



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

Emidio Estevam de Paiva Neto

**Efeito do ácido salicílico no enraizamento
adventício em *Eucalyptus camaldulensis* e *Enterolobium timbouva*
Mart.**

MOSSORÓ

2023

Emidio Estevam de Paiva Neto

**Efeito do ácido salicílico no enraizamento
adventício em *Eucalyptus camaldulensis* e *Enterolobium timbouva*
Mart.**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Orientador: Poliana Coqueiro Dias Araujo,
Prof^a. Dra.

MOSSORÓ

2023

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P149e Paiva Neto, Emidio.
Efeito do ácido salicílico no enraizamento
adventício em *Eucalyptus camaldulensis* e
Enterolobium timbouva Mart. / Emidio Paiva Neto. -
2023.
38 f. : il.

Orientador: Poliana Araújo .
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de , 2023.

1. produção de mudas. 2. propagação vegetativa.
3. propagação clonal. 4. hormônio vegetal. I.
Araújo , Poliana , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com
AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Emidio Estevam de Paiva Neto

**Efeito do ácido salicílico no enraizamento
adventício em *Eucalyptus camaldulensis* e *Enterolobium timbouva*
Mart.**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Defendida em: 11 / outubro / 2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 POLIANA COQUEIRO DIAS ARAUJO
Data: 21/10/2023 08:23:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Poliana Coqueiro Dias Araujo, Prof^ª. Dra. (UFERSA)
Presidente



Elizangela Cabral Dos Santos, Prof^ª. Dra. (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 CARLOS JOSE DA SILVA
Data: 16/10/2023 14:24:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Carlos Jose da silva, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

"Somos os arquitetos do nosso próprio destino." - Winston Churchill

AGRADECIMENTOS

Gostaria de aproveitar este momento para expressar minha profunda gratidão a todas as pessoas que contribuíram de maneira significativa para a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a minha orientadora Poliana Coqueiro, pela orientação valiosa, paciência e apoio contínuo ao longo deste processo. Suas orientações e insights foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

À minha família, que sempre esteve ao meu lado, oferecendo apoio emocional, incentivo e compreensão durante os momentos desafiadores. Seu amor e apoio foram a força motriz por trás de minha jornada acadêmica.

Aos meus amigos e colegas de turma, obrigado por compartilharem conhecimento, experiências e por proporcionarem um ambiente de aprendizado colaborativo e motivador.

À instituição de ensino UFRSA, pelos recursos disponibilizados, bem como pelo corpo docente e funcionários que desempenharam um papel importante em minha formação.

Por fim, quero agradecer a todos os participantes da pesquisa, cuja contribuição foi essencial para a realização deste estudo. Sua disposição em compartilhar informações foi inestimável.

Este TCC representa o culminar de anos de estudo e dedicação, e não teria sido possível sem o apoio e colaboração de todas as pessoas mencionadas acima. Estou profundamente grato por tudo o que fizeram para tornar este trabalho uma realidade.

Muito obrigado a todos. Emidio Estevam de Paiva Neto

RESUMO

O *Eucalyptus camaldulensis* e a timbaúba (*Enterolobium timbouva* Mart.) são espécies conhecidas por suas importâncias econômicas e ambientais, bem como suas múltiplas aplicações na indústria madeireira, sendo de interesse a obtenção de informações sobre a multiplicação vegetativa dessas espécies para fins ecológicos, paisagísticos e industrial. O Ácido Salicílico (AS) é um fito hormônio associado aos mecanismos de defesa vegetal com potencial de indução da rizogênese, processo considerado de grande importância na obtenção de mudas através de técnicas de propagação vegetativa. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito de diferentes doses e duas formas de aplicação do AS no enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus camaldulensis* e *Enterolobium timbouva* visando a obtenção de mudas. O estudo envolveu a condução de dois experimentos em delineamento em blocos casualizados (DBC). No primeiro experimento, miniestacas das duas espécies foram submetidas a diferentes concentrações do AS aplicado na base dos propágulos no momento do estaqueamento. No segundo experimento, o ácido salicílico foi aplicado na parte aérea das minicepas nas duas espécies. As dosagens de AS utilizadas foram: 0 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 2000 ppm e 4000 ppm, com 10 unidades de medição por parcela. Após 30 dias da instalação, foram analisados os caracteres: sobrevivência, enraizamento, número de raízes, presença de calos, comprimento da maior raiz, oxidação da base do propágulo, comprimento médio das raízes. O *E. camaldulensis* apresentou resposta positiva ao ácido salicílico, a dosagem de 1000 ppm tem melhor equilíbrio entre enraizamento e sobrevivência, com menor índice de oxidação da base do propágulo. Não houve efeito positivo do AS para *E. timbouva* independentemente da forma de aplicação, no qual os efeitos foram a redução da sobrevivência, enraizamento, número de raízes, presença de calos, e aumento na oxidação da base conforme a elevação da concentração do ácido. Assim, para espécie de difícil enraizamento, baixas concentrações de AS podem melhorar os índices de enraizamento e a qualidade da muda. Contudo, para espécies de fácil enraizamento não há necessidade de aplicação do AS.

Palavras-chave: produção de mudas; propagação vegetativa; propagação clonal; hormônio vegetal.

ABSTRACT

The *Eucalyptus camaldulensis* and timbaúba (*Enterolobium timbouva*) are species known for their economic and environmental importance, as well as their multiple applications in the timber industry. Obtaining information about the vegetative propagation of these species for ecological, landscaping, and industrial purposes is of interest. Salicylic Acid (SA) is a phytohormone associated with plant defense mechanisms and also has the potential to induce rhizogenesis, a process considered important for obtaining seedlings through vegetative propagation techniques. The objective of this study was to evaluate the effect of different doses and two methods of SA application on the rooting of eucalyptus and timbaúba mini-cuttings to obtain seedlings. The study involved two experiments conducted in a randomized block design (RBD), where in the first experiment, mini-cuttings of both species were subjected to different concentrations of SA applied at the base of the propagules at the time of sticking. In the second experiment, salicylic acid was applied to the aboveground part of the plants of the two species' parent trees. The doses of SA used were: 0 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 2000 ppm, and 4000 ppm, with 10 experimental units per plot. After 30 days of installation, the following variables were analyzed: survival, rooting, number of roots, presence of calluses, length of the longest root, oxidation of the propagule base, and average root length. *E. camaldulensis* showed a positive response to salicylic acid, with the 1000 ppm dosage achieving the best balance between rooting and survival, with a lower rate of propagule base oxidation. There was no positive effect of SA on *E. timbouva* regardless of the application method, with effects including reduced survival, rooting, number of roots, presence of calluses, and an increase in base oxidation with increasing acid concentration.

Keywords: seedling production; vegetative propagation; clonal propagation; plant hormones.

Lista de figuras

Figura 1: Áreas aptas ao cultivo de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> por aptidão climática no Brasil	15
Figura 2: Canaletão em alvenaria onde as minicepas de <i>E. camaldulensis</i> e <i>Enterolobium timbouva</i> foram cultivadas.	21
Figura 3: Miniestacas de <i>Enterolobium timbouva</i> (esquerda) e <i>Eucalyptus camaldulensis</i> (direita). 22	
Figura 4: Caracteres avaliados em miniestacas de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> submetidas a diferentes concentrações de ácido salicílico (0, 500, 1000, 2000 e 4000, PPM): porcentagem de sobrevivência (a); porcentagem de enraizamento (b); quantidade de raízes (c); e presença de calos (d). Mossoró- RN, Ufersa, 2023	25
Figura 5: Caracteres avaliados em miniestacas de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> submetidas a diferentes concentrações de ácido salicílico (0, 500, 1000, 2000 e 4000, PPM): comprimento da maior raiz (a); comprimento médio das raízes (b); e oxidação da base do propágulo (c). Mossoró- RN, Ufersa, 2023	26
Figura 6: Caracteres avaliados em miniestacas de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> submetidas a diferentes concentrações de ácido salicílico (0, 500, 1000, 2000 e 4000, PPM): porcentagem de sobrevivência (a); porcentagem de enraizamento (b); quantidade de raízes (c); e presença de calos (d). Mossoró- RN, Ufersa, 2023	27
Figura 7: Caracteres avaliados em miniestacas de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> submetidas a diferentes concentrações de ácido salicílico (0, 500, 1000, 2000 e 4000, PPM): comprimento da maior raiz (a); comprimento médio das raízes (b); e oxidação da base do propágulo (c). Mossoró- RN, Ufersa, 2023	28
Figura 8: Características avaliadas em miniestacas de <i>Enterolobium timbouva</i> submetidas a diferentes concentrações de ácido salicílico (0, 500 e 2000 PPM): porcentagem de sobrevivência (a); porcentagem de enraizamento (b); quantidade de raízes (c); e presença de calos (d). Mossoró- RN, Ufersa, 2023	30
Figura 9: Características avaliadas em miniestacas de <i>Enterolobium timbouva</i> submetidas a diferentes concentrações de ácido salicílico (0, 500 e 2000 PPM): comprimento da maior raiz (a); oxidação da base do propágulo (b); e comprimento médio das raízes (c). Mossoró- RN, Ufersa, 2023.	31
Figura 10: Características avaliadas em miniestacas de <i>Enterolobium timbouva</i> submetidas a diferentes concentrações de ácido salicílico (0, 500, 1000, 2000 e 4000 PPM): porcentagem de sobrevivência (a); porcentagem de enraizamento (b); quantidade de raízes (c); e presença de calos (d). Mossoró- RN, Ufersa, 2023	31
Figura 11: Características avaliadas em miniestacas de <i>Enterolobium timbouva</i> submetidas a diferentes concentrações de ácido salicílico (0, 500, 1000, 2000 e 4000 PPM): comprimento da maior raiz (a); oxidação da base do propágulo (b); e comprimento médio das raízes (c). Mossoró- RN, Ufersa, 2023	32

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.2	Eucalyptus camaldulensis	14
2.3	Enterolobium timbouva.....	16
2.4	Propagação vegetativa	17
2.5	Ácido Salicílico	18
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4.2	Obtenção dos propágulos vegetativos.....	20
4.3	Manutenção do minijardim.....	20
4.4	Estratégia experimental I	21
4.5	Estratégia experimental II.....	22
4.6	Caracteres analisadas	23
4.7	Análise estatística	24
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

O enraizamento adventício desempenha papel crucial na propagação de plantas, especialmente para a clonagem e produção de mudas de espécies arbóreas de interesse econômico e ambiental. Vários fatores podem interferir no enraizamento adventício de plantas, a exemplo das características genéticas, idade da planta doadora de propágulo, tipo de tecido utilizado, hormônios vegetais, condições ambientais e técnicas de propagação (Bortolanza *et al.*, 2016).

