



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE
PERNAMBUCO DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA
FLORESTAL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Reguladores de crescimento vegetal no enraizamento de miniestacas
de araçá (*Psidium cattleianum* Sabine)**

Emanuel Regis Rodrigues de Amorim

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Gallo
Coorientadora: Moema Barbosa de Sousa

Recife, 2024

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE
PERNAMBUCO DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA
FLORESTAL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**REGULADORES DE CRESCIMENTO VEGETAL NO ENRAIZAMENTO DE
MINIESTACAS DE ARAÇÁ (*Psidium cattleianum* SABINE)**

Emanuel Regis Rodrigues de Amorim

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Gallo
Coorientadora: Moema Barbosa de Sousa

A apresentação deste Trabalho de Conclusão de Curso é exigência do Departamento de Ciência Florestal, como requisito para a formação em Bacharelado em Engenharia Florestal.

Recife,
Brasil 2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Suely Manzi – CRB-4 809

A524r Amorim, Emanuel Regis Rodrigues de.
Reguladores de crescimento vegetal no
enraizamento de miniestacas de araçá (*Psidium
cattleyanum* Sabine) / Emanuel Regis Rodrigues de
Amorim. – Recife, 2024.
34 f.; il.

Orientador(a): Ricardo Gallo.

Co-orientador(a): Moema Barbosa de Sousa.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Bacharelado em Engenharia Florestal, Recife, BR-
PE, 2024.

Inclui referências.

1. Araça. 2. Plantas - Propagação. 3. Árvores
frutíferas - Mudas - Qualidade. 4. Auxina 5. Plantas
- Reguladores. I. Gallo, Ricardo, orient. II. Sousa,
Moema Barbosa de, coorient. III. Título

CDD 634.9

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo Gallo
Professor titular do Departamento de Ciência Florestal
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Orientador

Prof. Dr. Marcone Moreira
Professor titular do Departamento de Ciência Florestal
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Eliane Cristina Sampaio de Freitas
Professora titular do Departamento de Ciência Florestal
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Recife, 05 de Março de 2024.

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado aos meus familiares e amigos, que sempre me incentivaram a buscar
por minha paixão pela terra.

AGRADECIMENTOS

Eu agradeço a todos que me acompanharam nessa jornada que foi a graduação, sobretudo a família e amigos. Em especial, aos que permaneceram em minha terra natal, visto que não houve momento em que não os tive em pensamento. À minha família, não agradeço apenas pelo aporte financeiro prestado, mas também por seu amor e incentivo que me deram força para seguir adiante em busca dos meus objetivos. Além disso, proporcionaram-me a melhor herança que eu poderia ter: o conhecimento. Seu amor e respeito pela natureza foram fundamentais para minha formação como pessoa e construção do entendimento de que nossas florestas são nosso bem mais precioso. Por fim, agradeço aos meus orientadores que, durante minha trajetória acadêmica, foram responsáveis por me ensinar que a vivência universitária está além de uma sala de aula, inspirando-me como profissional a sempre colocar meus conhecimentos em prol daqueles que mais necessitam.

SUMÁRIO

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1	Espécie <i>Psidium cattleianum</i> Sabine	10
2.2	Propagação via Miniestaquia	12
2.3	Reguladores de Crescimento e sua aplicação	14
3	OBJETIVOS	17
4	MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1	Área de estudo e Coleta do Material Vegetal	18
4.2	Formação e Manejo do Minijardim	19
4.3	Enraizamento das miniestacas	20
4.4	Avaliação e Análises	20
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
6.	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
7.	REFERÊNCIAS	31

RESUMO

O araçazeiro (*Psidium cattleianum*), espécie endêmica do Brasil, é conhecida por seu uso alimentício e medicinal e alta utilização por parte de agricultores, sendo um grande potencial para estabelecimentos de programas de melhoramento genético. Diante disso, o estudo tem como objetivo avaliar comportamento de reguladores de crescimento vegetais, analíticos e comerciais, no enraizamento de miniestacas de *P. cattleianum*, objetivando sua propagação. Para obtenção das miniestacas houve a formação de minijardim clonal, estabelecido com mudas seminais, por meio de material obtido do banco ativo de germoplasma, do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), estação experimental de Itambé. Para avaliação dos efeitos do regulador foi estabelecido um experimento em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial duplo (reguladores e concentrações). Foram avaliadas três concentrações (0, 2.500 e 5.000 mg L⁻¹) dos reguladores de crescimento analíticos ácido indolbutírico (AIB), ácido indolacético (AIA) e ácido naftalenoacético (ANA). E em experimento distinto foram testados reguladores comerciais formulados, Clonex (Ácido indol-3-butírico 3.000 mg L⁻¹), Seradix B3 (Ácido indol-3-butírico 8.000 mg L⁻¹), AIB 6000 mg (pó), tratamento controle positivo (AIB 2.500 mg L⁻¹) e tratamento controle (sem aplicação de regulador). Ao final do experimento, foi possível concluir que a aplicação dos reguladores de crescimento Seradix, Clonex e AIB 6000, foram favoráveis na formação do sistema radicular e no crescimento miniestacas de *Psidium cattleianum*, bem como os reguladores analíticos AIB, AIA ANA, nas dosagens de 5.000, 2500 e 2500 mg L⁻¹, tendo os melhores resultados.

Palavras-chaves: Auxinas, propagação vegetativa, mudas clonais, raízes adventícias.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é conhecido mundialmente como o maior centro de diversidade genética do mundo (Krob *et al.*, 2021). Diante da grande riqueza genética do país, a diversificação e criação de novos produtos florestais e alimentícios, são essenciais para o desenvolvimento do setor agrícola e florestal no país, garantindo a expansão do mercado brasileiro (Pinto Junior *et al.*, 2013; Batistote; Mascarenhas, 2022).

No entanto, embora as espécies frutíferas apresentem um importante papel para exploração econômica e o país possua um grande potencial climático e genético para a produção de frutos, o número de espécies utilizadas para consumo alimentício e seus derivados, ainda é limitado. Sendo essencial o desenvolvimento de técnicas propagativas para sua diversificação (Batistote; Mascarenhas, 2022; Cenedense *et al.*, 2022).

Nesse contexto, destacam-se espécies frutíferas pertencentes à família Myrtaceae; sobretudo as classificadas no gênero *Psidium*, gênero ao qual incluem os araçazeiros, espécie produtora de frutos comestíveis, com alto potencial produtivo, ainda pouco evidenciado (Franzon *et al.*, 2009; Batistote, Mascarenhas, 2022).

A *Psidium cattleianum* Sabine (Araçazeiro) é uma planta endêmica do Brasil, portadora de um porte que varia do arbóreo ao arbustivo, com ampla distribuição nos biomas Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (Proença, 2023). A espécie possui potencial alimentício e medicinal conhecido nacionalmente (Nunes, 2021). Seus frutos possuem abundância de compostos bioativos, como substâncias fenólicas antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas no organismo, que atuam amplamente na prevenção de diversas doenças (Possa, 2016; Meregalli, *et al.*, 2020).

As características desejáveis de seus frutos como elevados teores de vitamina C além da existência de genótipos resistentes a fitonematoides, responsáveis por grande perda produtiva em espécies pertencentes ao gênero *Psidium*, vêm despertado interesse por pesquisas voltadas para o melhoramento genético da espécie (Costa, 2021), fazendo se necessário o estabelecimento de um método propagativo eficiente.

Em nosso País, a restrição no número de espécies utilizadas para consumo pode ser associada às características das plantas nativas, como a dificuldade na propagação de espécies para cultivo comercial e a perecibilidade dos frutos, o que vem a inviabilizar a exploração de espécies potencialmente relevantes para consumo. Situação que se consolida com a falta de investimento em pesquisas com espécies nativas, inviabilizando o desenvolvimento de técnicas eficientes para sua propagação (Durães; Paula; Naves, 2015; Cenedense *et al.*, 2022).

As técnicas de propagação vegetativa surgem como uma alternativa à propagação seminal de espécies florestais, que apresentam limitações em seu material reprodutivo, como a

indisponibilidade de matrizes ou sementes, vindo a impossibilitar a produção de mudas. Podendo também ser aplicada a *P. cattleyanum*, espécie utilizada no presente estudo (Xavier *et al.*, 2003; Dias *et al.*, 2012), técnicas de propagação vegetativa, como a alporquia, estaquia e suas variações destacam-se por seu potencial de utilização, podendo ser empregada em diversas espécies lenhosas, possuindo aplicação tanto para fins comerciais, quanto para conservação de espécies (Dias *et al.*, 2012; Vernier; Cardoso, 2013; Gimenes *et al.*, 2015).

A partir da estaquia, tornou-se possível o desenvolvimento de uma técnica proveniente, a miniestaquia, que apresenta vantagens em comparação a estaquia convencional. A técnica além de ser uma alternativa eficiente à necessidade de rejuvenescimento do material, reduz custos de coleta do material propagativo, necessita de menos espaço, além promove maior controle ambiental resultando em maior enraizamento e produção mudas de qualidade (Brondani, *et al.*, 2009; Ferriani, *et al.*, 2011; Dias *et al.*, 2012; Spassin; Garcia, 2016).

Embora a técnica da miniestaquia seja por si só, eficaz na propagação de espécies florestais, algumas espécies podem apresentar baixo grau de enraizamento de acordo com as condições fisiológicas do ramo e a temperatura no ambiente de propagação, visto que as atividades metabólicas das plantas são reguladas pela energia calorífica disponível (Vernier; Cardoso, 2013; Moura *et al.*, 2019), justificando o emprego de reguladores crescimento para maior eficiência. Essa prática tem se tornado comum, com sua aplicação sendo frequentemente estudada para finalidades agrícolas, havendo potencial de utilização também no campo da silvicultura (Kappes *et al.*, 2011; Dias *et al.*, 2015; Marques *et al.*, 2020).

