

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**Resgate de DNA e indução de florescimento ultraprecoce em espécies nativas
da Amazônia**

Werônica Rodrigues Reis Chagas
Magister Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025**

WERÔNICA RODRIGUES REIS CHAGAS

Resgate de DNA e indução de florescimento ultraprecoce em espécies nativas da Amazônia

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Gleison Augusto dos Santos

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

C433r
2025
Chagas, Werônica Rodrigues Reis, 1996-
Resgate de DNA e indução de florescimento ultraprecoce
em espécies nativas da Amazônia / Werônica Rodrigues Reis
Chagas. – Viçosa, MG, 2025.
1 dissertação eletrônica (71 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Gleison Augusto dos Santos.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Engenharia Florestal, 2025.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.452>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Genética vegetal. 2. Plantas - Reguladores. 3. DNA.
4. Enxertia. 5. Biodiversidade florestal - Conservação. I. Santos,
Gleison Augusto dos, 1977-. II. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Florestal. Programa de
Pós-Graduação em Ciência Florestal. III. Título.

GFDC adapt. CDD 22. ed. 634.91653

WERÔNICA RODRIGUES REIS CHAGAS

Resgate de DNA e indução de florescimento ultraprecoce em espécies nativas da Amazônia

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 5 de março de 2025.

Assentimento:

Werônica Rodrigues Reis Chagas
Autora

Gleison Augusto dos Santos
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pela autora em 24/07/2025 às 15:57:38 e pelo orientador em 01/08/2025 às 12:07:02. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **59YU.PDDG.NBMT** e clique no botão 'Validar documento'.

Aos meus pais Rosa e Amarildo,
A minha irmã Welitha,
A minha sobrinha Maria Eduarda,
A toda minha família e amigos,
pelo apoio e carinho de sempre.
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, expresso minha gratidão a Deus, cuja presença me fortaleceu em cada momento desta jornada.

Aos meus pais, Rosa Reis e Amarildo Chagas, pelo amor incondicional, pelo apoio inabalável e por sempre acreditarem no meu potencial, nesta e em todas as etapas da minha vida.

À minha irmã, Welitha, e à minha sobrinha, Maria Eduarda, pelo carinho e incentivo constantes.

Ao meu orientador, Gleison Augusto dos Santos, por sua dedicação, ensinamentos valiosos e apoio ao longo desta trajetória.

Ao meu coorientador, Guilherme Bravim Canal, pela paciência, auxílio fundamental e orientações sempre precisas.

Ao meu colega de trabalho, Alexandro Moreira Cruz, pelo empenho e contribuição essencial para o desenvolvimento desta pesquisa.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, pela oportunidade de realizar meu mestrado com excelência.

À Universidade Federal do Pará (UFPA), pelo suporte na disponibilização do viveiro e do Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal (LERF), fundamentais para a condução deste estudo.

À Norte Energia, pelo financiamento do projeto PD-07427-0622/2022, que possibilitou a realização deste trabalho.

Aos meus familiares, por todo o incentivo, em especial às minhas queridas avós, Jacinta e Carminha.

Às minhas amigas, Carine, Luna, Adrinny, Tacla, Débora, Flora, Fernanda, Açucena e Leticia, pela amizade, apoio e companheirismo inestimáveis.

Aos professores e amigos do Pará, que sempre me apoiaram quando precisei, com um agradecimento especial aos amigos paraenses Cleber, Kerciane e Gustavo.

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

RESUMO

CHAGAS, Werônica Rodrigues Reis, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2025. **Resgate de DNA e indução de florescimento ultraprecoce em espécies nativas da Amazônia.** Orientador: Gleison Augusto dos Santos.