A indução e formação de raízes adventícias ocorre quando raízes se desenvolvem em partes da planta que normalmente não produzem raízes, como caules, folhas ou meristemas radiculares já formados. Esse processo envolve a formação de primórdios radiculares, estimulada por hormônios vegetais, principalmente as auxinas. Esses primórdios radiculares se desenvolvem por meio da divisão celular, alongamento e diferenciação dos tecidos, resultando na formação de raízes adventícias (Hartmann *et al.*, 2017).

A auxina estimula o crescimento e a diferenciação celular nas células do meristema radicular, promovendo assim o desenvolvimento das raízes. Ela regula a elongação celular, permitindo que as células se estendam e cresçam em comprimento. Além disso, a auxina induz a formação de novas raízes laterais, aumentando a capacidade de absorção de água e nutrientes pelas plantas (Davies *et al.*, 2014). Assim como as auxinas, o ácido salicílico (AS) também desempenha papel importante nas plantas. Ele é um hormônio vegetal naturalmente produzido em resposta a estresses bióticos (como infecções por patógenos) e abióticos (como déficit hídrico e danos mecânicos).

Durante o enraizamento adventício, ocorrem alterações no equilíbrio redox da célula, eo ácido salicílico desempenha papel importante na manutenção do equilíbrio redox, protegendo as células vegetais contra danos oxidativos. O ácido salicílico tem efeito positivo no enraizamento adventício em condições de estresse abiótico, como alta salinidade, seca e temperatura elevada. Conforme os autores, o AS ajuda a melhorar a taxa de enraizamento e aumentar a sobrevivência das mudas submetidas às condições de estresse biótico e abiótico (Khan *et al.* 2019).

Na fisiologia das plantas, o ácido salicílico atua como sinalizador químico, desencadeando uma série de respostas de defesa para proteger a planta contra agressores e estresses, desempenhando papel fundamental no sistema imunológico

das plantas, ativando mecanismos de resistência a patógenos e agentes abióticos (Vlot *et al.*, 2009). Contudo, pouco se sabe sobre o efeito do ácido salicílico no enraizamento adventício de estacas.

O presente trabalho tem como objetivo investigar o efeito do ácido salicílico no processo de enraizamento adventício em duas espécies arbóreas, *Eucalyptus camaldulensis* e *Enterolobium timbouva*

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Produção florestal, recuperação ambiental e obtenção de mudas

O total da área com árvores plantadas no país chegou a 9,93 milhões de hectares em 2021. Importante ressaltar que o crescimento do setor acontece, comumente, em terras antes degradadas. Em relação a área plantada, 75,8% da área é composta pelo cultivo de eucalipto, com 7,53 milhões de hectares. A produtividade do eucalipto atingiu seu maior nível desde 2014, chegando a 38,9 m³/ha/ano em 2021 (IBA, 2022).

O valor adicionado da cadeia produtiva florestal cresceu 7,5%, em 2021, superior a evolução do PIB nacional, chegando a um recorde na receita bruta de R\$ 244,6 bilhões. O setor fechou o ano de 2021 com 553 mil postos de trabalho diretos e 1,59 milhão indiretos (IBA, 2022). Nesse sentido, apesar das dificuldades observadas no mercado de trabalho em todo o país, especialmente após a pandemia de COVID-19, a cadeia produtiva de árvores plantadas entre 2020 e 2021 contribuiu favoravelmente para a geração de emprego.

Se tratando da caatinga bem como outros biomas brasileiros, séculos de exploração e ocupação para uso agrícola ou mesmo a extração de madeira, promoveram significativas reduções em populações de espécies nativas, bem como promoveram a degradação de diversas áreas desse bioma, o que requer a adoção de projetos destinados a recuperação ambiental e reflorestamento.

Na recuperação ambiental de áreas com resiliência comprometida, ocorre a necessidade de recursos científicos, isso é, o conhecimento de características das espécies nativas bem como de sua ecologia, assim como há a necessidade de obtenção de material propagativo para produção e plantio de mudas. Contudo, a produção de mudas muitas vezes é dificultada devido ao baixo número de indivíduos nas populações nativas, o que pode limitara oferta de sementes para a obtenção de mudas, sendo muitas vezes necessário a utilização da propagação vegetativa de indivíduos com boas características vegetativas, produtivas e ecológicas (Carvalho., 2008).

No contexto da produção de recursos florestais, como madeira, por exemplo, o mesmo diante da necessidade de multiplicação de espécies arbóreas nativas para fins de reflorestamento, paisagismo ou obtenção de outros benefícios proporcionados pelas florestas nem sempre é possível a obtenção de quantidade suficiente de sementes, o que pode limitar tais empreendimentos e projetos (Ferrari *et al.*, 2004). Ainda no

contexto da produção de madeira e celulose, por exemplo, materiais oriundos de sementes, podem apresentar grande variabilidade genética, o que resulta em desuniformidade entre as árvores, o que não é uma característica desejada para fins industriais. Um bom exemplo disso é a propagação de espécies do gênero *Eucalyptus*, feita praticamente em sua totalidade de forma vegetativa, um dos fatores que somados ao melhoramento dessa espécie, proporcionou grande crescimento devido a multiplicação de clones selecionados para produtividade (Ferrari *et al.*, 2004).

Dentre as espécies florestais utilizadas com vistas a produção florestal, destaca-se o *E. camaldulensis*, devido apresentar adaptabilidade a diferentes condições climáticas e alto índice de crescimento. Por outro lado, entre as espécies que se destacam para a recuperação de áreas degradadas, está a Timbaúba.

2.2 *Eucalyptus camaldulensis*

O *E. camaldulensis* pertence à família Myrtaceae, sendo uma das mais de 730 espécies do gênero *Eucalyptus*. Esta árvore de grande porte pode atingir alturas de até 40 metros e é caracterizada por sua casca inicialmente lisa e cinza, que evolui para uma casca interna vermelha à medida que envelhece. Suas folhas são lanceoladas, variando de verde a cinza-esverdeadas e emitem fragrância característica devido à presença de óleos essenciais (EMBRAPA, 2019).

Esta espécie ocorre praticamente em todos os Estados australianos, exceto na Tasmânia. As áreas principais de ocorrência estão situadas entre as latitudes de 15,5° à 38° S, em altitudes variando desde 30 a 600 m, com precipitação pluviométrica média anual que varia de 250 a 625 mm, sendo as chuvas concentradas no inverno ou no verão e o período seco varia de 4 a 8 meses. A temperatura média máxima situa-se entre 29 e 35°C, enquanto a média da temperatura mínima situa-se de 11 a 20°C. Na Austrália a madeira é muito utilizada para serraria, dormentes e carvão (Gontijo, 2018). Considera-se o *E. camaldulensis* uma das espécies mais adequadas para zonas críticas de reflorestamento, onde a deficiência hídrica e problemas associados ao solo, sejam fatores limitantes para outras espécies.

Nos países em que a espécie foi introduzida com sucesso, a exemplo do Brasil (Figura 1), destaca-se pela boa adaptação em regiões caracterizadas por solos pobres e prolongada estação seca. Contudo, apresenta tolerância a inundações periódicas e moderada resistência a geadas. Produz madeira mais densa com cerne bem diferenciado

e mais colorido do que *E. grandis* e *E. saligna*. Regenera muito bem através das brotações de cepas. Nos estudos efetuados em São Paulo a espécie demonstrou ser útil para serraria, postes, dormentes, mourões, lenha e carvão.

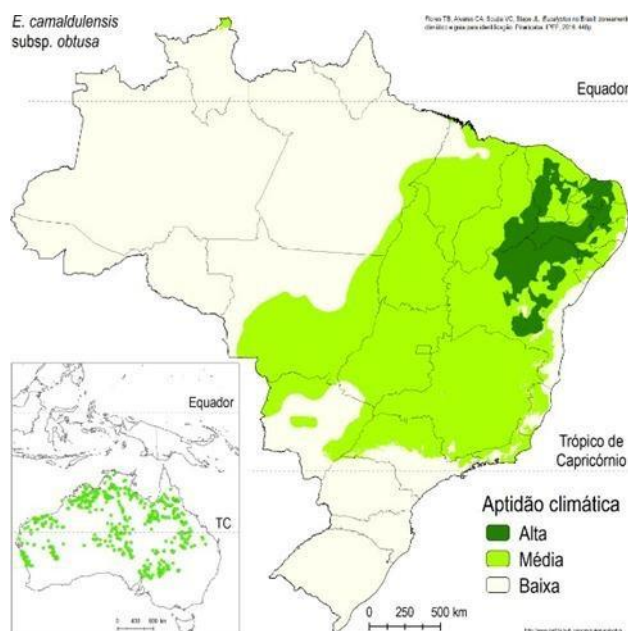


Figura 1: Áreas aptas ao cultivo de *Eucalyptus camaldulensis* por aptidão climática no Brasil.

Fonte: Flores et al. (2016).

Do ponto de vista econômico, a madeira de *E. camaldulensis* é valiosa na produção de celulose, papel, móveis, construção civil e carvão vegetal. Além disso, a extração de óleo essencial de suas folhas é uma atividade econômica relevante. Sua rápida taxa de crescimento a torna uma escolha comum em plantações florestais (EMBRAPA., 2019). Essa valorização econômica das árvores de *E. camaldulensis* se encaixa perfeitamente no contexto do valor da produção florestal, que atingiu o recorde de R\$ 30,1 bilhões com alta de 27,1% e produção em 4.884 municípios em 2021, em comparação com o ano anterior (IBA., 2022).

Nesse contexto, diferentes metodologias podem ser adotadas para a propagação do *E. camaldulensis*, via sementes (Moura *et al.*, 2003), estaquia (Lemcoff *et al.*, 2001), miniestaquia (Bindumadhava., 2011), micropropagação (Dutra *et al.*, 2009). Contudo, em vista da produção em larga escala a miniestaquia destaca-se como metodologia de propagação devido propiciar eficiência, uniformidade genética, redução do ciclo de crescimento, melhor controle de pragas e doenças e seleção de características desejáveis.