Os reguladores de crescimento são substâncias sintéticas capazes de influenciar a fisiologia e metabolismo das plantas, alterando seu balanço hormonal causando respostas fisiológicas, desencadeando uma série de mudanças celulares como a iniciação ou a modificação do desenvolvimento de órgãos ou tecidos (Kappes *et al.*, 2011; Botin; Carvalho 2015).

Na caracterização desses compostos, além de sua classificação química, é possível considerar também sua acessibilidade. No desenvolvimento deste estudo, foram considerados enraizadores comerciais, reguladores formulados com uma concentração definida e amplamente disponíveis no mercado. Já os enraizadores considerados como analíticos, são substâncias de formulação conhecida, que embora também estejam disponíveis para compra, necessitam de manejo por meio de processos de diluição fracionada para sua utilização, restringindo seu uso a indivíduos com maior conhecimento técnico.

Diante disso, o estudo tem como objetivo testar dosagens de reguladores, comerciais e analíticos, a fim de analisar sua influência no enraizamento de miniestacas de arará (*Psidium Cattleyanum*) para a produção de mudas. Além de avaliar a eficiência dos reguladores formulados e definir as doses ideais dos principais reguladores analíticos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para o entendimento do seguinte estudo é fundamental considerar fatores diretamente vinculados à técnica de propagação empregada e a espécie avaliada, é essencial considerar a fisiologia da espécie, sua interação com os reguladores e seus efeitos sobre o material propagativo, além considerar os efeitos do regulador e a inter-relação entre as variáveis para a compreensão do experimento.

2.1 Espécie *Psidium cattleianum* Sabine

A família Myrtaceae é considerada uma das maiores famílias botânicas existentes, é composta por aproximadamente 1000 espécies distribuídas dentro de 140 gêneros, estando 26 deles presentes na flora Brasileira. Com destaque para os gêneros *Eugenia*, *Acca*, *Myrciaria* e *Psidium* por sua importância econômica para a produção de frutas (Durães; Paula; Naves, 2015; Possa, 2016; Fochezatto, 2018).

Diversas outras plantas da família Myrtaceae, presentes na flora brasileira, também possuem potencial alimentício, assim como as goiabeiras e os araçás. No entanto, poucas espécies são exploradas em grande escala comercialmente e, mesmo quando são, a produção é limitada e restrita a determinadas regiões brasileiras (Franzon *et al.*, 2009; Porto *et al.*, 2018).

Os frutos pertencentes a esta família em sua maioria, desenvolvem-se em condições desfavoráveis, estando sujeitos a estiagem, inundações, exposição solar e calor intenso (Fochezatto, 2018). Por estarem sujeitas a diversas pressões ambientais, essas espécies vêm a produzir metabólitos secundários, como forma de adaptação ao meio, constituindo ricas fontes de polifenóis, envolvidas na defesa da planta (Costa, 2021; Ntalli, *et al.*, 2020).

O araçazeiro (*P. cattleianum*), espécie de pequeno porte e nativa do Brasil, possui hábito tanto arbustivo quanto arbóreo, podendo chegar atingir 6 metros de altura, com um tronco de diâmetro entre 15 e 25 cm. Possui um tronco tortuoso com casca fina e cores castanha-avermelhadas. Suas folhas são simples, opostas, coriáceas, glabras, obovadas e de cor verde brilhante (Proença, 2023) e flores são solitárias, diclamídeas, pentâmeras, hermafroditas, zigomorfas e de cor branca (Fochezatto, 2018).

Dentro da espécie, existe ocorrência de dois morfotipos nos frutos, de coloração vermelha e amarela, o que vem a conferir a denominação tanto de araçá vermelho, quanto de amarelo para a mesma espécie. Sua polpa pode possuir coloração branca amarelada ou avermelhada com consistência mucilaginosa, aromática e com muitas sementes, pelo qual geralmente é realizada sua propagação (Possa, 2016; Porto *et al.*, 2018; Carvalho; Ribeiro; Sousa, 2020).

Os representantes da espécie possuem frutos que se apresentam na forma de bagas globosas, piriformes, achatadas ou ovóides, coroadas pelo cálice e de cor amarela ou vermelha quando maduros. Seus frutos são comestíveis e de sabor adocicado agradável, levemente ácido, sendo comumente cultivados nos trópicos e subtropicais por suas características ornamentais, alimentícias e medicinais, visto que duas folhas são utilizadas na medicina popular por suas propriedades anti-hemorrágico, antiespasmódico e antidiarreico (Soliman *et al.*, 2016; Fochezatto, 2018; Vieira; Camillo; Coradin, 2018).

Assim como em outras espécies de sua família, a *P. cattleyanum* possui abundância de metabólitos secundários, que despertam interesse devido seu potencial de uso, apresentando um alto teor de compostos fenólicos, vitaminas, e o óleo de linalol, composto utilizado na produção de perfumes dentre outras aplicações cosméticas e medicinais (Ntalli *et al.*, 2020).

Além de destacarem-se por suas propriedades nutricionais, como abundância em minerais como cálcio, fósforo e ferro, possuírem um teor de umidade de aproximadamente 86 % e um teor de açúcar estimado em 7 % (Possa, 2016). O fruto é conhecido como uma boa fonte de vitamina C, contando valores de 200 e 242 mg de ácido ascórbico grama de peso fresco para as variedades vermelha e amarela, respectivamente (Pereira, 2018).

Os frutos possuem também alto teor de fibras, lhe conferindo potencial também como fruto de mesa. Além de constar a presença substâncias antioxidantes, apresentam agentes antiproliferativos e antimicrobianos, o que lhe confere propriedades, antidiabética, anticarcinogênica e anti-inflamatória, vindo a despertar interesse da indústria farmacêutica (Possa, 2016; Pereira, 2018).

Diante disso, a *P. cattleyanum* tem demonstrado um alto potencial de uso por agricultores e em programas de melhoramento genético para fins não madeireiros, além da espécie apresentar um grande potencial econômico, o araçá constitui uma opção de cultivo orgânico, por se tratar de uma espécie com uma alta produtividade, baixo custo de manutenção e pouca necessidade de insumos agrícolas (Corrêa, 2010; Pinto Junior, *et al.*, 2013; Rodriguez *et al.*, 2016).

Sua propagação é realizada principalmente por via seminal, por apresentar taxas de germinação que podem alcançar valores acima de 95 % (Vieira *et al.*, 2018). Entretanto, a viabilidade das sementes é diretamente influenciada pelo tempo de armazenamento e pela recalcitrância das mesmas, além de fatores ligados ao ambiente de plantio.

Portanto, a adoção de técnicas alternativas à propagação por sementes é essencial para superar barreiras fisiológicas, favorecer clonagem de genótipos de interesse e o desenvolvimento de cultivares comerciais (Silva; Perez; Paula, 2011; Tomaz *et al.*, 2011; Porto *et al.*, 2018; Carvalho; Neves; Tronco, 2020).

2.2 Propagação via Miniestaquia

A propagação via miniestaquia surge como uma variante da técnica de estaquia convencional. Ao contrário da estaquia, onde os propágulos são provenientes das cepas de uma árvore selecionada, na miniestaquia o material utilizado é proveniente de minicepas, que compõem um minijardim clonal, oriundas de diversos sistemas, como a estaquia, mudas produzidas por sementes, e a própria miniestaquia (Xavier; Da Silva, 2010; Ferriani *et al.*, 2011; Dias *et al.*, 2012; Wendling *et al.*, 2021).

Embora a propagação por estaquia seja uma técnica promissora, sua aplicação está acarretada a limitações físicas e fisiológicas, relacionadas ao material coletado da matriz. Fatores como a existência de variação fisiológica ao longo do ramo, a dificuldade no rejuvenescimento de material adulto e a ausência de um manejo adequado no ambiente de propagação, mostram-se como limitações significativas para o emprego da técnica (Vernier; Cardoso, 2013; Dias *et al.*, 2015; Bressanelli, 2017).

As limitações à utilização da estaquia, contornadas na metodologia da miniestaquia, que consiste na obtenção de miniestacas por meio da poda de minicepas do minijardim clonal, induzindo a formação de brotações pela quebra de dominância apical. Além de induzir o crescimento de brotações juvenis, menos lignificadas, o corte também auxilia na manutenção da juvenilidade do material por meio de colheitas sucessivas (Ferriani *et al.*, 2011; Wendling; Xavier, 2012; Bressanelli, 2017).

Na implantação do minijardim clonal podem ser aplicadas diferentes estruturas, como canaletões, tubetes, vasos ou sacos plásticos para acomodação das minicepas. No entanto, a utilização da estrutura canaletão apresenta maior vantagem em relação aos recipientes individuais, promovendo um aumento na produção de brotações e redução no intervalo de coletas. No entanto, embora o canaletão apresente melhoria na produtividade por unidade de área, a estrutura necessita de uma maior quantidade de insumos, para obtenção das miniestacas (Brondani *et al.*, 2009; Wendling; Xavier, 2012).

A técnica auxilia na redução da área produtiva, alcançando um maior percentual produtivo, promovendo maior eficiência no manejo, melhoria da qualidade do sistema radicular, aumento da velocidade de emissão de raízes, maior controle fitossanitário, diminuição do período de enraizamento, redução de custos relacionados a coleta de material vegetativo, redução da necessidade uso de reguladores, além de um maior controle sobre o material propagado (Brondani *et al.*, 2009; Ferriani *et al.*, 2011; Dias *et al.*, 2012; Lima, 2021).

Em contrapartida, a propagação via seminal, que promove a recombinação dos genótipos dos parentais, promove uma diversificação fenotípica dentro de um plantio, comprometendo a ergonomia das operações em campo, como tratos silviculturais e colheita (Silva, 2021; Silva,

2022).

