemunha, atingindo os valores obtidos apenas com o peróxido, havendo redução deste percentual em concentrações maiores. São importantes estudos que investiguem outros intervalos, mais próximo a esta concentração.

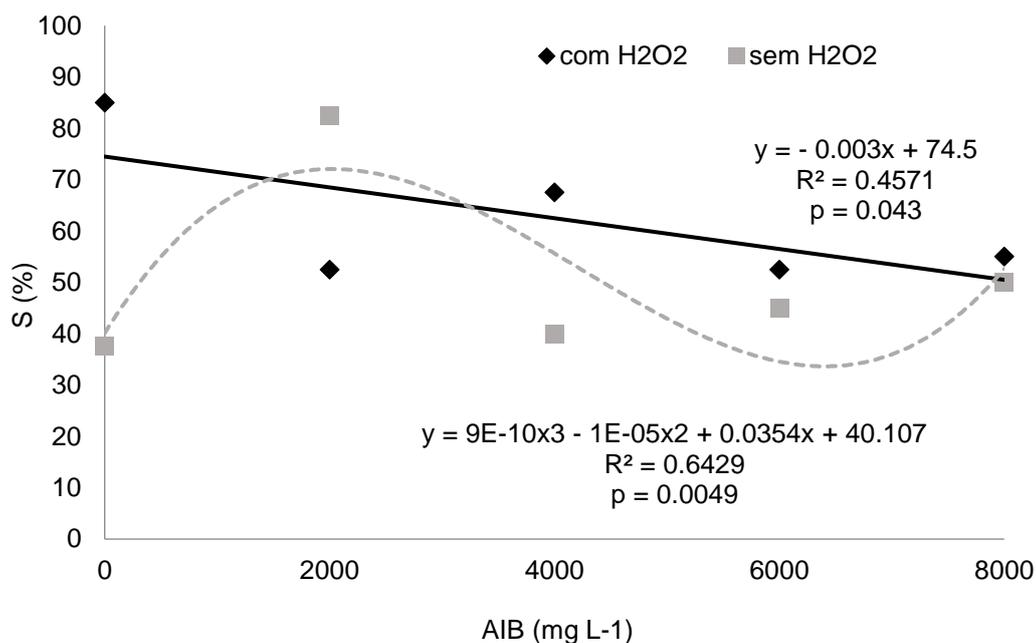


Figura 17. Sobrevivência de miniestacas de *A. cearensis*, aos 60 dias após o estaqueamento, tratadas com diferentes concentrações de AIB em associação a 50 mM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Os resultados diferem do experimento com menores concentrações e imersão das bases das miniestacas por mais tempo, na ausência do peróxido. Não houve fitotoxidez das concentrações utilizadas, ainda que maiores, uma vez que os menores valores foram próximos à testemunha. Isto sugere que o tempo de imersão e as concentrações podem ter influenciado os resultados no experimento anterior.

A aplicação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> foi capaz de afetar positivamente a sobrevivência de miniestacas de *A. cearensis*, bem como de AIB em 2000 mg L<sup>-1</sup>, até 60 DAE.

A interação positiva entre H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ao AIB se dá quando o peróxido de hidrogênio diminui a degradação da auxina, permitindo assim, que ela se concentre na base das estacas, induzindo a formação do sistema radicular adventício (Steffens e Rasmussen, 2016). Existe uma comunicação entre H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e auxina. Esta interação ocorre quando a sinalização da auxina é percebida pelo peróxido e o AIB estimula a biossíntese do peróxido (Li et al., 2009; Kang et al., 2018).

O H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> é produzido constantemente pelas células e as enzimas antioxidantes são responsáveis por sua regulação interna. Este equilíbrio é vital, pois previne as células contra danos oxidativos, além de influenciar em alguns processos

intrínsecos a fisiologia celular (Neil et al., 2002). Por possuir propriedades antioxidantes, as auxinas também protegem as células contra este tipo de dano (Li et al., 2019). Para elucidar como as substâncias antioxidantes atuam nestes casos, são importantes mais estudos a nível celular.

No momento em que o corte é produzido no ramo para formar a estaca, o estresse causado induz a um aumento da concentração de auxinas na base da estaca que vai induzir as células dessa base para o início do processo de formação de raízes. Altas concentrações de auxina são determinantes para a promoção do enraizamento adventício (Rasmussen et al., 2015). O peróxido de hidrogênio atua justamente impedindo que os níveis de auxina se estabilizem, ao ser degradada ou ter seu transporte impedido. Ao manter os níveis de auxina elevados, o  $H_2O_2$  auxilia na promoção do enraizamento adventício (Steffens e Rasmussen, 2016). A presença do  $H_2O_2$  aumentou o percentual de sobrevivência das miniestacas.

As variáveis ENR, NR, CR e MSPA (Tabela 3) não apresentaram diferenças em função da associação ou não de AIB (0, 2000, 4000, 6000 e 8000 mg L<sup>-1</sup>) a 50 mM de  $H_2O_2$ . Silva (2022) também não observou efeito do  $H_2O_2$ , na mesma concentração, sobre o número e comprimento de raízes de miniestacas de *Cordia trichotoma*. No entanto, em outro estudo, a aplicação do  $H_2O_2$  em miniestacas de *Olea europea* aumentou o crescimento das raízes adventícias (Sebastiani e Tognetti, 2004).

Tabela 3. Enraizamento (ENR), número de raiz (NR), comprimento de raiz (CR), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA) de miniestacas de *A. cearensis* em função de diferentes concentrações de AIB com e sem a associação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, aos 60 DAE

ENR (%)						
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mM)	0	2000	4000	6000	8000	Média
	-----mg L <sup>-1</sup> -----					
0	35,00	42,50	37,50	42,50	47,50	41,00 ns
50	45,00	45,00	57,50	52,50	47,50	49,50 ns
Média	40,00	43,75	47,50	47,50	47,50	45,25
NR						
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mM)	0	2000	4000	6000	8000	Média
	-----mg L <sup>-1</sup> -----					
0	1,52	1,63	1,48	1,62	1,67	1,58 ns
50	1,64	1,60	1,73	1,69	1,66	1,66 ns
Média	1,58	1,62	1,61	1,66	1,67	1,62
CR						
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mM)	0	2000	4000	6000	8000	Média
	-----mg L <sup>-1</sup> -----					
0	7,15	5,50	8,00	6,62	6,74	6,80 ns
50	8,40	6,15	6,54	6,31	6,59	6,80 ns
Média	7,78	5,82	7,27	6,47	6,67	6,80
MSR (g)						
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mM)	0	2000	4000	6000	8000	Média
	-----mg L <sup>-1</sup> -----					
0	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03 ns
50	0,02	0,03	0,02	0,04	0,04	0,03 ns
Média	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
MSPA (g)						
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mM)	0	2000	4000	6000	8000	Média
	-----mg L <sup>-1</sup> -----					
0	1,13 ns	1,10 ns	1,14 ns	1,10 ns	1,12 ns	1,12 ns
50	1,12 ns	1,11 ns	1,10 ns	1,12 ns	1,11 ns	1,11 ns
Média	1,13	1,11	1,12	1,11	1,12	1,12

Na Figura 18, é possível observar o aspecto das miniestacas enraizadas após diferentes tratamentos. Visualmente, foi possível observar que o tratamento controle produziu raízes menos robustas e em menor quantidade, embora não tenha havido efeito dos tratamentos sobre a qualidade das raízes adventícias.