2.3 *Enterolobium timbouva*

A timbaúba, *Enterolobium timbouva* Mart., comumente denominada de tamboril, orelha de macaco, é uma Fabácea de hábito arbóreo, podendo atingir alturas que variam entre 10 e 20 metros, sendo dotada de copa abrangente e frondosa. Em relação ao seu tronco, esse é curto e cilíndrico, apresentando de 80 a 140 cm de diâmetro, com casca quase lisa e recoberta de lenticelas. A madeira dessa espécie é empregada na confecção de barcos e canoas. Por suas dimensões, *E. timbouva* apresenta adequabilidade para arborização, sendo indicada para a composição de reflorestamentos com fins preservacionistas, sendo que suas vagens são consumidas por roedores (Lorenzi, 1998).

A timbaúba é nativa de várias regiões tropicais e subtropicais da América Latina, incluindo o Brasil. No território nacional, a timbaúba ocorre nas seguintes Unidades da Federação: Amapá, Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, São Paulo, Sergipe (Ducke, 1949; Mesquita, 1990; Pinheiro *et al.*, 2007).

Ela desempenha um papel ecológico importante como parte de ecossistemas florestais. *E. timbouva* apresenta maior predominância em vegetação secundária, ocorrendo em clareiras, capoeirões ou matas degradadas, onde se constata regeneração acentuada. É pouco frequente na floresta primária, onde se encontram unicamente poucos exemplares adultos, ocupando o dossel superior, sendo rara ou inexistente a presença de árvores jovens em regeneração (Carvalho., 2008).

A espécie possui usos econômicos diversos. A madeira de timbaúba, por exemplo, é apreciada por sua resistência e durabilidade, sendo utilizada em brinquedos, construção navale civil; pode ser usada também em carpintaria em geral, pranchetas, embalagens e caixotaria leve, lápis, urna funerária; em colmeias, pode ser aproveitada ainda para canoas de tronco inteiro e embarcações, entalhes e esculturas, gamelas, cochos, chapas compensadas, miolo de portas e painel. As raízes, longas e grossas, servem para jangadas (Braga., 1960).

A *E. timbouva* enfrenta desafios semelhantes a muitas espécies de árvores tropicais, incluindo a pressão da exploração madeireira não sustentável e a perda de habitat devido ao desmatamento.

A restauração de áreas degradadas também é uma consideração importante para garantir a continuidade dessa espécie em ecossistemas naturais. Nesse sentido, seu

plantio é indicado na restauração de ecossistemas fluviais ou ripários, em locais sem inundação e com inundações periódicas de rápida duração, bem como na recuperação de áreas com a fertilidade do solo baixa (Carvalho., 2008). A conservação da *E. timbouva* envolve a preservação de seus habitats naturais e o manejo responsável de populações exploradas para garantir a sustentabilidade de seus recursos.

A propagação da *E. timbouva* pode ser realizada através de sementes, todavia apresenta dormência. Necessitando realizar a imersão das sementes em ácido sulfúrico pelo tempo de 10 minutos ou a escarificação mecânica com lixa para quebrar a dormência tegumentar (Alexandre *et al.*, 2009). A *E. timbouva* ainda apresenta reprodução fácil, por estacas de galhos e brotações de raízes (Tigre, 1970). Todavia, dentre as metodologias que podem ser testadas para a propagação em larga escala tem-se a miniestaquia que já foi testada em outras espécies florestais nativas com sucesso.

2.4 Propagação vegetativa

A propagação em massa tornou-se uma ferramenta importante para aumentar a competitividade do setor de base florestal. Assim, em várias espécies, principalmente nos eucaliptos, dentre as metodologias utilizadas para a propagação estão enxertia, estaquia, micropropagação e miniestaquia.

Segundo (Rocha *et al.*, 2007) a enxertia tem sido o método mais utilizado na formação de pomares clonais para produção de sementes melhoradas em espécies florestais como *Pinus* e *Eucalyptus*. Contudo é uma metodologia de difícil aplicação e baixos índices de rendimento. Nesse contexto, outras metodologias de propagação a exemplo da micropropagação pode constituir uma alternativa econômica adequada em relação aos métodos clássicos de propagação de espécies florestais, pois além de oferecer a possibilidade de propagação de árvores selecionadas, possibilita a limpeza clonal (Wendling *et al.*, 2009).

A micropropagação é realizada segundo um determinado procedimento padrão, no qual os explantes oriundos de material vegetal coletado no campo ou em viveiro passam por desinfestação prévia ao estabelecimento *in vitro* (Dutra *et al.*, 2009). Após o estabelecimento *in vitro*, os explantes são multiplicados, alongados, enraizados *in vitro* ou *ex vitro*, e por último, aclimatizados em ambiente *ex vitro*.

Todavia, dentre as técnicas de propagação vegetativa, a estaquia e a miniestaquia são amplamente utilizadas na produção de mudas de espécies do gênero

Eucalyptus (Higashi *et al.*, 2000; Goulart & Xavier., 2010; Brondani *et al.*, 2008; Borges *et al.*, 2011). A miniestaquia tem demonstrado várias vantagens em relação à estaquia convencional para espécies desse gênero. Essas vantagens incluem a redução da área necessária para a formação do minijardim clonal, diminuição dos custos relacionados ao transporte e coleta das brotações, maior eficiência das atividades de manejo, propagação de clones recalcitrantes ao enraizamento e maior percentual de enraizamento, qualidade do sistema radicular e velocidade de emissão das raízes (Xavier *et al.*, 2003; 2009). A miniestaquia se destaca como técnica de propagação clonal na produção de mudas de *Eucalyptus*, oferecendo benefícios significativos para a indústria florestal.

Dentre os fatores que influenciam na propagação vegetativa via miniestaquia está o enraizamento adventício que pode ser influenciado pela ocorrência de injúrias; o balanço hormonal; a constituição genética da planta matriz (potencial e variabilidade genética dentro da espécie); o nível endógeno de inibidores; as condições nutricionais e hídricas da planta doadora de propágulos (Alfenas *et al.*, 2009; Xavier *et al.*, 2009); as reações de oxidação na base das estacas (Wendling *et al.*, 2002); a maturação/juvenildade dos propágulos; a época do ano de coleta; fatores abióticos (temperatura, luz, umidade); o uso de reguladores de crescimento e a qualidade do substrato (Xavier *et al.*, 2009).

As auxinas normalmente são consideradas as principais substâncias indutoras do enraizamento adventício, principalmente em espécies de difícil enraizamento. Dentre as auxinas, a mais utilizada para o enraizamento adventício de estacas e/ou miniestacas é a que tem apresentado melhores resultados para a maioria das espécies florestais é o ácido indol-3- butírico (AIB) (Wendling *et al.*, 2008; Valmorbidia *et al.*, 2008).

Além das auxinas, outros hormônios vegetais podem desempenhar um papel significativo na regulação do enraizamento adventício, como é o caso do ácido salicílico. Essa substância, que é conhecida por sua função na resposta de defesa das plantas contra estresses bióticos e abióticos, também demonstrou ter efeitos interessantes na formação de raízes adventícias.

2.5 Ácido Salicílico

Esse fitorregulador é produzido em todas as partes das plantas, sendo

intimamente relacionado a ativação dos mecanismos de defesa vegetal tanto em relação aos estresses ambientais bem como em relação aos estresses bióticos, causados por ataque de patógenos (Durrant; Dong, 2004).

A nível metabólico, o ácido salicílico desempenha papel fundamental na proteção das plantas, onde é capaz de influenciar a expressão gênica, ativando ou reprimindo genes específicos, quando percebido por proteínas receptoras específicas nas células vegetais. Trata-se de um composto fenólico comum nas células vegetais, que pode diminuir a síntese de etileno das plantas, retardando os efeitos desse hormônio, pois atua reduzindo a atividade da ACC oxidase, enzima precursora para sua síntese (Altvorst; Bovy, 1995).

Ainda no contexto de proteção vegetal, esse hormônio é um dos sinalizadores responsáveis pela ativação dos mecanismos envolvidos na resistência sistêmica adquirida (Taiz; Zeiger, 2013). Nesses casos, ocorre a expressão de genes de defesa, produzindo proteínas antimicrobianas, como as fitoalexinas, e enzimas de metabolismo secundário, responsáveis por fortalecer as defesas das plantas contra patógenos. Isso leva à ativação, por exemplo, do fator de transcrição NPR1 (Non-Expressor of Pathogenesis-Related Genes 1) estimulando a produção de proteínas de defesa, como as proteínas PR-1 (Pathogenesis- Related).

Da mesma forma, ele ativa enzimas de defesa, um estudo realizado por Steffens e Rasmussen (2016) intitulado "The Physiology of Adventitious Roots" revisou vários estudos sobre o enraizamento adventício, incluindo o papel do ácido salicílico. Segundo os autores, o ácido salicílico atua como um sinalizador durante o processo de enraizamento adventício, estimulando a divisão celular, a formação de primórdios radiculares e a expressão de genes relacionados ao enraizamento (Steffens; Rasmussen, 2016). Segundo Ma *et al.* (2008), além de promover o enraizamento, o ácido salicílico pode aumentar a resistência das raízes adventícias a estresses ambientais, como salinidade e temperatura.

O uso do ácido salicílico pode contribuir para o incremento do sucesso na propagação vegetativa, pois este hormônio pode induzir o enraizamento adventício, bem como proporcionar maior proteção contra estresses bióticos e abióticos ocorrentes durante o corte e demais etapas durante o enraizamento dos propágulos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição do local

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus central, Mossoró-RN, a 5° 11' S latitude, 37° 20' W de longitude com altitude de 18 m, e precipitação média anual de 673,9 mm. Segundo a classificação de W. Köppen, o clima de Mossoró é do tipo BSh, definido como clima muito quente (Alvares *et al.*, 2013).

4.2 Obtenção dos propágulos vegetativos

Para *E. camaldulensis*, o material utilizado foi obtido a partir de um genótipo selecionado em condições de campo, do qual foram colhidas estacas, as quais, foram induzidas ao enraizamento adventício para a instalação do minijardim clonal. Após a fase de enraizamento as mudas foram transferidas para o sistema semi-hidropônico e ao atingir 20 cm de altura foram podadas à 12 cm de altura para emissão de brotações epicórmicas e condução das minicepas.

Para *Enterolobium timbouva* as miniestacas foram originárias de mudas propagadas via sementes, as quais foram transferidas para o canaletão de areia e mantidas em sistema semi-hidropônico. Ao atingirem 20 cm de altura foram podadas a 15 cm de altura para formação das minicepas e produção de brotações.

4.3 Manutenção do minijardim

O minijardim foi mantido a céu aberto e adotou-se o sistema semi-hidropônico, utilizando um canaletão em alvenaria com as dimensões de 7,5 m de comprimento, 0,8 m de largura e 0,4 m de profundidade.