Para a confecção de miniestaca, deve-se remover a brotação em corte reto ou em bisel na base, cujo comprimento varia de 2 a 6 cm, variando de acordo com a brotação, tamanho das folhas e filotaxia da espécie, podendo ou não haver a manutenção de um ou dois pares de folhas jovens (Wendling; Xavier, 2012; Lima, 2021). Que são usualmente cortadas transversalmente com o objetivo de evitar o excesso de transpiração e acondicionar em recipientes contendo água fria para manter a viabilidade do material (Xavier; Da Silva, 2010; Bressanelli, 2017; Lima, 2021).

As miniestacas apicais devem ser obtidas a cerca de 12 a 18 cm de altura a partir da zona do coleto, com pelo menos um par de folhas, dependendo da espécie. As minicepas são manejadas, irrigadas e fertilizadas, produzindo novas brotações entre 10 a 25 dias, para o próximo ciclo de coleta (Brondani *et al.*, 2009; Wendling *et al.*, 2021).

Ao optar pela miniestaquia, faz-se necessário conhecimento prévio a respeito da espécie. As características do material produzido pelas minicepas devem ser consideradas como sua consistência, posição no ramo e seu tamanho, além de fatores ambientais como a estação ao qual se inicia a corte das miniestacas, podendo ocorrer interferência na produção de brotações das minicepas e enraizamento das miniestacas (Ferriani *et al.*, 2011; Dias *et al.*, 2012; Lima, 2021).

O período de enraizamento é variável de acordo com as características da espécie, e condições ambientais. Temperaturas baixas e oscilantes reduzem o metabolismo dos indivíduos, promovendo uma menor produção de brotações e prolongamento do tempo de enraizamento das miniestacas, sendo sugerido temperatura ideal entre 25° a 30° C (Brondani *et al.*, 2009; Ferriani *et al.*, 2011; Lima, 2021).

O processo de enraizamento por miniestaca segue o mesmo princípio da técnica de estaquia, com diferenças metodológicas, com redução ou sem necessidade da aplicação do regulador de crescimento AIB (ácido indolbutírico). O emprego do regulador juntamente a técnica pode ter como objetivo aumentar a eficiência do enraizamento e a qualidade do sistema radicular (Xavier; Da Silva, 2010; Ferriani *et al.*, 2011; Lima, 2021).

Técnicas de propagação vegetativa permite não só a homogeneização de plantios, como também a seleção de características desejáveis (Lira Júnior *et al.*, 2007). Por meio da utilização de material genético selecionado, é possível promover a replicação de características de interesse em uma população, formando uma base inicial para programas de melhoramento de espécies nativas (Rodriguez *et al.*, 2016; Carvalho; Neves; Tronco, 2020).

Dentre as técnicas de propagação vegetativa, a miniestaquia possui grande importância na produção comercial, sendo utilizada na propagação comercial de espécies como o eucalipto, demonstrando-se também ser viável para propagação de espécies nativas. A miniestaquia constitui-se atualmente como o principal método adotado pelos viveiros florestais das empresas

do setor florestal brasileiro para clonagem de *Eucalyptus* spp. (Dias *et al.*, 2012; Wendling *et al.* 2021).

Diante do êxito obtido pelo método propagativo na produção em grande escala de mudas de *Eucalyptus* spp., sua implementação na produção de mudas para espécies nativas de interesse é necessário, visto que a multiplicação de genótipos é uma marco importante para o início de programas de melhoramento (Dias *et al.*, 2012; Wendling *et al.*, 2021).

Sua utilização é indicada para espécies nativas que apresentam problemas de propagação via semente, em estudos de recomposição ambiental ou na clonagem de indivíduos. No entanto, por se tratar de uma técnica relativamente recente, pouco se conhece a respeito de sua aplicabilidade na produção comercial em espécies nativas, sendo necessário estudos mais aprofundados com relação à metodologia voltada a condução e manejo dos minijardins, com ênfase às particularidades de cada espécie, bem como seu desenvolvimento em campo (Ferriani, *et al.*, 2011; Dias *et al.*, 2012; Lima, 2021).

2.3 Reguladores de Crescimento

Os reguladores vegetais são substâncias sintéticas similares a hormônios vegetais, com capacidade de replicar seus efeitos em plantas. Sendo responsáveis por atuar na fisiologia dos tecidos vegetais, esses compostos atuam nas plantas, em baixas concentrações, desencadeando respostas fisiológicas, promovendo inibição ou formação de tecidos nos vegetais, podendo ou não atuar em conjunto com outros grupos de substâncias compondo o balanço hormonal (Oliveira, 2011; Melo, 2015; Aguilera, 2020).

Os reguladores em sua maioria atuam como sinalizadores químicos, regulando o crescimento e desenvolvimento das plantas, ligando-se a receptores da planta promovendo mudanças celulares, atuando na formação e desenvolvimento de órgãos ou tecidos (Kappes *et al.*, 2011).

Dentre as principais classes de reguladores vegetais, temos as classes das citocinas e as auxinas. As citocininas estimulam a divisão celular e o crescimento das plantas, estando relacionadas diretamente com a formação de fibras do fuso mitótico, além de possuírem a capacidade de inibir o desenvolvimento de plantas. (Goelzer *et al.*, 2019). Já as auxinas, mais comumente utilizadas na propagação vegetativa para o enraizamento, são responsáveis por promover a divisão, diferenciação e alongamento celular, vindo a atuar na manutenção da dominância apical (Goelzer *et al.*, 2019).

Em concentrações baixas, as auxinas auxiliam no crescimento normal dos embriões e das raízes, enquanto em concentrações mais elevadas, podem ter efeito inibitório ou favorecer a formação de calos, sendo geralmente utilizado no cultivo *in vitro* (Melo, 2015; Goelzer, 2016).

O grupo auxina foi o primeiro grupo químico de reguladores identificado, sendo o primeiro regulador citado na literatura o ácido indolacético (ácido indolil-3-acético – AIA), considerado, dentre esse grupo de compostos, a substância mais abundante e de maior relevância fisiológica nos vegetais, havendo posteriormente a descoberta de várias outras substâncias que apresentam a mesma função como AIB e ANA, ambos do mesmo grupo químico do AIA (Santos, 2017).

O ácido indolbutírico (AIB) é a auxina sintética mais utilizada no enraizamento de estacas, devido a suas características, visto que se trata de uma substância fotoestável, de ação localizada pouco sensível à degradação biológica (Vernier; Cardoso, 2013; Santos, 2017; Taiz; Zeiger, 2017).

As auxinas são compostos associados à iniciação de raízes, são predominantemente sintetizadas no meristema apical, porém também podem ser produzidas em gemas e outros tecidos jovens. Nas plantas, essas substâncias podem ser estocadas na forma de auxina conjugada, sendo armazenada no citoplasma e permanecendo inativa até que sua utilização seja necessária em processos fisiológicos e metabólicos de enraizamento, sofrendo hidrólise e convertendo-se em sua forma ativa (Melo, 2015). Quando a hidrólise da auxina no citoplasma ocorre de maneira incompleta, a concentração de auxina livre endógena pode diminuir, prejudicando o enraizamento de propágulos (Melo, 2015).

A aplicação de reguladores têm como finalidade de alcançar resultados superiores no enraizamento de estacas e miniestacas, além da melhoria da qualidade do sistema radicular, em um menor período de tempo. O uso de reguladores vegetais especialmente as auxinas, se tornou uma alternativa viável para o favorecimento da técnica, sendo obtidos maiores percentuais de enraizamento em função de maiores aplicações proporcionais de regulador vegetal (Ferriani *et al.*, 2011; Souza, 2016; Moura *et al.*, 2019).

No caso da miniestaquia, o sucesso da técnica só é alcançado por meio da manipulação das condições ambientais e fisiológicas das miniestacas como a umidade, temperatura, luminosidade, substrato, sanidade, pH e concentração de CO₂ no ambiente (Rodriguez, 2013). Condições essas que interferem na desdiferenciação dos tecidos, e posteriormente a formação de raízes adventícias, havendo influência tanto de fatores genéticos quanto ambientais na sua eficiência, podendo ser favorecida pela utilização de auxinas (Melo, 2015; Moura *et al.*, 2019).

Além disso, as características individuais da própria espécie podem interferir na propagação, em espécies onde se há acúmulo de compostos fenólicos, como é caso do araçazeiro, essas substâncias ao entrarem em contato com o ar, promovem a oxidação dos tecidos, causando dificuldade em sua propagação, o que pode ser mitigada pela aplicação de reguladores (Souza, 2016; Pereira, 2018; Porto, *et al.*, 2018; Pluta, 2020).

Com relação a miniestaquia, o uso de auxinas promovem uma superioridade nas respostas de enraizamento, número e comprimento de raízes relacionados ao material juvenil. Ferriani *et al.* (2011) estudando a espécie *Piptocarpha angustifolia* Dusén ex Malme, verificou que o enraizamento ocorreu na ausência ou sob baixas concentrações de auxinas (inferiores a 1000 mg L⁻¹). Entretanto, em trabalhos como o de Moura *et al.*, (2019), não houve diferença significativa entre o tratamento controle e a aplicação de AIB, não sendo justificada a aplicação de regulador na miniestaquia para *Hymenaea courbaril*, obtendo valores próximos ou inferiores ao tratamento controle.

Resultados esses que podem ser justificados tanto pela fisiologia da espécie quanto pelas concentrações de enraizador aplicadas no experimento. Portanto, estudos voltados à caracterização de cada espécie são necessários para a definição de doses ideais.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos de reguladores de crescimento vegetais analíticos e comerciais no enraizamento de miniestacas de araçá (*Psidium cattleianum* Sabine).