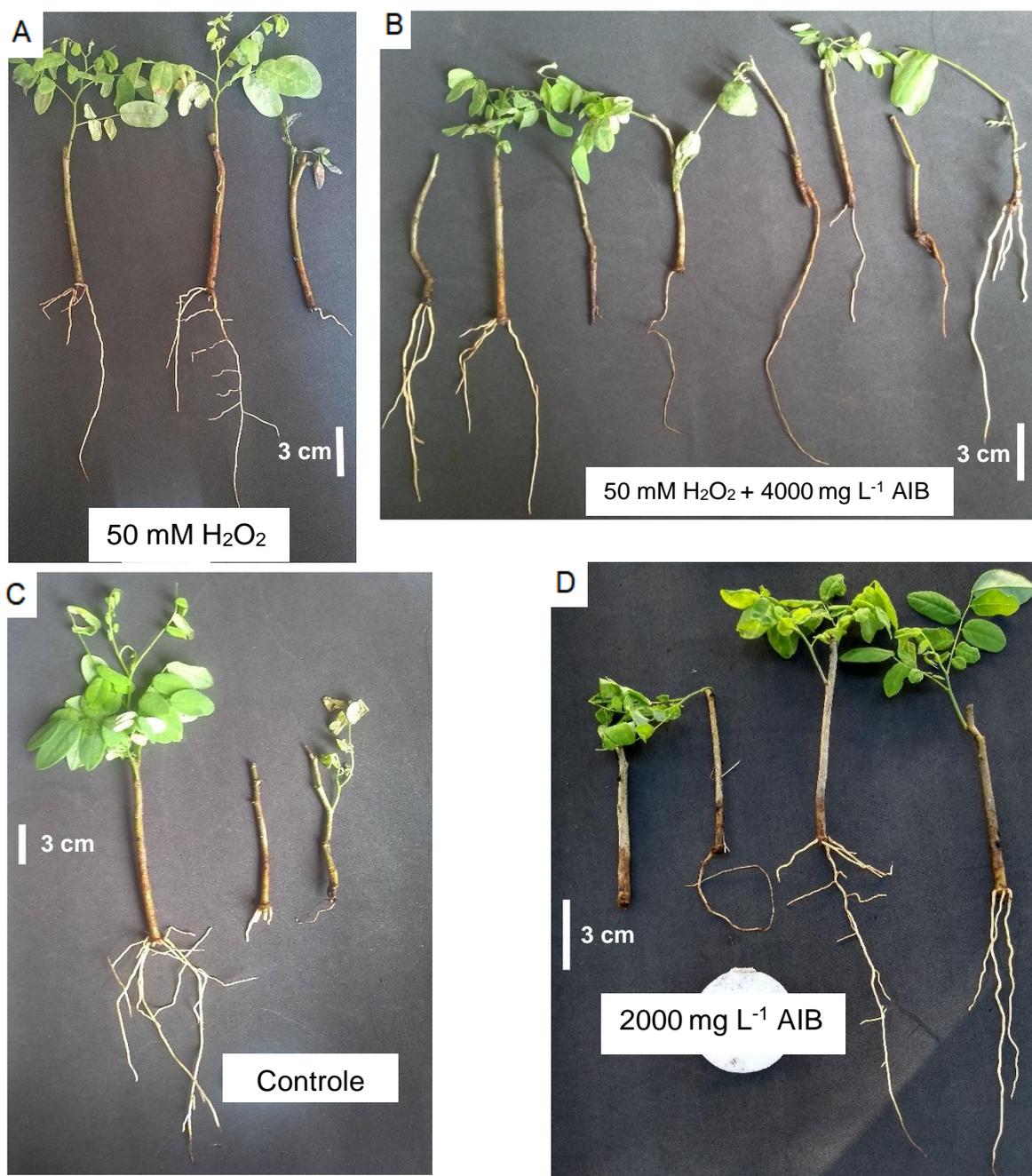


Figura 18. Miniestacas de *A. cearensis* 60 dias após o estaqueamento.

Neste experimento, realizado de novembro de 2021 a janeiro de 2022, embora não tenha havido efeito dos tratamentos sobre a qualidade do enraizamento, houve maior sobrevivência (82,75%) entre os tratamentos e maior quantidade de miniestacas enraizadas aos 60 dias, com relação aos demais experimentos

executados neste estudo, com média de enraizamento de 49,5% na presença de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Tabela 3).

Os resultados superiores obtidos neste experimento poderiam ser explicados pela origem e idade do material trabalhado. Nenhum dos experimentos executados com minijardim implantado em 2018 atingiram a média de sobrevivência e enraizamento do experimento executado com miniestacas provenientes do minijardim semeado em 2021. Por ser um material que possui em média três anos de idade, é possível que este fator esteja interferindo no potencial de enraizamento.

Um dos fatores intrínsecos capazes de influenciar o enraizamento de miniestacas é a idade ontogenética (maturação) da planta matriz (Antonelli, 2013). A técnica da estaquia apresenta algumas limitações em relação à propagação de material adulto, em função do grau de maturação dos propágulos. Isso se explica pelo fato de que, na transição da fase vegetativa para a reprodutiva, as plantas sofrem mudanças em seus tecidos meristemáticos (Rodrigues e Kerbauy, 2009) e a perda da capacidade de formar raízes é uma das principais consequências (Hartmann et al., 2011; Wendling et al., 2014).

Estudos mostram que estacas oriundas de matrizes juvenis apresentam maior aptidão ao enraizamento (Xavier et al., 2013; Cunha et al., 2008; Sampaio et al., 2010; Dias et al., 2012; Oliveira et al., 2016; Araújo et al., 2019), sendo necessário, em casos de utilização de material adulto, buscar a indução da juvenilidade ou o revigoramento no material a ser trabalhado (Hartmann et al., 2011; Wendling et al., 2014; Stuepp et al., 2018).

No estudo realizado por Neves et al. (2006), com miniestacas de *Erythrina falcata*, o maior percentual de enraizamento foi obtido em miniestacas oriundas de mudas seminíferas coletadas no verão (73%), seguido pelo outono (57%) e primavera (48%). Isso mostra que as condições climáticas relacionadas às estações do ano foram determinantes no processo rizogênico e na sobrevivência delas. Além disso, observaram que o percentual de enraizamento foi maior nas miniestacas oriundas de material juvenil, quando comparado àquelas oriundas de material adulto e lignificado.