Na parte interna do canaletão, foram colocados 10 cm de brita média e, sobre essa camada, 30 cm de areia fina. O espaçamento entre as minicepas foi de 12 x 12 cm (Figura 2). Quanto à nutrição mineral das minicepas, foi realizada fertirrigação por gotejamento, com distribuição de água e nutrientes quatro vezes ao dia, totalizando uma vazão diária de 4 L.m². As minicepas de Timbaúba apresentavam idade de dezoito meses, ao passo que as minicepas do clone de *E. camaldulensis* possuíam uma idade

de doze meses.



Figura 2: Canaletão em alvenaria onde as minicepas de *E. camaldulensis* e *Enterolobium timbouva* foram cultivadas.

Fonte: autoria Emidio Estevam (2023)

A solução nutritiva utilizada na fertirrigação consistiu nas seguintes concentrações de sal: (a) 117,0 mg.L⁻¹ de N na forma de nitrato; (b) 15,75 mg.L⁻¹ de N em forma de amônio; (c) 14,63 mg.L⁻¹ de P; (d) 131,62 mg.L⁻¹ de K; (e) 84,0 mg.L⁻¹ de Ca; (f) 25,21 mg.L⁻¹ de Mg; (g) 73,28 mg.L⁻¹ de S; (h) 0,01 mg.L⁻¹ de B; (i) 0,02 mg.L⁻¹ de Cu; (j) 69,73 mg.L⁻¹ de Fe; (k) 0,03 mg.L⁻¹ de Mn; (l) 0,008 mg.L⁻¹ de Zn; e (m) 0,0016 mg.L⁻¹ de Mo (Pimentel et al., 2021). O a condutividade elétrica da solução nutritiva foi mantida de 1,5 a 2,0 mS m⁻² a 27°C.

4.4 Estratégia experimental I

A estratégia experimental I teve como objetivo a avaliação do enraizamento adventíciode miniestacas submetidas diretamente ao ácido salicílico (aplicado na base das miniestacas). O experimento com o *E. camaldulensis* foi conduzido em delineamento estatístico de blocos ao acaso (DBC), com um total de 4 blocos, cinco tratamentos, correspondentes as doses de ácido salicílico: 0 ppm (testemunha que continha apenas água), 500 ppm, 1000 ppm, 2000 ppm e 4000 ppm, com 10 indivíduos por parcela. Para *Enterolobium timbouva* o experimento foi conduzido em blocos casualizados, com 3 repetições e 10 propágulos por unidade de medição. O tratamento foi composto por três doses de ácido salicílico, aplicados diretamente a base da miniestaca em formulação líquida: 0 ppm (testemunha que continha apenas água), 500 ppm e 2000 ppm).

Foram obtidas miniestacas com 10 cm de comprimento, a partir de minicepas

de eucalipto com aproximadamente 12 meses de idade (Figura 3). As miniestacas de *Enterolobium timbouva* foram cortadas com 15 cm de comprimento a partir de minicepas com 18 meses de idade (Figura 3). As referidas miniestacas tiveram sua base imersa nas diferentes concentrações de ácido salicílico previamente dissolvido em água, conforme as diferentes concentrações. Para estabelecer grupos controle, estacas de cada espécie foram imersas apenas em água destilada, sem a aplicação do ácido salicílico.



Figura 3: Miniestacas de *Enterolobium timbouva* (esquerda) e *Eucalyptus camaldulensis* (direita).

Fonte: autoria Emidio Estevam (2023)

Nessa forma de aplicação, a base dos propágulos permaneceu mergulhadas na solução de ácido salicílico por um período de 5 minutos. Após esse tempo, as estacas foram retiradas da solução e colocadas em recipientes individuais, tubetes de 55 cm³ de capacidade, contendo como substrato o composto orgânico, composto de casca de pinus, turfa e carvão. Em sequência, as miniestacas foram mantidas em casa de vegetação por 30 dias.

4.5 Estratégia experimental II

A estratégia experimental II teve por objetivo a análise do efeito do ácido salicílico no enraizamento, quando aplicado nas minicepas (matrizes), de onde são retiradas as miniestacas para propagação. Para isso, o ácido foi borrifado diariamente durante o período da manhã sobre a parte aérea das plantas matrizes em diferentes concentrações (0 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 2000 ppm e 4000 ppm) do ácido salicílico. Esta prática foi realizada durante 21 dias com a realização de 3 borrifadas de ácido por planta.

Depois dos 21 dias de aplicação do ácido salicílico nas minicepas, as

miniéstacas foram coletadas e plantadas nos tubetes de 55 cm³ de capacidade contendo substrato. Devido a grande quantidade de brotações de *E. camaldulensis* o experimento foi conduzido com 4 blocos, 5 tratamentos composto por concentrações de ácido salicílico (0 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 2000 ppm e 4000 ppm) e com 10 unidades experimentais por parcela.

A *E. timbouva*, devido sua baixa quantidade de brotações, o experimento foi conduzido com 3 blocos, 5 tratamentos com concentrações de ácido salicílico (0 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 2000 ppm e 4000 ppm) e com 5 unidades experimentais por parcela.

As miniéstacas das duas espécies foram mantidas em casa de vegetação por 30 dias para enraizamento adventício.

4.6 Caracteres analisadas

Os experimentos foram avaliados aos 30 dias após a instalação, os caracteres analisados foram: sobrevivência, enraizamento, número de raízes, presença de calos, comprimento da maior raiz, oxidação da base do propágulo, comprimento médio das raízes.

Sobrevivência: os indivíduos considerados vivos apresentavam sistema radicular formado e parte aérea com brotações.

Enraizamento: foi avaliado através da observação daqueles indivíduos que produziram raízes (os indivíduos com raiz maior ou igual a 0,5 cm).

Comprimento médio das raízes: Com auxílio de uma régua foi tomado o comprimento das maiores raízes de cada planta (cm) e contou-se o número de raízes por planta (através da contagem do número de raízes saindo diretamente da base das estacas).

Oxidação da base do propágulo: identificado partir da observação da ausência de raízes e enegrecimento da base das miniéstacas.

Para as avaliações, primeiro retirou-se as plantas dos tubetes e em sequência o sistema radicular foi lavado para retirada de restos de substratos aderidos às raízes.

4.7 Análise estatística

Para análise estatística foram calculados e testados os pressupostos de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (teste de Bartlett), ao nível de 5% de significância. A função polinomial foi utilizada para descrever variações da variável dependente (sobrevivência, enraizamento, número de raízes, presença de calos, comprimento da maior raiz, oxidação da base do propágulo, comprimento médio das raízes) em função das doses de ácido salicílico. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa estatístico SISVAR 4.3.1 (Ferreira, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira estratégia experimental, aplicação do ácido salicílico na base dos propágulos, os resultados para os caracteres sobrevivência (figura 4a), enraizamento (figura 4b), quantidade de raízes (figura 4c) e presença de calos (figura 4d) demonstraram que diferiram entre os tratamentos. As porcentagens de sobrevivência (figura 4a), enraizamento (figura 4b), quantidade de raízes (figura 4c) e presença de calos (figura 4d) tiveram tendências positivas perceptíveis nos tratamentos com doses de 500 ppm e 1000 ppm. Com base nos fatos apresentados, podemos afirmar que o *E. camaldulensis* tem a dose 1000 ppm com melhor resultado e que o intervalo entre a dose de efeitos positivos e negativos é próximo. A partir de 1000 ppm há decréscimo nos caracteres avaliados. Geralmente, baixas concentrações de AS aplicadas promovem o crescimento das plantas sob condições desfavoráveis, enquanto altas concentrações de AS inibem o crescimento. O limiar entre concentrações baixas e altas depende da espécie, juvenilidade e condições fisiológicas do propágulo (Pasternak *et al.* 2019).

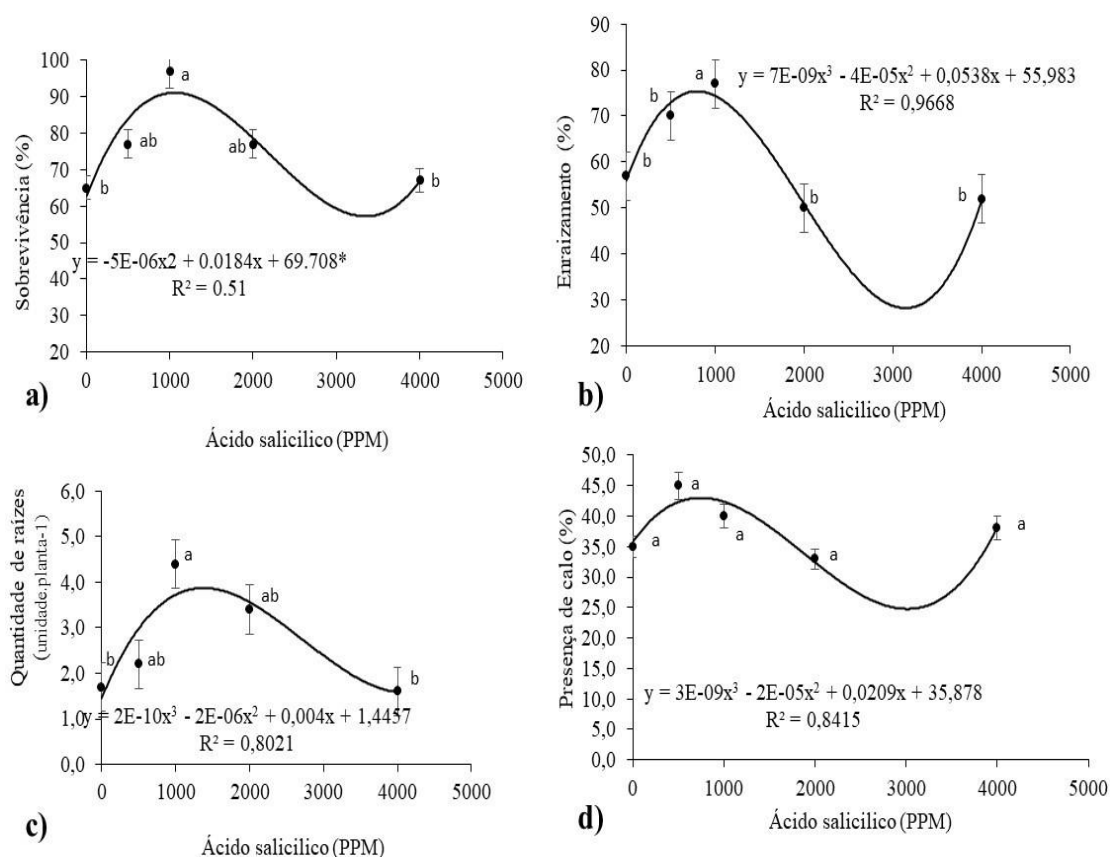


Figura 4: Caracteres avaliados em miniestacas de *Eucalyptus camaldulensis* submetidas a diferentes concentrações de ácido salicílico (0, 500, 1000, 2000 e 4000, PPM): porcentagem de sobrevivência (a); porcentagem de enraizamento (b); quantidade de raízes (c); e presença de calos (d). Mossoró- RN, Ufersa, 2023

Fonte: autoria Emidio Estevam (2023)

O ácido salicílico vem sendo testado como estimulador do crescimento em diferentes espécies. Rajasekaran *et al.* (2002) identificou que para sementes de cenoura a concentração de 10 ppm de ácido salicílico funciona como ativador da germinação. Através da observação dos resultados deste estudo podemos associar que em miniestacas de *E. camaldulensis* a concentração ativadora de diferenciação celular está entre 500 ppm e 1000 ppm de AS, dado que a presença de calos é maior em 500 ppm e o enraizamento adventício tende a ser maior em 1000 ppm.