3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Estabelecer concentrações ideais dos ácidos indolbutírico, indolacético e naftalenoacético no enraizamento de miniestacas;
- ✓ Avaliar reguladores de crescimento comerciais formulados, Clonex (Ácido indol-3-butírico 3.000 mg L⁻¹), Seradix B3 (Ácido indol-3-butírico 8.000 mg L⁻¹) e AIB 6000ppm no enraizamento de miniestacas;
- ✓ Avaliar o enraizamento e a sobrevivência de miniestacas;

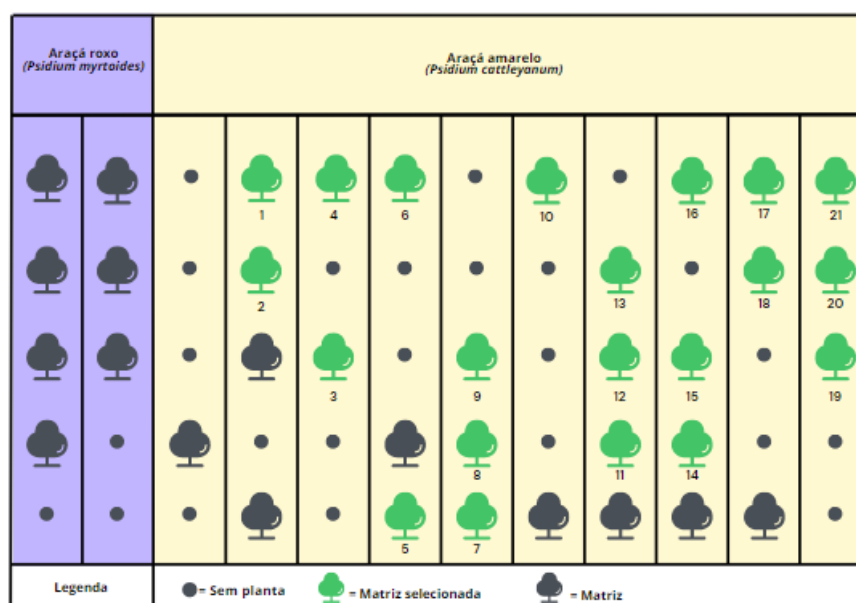
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Origem do Material Vegetal

O estudo foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes Florestais e no Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). As sementes utilizadas para a instalação do minijardim clonal foram obtidas no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) na estação experimental de Itambé, que conta com um banco de germoplasma da espécie.

O estudo foi realizado com materiais provindos do banco ativo de germoplasma. Este banco de araçazeiro foi implantado em 2010 na Estação Experimental de Itambé, o mesmo é composto por 29 acessos de *Psidium cattleianum* Sabine (araçá amarelo), espécie utilizada no estudo, e 7 acessos de *Psidium myrtilloides* O. Berg. (araçá roxo), totalizando 36 acessos com espaçamento de plantio de 6 x 5 m. Todo material vegetal propagado do IPA foi mantido e analisado, exclusivamente, nas dependências do Viveiro Florestal da UFRPE (Figura 1).

Figura 1. Croqui do banco ativo de germoplasma do gênero *Psidium* da estação experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) estação experimental de Itambé.



Fonte: Autor, 2023.

4.2 Formação e Manejo do Minijardim

Para o estabelecimento do minijardim clonal, foram utilizadas minicepas obtidas a partir de propagação via seminal, utilizando 11 acessos escolhidos aleatoriamente do banco de germoplasma. Foram coletados 15 frutos por acesso de *Psidium cattleianum*, de acordo com a disponibilidade dos frutos, sem causar prejuízos para a análise anual de produção no banco de germoplasma. Foram plantados 12 indivíduos para cada acesso.

As sementes de araçá foram obtidas por meio do despulpamento mecânico dos frutos. Inicialmente, os frutos foram reduzidos em tamanho por meio de cortes e, em seguida, colocados sobre uma peneira. Durante o processo, o mesocarpo foi removido através do atrito entre o material vegetal e o utensílio, resultando na separação das sementes do restante do material vegetal, promovida pelo fluxo da água corrente

Após a obtenção do material seminal, o mesmo foi esterilizado por meio da utilização de hipoclorito de sódio (diluído a 5%), sendo destinadas 150 sementes de cada acesso para o estabelecimento do jardim de minicepas. Foram semeadas 15 sementes de cada acesso por sacola plástica com capacidade de 1 L, preparada com terra de subsolo, substrato comercial e composto orgânico na proporção 1:1:1. Após 120 dias da semeadura, foi realizado o raleio, mantendo aleatoriamente somente uma planta em cada sacola e, na sequência, foi adicionado 15 g de adubo (liberação lenta / 90 dias) NPK na formulação 11:09:27.

As mudas foram posteriormente transplantadas em vasos de 5L (Figura 2), onde posteriormente foram realizadas irrigações necessárias para a conservação do vigor hídrico e manutenção das miniestacas necessárias à experimentação. As miniestacas utilizadas no experimento foram provenientes do quinto corte do minijardim clonal, formado por minicepas provindas de mudas seminais. Inicialmente, o primeiro corte realizado foi para promover a quebra da dominância apical, 30 dias após o transplante. Em seguida, os cortes foram sucessivamente realizados em ciclos de 45 dias.

Figura 2. Minijardim clonal formado a partir de mudas produzidas com sementes provindas da estação experimental do Instituto agrônomo de Pernambuco (IPA), estação experimental de Itambé.



Fonte: Autor, 2023.

4.3 Enraizamento das miniestacas

Para a instalação do experimento, foram utilizadas miniestacas apicais com dimensões de 6-8 cm de comprimento, sem redução foliar, provenientes das minicepas de araquê oriundas de mudas seminais. As miniestacas foram obtidas por meio de corte utilizando tesoura de poda esterilizada com hipoclorito de sódio (diluído a 10%), permanecendo em contato com a solução por 15 minutos. Posteriormente, o material coletado foi acondicionado em caixas de isopor contendo papel toalha umedecido, visando manter as condições de turgescência até a etapa de estaqueamento.

Para a realização dos testes foram aplicados os reguladores de crescimento comerciais formulados de concentração definida: Clonex[®] (Ácido indol-3-butírico 3.000 mg L⁻¹) (líquido), Seradix B3[®] (Ácido indol-3-butírico 8.000 mg L⁻¹) (pó), AIB 6000ppm (pó + CaCO₃), tratamento controle positivo (AIB 2.500 mg L⁻¹) mais o tratamento controle, onde não houve aplicação de regulador. Posteriormente, em experimento distinto, foi realizado o mesmo procedimento com reguladores de crescimento analíticos, reguladores de formulação conhecida (0, 2.500 e 5.000 mg L⁻¹): ácido indolbutírico (AIB), ácido indolacético (AIA) e ácido naftalenoacético (ANA), via líquido, para a realização de testes.

As miniestacas tiveram suas bases mergulhadas na solução ou pó do regulador por um período de 5 segundos, antes de serem estaqueadas no substrato. As miniestacas foram implantadas em tubetes plásticos de 55 cm³ de capacidade, contendo substrato comercial e vermiculita de granulometria média (30 %) na proporção de (1:1) (Figura 2). Sendo as mesmas transferidas para estufa com nebulização intermitente, em intervalos de uma hora entre as nebulizações, para a manutenção da umidade do substrato.

4.4 Obtenção de variáveis e Análise de dados

As avaliações foram distribuídas ao longo de um período de 135 dias, divididos em três ciclos de 45 dias para cada ambiente. Foram avaliadas as variáveis conservativas nos dois primeiros ambientes, com as mudas ainda em tubetes, sendo posteriormente transferidas para os ambientes subsequentes: iniciando na Casa de Vegetação (CV), seguindo para a Casa de Sombra (CS), onde as mudas passaram pelo processo de rustificação, protegidas por sombrite 50%, e finalizando o experimento no ambiente a Pleno Sol (PS). A avaliação iniciou-se em março e foi concluída em julho, período durante o qual foi possível observar os efeitos promovidos tanto pelos reguladores comerciais quanto pelos analíticos, destacando a influência dos reguladores no desenvolvimento das mudas.

Para as análises foi estabelecido um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial duplo, considerando cada regulador de crescimento (AIB, AIA e ANA), em três doses (0, 2.500 e 5.000 mg L⁻¹) e outro experimento em delineamento inteiramente casualizado, considerando os reguladores comerciais (Clonex[®], Seradix[®] B3, AIB 6000 ppm, tratamento controle positivo, AIB na concentração de 2.500 mg L⁻¹ e o tratamento controle, onde não foi aplicado regulador).

Foram utilizadas 20 repetições (miniéstacas) para cada dose dos reguladores (AIB, AIA e ANA), perfazendo um total de 180 miniéstacas. Para o experimento dos reguladores comerciais, foram utilizadas 20 repetições (miniéstacas) para cada regulador (Clonex[®], Seradix[®] B3, AIB 6000 ppm e AIB 2500) e controle, perfazendo um total de 100 miniéstacas.

As mudas provenientes das miniéstacas foram submetidas à avaliação em tubetes por métodos conservativas, conduzidas nas condições da casa de vegetação (CV) e casa sombra (CS). As variáveis avaliadas incluíram o comprimento da parte aérea (CPA, em centímetros), medido a partir da base da muda no tubete utilizando uma régua; o diâmetro do coleto (DC, em milímetros), mensurado com o auxílio de paquímetro digital; a porcentagem de sobrevivência (SOB, em %) das mudas em cada ambiente; a porcentagem de indivíduos que apresentaram, ocorrência de raízes no fundo dos tubetes (RFT, em %); e o número de brotações (BRO).