Observa-se ainda que há redução acentuada da sobrevivência das miniestacas de *A. cearensis* entre 30 e 60 DAE em câmara de nebulização, sendo importantes estudos que indiquem o tempo necessário de permanência sob nebulização intermitente, para a indução do enraizamento.

#### 5.4 Efeitos do Paclobutrazol no enraizamento e sobrevivência de miniestacas

A aplicação de paclobutrazol via substrato resultou em raízes com menores comprimentos em comparação às raízes das plantas controle. Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente do controle (Tabela 3). As avaliações destrutivas e a última avaliação de sobrevivência foram realizadas 60 dias após o estaqueamento.

Tabela 3. Valores médios de sobrevivência aos 30 (SOB 30) e 60 (SOB 60) dias após o estaqueamento (DAE), enraizamento (ENR), número de raízes adventícias (NR), comprimento de raiz (CR), massa seca de raízes (MSR) e massa seca da parte aérea (MSPA) de miniestacas de *A. cearensis* aos 60 DAE

Trat.	SOB 30 (%)	SOB 60 (%)	ENR (%)	NR	CR	MSR (g)	MSPA (g)
Cont.	81,64 a	59,98 a	8,30 a	2,00 a	14,94 a	0,20 a	0,76 a
Imer.	74,98 a	54,96 a	9,98 a	1,83 a	11,72 ab	0,14 a	0,65 a
Foliar	80,00 a	48,30 a	13,30 a	1,25 a	11,25 ab	0,08 a	0,51 a
Subst.	83,32 a	76,62 a	16,64 a	2,30 a	8,89 b	0,05 a	0,39 a
<b>CV (%)</b>	40,41	45,64	106,43	32,51	10,88	72,00	46,00

\*Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de significância de 5%.  
Trat., Tratamentos; Cont. Controle; Imer., Imersão; Subst., Substrato.

O resultado obtido para o comprimento de raiz, em relação à aplicação de paclobutrazol via substrato é contrastante com as informações encontradas na literatura. Currey e Lopez (2009) afirmam que a aplicação do paclobutrazol via substrato é capaz de conferir maior uniformidade no momento de aplicação, proporcionando desta forma, maior eficácia do uso do produto em concentrações mais baixas. Como os triazois são absorvidos pelas raízes, a aplicação diretamente no local de absorção poderia ampliar os efeitos do produto. Sabe-se que o PBZ se movimenta no interior dos vegetais através do xilema, em direção ao meristema apical, por meio do movimento acrópeto (Benett et al., 2014). Logo, após a absorção pelas raízes, a parte aérea das plantas estará sob efeito do PBZ. Ao realizar o estaqueamento, é esperado que as miniestacas possuam PBZ no interior de suas células e que no momento da indução das raízes, os níveis de giberelina

estejam menores, resultando em maiores porcentagens de enraizamento adventício.

A Figura 19 demonstra o aspecto do sistema radicular e da parte aérea das miniestacas de *A. cearensis* ao permanecerem 60 dias em câmara de nebulização, após a aplicação foliar, via substrato e por imersão de PBZ. No experimento, apenas 29 miniestacas enraizaram. Este desempenho demonstra que a inibição da emissão de raízes por interferência da giberelina, possivelmente, não é a responsável pela baixa porcentagem de enraizamento de miniestacas de *A. cearensis*.

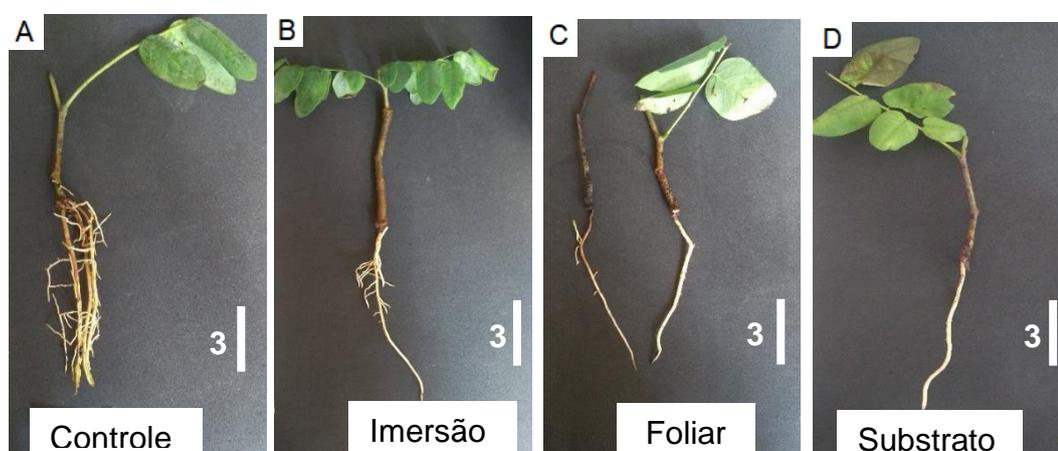


Figura 19. Miniestacas de *A. cearensis* 60 DAE após diversas formas de aplicação de Paclobutrazol.

Apesar de trabalhos relatarem o potencial do PBZ em aumentar o enraizamento de diversas espécies, a interação do PBZ com outros reguladores vegetais, tais como AIB, também tem se mostrado promissora. Bueno et al. (2021) constataram um efeito sinérgico do AIB com o PBZ no enraizamento de *Rubus brasiliensis*, pois os efeitos dos dois reguladores no enraizamento foram, aproximadamente, duas vezes maiores do que o uso de AIB ou PBZ, isoladamente. Logo, futuros estudos com amburana podem ser considerados com a aplicação conjunta destes dois reguladores vegetais.

## 6 RESUMO E CONCLUSÕES

*Amburana cearensis*, conhecida popularmente como amburana ou cumaru, é uma espécie florestal nativa com aptidão para medicina popular, e para fins ambientais. O presente trabalho teve como objetivos: identificar diferenças no enraizamento adventício de miniestacas de *A. cearensis* coletadas das partes basais, intermediárias e apicais nas brotações de minicepas juvenis; aumentar a porcentagem de enraizamento e sobrevivência das miniestacas de *A. cearensis* por meio da aplicação exógena de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> associado ou não ao AIB em baixas e altas concentrações; aumentar a porcentagem de enraizamento e sobrevivência das miniestacas de *A. cearensis* por meio da aplicação exógena de diferentes concentrações e formas de aplicação de paclobutrazol.

Para a execução do trabalho, o paclobutrazol foi segmentado em quatro etapas. Na primeira etapa foram avaliados os resultados obtidos após o estaqueamento de segmentos basais, intermediários e apicais de brotações de *A. cearensis* de minicepas produzidas por sementes. As miniestacas foram confeccionadas com oito cm de comprimento e dispostas em tubetes de 280 cm<sup>3</sup>, contendo substrato comercial e Osmocote. As bandejas permaneceram em câmara de nebulização por 70 dias.