Como demonstrado na (Figura 5a) o comprimento da maior raiz foi na dose 500 ppm, porém o comprimento não acompanhou o número elevado de raízes. A oxidação da base do propágulo (Figura 5c) foi baixa nas dosagens 0 ppm e 500 ppm, mantendo tendência de menores valores até 1000 ppm. Esse resultado deve-se ao efeito positivo dessas dosagens no enraizamento adventício, com tendência positiva e crescente nessas

dosagens. As dosagens superiores a 1000 ppm promoveram maior percentual de oxidação, indicando que as miniestacas sofreram grande estresse metabólico e fisiológico. Assim, dosagens acima de 1000 ppm tendem a inibir a formação de raízes e sobrevivência dos propágulos, culminando com a oxidação.

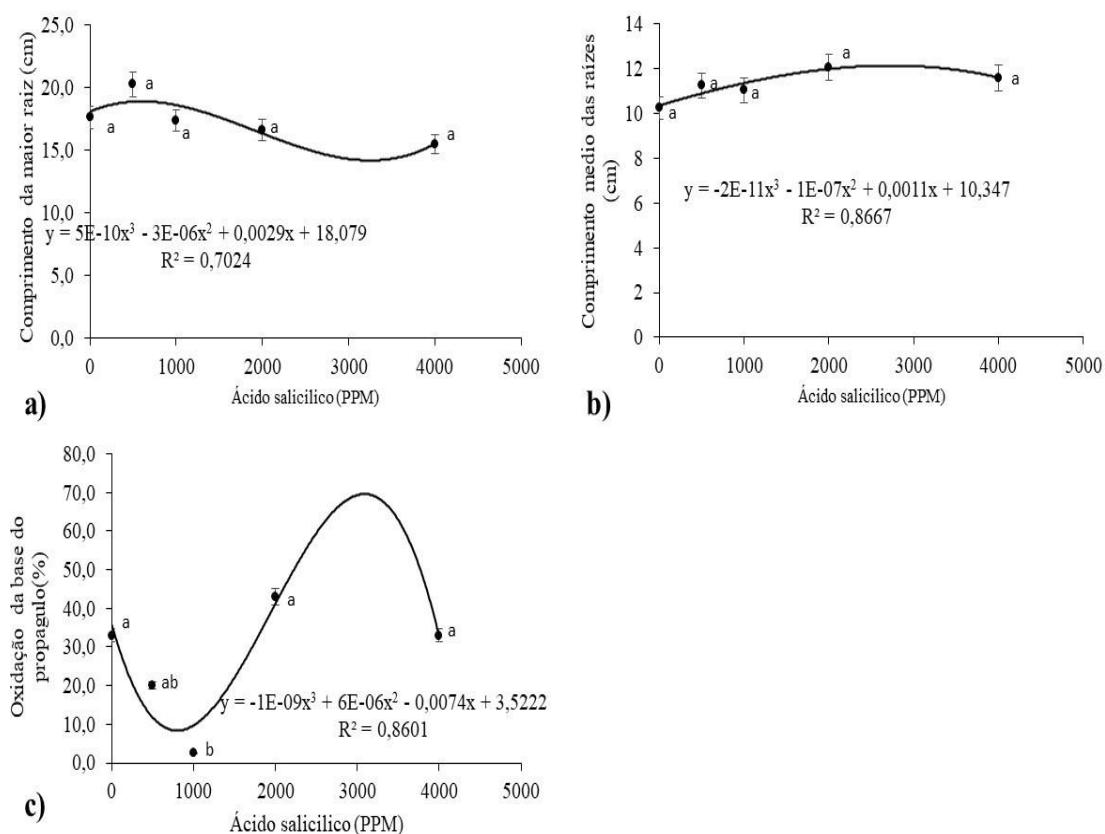


Figura 5: Caracteres avaliados em miniestacas de *Eucalyptus camaldulensis* submetidas a diferentes concentrações de ácido salicílico (0, 500, 1000, 2000 e 4000, PPM): comprimento da maior raiz (a); comprimento médio das raízes (b); e oxidação da base do propágulo (c). Mossoró- RN, Ufersa, 2023

Fonte: autoria Emidio Estevam (2023)

O tratamento com AS pode atenuar as consequências de estresses fracos e moderados em plantas. Segundo Alyemeni *et al.* (2014) a aplicação de AS (10 ppm) em plantas de grão-de-bico expostas ao estresse fraco ou moderado por cádmio (Cd) aumenta e restaura parcialmente o comprimento da raiz. Nesse sentido, o AS atenua o efeito do estresse promovido pelo corte nas miniestacas de *E. camaldulensis*, resultando em mais energia disponível para indução e crescimento das raízes adventícias.

O ácido salicílico também é associado ao enraizamento adventício por atuar como um sinalizador na produção de auxina, estimulando a divisão celular, a formação de primórdios radiculares e a expressão de genes relacionados ao enraizamento (Ma *et*

al. 2008; Steffens; Rasmussen, 2016). Corroborando o efeito positivo do ácido salicílico no enraizamento de miniestacas de *E. camaldulensis* nas dosagens de 500 e 100 ppm, quando aplicado diretamente na base das miniestacas por cinco minutos antes do plantio no substrato.

Considerando os resultados da segunda estratégia experimental (Figura 6), foi observada tendência de efeito negativo da aplicação do ácido salicílico para os caracteres sobrevivência (Figura 6a), enraizamento (Figura 6b), quantidade de raízes (Figura 6c) e presença de calos (Figura 6d) nas dosagens entre 500 e 2000 ppm de ácido salicílico, com leve incremento na dosagem de 4000 ppm. Indicando que a aplicação do ácido salicílico nas minicepas, considerando as condições testadas nesse experimento, não favorece os caracteres avaliados. Ressalta-se que a porcentagem de enraizamento, em todos os tratamentos, foi inferior a 50%.

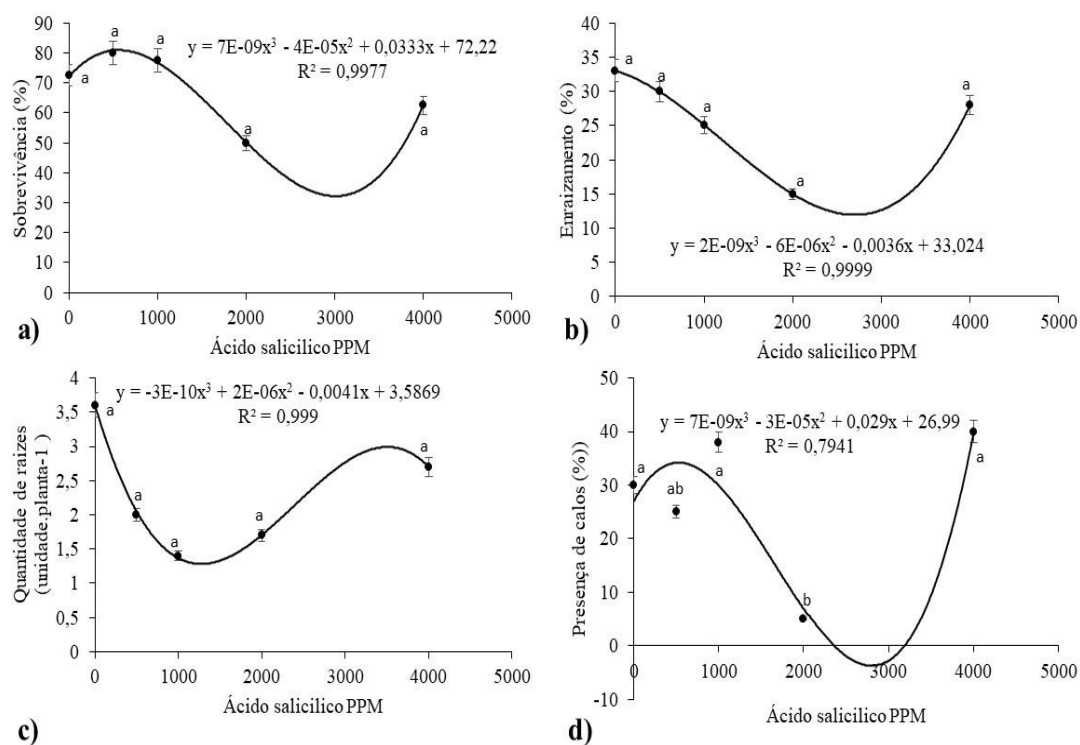


Figura 6: Caracteres avaliados em miniestacas de *Eucalyptus camaldulensis* submetidas a diferentes concentrações de ácido salicílico (0, 500, 1000, 2000 e 4000, PPM): porcentagem de sobrevivência (a); porcentagem de enraizamento (b); quantidade de raízes (c); e presença de calos (d). Mossoró- RN, Ufersa, 2023

Fonte: autoria Emidio Estevam (2023)

O tratamento com 4000 ppm apresentou a maior quantidade de calos (Figura 6d), em comparação com os outros tratamentos. Portanto, pode-se inferir que a concentração mais alta de AS teve um impacto positivo na diferenciação celular das

plantas neste experimento. Corroborando o efeito positivo do ácido salicílico na divisão celular.