Posteriormente, após decorridos o período de 45 dias, as mudas foram transferidas para o ambiente a pleno sol (PS), onde foram realizadas análises não conservativas. Além da avaliação do comprimento da parte aérea (CPA, em centímetros), o diâmetro do coleto (DC, mm) e a porcentagem de perdas, representada pela sobrevivência (SOB, %), foram também avaliadas as variáveis número de raízes (NR), obtido por meio da contagem de raízes emitidas diretamente da miniéstaca, volume de raiz (VR, cm³), obtido por deslocamento de líquidos por meio da utilização proveta de 25ml ± 0,5 ml, e a massa seca da parte aérea (MSPA, em gramas) e massa seca da raiz (MSRA, em gramas), obtidos por meio de gravimetria direta utilizando balança analítica de precisão, após secagem em estufa a 60° C por 72 horas.

Foram realizadas análises de variância (ANOVA) em ambos os tratamentos e em caso de significância ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Todas as análises foram realizadas por meio do software R (Core Team, 2023).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Reguladores de crescimento comerciais

Com relação aos resultados obtidos no presente estudo, não foi verificado diferença significativa ($p < 0,05$) para as variáveis número de brotos, porcentagem de indivíduos com raízes fora do tubete em casa de vegetação (CV), além da variável altura que não apresentou diferença estatística também no ambiente casa de sombra (CS). No entanto, as variáveis porcentagem de indivíduos com raízes fora do tubete (gráfico A) e Número de brotações (gráfico B) no ambiente casa de sombra (CS) apresentaram diferença significativa, na emissão de brotos e no favorecimento do desenvolvimento de raízes.

A variável porcentagem de emissão de raízes fora do tubete (gráfico A), tomada como indicativo da eficiência no enraizamento dos propágulos, apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entres os tratamentos, tanto na casa de vegetação (CV) quanto na casa de sombra (CS), com maior eficácia do regulador Seradix com uma porcentagem média de mudas com raízes fora do tubete em 40% em casa de vegetação (CV) e 80% em casa de sombra (CS).

Os resultados obtidos para a variável indivíduos com raízes fora do tubete (RFT%) podem ser associados à iniciação, promovida pela aplicação externa de reguladores de crescimento do grupo auxínico, como é o caso do Seradix. O regulador atua auxiliando de maneira mais eficiente na indução e desenvolvimento das raízes adventícias, contribuindo no estabelecimento do sistema radicial do propágulo (Souza *et al.*, 2016; Dias; Gastl Filho, 2020).

Assim como para a variável número de brotos (gráfico B), que embora não tenha apresentado diferença estatística entres os reguladores, durante o período decorrido em casa de vegetação, foi verificada diferença estatística após as mudas passarem para casa de sombra, onde o regulador Clonex apresentou um maior número médio de brotações, com 0,89 estando em um grupo estatístico isolado dos demais tratamentos, o que se manteve no ambiente a pleno sol (PS), onde não houve diferença estatística para a variável.

Embora o uso de reguladores do grupo auxínico iniba a formação de brotos, o processo de enraizamento pode provocar a morte das estacas, pois proporciona o consumo das reservas e a perda da umidade destas (Pimenta *et al.*, 2020). Sendo assim, considerando que as reservas são destinadas tanto para o enraizamento quanto a brotação, sugere-se que as miniestacas tratadas com reguladores de crescimento foram induzidas a estabelecer seu sistema radicular, passando posteriormente a desenvolver seu comprimento aéreo a partir do suporte nutricional e hídrico fornecido por seu sistema radicular (Lima *et al.*, 2018).

Já referente ao ambiente a pleno sol (PS), não foram verificadas diferenças estatísticas apenas para as variáveis, o número de raízes emitidas (unid.) e a massa seca das raízes (g). As

demais variáveis avaliadas foram verificadas diferenças estatísticas.

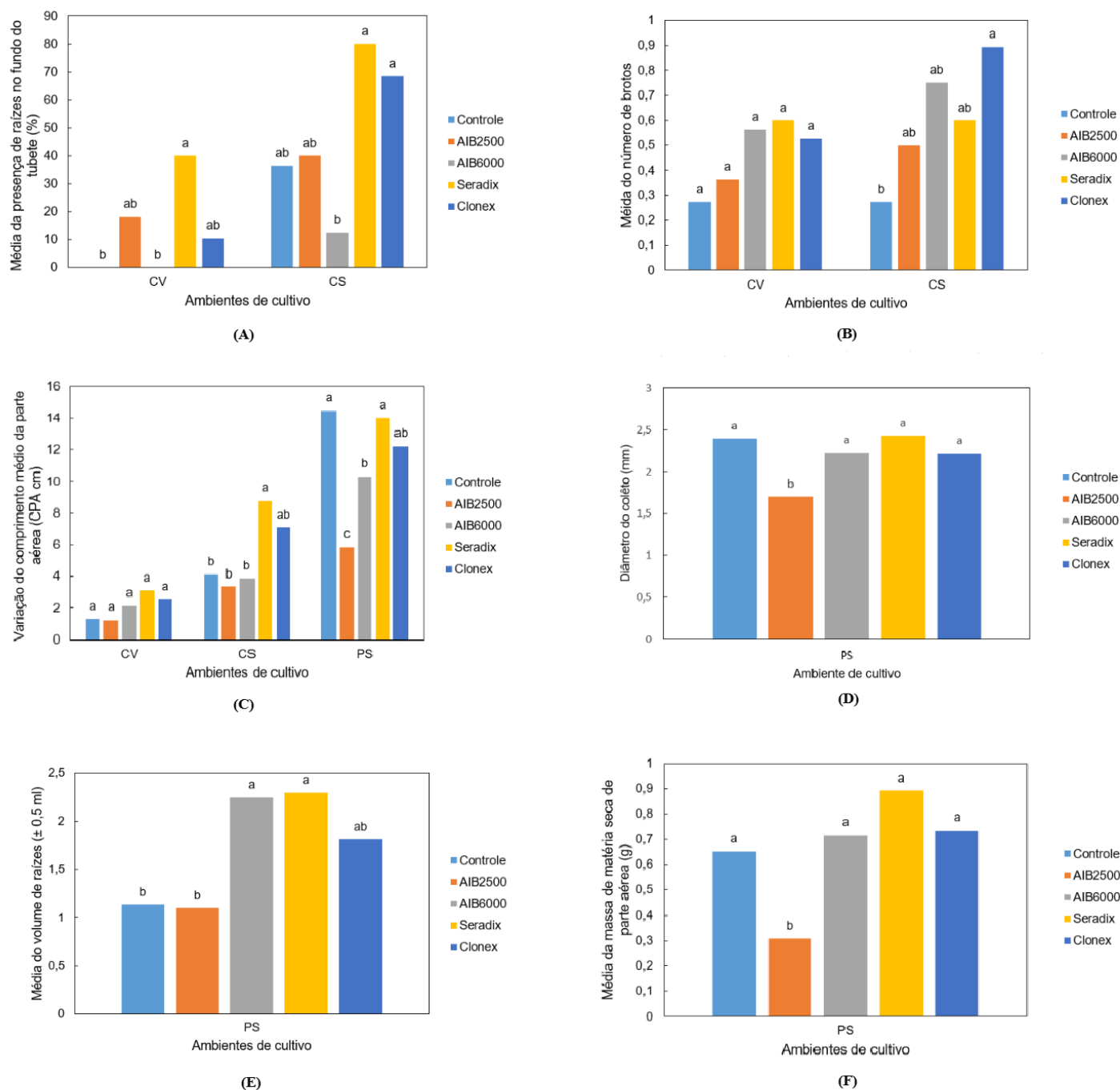
A variável comprimento da parte aérea (gráfico C), não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$), para a variável em casa de vegetação (CV), passando a apresentar diferença estatística apenas após passar para os ambientes casa de sombra (CS) e a pleno sol (PS). Sendo possível constatar um desenvolvimento maior em propágulos onde houve a aplicação do regulador Seradix, e o tratamento controle atingindo um valores médios de 8,7 cm (CS) e de 14 cm (PS). Resultado estatisticamente semelhante ao tratamento controle, que obteve 14,44 cm (PS), como valor médio para o comprimento da parte aérea de seus propágulos, o que não justificaria aplicação de reguladores formulados visando um maior desenvolvimento em comprimento.

O desempenho similar entre o regulador Seradix e o tratamento controle, pode ser associado à presença de auxina endógena no propágulo, que veio a favorecer a formação de raízes adventícias, com eficiência comparável aos reguladores formulados. O que pode ser justificado pelo emprego da técnica da miniestaquia que possui como uma de suas características, a redução da necessidade do uso de reguladores, o que associado a juvenilidade das minicepas seminais promoveram um enraizamento eficiente para o tratamento controle (Ferriani *et al.*, 2011; Botin; Carvalho, 2015). Após o estabelecimento do sistema radicular em casa de sombra (CS), os propágulos passaram absorver água e nutrientes disponibilizados no meio, além de maior acesso a luz solar ao passar para ambiente a pleno sol (PS), o que favoreceu o seu desenvolvimento em altura (Dias; Gastl Filho, 2020; Magalhães, 2021).

Para as variáveis massa seca da parte aérea (g) (gráfico F) e diâmetro do coleto (gráfico D), foi constatada diferença estatística entre os tratamentos, com os maiores valores médios sendo obtidos pelo regulador Seradix, com 0,891 g e 2,43 mm respectivamente, se estabelecendo juntamente aos demais tratamentos comerciais no mesmo grupo estatístico do tratamento controle. Variáveis diretamente ligadas ao desenvolvimento radicular, a parte aérea e raízes estão intimamente interligadas uma vez que o desenvolvimento do sistema radicular influencia processos diretamente ligados à absorção de água e nutrientes, conexão essa de extrema relevância para o desenvolvimento aéreo das mudas (Magalhães, 2021).