Na segunda etapa do trabalho, foi realizada a aplicação exógena de diferentes concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0, 25, 50, 75 e 100 mM). As miniestacas permaneceram por oito horas com suas bases imersas nos tratamentos. Em seguida, foram estaqueadas e mantidas em câmara de nebulização por 70 dias.

Na terceira etapa, foram realizados dois experimentos. No primeiro, miniestacas de *A. cearensis* provenientes do minijardim multiclonal implementado

em 2018 tiveram as bases imersas em diferentes concentrações de AIB (0, 100, 200, 300 e 400 mg L<sup>-1</sup>), por 12 horas, com e sem pré imersão em peróxido de hidrogênio (50mM) por oito horas. No segundo, tiveram as bases imersas em diferentes concentrações de AIB (0, 2000, 4000, 6000 e 8000 mg L<sup>-1</sup>), por 15 segundos, com e sem a associação ao peróxido de hidrogênio (50mM), por oito horas.

Na quarta etapa, foram testadas diferentes formas de aplicação de paclobutrazol (pulverização foliar, substrato e imersão) em *A. cearensis*. A pulverização e aplicação no substrato foram realizadas uma semana antes da imersão das bases. A irrigação por aspersão foi suspensa neste período, sendo realizada via substrato.

Os experimentos realizados nesta dissertação permitiram as seguintes conclusões:

- Miniestacas apicais apresentaram maior massa seca de raízes, em relação às demais;
- Não houve efeito da variação das concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na sobrevivência e enraizamento das miniestacas;
- Houve aumento do percentual de sobrevivência aos 60 DAE das miniestacas que tiveram a base imersa em solução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (50 mM);
- O aumento das concentrações de AIB, em imersão lenta da base de miniestacas de *A. cearensis*, reduziu o percentual de sobrevivência;
- A imersão da base das miniestacas em solução de 2000 mg L<sup>-1</sup> de AIB, por 15 segundos, aumentou o percentual de sobrevivência das miniestacas, aos 60 DAE;
- O peróxido de hidrogênio e AIB não aumentaram o percentual de enraizamento ou a qualidade do sistema radicular das mudas;
- A aplicação exógena de paclobutrazol não aumentou a sobrevivência nem o enraizamento de miniestacas de *A. cearensis*.

Embora a espécie apresente potencial para a propagação por miniestaquia, o índice de produção ainda é baixo, sendo necessários mais experimentos para compreender os fatores envolvidos na indução do enraizamento. De acordo com os resultados obtidos, há a necessidade de avaliar a capacidade de enraizamento de miniestacas de *A. cearensis* em função da juvenildade das minicepas. Também devem ser avaliados diferentes períodos de permanência no setor de

enraizamento, bem como alterações na umidade e condução em diferentes épocas do ano, utilizando os mesmos indutores.

Considerando o efeito observado da aplicação exógena de AIB ( $2000 \text{ mg L}^{-1}$ ), outros intervalos próximos a esta concentração devem ser avaliados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfenas, A. C., Zauza, E. A. V., Mafia, R. G., Assis, T. F. (2009) Clonagem e doenças do eucalipto. 2. Viçosa: UFV, 500 p.
- Almeida, A.M.C.; Oliveira, E.; Calegari, L., Medeiros Neto, P.N.; Pimenta, A.S. (2015) Avaliação físico-química e energética da madeira das espécies *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke e *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith de ocorrência no semiárido nordestino brasileiro. *Ciência Florestal*, 25(1):165-173.
- Almeida, J. R. G. S., Guimarães, A. G., Siqueira, J. S., Santos, M. R. V., Lima, J. T., Nunes, X. P., Quintans Júnior, L. J. (2010) *Amburana cearensis*: uma revisão química e farmacológica. *Scientia Plena*, Aracaju, 6 (11):1-8.
- Andrade-Lima, D. Plantas da Caatinga. (1989) *Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro. 243 p.
- Angelim, A.E.S.; Moraes, J.P.S; Silva, J.A.B.; Gervásio, R.C.R.G. (2007) Germinação e Aspectos Morfológicos de Plantas de Umburana de Cheiro (*Amburana cearensis*) Encontradas na Região do Vale do São Francisco. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, (5)2:1062-1064.
- Antonelli, P.O. (2013) Estaquia de matrizes adultas de *Pinus elliotti* var. *elliotti* e *Pinus elliotti* x *Pinus caribea*. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Piracicaba – SP, Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 90 p.

- Assis, T. F., Fett-Neto, A. G., Alfenas, A. C. (2004) Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwood with emphasis on *Eucalyptus*. In: Plantation forest biotechnology for the 21<sup>th</sup> century. New Delhi, *Research Sign Post*, 1: 303-333.
- Araujo, M.N.; Dantas, B.F. (2018) Umburana-de-cheiro *Amburana cearensis* (Allemão) A.C.Sm. ABRATES/ CTSF, Nota Técnica n° 9. 6 p.
- Araújo, E. F., Gibson, E. L., Santos, A. R., Gonçalves, E. O., Wendling, I. Alexandre, R. S., Pola, L. A. V. (2019) Mini-cutting technique for vegetative propagation of *Paratecoma peroba*. *Cerne*, 25 (3):314-325.
- Badilla, Y., Xavier, A., Murillo, O., Paiva, H.N. (2016) IBA efficiency on mini-cutting rooting from Teak (*Tectona grandis* Linn F.) clones. *Revista Árvore*, Viçosa, 40 (3):477-485.
- Barroso, D.G, Siqueira, D., Carvalho, G., Silva, J. G. (2019) Rooting of *Paratecoma peroba* (Record) Kuhl. And *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Sm. minicuttings. *Pesq. flor. Bras.*, Colombo, 39 (e201902043), special issue, 768p.
- Barroso, D. G., Souza, M. G.O.S., Oliveira, T. P. F., Siqueira, D. P. (2018) Growth of Atlantic Forest trees and their influence on topsoil fertility in the southeastern Brazil *Cerne*, 24 (4):352-359.
- Braga, R. Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará. 3 ed. Fortaleza: ESAM, 1976. 510 p.
- Bellini C., Pacurar, D. I., Perrone, I. (2014) Adventitious roots and lateral roots: similarities and differences. *Annual review of plant biology*, (65): 639–666.
- Benett, K.S.S., Faria Junior, M.J.A., Benett, C.G.S., Seleguini, A., Lemos, O.L. (2014) Utilização de paclobutrazol na produção de mudas de tomateiro. *Comunicata Scientiae*. Bom Jesus, 5 (2):164-169.
- Benin, C.C., Peres, F.S.B., Garcia, F.A.O. (2013) Enraizamento de miniestacas apicais, intermediárias e basais em clones de *Eucalyptus benthamii*. *Floresta*, 43:421–428.