Para os caracteres comprimento da maior raiz (Figura 7a) e comprimento médio das raízes (Figura 7b) há tendência de efeito negativo quando o ácido foi aplicado na parte aérea. Com leve tendência de efeito positivo no tratamento de 4000 ppm de ácido salicílico. Já a oxidação (Figura 7c) foi elevada nos tratamentos entre 500 e 2000 ppm de ácido salicílico, com leve tendência de redução no tratamento de 4000 ppm, sendo o tratamento controle com menor efeito na oxidação dos propágulos. Nesse sentido, a aplicação do ácido salicílico via foliar nas minicepas não alivia o efeito do estresse. Assim, as plantas não conseguiram absorver o suficiente de ácido salicílico para reduzir os efeitos do estresse ou houve acúmulo nos tecidos da planta.

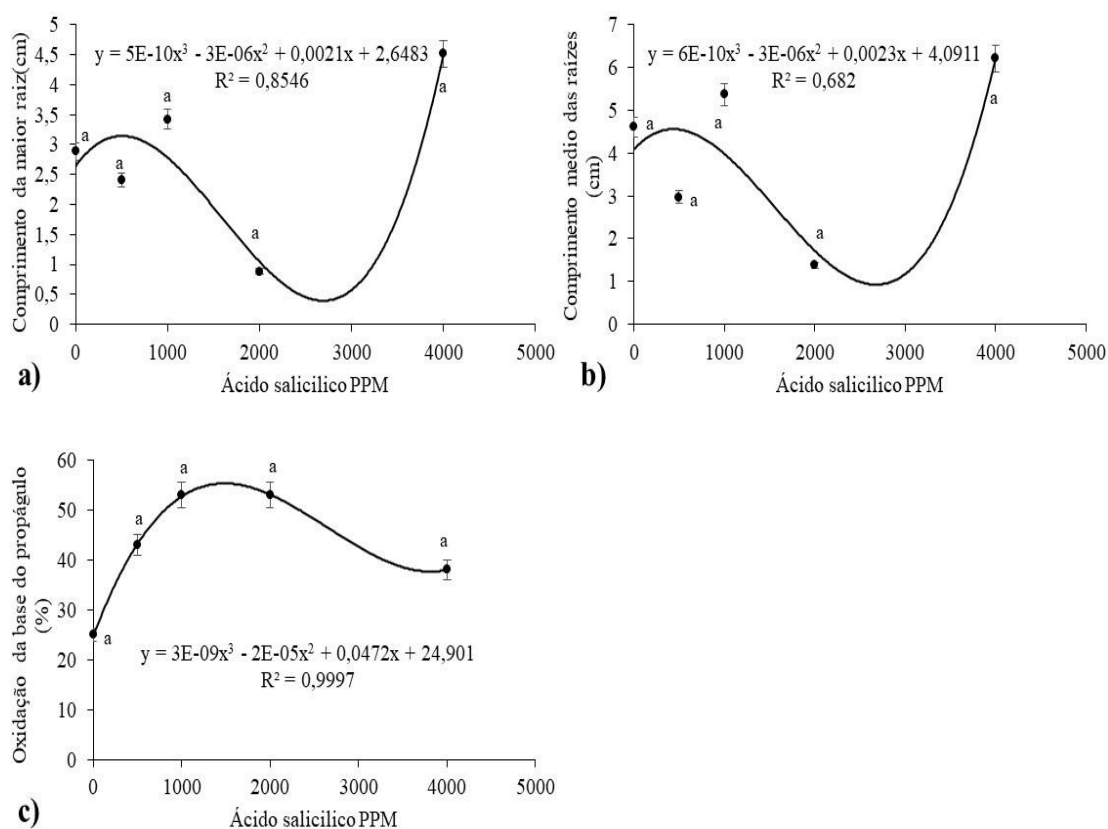


Figura 7: Caracteres avaliados em miniestacas de *Eucalyptus camaldulensis* submetidas a diferentes concentrações de ácido salicílico (0, 500, 1000, 2000 e 4000, PPM): comprimento da maior raiz (a); comprimento médio das raízes (b); e oxidação da base do propágulo (c). Mossoró- RN, Ufersa, 2023

Fonte: autoria Emidio Estevam (2023).

Uma importante consideração a ser feita quando se aplica elicitores em plantas, como o AS, é garantir que o tratamento promova aumento nos níveis endógenos do composto, e que seja suficiente para gerar uma resposta. De acordo com Horváth *et al.*

(2007), o uso do AS, em concentrações entre 50 e 500 μM , pode ser considerado como um estresse moderado, pois são observadas alterações no estado oxidativo das plantas muito similares às observadas durante a aclimação a estresses. Mas, em elevadas concentrações, o AS pode causar um estresse oxidativo muito severo, a ponto de prejudicar a sobrevivência das plantas (Kováčik *et al.* 2009; War *et al.* 2011).

O uso do AS como enraizador produz diversos efeitos nas plantas, de modo que a natureza dessas repostas depende da espécie, do estágio de desenvolvimento da planta, da dosagem utilizada e do tempo de exposição ao tratamento (Campos-Vargas e Saltveit 2002; Hayat *et al.* 2012; Engelberth *et al.* 2011; Akbulut 2014).

Com base nos resultados (Figura 8) obtidos a partir das diferentes doses de ácido salicílico aplicadas diretamente na base da miniestaca de *Enterolobium timbouva* para promover o enraizamento adventício, as seguintes considerações podem ser feitas: há maior sobrevivência (Figura 8a) das mudas na dose de 0 ppm de AS, tratamento controle, com 80% de sobrevivência, indicando que a ausência do AS tem impacto positivo na sobrevivência das plantas. As doses de 500 ppm e 2000 ppm apresentaram taxas de sobrevivência mais baixas, com 70% e 60%, respectivamente. As doses de 0 ppm e 500 ppm de AS mostraram resultados semelhantes em termos de enraizamento (Figura 8b), com taxas de 70% em ambas as concentrações. A dose de 2000 ppm apresentou taxa ligeiramente inferior, com 50% de enraizamento.

A presença de calo (Figura 8d) foi mais evidente nas doses de 0 ppm e 500 ppm, indicando a formação de tecidos de cicatrização e regeneração nas mudas tratadas com essas concentrações. A partir desses dados podemos afirmar que *E. timbouva* não possui dificuldade para enraizamento e que o intervalo para o AS funcionar como ativador do enraizamento adventício nessa espécie é uma dose menor que 500 ppm, testada nesse experimento, ou não há necessidade de aplicação do AS para promover o incremento dos caracteres avaliados.

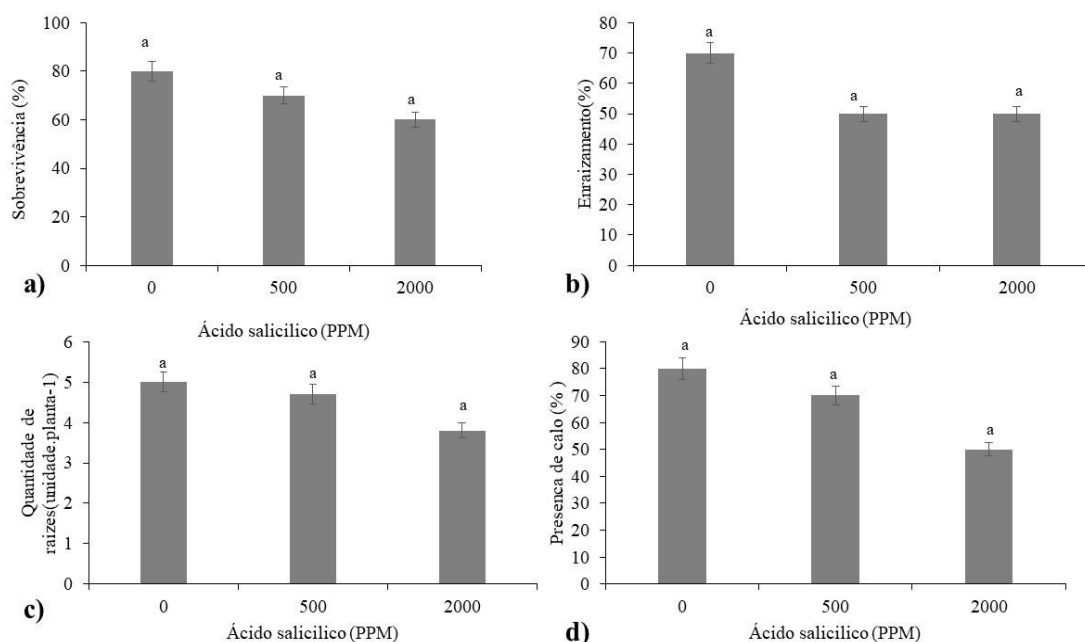


Figura 8: Características avaliadas em miniestacas de *Enterolobium timbouva* submetidas a diferentes concentrações de ácido salicílico (0, 500 e 2000 PPM): porcentagem de sobrevivência (a); porcentagem de enraizamento (b); quantidade de raízes (c); e presença de calos (d). Mossoró- RN, Ufersa, 2023

Fonte: autoria Emidio Estevam (2023)

Segundo os resultados demonstrados a concentração de 0 ppm resultou no maior número de raízes (figura 8c) e no comprimento médio das raízes mais longo (figura 9a), indicando um efeito positivo na formação do sistema radicular das mudas. A concentração de 2000 ppm de AS apresentou a maior taxa de oxidação (figura 9b), sugerindo um possível estresse oxidativo nas plantas tratadas com essa dose.

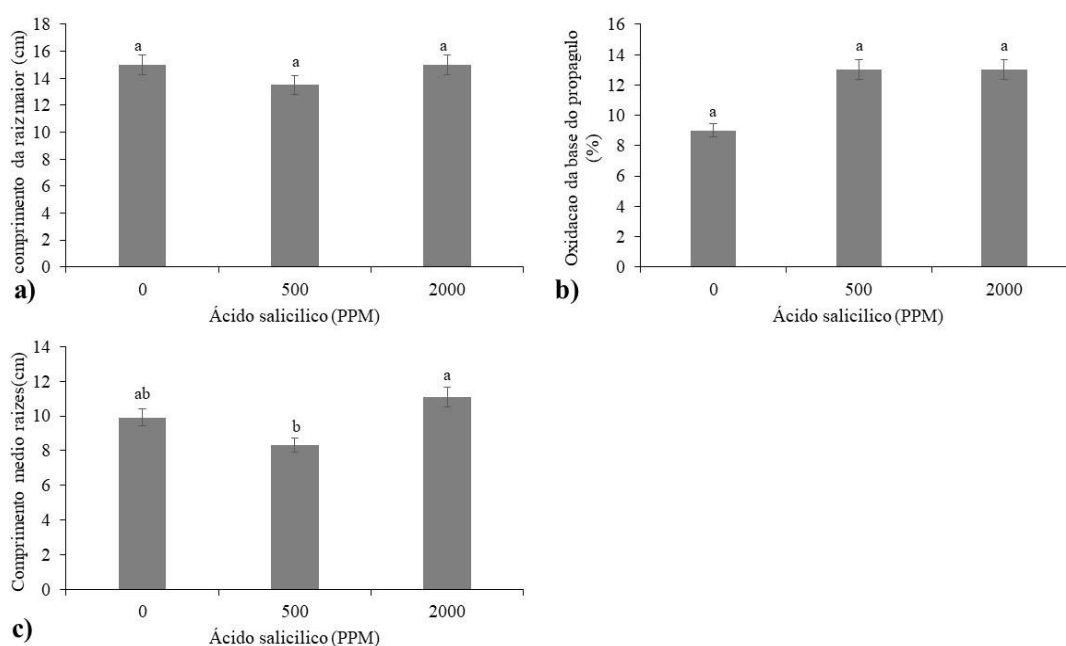


Figura 9: Características avaliadas em miniestacas de *Enterolobium timbouva* submetidas a diferentes concentrações de ácido salicílico (0, 500 e 2000 PPM): comprimento da maior raiz (a); oxidação da base do propágulo (b); e comprimento médio das raízes (c). Mossoró- RN, Ufersa, 2023.