Referente a variável volume de raízes de raízes (cm^3) (gráfico E), foi constatada diferença significativa entre o volume médio das amostras, com maior desempenho dos reguladores, Seradix com $2,3 \text{ cm}^3$ e AIB 6000 com $2,25 \text{ cm}^3$, resultado que pode ser relacionado ao uso de auxinas na propagação vegetativa, promovendo aumento na eficiência do enraizamento, como foi evidenciado na variável, raiz fora do tubete (RFT%). A aplicação de reguladores veio a acelerar a iniciação da formação de raízes, promovendo uniformidade do enraizamento e melhora da qualidade do sistema radical. Como resultado, esses efeitos também influenciam positivamente o volume radicular (Peña; Zanette; Biasi, 2015).

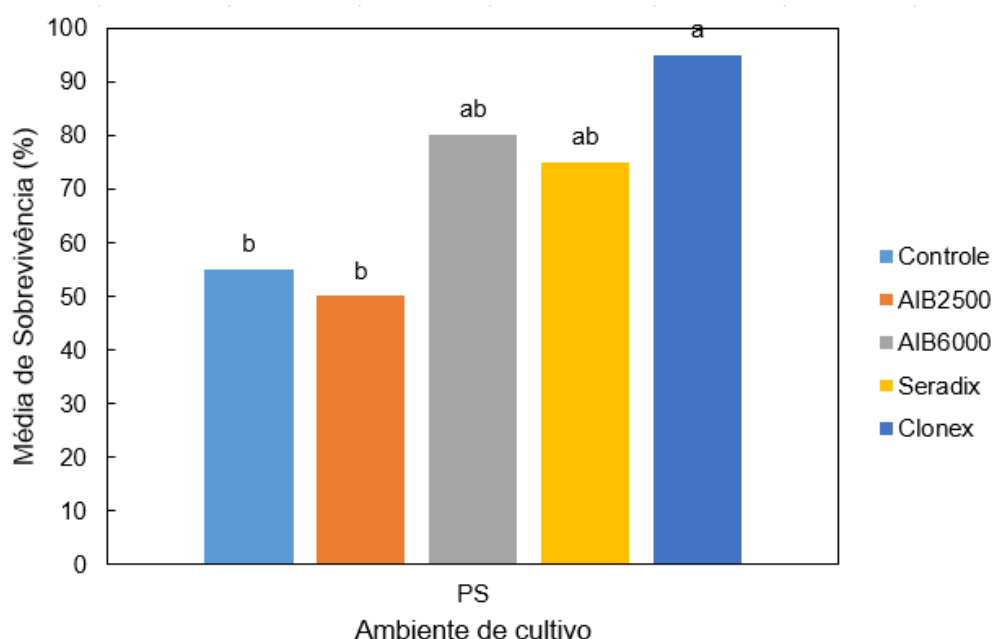
Figura 3 - Gráficos das variáveis Porcentagem de miniestacas com raízes fora do tubete (RFT%) (A), Número médio de brotações (BRO) (B), Variação do comprimento médio da parte aérea (CPA cm) (C), Diâmetro médio do coleto (Dc) (D), Volume médio em ml³ das raízes (Vr) (E) e Massa seca da parte aérea, em gramas (MSPA), (F) de mudas provenientes de miniestacas de *Psidium Cattleianum* Sabine após a aplicação dos reguladores AIB 6000, Clonex, Seradix e AIB 2500 comparados ao tratamento controle. CV: Casa de vegetação; CS: Casa de sombra e PS: Pleno sol.



*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Médias avaliadas via teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação a variável sobrevivência (Figura 4), houve diferença significativa ($p < 0,05$), entre o quantitativo de perdas de cada tratamento, mantendo um número constante desde a casa de vegetação, havendo um percentual de sobrevivência superior para o tratamento Clonex com 95 % de mudas, seguido do AIB 6000 e do Seradix com 80 % e 75 % respectivamente. Logo, podemos inferir que a aplicação de reguladores acelerou o desenvolvimento e estabelecimento do sistema radicular dos propágulos, promovendo aumento na taxa de sobrevivência das mudas no ambiente (Peña; Zanette; Biasi 2015). O que justificaria a aplicação de regulares formulados visando a sobrevivência das mudas provenientes de miniestacas, visto que sua aplicação diminui perdas e promove aumento de produtividade, favorecendo a produção de mudas.

Figura 4 - Percentual de Sobrevivência (SOB%) de mudas provenientes de miniestacas de *Psidium Cattleyanum* Sabine após a aplicação dos reguladores AIB 6000, Clonex, Seradix e AIB 2500 comparados ao tratamento controle. PS: Pleno sol.



*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Médias avaliadas via teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Diante das variáveis analisadas, foi possível constatar que houve efeito significativo dos reguladores comerciais aplicados, os tratamentos proferidos às mudas vieram a influenciar positivamente seu desenvolvimento, promovendo inclusive diferenças na disposição de seu sistema radicular (Figura 5).

Figura 5 – Mudas provenientes de miniestacas de *Pisidium cattleyanum* Sabine após a aplicação dos tratamentos: Controle (A), Clonex (B), AIB 6000 ppm (C), Seradix (D), e o controle positivo AIB 2500 ppm (E). *Barra amarela (dimensões 10 cm x 0,5 cm).



Fonte: Autor, 2023.

5.2 Reguladores de crescimento analíticos

Referente a aplicação de reguladores analíticos, não foi constatada diferença ($p < 0,05$), quanto aos tratamentos para as variáveis número de brotos (unid.) e altura, nos ambientes iniciais casa de vegetação (CV) e Casa de sombra (CS). Sendo possível verificar influência para os tratamentos empregados, tanto pelo regulador aplicado quanto a dosagem aplicada apenas para a variável porcentagem de Raízes fora do tubete (RFT%) (Tabela 1), para os ambientes.

As miniestacas tratadas por meio do regulador AIB, na concentração de 5000 mg L^{-1} foram as únicas a apresentar um total de 100 %, de miniestacas com raízes transpassando o fundo, desde o ambiente de casa de vegetação (CV). As miniestacas tratadas com o regulador ANA, na concentração de 2.500 mg L^{-1} passaram também a apresentar totalidade no percentual de raízes projetadas para fora do tubete, após serem realocadas para o ambiente de casa de sombra (CS). Resultado esse que pode ser associado diretamente a influência da aplicação externa de hormônios vegetais, de natureza auxínica, como o AIB, ANA e AIA, desencadeando a ativação das células do câmbio vascular e estimula a produção de etileno, fomentando a geração de raízes adventícias (Dias; Gastl Filho, 2020).

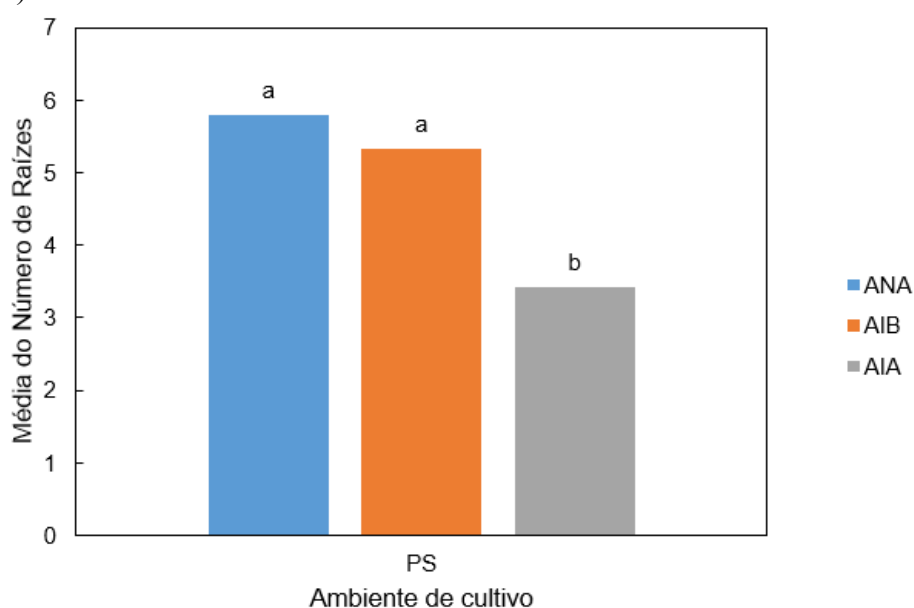
Tabela 1 – Porcentagem média de mudas com raízes fora do tubete (RFT%), em casa de vegetação (CV) e em casa sobra (CS) provenientes de miniestacas de *Psidium Cattleianum* Sabine após a aplicação dos reguladores, ANA e AIB, nas dosagens de 0; 2500 e 5000 (mg L^{-1}), dados em função dos reguladores de crescimento utilizados e dosagem mg L^{-1} aplicada.

Ambientes	CV			CS		
	Doses (mg L^{-1})			Doses (mg L^{-1})		
	0	2500	5000	0	2500	5000
Reguladores						
AIB	16.67 Ba	21.43 Bb	100 Aa	41.67 Ba	71.43 ABa	100 Aa
AIA	38.46 Aa	33.33 Ab	18.75 Ab	58.33 Aa	66.67 Aa	31.25 Ab
ANA	33.33 Ba	100 Aa	70 ABa	66.67 Aa	100 Aa	80 Aa

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si: letras maiúsculas posicionadas nas linhas e letras minúsculas posicionadas nas colunas. Médias avaliadas via teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto a variável número de raízes (Figura 6), foi possível observar significância entre os reguladores aplicados, com a obtenção dos maiores valores médios para os reguladores ANA e AIB, com 5,80 e 5,33, respectivamente. Os mesmos tratamentos que configuram nas miniestacas um maior desenvolvimento de seu sistema radicular, evidenciado pelo desempenho na variável anterior. O que pode estar relacionado também à ação dos reguladores, atuando na ativação de células do câmbio promovendo a formação de raízes provindas diretamente dos propágulos utilizados (Rezende; Zuffellato; Koehler, 2013; Souza *et al.*, 2016).