- Berude, M.C., Araújo, E.F., Sant'ana, B.T., Alexandre, R.S., Gonçalves, E.O. (2020) Rooting of *Inga edulis* Mart. (Leguminosae-Mimosoideae) mini-cuttings. *Floresta*. Curitiba, 50 (1):1091-1098.
- Bouchereau, A., Aziz, A., Larher, F., Martin - Tanguy, J. (1999) Polyamines and environmental challenges: Recent development. *Plant Science*,140 (2):103-125.
- Brondani, G. E., Wendling, I., Brondani, A. E., Araujo, M. A., Silva, A. L. L. D., Gonçalves, A. N. (2012) Dynamics of adventitious rooting in minicuttings of *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*. *Acta Scientiarum*, Maringá, 34 (2):169-178.
- Bueno MC, Tofanelli MBD, Vendrame WA, Biasi LA (2021) Paclobutrazol as an alternative to improve propagation of *Rubus brasiliensis* Mart. *Scientia Horticulturae* 287:110215
- Campanha, M. M., Araújo, F. S. (2010) Árvores e arbustos do sistema agrossilvipastoril Caprinos e Ovinos. *EMBRAPA*, Sobral,1:32 p.
- Campos Filho, E. M., Sartorelli, P. A. R. (2015) *Guia de árvores com valor econômico*. São Paulo, Agroicone, 141 p.
- Campos, G.S., Marinho, C. S., Portella, C.R., Amaral, B.D., Carvalho, W. S. G. (2014) *Efeito do paclobutrazol no enraizamento de estacas da goiabeira cortibel*. Congresso Brasileiro de Fruticultura XXIII, Cuiabá. Congresso Brasileiro de Fruticultura XXIII.
- Carvalho, G.C.M.W. (2020) *Resgate de matrizes e propagação vegetativa de *Plathymania reticulata* Benth*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 114 p.
- Carvalho, G.C.M.W., Siqueira, D.P., Silva, R. de D., Silva, M.K.F., Barroso, D.G. (2021) Mini-cutting of *Plathymania reticulata* Benth. with mini-stumps conducted in suspended seedbed and tubes. *Cerne*, 27:(e-102584).

- Carvalho, C., Matsumoto, S.N., Viana, A.E.S. (2015) Crescimento de mudas de cafeeiros cv. Topázio após aplicação via solo de baixas doses de paclobutrazol. *IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*. Curitiba, PR.
- Carvalho, P. E. R. Cumaru. (2003) *Circular Técnica Embrapa Florestas*, n. 76.
- Costa, H. M. D. (2009) Influência de recipientes e substratos na qualidade de mudas de Cumaru (*Amburana cearensis* (Arr. Cam.) A.C. Smith). Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitotecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 67 p.
- Costa, E. S. S. (2018) Indução e caracterização de calos de *Amburana cearensis* (Allen.) AC E *Poincianella pyramidalis* (Tul.) LP Queiroz. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais), Feira de Santana – BA, Universidade Estadual de Feira de Santana, 47p.
- Costa, E., Souza, M. D. de, Souza, A. V. de. (2015) Indução de brotações in vitro em *Amburana cearensis* sob diferentes concentrações de citocinina e tipos de meios de cultura. In Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: X Jornada de Iniciação Científica da EMBRAPA Semiárido, Petrolina - PE.
- Costa, V. A. da., Jorge, M. H. A., Costa, E., Castro, A. R. R. de., Costa, M. L. N. (2016) Efeito de cortes de estacas e da presença de folhas na produção de mudas de *Mentha* sp. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, 4 (2):55-59.
- Couèè, I.; Hummel, I.; Sulmon, C.; Gouesbet, G.; El Amrani, A. (2004) Involvement of polyamines in root development. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 76:10 p.
- Cunha, A. C. M. C. M. (2006) Relações do estado nutricional de minicepas e condições meteorológicas com o número e o enraizamento de miniestacas de eucalipto. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 99 p.
- Cunha, A. C., Wendling, I., Souza Júnior, L. (2008) Miniestaquia em sistema de hidroponia e em tubetes de corticeira-do-mato. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 18 (1):85-92.

- Currey, C.J; Lopez, R.G. (2009) Applying plant growth retardants for height control. In: Commercial greenhouse and nursery production. Purdue Extension, 10p.
- Dias, P.C., Oliveira, L.S., Xavier, A., Wendling, I. (2012a) Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, 32 (72):453–462.
- Dias, P. C., Xavier, A., Oliveira, L. S. de, Paiva, H. N. de, Correia, A. C. G. (2012b) propagação vegetativa de progênies de meios-irmãos de Angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) por miniestaquia. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 36(3):389-399.
- Dias, P.C.; Xavier, A.; Oliveira, L.S.; Félix, G.A.; Pires, I.E. 2015 Resgate vegetativo de árvores de *Anadenanthera macrocarpa*. *Cerne*, 21: 83-89.
- Fachinello, J.C., Hoffmann, A., Nachtigal, J.C., Kersten, E., Fortes, G. R. de L. (1995) Propagação de plantas frutíferas de clima temperado. Pelotas, UFPEL, 178p.
- Faganello, L. R., Dranski, J.A.L., Malavasi, U.C., Malavasi, M.M. (2015) Efeito dos ácidos indolbutírico e naftalenoacético no enraizamento de estacas semilenhosas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 5 (4):863-871.
- Fehér, A. (2019) Callus, dedifferentiation, totipotency, somatic embryogenesis: what these terms mean in the era of molecular plant biology? *Front Plant Sci*, 10:11 p.
- Ferreira, D. de A.; Barroso, D. G.; Silva, M. P. S. da; Souza, J. S. de; Freitas, T. A. S. de; Carneiro, J. G. de. A. (2012) Influência da posição das miniestacas na qualidade de mudas de cedro australiano e no seu desempenho inicial no pós-plantio. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 22 (4):715-723.
- Flora do Brasil. Amburana in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB2281>. Acesso em: 02 mai. 2020.