Fonte: autoria Emidio Estevam (2023)

Os resultados sugerem que a ausência de ácido AS (0 ppm) resultou na melhor sobrevivência (figura 8a), no enraizamento mais eficaz (figura 8b) e no desenvolvimento de um sistema radicular mais vigoroso nas mudas (figura 8c). Enquanto a concentração de 2000 ppm de AS apresentou efeitos negativos, como menor sobrevivência (figura 8a) e maior oxidação (figura 9b). Portanto, para promover o enraizamento adventício em *Enterolobium timbouva*, a ausência de ácido salicílico ou uma concentração baixa (500 ppm) parece ser mais benéfica. Mais estudos podem ser necessários para otimizar as condições ideais de aplicação do AS.

Ao analisar os dados do segundo experimento (Figura 10) com minicepas de Timbaúba submetidas a diferentes doses de ácido salicílico, pode-se observar que em todas as doses testadas (0 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 2000 ppm e 4000 ppm) a sobrevivência (figura 10a) foi alta, mantendo-se em 100%. Isso sugere que o ácido salicílico não teve um impacto significativo na sobrevivência das mudas de Timbaúba quando aplicado nas minicepas. Todas as doses testadas apresentaram uma presença de calo (figura 10d) de 100%, indicando que o ácido salicílico não influenciou a formação de calos nas mudas de Timbaúba.

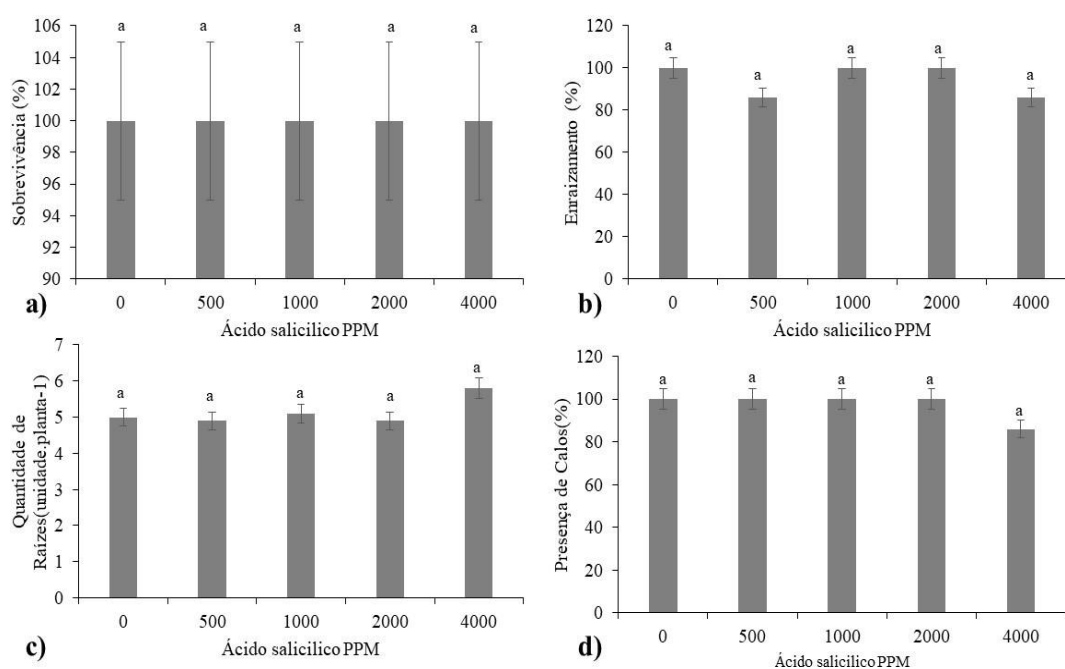


Figura 10: Características avaliadas em miniestacas de *Enterolobium timbouva* submetidas a diferentes concentrações de ácido salicílico (0, 500, 1000, 2000 e 4000 PPM): porcentagem de sobrevivência (a);

porcentagem de enraizamento (b); quantidade de raízes (c); e presença de calos (d). Mossoró- RN, Ufersa, 2023

Fonte: autoria Emidio Estevam (2023)

O número de raízes formadas por muda variou ligeiramente entre as doses, entre 4,9 e 5,1 (Figura 11c). O comprimento médio das raízes também foi consistente, variando de 10,9 a 11,4 cm (Figura 11c). Isso sugere que o ácido salicílico não teve impacto significativo nessas métricas. A oxidação da base do propágulo (Figura 11b) variou na dose mais alta (4000 ppm), atingindo 6,7. Isso pode indicar algum efeito negativo nas mudas, na dose de 4000 ppm, onde a oxidação foi mais alta.

Em síntese, os resultados apontam que os efeitos do ácido salicílico não foram perceptíveis no *Enterolobium timbouva*, e em concentrações elevadas foi observado efeitos negativos como aumento da oxidação da base do propágulo.

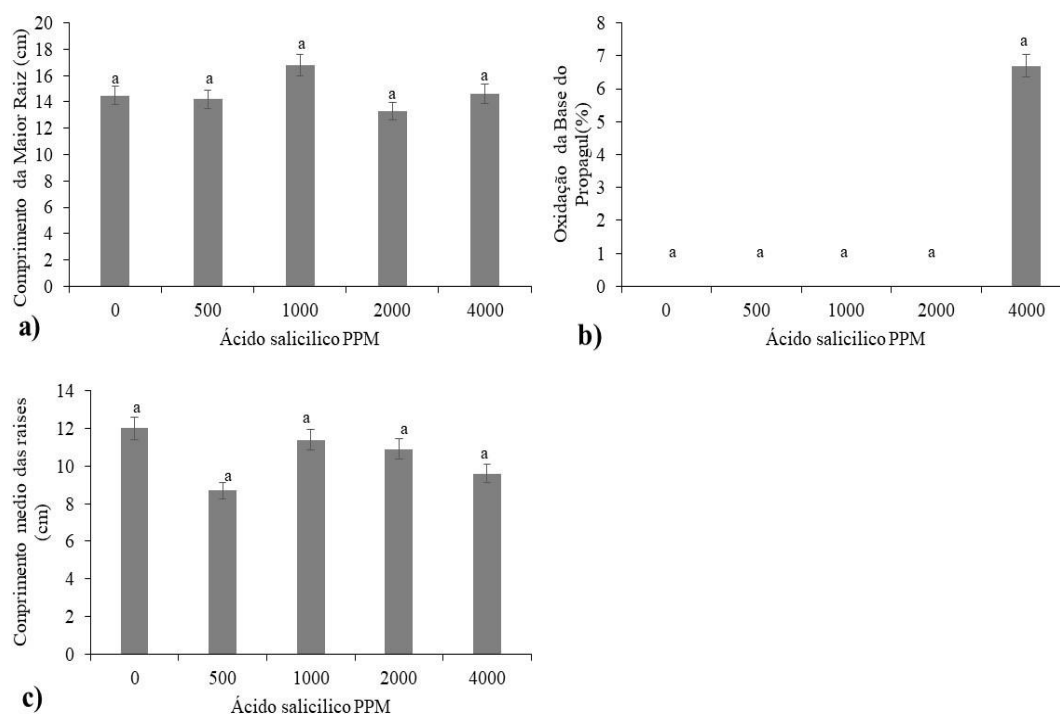


Figura 11: Características avaliadas em miniestacas de *Enterolobium timbouva* submetidas a diferentes concentrações de ácido salicílico (0, 500, 1000, 2000 e 4000 PPM): comprimento da maior raiz (a); oxidação da base do propágulo (b); e comprimento médio das raízes (c). Mossoró- RN, Ufersa, 2023

Fonte: autoria Emidio Estevam (2023)

A ativação do metabolismo antioxidante pela aplicação exógena de AS já foi estudada em outros trabalhos (Rao *et al.*, 1997; He *et al.*, 2005; Shi *et al.* 2006; Ghasemzadeh e Jaafar 2013). A dosagem aplicada, e o tempo de exposição parecem

ser críticos para a indução de mecanismos antioxidantes. Por exemplo, plantas de camomila tratadas com AS a 50 μM , por 7 dias, foram capazes de neutralizar as EROs (espécies reativas de oxigênio) induzidas com o tratamento, e danos oxidativos não foram observados. Quando tratadas com AS a 250 μM , pelo mesmo período, a atividade de peroxidases chegou a triplicar, mas isso não foi suficiente para evitar os efeitos tóxicos do acúmulo de EROs, sendo observado redução do crescimento, degradação de clorofilas e murcha foliar (Kováčik *et al.* 2009). Na cultura da azaleia foi verificado que após exposição ao AS a 100 μM aumentam a porcentagem de plantas com raízes adventícias e o número de raízes adventícias, e concentrações mais altas, diminuem esses caracteres (Hou *et al.*, 2020).

Neste trabalho, os resultados da análise do metabolismo antioxidante em resposta ao AS foram diferentes para cada espécie estudada. É preciso destacar, com base nos dados, que as aplicações de AS conduzem a resultados divergentes nas duas espécies estudadas. Para *E. camaldulensis* na primeira estratégia experimental os dois tratamentos com doses mais elevadas causaram oxidação do propágulo (figura 5c) e na segunda estratégia experimental pode-se associar a oxidação (figura 7c) ao estresse gerado pelo excesso de AS, já para a *E. timbouva* na primeira estratégia experimental o AS resultou em oxidação (figura 9b) e na segunda estratégia experimental somente na dosagem de 4000 ppm houve oxidação dos propágulos (figura 11b), o que pode ser associado a baixa absorção das minicepas ao AS ou efeito nulo do AS até 2000 ppm quando aplicado nas minicepas.