Figura 6 - Número médio de raízes (NR) de mudas provenientes de miniestacas de *Psidium Cattleianum* Sabine após a aplicação dos reguladores AIA, ANA e AIB, nas dosagens de 0; 2500 e 5000 (mg L^{-1}).



*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Médias avaliadas via teste de Tukey a 5% de probabilidade.

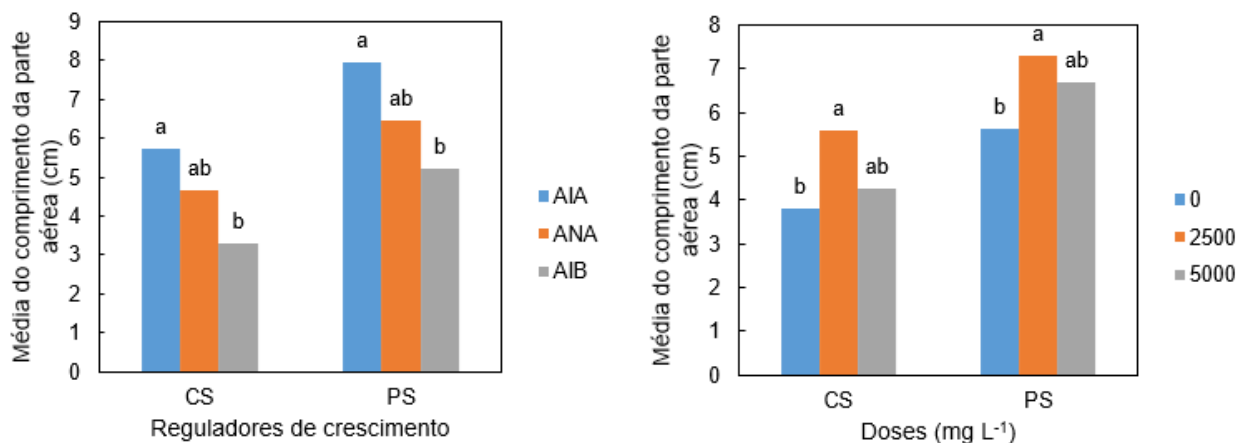
Com relação a variável comprimento da parte aérea (Figura 7), não foi possível constatar que houve significância ($p < 0,05$), entre os tratamentos apenas em casa de vegetação (CV). Passando para o ambiente em casa de sombra (CS), foi possível verificar diferença significativa, para o regulador utilizado e as dosagens aplicadas nos tratamentos, porém não para a relação entre ambos. Sendo obtidos os maiores valores médios, pelo regulador AIA, com 5,74 cm, já referente à dosagem, as miniestacas tratadas com reguladores na dosagem 2500 mg L⁻¹, que obtiveram o maior tamanho médio, com 5,58 cm.

Os resultados obtidos podem estar ligados à ação do próprio regulador, os reguladores aplicados em concentrações mais baixas demonstraram melhores resultados, o que pode ser associado à sua fitotoxicidade, o que pode justificar o desempenho das miniestacas que receberam a dosagem de 2500 mg L⁻¹. Visto que reguladores como ANA em condições de escuridão, não sofrem a fotooxidação, consequentemente, induzindo à formação de calos na base dos propágulos e na diminuição do desenvolvimento da parte aérea (De Souza, 2018).

Além disso, as doses aplicadas em conjunto com os hormônios que o indivíduo produz endogenamente, a ação conjunta entre ambas, vem a afetar seu desenvolvimento, logo o uso de reguladores em quantidades menores de reguladores de ser considerado (Botin; Carvalho, 2015).

No entanto, o regulador AIB possui menor toxicidade em comparação com outros reguladores. Isso resultou em um desempenho favorável nos propágulos tratados com AIB 5000. A aplicação desse composto para o enraizamento de plantas lenhosas é amplamente preferida, devido à sua notável eficácia no enraizamento de diversas espécies e ao seu reduzido potencial de causar fitotoxidez (Leite Filho, 2017).

Figura 7 – Variação do comprimento médio da parte aérea (CPA cm) de mudas provenientes de miniestacas de *Psidium Cattleianum* Sabine, em casa de vegetação (CV) e casa de sombra (CS), após a aplicação dos reguladores AIA, ANA e AIB, nas dosagens de 0; 2500 e 5000 (mg L⁻¹).



*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Médias avaliadas via teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto às demais variáveis avaliadas posteriormente ao ambiente pleno sol (PS), não foram constatadas diferenças significativas. Assim como para a variável sobrevivência, onde não foi constatada significância entre os reguladores analíticos aplicados, bem como suas dosagens. Sendo possível atribuir as perdas de cada tratamento a outros fatores, como o manejo das miniestacas, época do ano ao qual a técnica foi empregada, além de compostos fenólicos associados a promoção da oxidação dos tecidos na espécie utilizada (Hossel, 2016; Pereira, 2018; Pluta, 2020; Oliveira, 2022).

Referente aos reguladores analíticos, diante das variáveis analisadas, foi possível constatar que houve efeito significativo dos reguladores utilizados, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular formado pelas miniestacas (Figura 8).

Figura 8 – Miniestacas de *Pisidium cattleyanum* Sabine após a aplicação dos tratamentos, AIB Controle (A), AIB 2500 (B), AIB 5000 (C), AIA Controle, (D) AIA 2500 (E) AIA 5000 (F), ANA Controle (G), ANA 2500 (H), e ANA 5000 (I). *Barra amarela (dimensões 10 cm x 0,5 cm).



Fonte: Autor, 2023.

6. CONCLUSÕES

A aplicação dos reguladores de crescimento comerciais formulados, Seradix, Clonex e AIB 6000 foi favorável na formação do sistema radicular, no desenvolvimento e sobrevivência de mudas provenientes de miniestacas de *P. cattleyanum*, tendo alcançado um maior desempenho em relação ao tratamento controle AIB 2500, regulador comumente utilizado.

No que se refere aos reguladores analíticos, as miniestacas tratadas com regulador na concentração de 2.500 mg L⁻¹ apresentaram um desempenho superior em comparação ao tratamento controle e a concentração de 5.000 mg L⁻¹, indicando que doses inferiores são mais indicadas no enraizamento da espécie. Com relação ao estabelecimento de doses ideais, os reguladores AIB, ANA e AIA apresentaram desempenho superior nas dosagens de 5.000 mg L⁻¹, 2.500 mg L⁻¹ e 2.500 mg L⁻¹ respectivamente, sendo as concentrações que obtiveram os melhores resultados. Influenciado positivamente também a sobrevivência e desenvolvimento das mudas.

7. REFERÊNCIAS

- AGUILERA, R. Os reguladores vegetais e seus efeitos na fisiologia vegetal. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 80, n. 1, pág. 219-233, 2020.
- BATISTOTE, Margareth; MASCARENHAS, Maria do Socorro. Frutos do Cerrado: fonte de compostos bioativos com alto potencial de aplicabilidade. **Revista Cereus**, v.14, n.4, p. 239-250, 2022.
- BOTIN, Andréia; CARVALHO, Andréa De. Reguladores de crescimento na produção de mudas florestais. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 13, n. 1, p. 83-96, 2015.
- BRESSANELLI, Marcielly. **Miniestaquia de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*)**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2017.
- BRONDANI, Gilvano *et al.* Embrapa Florestas, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Propagação Vegetativa de *E. benthamii* x *E. dunnii* por Miniestaquia**. Colombo, PR, 2009.
- CARVALHO, Alaíde; NEVES, André; TRONCO, Kenia. Propagação vegetativa de espécies florestais da Amazônia. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 83417-83430, 2020.
- CARVALHO, Welma Faria; RIBEIRO, Flavio Henrique Martins; SOUSA, Cleiton Mateus. Aplicação de AIB em estacas caulinares de araçazeiro. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 33136-33139, 2020.
- CENEDENSE, Jéssica Maria *et al.* Diversidade de fruteiras nativas em propriedades rurais da bacia hidrográfica Paraná 3 Diversity of native fruit in rural properties a the Paraná river basin 3. **Brazilian Journal of Development, Curitiba**, v.8, n.5, p. 2525-8761, 2022.
- CORRÊA, Luiz Cláudio. **Similaridade genética em acessos de goiabeiras e araçazeiros: análises químicas e bioquímicas dos frutos**. 2010. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Fisiologia Vegetal - Instituto de Biociências de Botucatu, UNESP, Botucatu, 2010.
- COSTA, SARA. **Prospecção De Metabólitos Secundários Relacionados com a resistência de *Psidium spp.* ao Nematóide *Meloidogyne enterolobii***. 2021 (Dissertação de mestrado em biociências e biotecnologia) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo dos Goytacazes, 2021.
- DE SOUZA, Guilherme. **Fatores bióticos e abióticos que afetam a Micropropagação *in vitro***. 2018. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) - Instituto Federal de Minas Gerais. Campus São João Evangelista. 2018.
- DIAS, Poliana Coqueiro *et al.* Propagação vegetativa de *Schizolobium amazonicum* por estaquia. **Cerne**, v. 21, p. 379-386, 2015.
- DIAS, Poliana Coqueiro *et al.* Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Brazilian Journal of Forest Research/Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, 2012.
- DIAS, João Paulo Tadeu; GASTL FILHO, Josef. Reguladores vegetais na propagação de plantas. **Usos e Aplicações de Reguladores Vegetais. Belo Horizonte: EdUEMG**, p. 53-73, 2020.

DURÃES, Emanuelle RB; DE PAULA, Joelma AM; NAVES, Plínio LF. Gênero *Psidium*: aspectos botânicos, composição química e potencial farmacológico. **Revista Processos Químicos**, v. 9, n. 17, p. 33-40, 2015.