- Fermino Junior, P. C. P.; Scherwinski-Pereira, J. E. (2012) Germinação e propagação in vitro de cerejeira. *Ciência Florestal*, 22 (1):9 p.
- Gajewska, E, Skłodowska, M. (2007) Effect of nickel on ROS content and antioxidative enzyme activities in wheat leaves. *Biometals* 20:27–36.
- Geneve, R. L. (1990) Root Formation in Cuttings of English Ivy Treated with Paclobutrazol or Uniconazole. *Hort Science*, 25 (6):709 p.
- Gimenez, A.; Balderrama. L; Munoz, V.; Garcia, E.; Arrazola, S.; Sauvain, M.; Bergeron, S. (1996) Conservación ambiental a través de la valoración etnobotánica y etnofarmacológica em Bolivia. *Revista Boliviana de Química*. 13:50-57.
- Gomez-Roldan, V; Fermas, S; Brewer, P.B; Puech-Pagès, V; Dun, E.A; Pillot. J. P; Letisse, F; Matusova, R; Danoun, S; Portais, J. C. (2008) Strigolactone inhibition of shoot branching. *Nature*, (455):189–194.
- Hartmann, H. T.; Kerster, D. E.; Davies, J. R. F. T.; Geneve, R. L. (2011) Hartmann and Kerster's Plant Propagation: principles and practices. 8ª Ed. Boston: Prentice Hall, 915 p.
- Higa, R. C. V. (1983) Estaquia de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): resultados preliminares. *Silvicultura em São Paulo*, 8 (28):304-305.
- Japiassú, A., lopes, K. P., Dantas, J. G., Nóbrega, J. S. (2016) Fenologia de quatro espécies arbóreas da Caatinga no Semiárido Paraibano. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 11(4):34-43.
- Justino, S. T. P., Arriel, E. F., Arriel, D. A. A., Morais, Y. Y. G. A., de Moraes Monte, A. A., Dos Santos Fernandes, S. P. (2017) Sistema de manejo em minijardim clonal de *Myracrodruon urundeuva* Allemão. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 13(3):255-263.
- Kielse, P.; Bisognin, D.A.; Haygert, K.L.; Mello, U.S.; Pimentel, N.; Raube, M.A. (2015) Production and rooting of cordia - *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. mini-cuttings collected from ministumps of asexual and seminal origin. *Ciência Rural*, 45:1164-1166.

- Kuroha, T; Ueguchi, C; Satoh, S. (2005) The defect of Arabidopsis histidine kinase genes leads retarded vascular system of hypocotyls and the accumulation of auxin resulting in the inhibition of lateral root formation and induction of adventitious root formation. *Plant Cell Physiol* 46:48 p.
- Lakehal, A.; Bellini, C. (2019) Control of adventitious root formation: insights into synergistic and antagonistic hormonal interactions. *Physiologia Plantarum* 165:90–100.
- Lattuada, D. S., Spier, M., Souza, P. V. D., (2011) Pré-tratamento com água e doses de ácido indolbutírico para estaquia herbácea de pitangueiras. *Ciência Rural*, Santa Maria, 41(12):2073-2079.
- Li, S. W., Xue, L., Xu, S., Feng, H., An, L. (2009) Hydrogen peroxide acts as a signal molecule in the adventitious root formation of mung bean seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 65(1):63-71.
- Li, S., Xue, L., Xu, S., Feng, H., An, L. (2007) Hydrogen peroxide involvement in formation and development of adventitious roots in cucumber. *Plant Growth Regulation*, 52(2):173-180.
- Lima, L.R.; Cavalcante, R.R.L.; Martins, M.C.C.; Parente, D.M.; Cavalcante, A.A.M.C. (2013) Avaliação da atividade antiedematogênica, antimicrobiana e mutagênica das sementes de *Amburana cearensis* (A. C. Smith) (Imburana-de-cheiro). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 15(3):415-422.
- Lopes, I.S.; Nóbrega, A.M.F.; Matos, V.P. (2014) Maturação e colheita de semente de *Amburana cearensis* (Allem.) A.C. Smith. *Ciência Florestal*, Santa Maria (24):3 565-572.
- Lorenzi, H. (2008) Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum, (1):5.
- Maia, A. J; Botelho, R. V. (2008) Reguladores vegetais no enraizamento de estacas lenhosas de amoreira-preta cv. Xavante. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 29 (2):323-330.
- Maia, G.N. (2004) *Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades*. Leitura & Arte.

- Maharjan, P. M., Dilkes, B. P., Fujioka, S., Pěnčík, A., Ljung, K., Burow, M., Halkier, B. A., Choe, S. (2014) *Arabidopsis gulliver1/superroot2 - 7* identifies a metabolic basis for auxin and brassinosteroid synergy. *The Plant Journal*, 80(5):797-808.
- Martinelli, G.; Moraes, M.A. (2013) (orgs.). *Livro vermelho da flora do Brasil* 1. ed. - Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1100 p.
- Moshtaghi, E.A., Shahsavari, A.R. (2011) The effects of IBA and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> on rooting of 2 olive cultivars. *Journal of Chemical Health Risks*, Shiraz, 1(1):35-38.
- Negi, S., Sukumar, P., Liu, X., Cohen, J. D., Muday, G. K. (2010) Genetic dissection of the role of ethylene in regulating auxin - dependent lateral and adventitious root formation in tomato. *The Plant Journal*, 61(1):3-15.
- Neill, S.J., Desikan, R., Clarke, A., Hurst R. D., Hancock, J.T. (2002) Hydrogen peroxide and nitric oxide as signalling molecules in plants. *Journal of Experimental Botany*, 53:1237–1242.
- Nery, F. S. G., Zuffellato-Ribas, K. C., Koehler, H. (2014) Enraizamento de *Psychotria nuda* (Cham. & Schltdl.) Wawra (Rubiaceae) nas quatro estações do ano. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 24 (1):243-250.
- Neves, T. S., Carpanezi, A. A., Zuffellato-Ribas, K. C., Marengo, R. A. (2006) Enraizamento de corticeira-da-serra em função do tipo de estaca e variações sazonais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 41(12):1699-1705.
- Neubert, V. de F., Xavier, A., Paiva, H. N. D., Dias, P. C., Gallo, R. (2017) Production of mini-cuttings and the influence of leaf reduction on rooting of vinhático (*Plathymenia foliolosa* Benth.). *Revista Árvore*, 41 (4):1-9.
- Nicoloso, F.T., Fortunato, R. P., Fogaça, M.A. A. F. (1999) Influência da posição da estaca no ramo sobre o enraizamento de *Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen em dois substratos. *Ciência Rural*, 29:277-283.
- Oliveira, M.L., Xavier, A., Santos, A.P., Andrade, H.B. (2006) Efeito da estaquia, miniestaquia, microestaquia e micropropagação no desempenho silvicultural de clones híbridos de *Eucalyptus* spp. *Revista Árvore*, Viçosa, 30 (4):503-512.