Os resultados sugerem que diferentes fatores possam influenciar as respostas que o sistema de defesa orquestra, em resposta ao uso do ácido salicílico como enraizador. Deve-se considerar, em estudos futuros: conduzir o experimento em campo; testar outras dosagens de AS, além da utilizada no presente estudo; coletar amostras após diferentes tempos de exposição; coletar amostras de diferentes órgãos (p. ex. folhas jovens e maduras); quantificar os níveis endógenos de AS; quantificar outros intermediários dos metabolismos primário e secundário, para investigar outros compostos relacionados com as respostas de enraizamento; e investigar se há diferenças nas respostas de defesa quando o AS é aplicado nas fases vegetativa ou reprodutiva das plantas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando imersas em solução de AS, miniestacas de *E. camaldulensis* demonstrou-se sensível ao ácido salicílico, sendo a dosagem de 1000 ppm com melhor equilíbrio entre enraizamento e sobrevivência, com menor índice de oxidação da base do propágulo.

Em relação a aplicação do ácido salicílico via foliar nas minicepas de *E. camaldulensis*, o tratamento controle (0 ppm) se mostrou mais eficiente. O que indica uma baixa capacidade de absorção e/ou degradação do mesmo quando aplicado através da parte aérea das plantas.

A produção de mudas de *E. camaldulensis* através de miniestacas pode se beneficiar do uso do AS para facilitar o enraizamento, porém altas concentrações inibem produção de raízes e aumenta a oxidação da base.

Não houve efeito positivo do AS para *E. timbouva* independentemente da forma de aplicação.

Para espécies com baixo índice de enraizamento o ácido salicílico tem efeitos positivos, alterando conforme a concentração e forma de aplicação. Todavia, para espécies que apresentam alto índice de enraizamento o AS se mostrou ineficiente ou nocivo, dependendo da dosagem e do modo de aplicação.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, R. S. et al. Tratamentos físicos e químicos na superação de dormência em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 2009. (Abril-Junho).

Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v4i2a6>.

Acesso em: 07 out. 2023.

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

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf. Acesso em: 07 out. 2023.

ALYEMENI, M. N.; HAYAT, Q.; WIJAYA, L.; HAYAT, S. Efeito do ácido salicílico no crescimento, eficiência fotossintética e atividades enzimáticas de plantas leguminosas sob estresse decádmio. **Horti Agrobot**. Cluj Napoca. 2014; 42 :440–445. doi: 10.15835/nbha4229447. Disponível em:

<https://repository.ufrpe.br/handle/123456789/1356>. Acesso em: 07 out. 2023.

BINDUMADHAVA, H. et al. Clonal propagation in Eucalyptus camaldulensis using minicutting technique. **Current Science**, [S. l.], p. 1578-1585, 25 dez. 2010. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/24080698?typeAccessWorkflow=login>. Acesso em: 07 out. 2023.

BORGES, S. R.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S.; MELO, L. A.; ROSADO, A. M.

Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de Eucalyptus globulus. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 425-434, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/dQkGTCXF538XG9cNr3H3jtc/?lang=pt&format=pdf>.

Acesso em: 07 out. 2023.

PEREIRA, F. B.; BANDEIRA PERES, F. S. Nutrição e enraizamento adventício de plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 36, n. 87, p. 319–326, 2016. DOI: 10.4336/2016.pfb.36.87.1146. Disponível em:

<https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/1146>. Acesso em: 07 out. 2023.

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

CARVALHO, P. E. R. Timbaúba: *Enterolobium timbouva*. In: Espécies Arbóreas Brasileiras. [S. l.: s. n.], 2008. p. 497-502. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1140123>. Acesso em: 07 out. 2023.

DAVIES, F. T. Plant Hormones and Horticulture. *In*: PLANT Hormones: Biosynthesis. 3. ed. [S. l.]: Springer, 2014. p. 501-530.

DUCKE, A. Notas sobre a flora neotrópica-II: as leguminosas da Amazônia brasileira. 1949. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/385771>. Acesso em: 07 out. 2023.

DURRANT, W. E.; DONG, X. Systemic acquired resistance. **Annu. Rev. Phytopathol.**, v. 42, p. 185-209, 2004. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev.phyto.42.040803.140421>. Acesso em: 07 out. 2023.

DUTRA, L. F.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. A Micropropagação de Eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], n. 58, p. 49, 2010. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/5>. Acesso em: 07 out. 2023.

FERRARI, M. P., et al. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215024/1/doc94.pdf>. Acesso em: 07 out. 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/yjKLJXN9KysfmX6rvL93TSh>. Acesso em: 07 out. 2023.

FLORES, T. B.; ALVARES, C. A.; SOUZA, V. C.; STAPE, J. L. **Eucalyptus no Brasil: zoneamento climático e guia para identificação**. Piracicaba: IPEF, 2016. 448 p. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/guiaeeucalyptus/mapas.aspx>. Acesso em: 07 out. 2023.

GONTIJO, Danusa de oliveira. **Silvicultura do Eucalipto: Principais Espécies Cultivadas no Brasil e suas Características**. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/56452>. Acesso em: 07 out. 2023.

GOULART, P. B.; XAVIER, A. Influência do acondicionamento, antioxidantes, auxinas e seus cofatores no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* X *E. urophylla*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 407-415, 2010. Disponível em: <https://poscienciaflorestal.ufv.br/wp-content/uploads/2020/07/Patricia-Bueno-Goulart.pdf>. Acesso em: 07 out. 2023.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIES Jr., F.T., GENEVE, R.L. **Plant Propagation: Principles and Practices**. Prentice Hall, 2017.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. **Propagação vegetativa de Eucalyptus: princípios básicos e a sua evolução no Brasil**. Piracicaba: IPEF, 2000. 11 p. (Circular Técnica, 192). Disponível em:

<https://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr192.pdf>. Acesso em: 07 out. 2023.
INDUSTRIA, B.A. **Relatório anual 2022**, [s. l.], 27 jan. 2023. Disponível em:
<https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>. Acesso em: 07 out. 2023.

KHAN M. I; et al. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. *Front Plant Sci.* 2015 Jun 30;6:462. doi: 10.3389/fpls.2015.00462. PMID: 26175738; PMCID: PMC4485163. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4485163/>. Acesso em: 07 out. 2023.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**, v. 1. Plantarum, 1992. Disponível em: <https://aeaesp.com.br/wp-content/uploads/2019/09/%C3%81rvores-Brasileiras-Lorenzi-volume-1-compactado.pdf>. Acesso em: 07 out. 2023.

MA, N; et al. Rh-PIP2; 1, a rose aquaporin gene, is involved in ethylene-regulated petal expansion. *Plant physiology*, v. 148, n. 2, p. 894-907, 2008. Disponível em: <https://academic.oup.com/plphys/article/148/2/894/6107626>. Acesso em: 07 out. 2023.

MESQUITA, A. de L. **Revisão taxonômica do gênero Enterolobium Mart.(Mimosoideae) para a região Neotropical**. 1990. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/36278402_Revisao_taxonomica_do_genero_Enterolobium_Mart_Mimosoideae_para_a_regiao_neotropical. Acesso em: 07 out. 2023.

MOURA, V. P. **Produção de mudas de Eucalyptus para o estabelecimento de plantios florestais**. [S. l.: s. n.], 2003. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CENARGEN/24077/1/cot085.pdf>. Acesso em: 07 out. 2023.

PASTERNAK, T., et al. Salicylic Acid Affects Root Meristem Patterning via Auxin Distribution in a Concentration-Dependent Manner. *Plant Physiol.* 2019;180:1725–1739. doi: 10.1104/pp.19.00130. Disponível em: <https://academic.oup.com/plphys/article/180/3/1725/6117741>. Acesso em: 07 out. 2023.

ROCHA, S. C. et al. Micropropagação de *Cabralea canjerana*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 43-50, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/Yz3vLG7BQLTvFPFjcftmSrM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 07 out. 2023.

STEFFENS, B.; RASMUSSEN, A. The Physiology of Adventitious Roots. *Plant Physiol.* 2016 Feb;170(2):603-17. doi: 10.1104/pp.15.01360. Epub 2015 Dec 23. PMID: 26697895; PMCID: PMC4734560. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26697895/>. Acesso em: 07 out. 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**; [tradução: ARMANDO, M. D. J. et al]; revisão técnica: Paulo Luiz de Oliveira, 2013. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=PpO4DQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=TAIZ,+L.%3B+ZEIGER,+E>

[.+Fisiologia+e+desenvolvimento+vegetal&ots=7RJnvUGVT9&sig=hxYiHfq3XsXV KYb61tmGiUD2Sbk#v=onepage&q=TAIZ%2C%20L.%3B%20ZEIGER%2C%20E.%20Fisiologia%20e%20desenvolvimento%20vegetal&f=false](https://books.google.com.br/books/about/Silvicultura_para_as_matas_xer%C3%B3filas.html?id=JL5jAAAAMAAJ&redir_esc=y). Acesso em: 07 out. 2023.

TIGRE, C. B. Silvicultura para as matas xerófilas. Fortaleza: DNOCS, 1970. 176 p. (DNOCS. Publicação, 243). Disponível em: https://books.google.com.br/books/about/Silvicultura_para_as_matas_xer%C3%B3filas.html?id=JL5jAAAAMAAJ&redir_esc=y. Acesso em: 07 out. 2023.

VAN ALTVORST, A. C.; BOVY, A. G. The role of ethylene in the senescence of carnation flowers, a review. **Plant Growth Regulation**, v. 16, p. 43-53, 1995. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00040506#citeas>. Acesso em: 07 out. 2023.

VLOT, A. C.; DEMPSEY, D. M. A.; KLESSIG, D. F. Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. **Annual review of phytopathology**, v. 47, p. 177-206, 2009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19400653/>. Acesso em: 07 out. 2023.

WENDLING, I.; GATTO, A.; PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2002. v. 2. 145 p.

XAVIER, A.; SANTOS, G. A.; OLIVEIRA, M. L. Enraizamento de miniestaca caular e foliar na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 351-356, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/vVKht76mkkpyRyV8LdntFZh/#>. Acesso em: 07 out. 2023.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa: Ed UFV, 2009. 272 p.