FERRIANI, Aurea Portes *et al.* Produção de brotações e enraizamento de miniestacas de *Piptocarpha angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 67, p. 257-257, 2011.

FOCHEZATTO, Érica Salvador.; **Composição físico-química, nutricional e compostos bioativos do araçá amarelo (*Psidium cattleianum* Sabine)**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em nutrição). 2018. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

FRANZON, Rodrigo Cezar *et al.* Embrapa Cerrados. **Araças do gênero *Psidium*: principais espécies, ocorrência, descrição e usos**. Planaltina, DF, 2009.

GOELZER, Ademir *et al.* Reguladores de crescimento na multiplicação in vitro de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg (Myrtaceae). **Brazilian Applied Science Review**, v. 3, n. 2, p. 1280-1291, 2019.

GOELZER, Ademir. **Multiplicação in vitro de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg (Myrtaceae)**. 2016. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Biotecnologia). - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Mato Grosso do Sul, 2016.

GIMENES, Eliseo S. *et al.* Propagação de *Cabralea canjerana* por miniestaquia. **Revista de Horticultura e Silvicultura**, v. 7, n. 1, pág. 8-15, 2015.

HOSSEL, Cristiano. Enraizamento de mini-estacas de jabuticabeiras, pitangueira, araçazeiro amarelo e sete capoteiro. 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

KAPPES, Claudinei *et al.* Uso de reguladores de crescimento no desenvolvimento e produção de crotalária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 508-518, 2011.

KROB, Alexandre *et al.* Contribution of southern Brazil to the climate and biodiversity conservation agenda. **Bio Diverso**, v. 1, n. 1, 2021.

PINTO JÚNIOR, J. E. *et al.* Embrapa. **Melhoramento genético de espécies arbóreas na Embrapa Florestas: uma visão histórica**. Colombo, PR, 2013.

LEITE FILHO, Rosembrando Sosthenes. **Efeito das Auxinas Ácido Indolbutírico (AIB), Ácido Indolacético (AIA) e Ácido Naftalenoacético (ANA) no enraizamento in vitro de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All.** Anais dos Seminários de Iniciação Científica, n. 21. Local: UFES, Vitória, 2017.

LIRA JÚNIOR, José Severino de. *et al.* Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária-IPA. **Pitangueira**. Recife, 2007.

LIMA, Clenes; OHASHI, Selma; SILVEIRA; Souza, Ailton. Efeito de diferentes concentrações de AIB e procedências geográficas no enraizamento de estacas de paricá. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 1282-1292, 2018.

LIMA, Raony Fabricio Lorena. **Ácido indol-butírico e posição do propágulo na propagação vegetativa de louro-pardo (*Cordia trichotoma* Vell.) por mini-estaquia**. 2021. Trabalho de

Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2021.

MAGALHÃES, Welliton Barros de. **Sistema radicular e suas interações com o desenvolvimento e nutrição do cafeeiro**. 2021. Dissertação de mestrado (Mestrado em Fitotecnia). - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 2021.

MARQUES, Kecy Dhones Monteiro *et al.* Efeito hormético de glyphosate no crescimento inicial de mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum*). **Agrarian**, v. 13, n. 47, p. 9-16, 2020.

MEREGALLI, Monalise, *et al.* Conventional and ultrasound-assisted methods for extraction of bioactive compounds from red araçá peel (*Psidium cattleianum* Sabine). **Arabian Journal of Chemistry**, V. 13, n. 6, p. 5800-5809, 2020.

MELO, Willany. **Propagação vegetativa de gabirobeira por estaquia**. 2015. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Unidade Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, Ipameri-GO, 2015.

MOURA, Luciana Coelho *et al.* Ácido indolbutírico (AIB) e substratos na propagação vegetativa de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) por miniestaquia. **Advances in Forestry Science**, v. 6, n. 1, p. 515-522, 2019.

NTALLI, Nikoletta *et al.* Emendas nematicidas e remediação de solos. **Plantas**, v. 9, n. 4, pág. 429, 2020.

NUNES, Sheila da Silva. **É preciso conhecer para conservar: publicações acadêmicas sobre o araçazeiro (*Psidium Cattleianum* Sabine) e seus múltiplos potenciais**. 2021. Monografia (graduação em Ecologia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2021.

OLIVEIRA, Henrique. **Efeito da idade, aplicação do ácido indolbutírico e das quatro estações do ano na estaquia de araçazeiro**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2022.

OLIVEIRA, Leandro Silva de. **Micropropagation, micro-cutting and mini-cutting of hybrid clones of *Eucalyptus globulus***. 2011. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal; Meio Ambiente e Conservação da Natureza; Silvicultura; Tecnologia e Utilização de) - **Universidade Federal de Viçosa**, 2011.

PEÑA, Martha Lucía; ZANETTE, Flávio; BIASI, Luiz Antonio. Época de coleta e ácido indolbutírico no enraizamento de miniestacas de pitangueira. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 3055-3067, 2015.

PEREIRA, Elisa dos Santos. **Caracterização de frutos de araçá (*Psidium cattleianum* Sabine): composição fenólica, atividade antioxidante e inibição de alfa-amilase e alfa-glicosidase**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

PIMENTA, Rerison; RIBEIRO, Valtermir; Santos, James; Carvalho, Rubens; Enraizamento de estacas de aceroleira utilizando sombreamento e ácido indolbutírico. **Revista Trópica - Ciências Agrárias E Biológicas**, V. 12 n. 1 2020.

PLUTA, Renata Adelaide. **Estabelecimento de protocolos de extração para araçazeiro vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine) visando estudos moleculares**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2020.

PORTO, Alexandre Hack *et al.* Formas de armazenamento de sementes de araçazeiro (*Psidium cattleianum* Sabine) cv. YA-CY. **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215, v. 14, n.1, p. 26–34. 2018.

POSSA, Jucelaine. **Compostos Bioativos e Capacidade Antioxidante de Araçás (*Psidium Cattleianum* Sabine) Morfotipo Amarelo e Vermelho Cultivados no Rio Grande do Sul**. 2016. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Nutrição) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul Faculdade de Medicina. Porto Alegre, 2016.

PROENÇA, C.E.B. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. ***Psidium* in Flora e Funga do Brasil**, Rio de Janeiro, 2023.

REZENDE, F. P. F.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S. Aplicação de extratos de folhas e tubérculos de *Cyperus rotundus* L. e de auxinas sintéticas na estaquia caular de *Duranta repens* L. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 15, p. 639-645, 2013.

RODRIGUEZ, Edwin Antonio Gutierrez. **Contribuições à propagação de araçazeiro (*Psidium cattleianum* Sab.) e grumixameira (*Eugenia brasiliensis* Lam.)**. 2013. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2013.

RODRIGUEZ, Edwin Antonio Gutiérrez *et al.* Propagação assexuada de araçazeiro (*Psidium Cattleianum* Sabine) por estacas de folhas e ramos jovens. **Revista Árvore**, v. 40, pág. 707-714, 2016.

SANTOS, Marcio dos. **Produção de mudas por semente e estaquia em annonáceae**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba. 2017.

SILVA, Maria Kely Alves Gomes da. **Potencial energético da madeira de clones de *Eucalyptus* implantados em região neotropical do Brasil e seu desempenho como biocombustível**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Agrícola de Jundiá, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

SILVA, Antonio da; PEREZ, Sonia Cristina Juliano Gualtieri de Andrade; PAULA, Rinaldo César de. Qualidade fisiológica de sementes de *Psidium cattleianum* Sabine acondicionadas e armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 197-206, 2011.

SILVA, Joyce Pinheiro da. **Superação de dormência e crescimento de *Hymenaea Courbaril* L.** 2021.TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2021.

SOUZA, A. V. V. *et al.* Efeito da época de coleta e concentração de auxina no enraizamento de estacas de *Lippia gracilis* Schauer. **Rev Bras Pl Med**, v. 18, n. 3, p. 699-707, 2016.

SOLIMAN, Fathy M. *et al.* Estudo comparativo do teor de óleo volátil e atividade antimicrobiana das folhas de *Psidium guajava* L. e *Psidium Cattleianum* Sabine. **Boletim da Faculdade de Farmácia da Universidade do Cairo**, v. 54, n. 2, pág. 219-225, 2016.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia vegetal**. Edição 7. Porto alegre: artmed, 2017.

TOMAZ, Zeni Fonseca Pinto *et al.* Tratamentos pré-germinativos em sementes de araçazeiro (*Psidium cattleianum* Sabine L.). **Current Agricultural Science and Technology**, v. 17, n. 1, 2011.

SPASSIN, Ana Claudia; GARCIA, Flávio Augusto. O ácido indolbutírico (IBA) é viável para a sobrevivência e o enraizamento de miniestacas de *eucalyptus dunnii*?. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, 2016.

VERNIER, Rafaela; CARDOSO, Susette. Influência do ácido indol-butírico no enraizamento de estacas em espécies frutíferas e ornamentais. **Revista eletrônica de Educação e Ciência**, v. 3, n. 2, p. 11-16, 2013.

VIEIRA, Roberto Fontes; CAMILLO, Julcéia; CORADIN, Lidio. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro-Região Centro-Oeste**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade, 2018.

WENDLING, Ivar; XAVIER, Aloisio. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. único, p. 187-194, 2012.

WENDLING, Ivar *et al.* Embrapa. **Produção de mudas de eucalipto**. Brasília, 2021.

XAVIER, Aloisio *et al.* Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 27, p. 139-143, 2003.

XAVIER, Aloisio; DA SILVA, Rogério Luiz. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Agronomía Costarricense**, v. 34, n. 1, p. 93-98, 2010.