- Oliveira, T.P.F., Barroso, D.G., Lamônica, K.R., Carvalho, G.C.M.W. (2016) Aplicação de AIB e tipo de miniestaca na produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* Mattos. *Ciência Florestal*, 26 (1):313- 320.
- Pacheco, J.P., Franco, E.T.H. (2008) Ácido indolbutírico em diferentes diâmetros na estaquia de *Luehea divaricata*. *Ciência Rural*, 38(6):1624-1629.
- Pasternak, T., Potter, G., Caubergs, R., Jansen, M.A.K. (2005) Complementary interactions between oxidative stress and auxins control plant growth responses at plant, organ, and cellular level. *Journal of experimental botany*, 56 (418):1991–2001.
- Pereira, M., Gonçalves, L. F. S., Gomes, E. N., Rossa, Ü. B., Deschamps, C. (2021) Auxin type and dilution vehicles on vegetative propagation of *Varronia curassavica* Jacq. and *Melaleuca alternifolia* Cheel. *Ornamental Horticulture*, Viçosa, 27 (2):238-246.
- Pessanha, S. E. G. L., Barroso, D. G., Barros, T. C., Oliveira, T. P. de F. de, Carvalho, G. C. M. W. de, da Cunha, M. (2018) Limitações na produção de vinhático (*Plathymenia reticulata* Benth) por miniestaquia. *Ciência Florestal*, 28 (4):1688-1703.
- Pessanha, S. E. G. L. (2016) *Miniestaquia de vinhático (Plathymenia reticulata Benth)*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 80 p.
- Petri, J. L., Hawerth, F. J., Leite, G. B., Sezerino, A. A., Couto, M. (2016) *Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado*. Florianópolis: Epagri, 141p.
- Pimentel, J.F.V.; Guerra, H.O.C. (2011) Irrigação, matéria orgânica e cobertura morta na produção de mudas de cumaru (*Amburana cearensis*). *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* [online] (15):9 896-902.
- Pires, P., Wendling, I., Dutra, L.F., (2008) Sazonalidade na produtividade e sobrevivência de minicepas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*. VII Evento de Iniciação Científica da Embrapa Florestas.

- Porcino, G. O. (2019) Caracterização física e potencial fisiológico de lotes de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Rio Largo – AL. Universidade Federal de Alagoas, 59 p.
- Pizzatto, M., Wagner Júnior. A., Luckmann, D., Pirola, K., Cassol Da Mazaró, S.M. (2011) Influência do uso de AIB, época de coleta e tamanho de estaca na propagação vegetativa de hibisco por estaquia. *Revista Ceres*, Viçosa, 58 (4):487-492.
- Ragonezi, C., Klimaszewska, K., Castro, M.R., Lima, M., Oliveira, P., Zavattieri, M.A., (2010) Adventitious rooting of conifers: influence of physical and chemical factors. *Trees – Structure and Function*, Berlin, 24 (6):975-992.
- Ramos, K. M. O., Felfili, J. M., Fagg, C. W., Sousa-Silva, J. C., Franco, A. C. (2004) Desenvolvimento inicial e repartição de biomassa de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C.Smith, em diferentes condições de sombreamento. *Acta Botanica Brasilica*, São Paulo, 18(2):351- 358.
- Rapaka, V.K., Faust, J., Dole, J.M., Runkle, E.S. (2007) Diurnal carbohydrate dynamics affect postharvest ethylene responsiveness in portulaca (*Portulaca grandiflora* 'Yubi Deep Rose') unrooted cuttings. *Postharvest Biology and Technology*, 44:293-299.
- Rasmussen, A., Hosseini, S.A., Hajirezaei, M-R., Druege, U., Geelen, D. (2015) Adventitious rooting declines with the vegetative to reproductive switch and involves a changed auxin homeostasis. *J Exp Bot* 66:1437–1452.
- Rodrigues, M.A., Kerbauy, G.B. (2009) Meristemas: fontes de juventude e plasticidade no desenvolvimento vegetal. *Hoehnea*, São Paulo, 36 (4):525-549.
- Rossi, T. (2008) *Identificação de espécies florestais, Amburana cearensis (Freire Allemão)*. IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. São Paulo, Disponível em <http://www.ipef.br/identificacao/amburana.cearensis.asp>. Acesso em abr. 2020.
- Rugini, E., Di Francesco, G., Muganu, M., Astolfi, S., Caricato, G. (1997) The effects of polyamines and hydrogen peroxide on root formation in olive and the role of

- polyamines as an early marker for rooting ability. In: Altman, A., Waisel, Y. (Eds.), *Biology of Root Formation and Development.*, Plenum Press, Nova York, 65–73.
- Sampaio, P. de T. B., Siqueira, J. A. S. de., Costa, S., Souza, F. M. (2010) Propagação vegetativa por miniestacas de preciosa (*Aniba canellila* (H. B.K) MEZ). *Acta Amazonica*, Manaus, 40 (4):687– 692.
- Santos, R.G., Sousa, I.M., Albuquerque, C.C., Silva, K.M.B. (2016) Tipo de estaca e substrato na propagação vegetativa de *Lippia gracilis Schauer*. *Arquivos do Instituto Biológico*, 83 (e0012014):4 p.
- Santos, S.R.N. (2014) Fenologia e propagação de *Amburana cearensis* (Arr. Cam.) A. C. Smith. Areia: UFPB/CCA. xxi, il. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 112 p.
- Sebastiani, L., Tognetti, R. (2004) Growing season and hydrogen peroxide effects on root induction and development in *Olea europaea* L. (cvs ‘Frantoio and ‘Gentile di Larino’) cuttings. *Sci. Hortic.*,100:75–82.
- Seleme, E.P.; Lewis, G.P.; Stirton, C.H.; Sartori, A.L.B.; Mansano, V.F. (2015) A taxonomic review and a new species of the south american woody genus *Amburana* (Leguminosae, Papilionoideae). *Phytotaxa* 212 (4):249–263.
- Silva, M. P. S., Barroso, D. G., Souza, J. S., Ferreira, D. A., Carneiro, J. G. A. (2012) Enraizamento de miniestacas e produtividade de minicepas de cedro australiano manejadas em canaletões e tubetes. *Ciência Florestal*, 22 (4):703-713.
- Silva, H. F. D. J. (2019) *Diversidade genética, multiplicação e conservação in vitro de juazeiro (Zizyphus joazeiro Mart.) e amburana (Amburana cearensis [Allemão] AC Smith)*. Tese – (Doutorado em Produção Vegetal). Uberlândia – MG. Universidade Federal de Uberlândia, 94 p.
- Silva, J.S.; Fogaça, J.J.N.L.; Nunes, R.T.C; Menezes, A.T.; Cardoso, A.D. (2019) Vigor de sementes de *Amburana cearensis* (All.) A.C. Smith provenientes de

diferentes plantas matrizes Jerffson Lucas Santos. Acta Iguazu, Cascavel, (8):2 12-22.

Silva, R. de D., Barroso, D. G., Pessanha, D. S., Carvalho, G. C. M. W. de, Silva, J. G. de S. (2019) *Rooting of Paratecoma peroba (Record) Kuhlm. and Amburana cearensis (Allemão) A.C.Sm. minicuttings*. In: XXV Congresso Mundial da IUFRO, Pesquisa Florestal e Cooperação para o Desenvolvimento Sustentável, Curitiba, Anais (on-line). Disponível em: <https://app.oxfordabstracts.com/events/691/programapp/titles/1?s=amburana>. Acesso em 01 de jun de 2020.

Silva, M. K., Siqueira, D.P., Carvalho, G.C.M.W., Silva, R.D., Silva, R.M.R., Barroso, D.G. (2022). Hydrogen peroxide enhanced índole-3-butyric acid effects on *Cordia trichotoma* adventitious rooting. *Rhizosphere*, (22).

Silva, R. de D., Pessanha, D. S., Carvalho, G. C. M. W. de; Silva, M. K. F., Barroso, D. G. (2021). Vegetative rescue of *Paratecoma peroba* adult trees: Adventitious rooting of epicormic sprouts from detached branches. *Rhizosphere*, (19).

Silva, R. M. R., Silva, R. D., Barroso, D. G. (2020) *Miniestaquia de Amburana cearensis*. In: V Congresso Fluminense de Pós-Graduação. Campos dos Goytacazes.

Souza, D. D. de, Oliveira, F. J. V. de, Silva, N. B. G. da, Souza, A. V. de. (2011) Conservação de umburana-de-cheiro em Banco Ativo de Germoplasma na Embrapa Semiárido. In: Jornada de iniciação científica da Embrapa semiárido, 6, Petrolina. Anais. 103-107.

Stuepp, C.A., Wendling, I., Xavier, A., Zuffellato-Ribas, K.C. (2018) Vegetative propagation and application of clonal forestry in Brazilian native tree species. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 53:985-1002.

Sugimoto K. (2015) Plant cell reprogramming as an adaptive strategy. *Plant Research* [S. l.], 128:345–347.

Tigre, C.B. (1968) Silvicultura para as matas xerófilas. Fortaleza: DNOCS, 175p.

- Upadhyaya, A., Davis, T. D., Sankhla, N. (1986) Some Biochemical Changes Associated with Paclobutrazol-Induced Adventitious Root Formation on Bean Hypocotyl Cuttings. *Annals of Botany*. 57:309-315.
- Valeri, S. V., Sá, A. F. L. D., Martins, A. B. G., Barbosa, J. C. (2012) Enraizamento de estacas de *Caesalpinia echinata* Lam em hidroponia. *Ciência Florestal*, 22(2):241-250.
- Xavier, A.; Wendling, I.; Silva, R. L. (2013) *Silvicultura clonal: princípios e técnicas*. 2ª ed. Viçosa, UFV, 280 p.
- Xavier, A., Santos, G. A dos., Wendling, I., Oliveira, M.L. (2003) Propagação vegetative de cedro-rosa por miniestaquia. Viçosa, Revista árvore, 27(2):139-143.
- Wasternack, C., Stenzel, I., Hause, B., Hause, G., Kutter, C., Maucher, H., Neumerkel, J., Feussner, I., Miersch, O. (2006) The wound response in tomato: role of jasmonic acid. *J Plant Physiol* 163:297–306.
- Wendling, I., Trueman, S.J., Xavier, A. (2014) Maturation and related aspects in clonal forestry - part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. *New Forests*, 45:473-486.
- Zhang Y, Zheng'ang X, Zhan C, Liu M, Xia W, Wang N (2019) Comprehensive analysis of dynamic gene expression and investigation of the roles of hydrogen peroxide during adventitious rooting in poplar. *BMC Plant Biology* 19:99.

## APÊNDICE

**Tabela 1A.** Análise de variância de sobrevivência aos 70 e 190 DAE, altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), comprimento de raiz (CRP), área foliar (AF), massa seca de parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR), em função das diferentes posições das miniestacas nas brotações

FV	GL	QM							
		SOB70 (%)	SOB190 (%)	H (cm)	DC (mm)	CRP (cm)	AF (cm <sup>2</sup> )	MSPA (g)	MSR (g)
Posição	2	0,13 ns	0,01 ns	7,77 ns	0,13 ns	1,31 ns	2686,17 ns	0,14 ns	3,29*
Erro	12	0,08	0,01	3,63	0,36	1,24	1052,20	0,10	0,30
Total	14	2,2	0,35	59,17	4,54	17,47	17998,73	1,49	10,18
CV%		42,92	12,947	29,66	15,40	9,79	54,54	48,34	47,21

\*: Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F  
Os caracteres SOB70 e SOB190 foram transformados para arcosen de raiz de  $x + 0,5$

**Tabela 2A.** Análise de variância de sobrevivência aos 30, 70 e 95 DAE em função das concentrações de AIB (0, 100, 200, 300 e 400 mg L<sup>-1</sup>), associadas ou não a 50 mM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

FV	GL	QM		
		Sob 30	Sob 70	Sob 95
H2O2	1	9,80 ns	9,50 ns	25,52
AIB	4	6,92 ns	16,58*	0,43
H2O2*AIB	4	2,66 ns	0,92 ns	1,45
Erro	30	2,83	4,11	4,13
Total	39	133,08	202,65	156,96
CV%		22,81	47,20	65,67

\*: Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

**Tabela 3A.** Análise de variância de Sobrevivência aos 30 DAE (Sob30), aos 60 dias (Sob 60), enraizamento (ENR), número de raiz (NR), comprimento de raiz (CR), massa seca de raiz (MSR) e massa seca da parte aérea (MSPA) em função de concentrações de AIB (0, 2000, 4000, 6000 e 8000 mg L<sup>-1</sup>) associado ou não a 50 mM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

FV	GL	Quadrado médio						
		% Sob 30	% Sob 60	% ENR	NR	CR	MSR (g)	MSPA (g)
H2O2	1	422,5 ns	1322,5 ns	0,06 ns	0,00 ns	0,00 ns	92,30 ns	0,00 ns
AIB	4	96,25 ns	453,75 ns	0,01 ns	0,02 ns	0,14 ns	207,60 ns	0,00 ns
H2O2*AIB	4	653,75 ns	1666,25 *	0,02 ns	0,01 ns	0,06 ns	1056,20*	0,00 ns
Erro	30	345,83	329,16	0,04	0,00	0,14	316,70	0,00
Total	39	13797,50	19677,50	1,28	0,42	4,93	14647,00	0,02
CV%		22,47	31,97	11,69	17,94	13,36	56,00	23,00

\*: Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

**Tabela 4A.** Análise de variância de sobrevivência aos 30 (Sob 30) e 60 DAE (Sob 60), enraizamento (ENR), número de raiz (NR), comprimento de raiz (CR), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA) para o experimento utilizando Paclobutrazol

FV	GL	QM						
		% Sob 30	% Sob 60	% ENR	NR	CR	MSR	MSPA
PBZ	3	1,77 ns	6,76 ns	1,64 ns	0,03 ns	0,04*	0,76 ns	0,05 ns
Erro	16	11,51	10,53	4,77	0,02	0,01	0,45	0,04
Total	19	189,59	188,73	81,35	0,59	0,46	9,50	0,80
CV%		40,41	45,64	77,38	32,51	10,88	72,00	46,00

\*: Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Os caracteres NR, CR e MSR foram transformados para  $\log(x+1)$ . %Sob 30, % Sob 60, %ENR e MSPA foram transformados para raiz de x.