A extensa exploração das áreas florestais na Amazônia exerce uma forte pressão sobre os recursos naturais. A construção de empreendimentos hidrelétricos é um fator que pode trazer diversos impactos ambientais negativos durante o período de instalação. A mortalidade da flora é um dos problemas nessas áreas, e por isso é muito importante o desenvolvimento de técnicas e estudos que viabilizem a recomposição e recuperação desses ambientes degradados. A enxertia é uma técnica simples e poderosa para resgatar e conservar o genótipo de indivíduos específicos. A enxertia aliada ao regulador de crescimento Paclobutrazol (PBZ) tem se mostrado eficiente na indução de produção antecipada de flores e frutos de diversas espécies nativas. O objetivo do trabalho foi avaliar o protocolo de resgate de DNA e indução de florescimento ultraprecoce para aplicação em projetos de recuperação de áreas degradadas em duas espécies de ocorrência na Amazônia, *Handroanthus serratifolius* (ipê amarelo) e *Genipa americana* (jenipapeiro). Para isso, foi avaliada a cada 15 dias, durante a permanência do experimento no viveiro, a porcentagem de sobrevivência, o crescimento e número de brotações após a realização da técnica de enxertia do tipo fenda cheia. Posteriormente, as mudas foram distribuídas em dois grupos, as que receberam PBZ (2 ml por 250 ml de água) e as que não receberam. As mudas foram levadas para campo e distribuídas nos experimentos em condição de pleno sol e sombra, para posteriores comprimento, diâmetro e quantidade de brotações. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizados (DIC), em esquema de parcela subdividida, sendo dois locais distintos (sol e sombra). A enxertia por garfagem em fenda cheia foi eficiente para *Genipa americana* e *Handroanthus serratifolius*, com melhor desenvolvimento em pleno sol. Os resultados indicam que o Jenipapo não sobreviveu à sombra. No entanto, sob sol, apresentou florescimento ultraprecoce com o uso de hormônio.

Palavras-chave: resgate de dna; regulador de crescimento; enxertia

ABSTRACT

CHAGAS, Werônica Rodrigues Reis, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2025. **DNA rescue and induction of ultra-early flowering in native species of the Amazon.** Adviser: Gleison Augusto dos Santos.

The extensive exploitation of forest areas in the Amazon exerts strong pressure on natural resources. The construction of hydroelectric projects is a factor that can bring several negative environmental impacts during the installation period. Flora mortality is one of the problems in these areas, and therefore it is very important to develop techniques and studies that enable the restoration and recovery of these degraded environments. Grafting is a simple and powerful technique to rescue and preserve the genotype of specific individuals. Grafting combined with the growth regulator Paclobutrazol (PBZ) has proven efficient in inducing early production of flowers and fruits in several native species. The objective of the study was to evaluate the DNA rescue and ultra-early flowering induction protocol for application in projects to recover degraded areas in two species occurring in the Amazon, *Handroanthus serratifolius* (yellow ipê) and *Genipa americana* (jenipapeiro). For this purpose, the percentage of survival, growth and number of shoots after the full cleft grafting technique were evaluated every 15 days during the experiment in the nursery. Subsequently, the seedlings were divided into two groups: those that received PBZ (2 ml per 250 ml of water) and those that did not. The seedlings were taken to the field and distributed in the experiments under full sun and shade conditions, for subsequent length, diameter and number of shoots. The treatments were distributed in a completely randomized design (CRD), in a split-plot scheme, with two distinct locations (sun and shade). Grafting by full cleft grafting was efficient for *Genipa americana* and *Handroanthus serratifolius*, with better development in full sun. The results indicate that Jenipapo did not survive in the shade. However, under sun, it presented ultra-early flowering with the use of hormone.

Keywords: dna rescue; growth regulator; grafting

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1 – Uso da enxertia para resgate de DNA nas espécies *Handroanthus serratifolius* e *Genipa americana*.

Figura 1: Viveiro da UFPA, localizado no campus de Altamira.
.....36

Figura 2: A) Profissional em escalada em árvores, realizando a coleta de material vegetativo no terço superior da árvore *Genipa americana*. B) Propágulos vegetativos sendo umedecidos com água. C) Propágulos vegetativos sendo envolvidos em papel toalha.
.....37

Figura 3: Processo da enxertia por garfagem em fenda cheia. A) Corte do enxerto em formato de cunha, preservando a casca (onde em sua parte mais interna está presente o floema). B) Encaixe entre o enxerto e o portaenxerto. O portaenxerto recebeu um corte longitudinal, do mesmo tamanho do corte em formato de cunha feito no enxerto. C) Planta enxertada com o enxerto envolvido com parafilm e com fita veda-rosca (firmando ainda mais a seção onde ocorreu a junção do enxerto e portaenxerto).
.....38

Figura 4: Desenvolvimento do Ipê durante a permanência no viveiro.
.....40

Figura 5: Desenvolvimento do Jenipapo durante a permanência no viveiro.
.....41

Figura 6: A) Brotações de *Handroanthus serratifolius*. B) Início de brotação em *Genipa americana*.
.....42

CAPÍTULO 2 – Efeito Hormonal e do Sombreamento no crescimento e florescimento de *Handroanthus serratifolius* e *Genipa americana*.

Figura 1: A) Aplicação de PBZ diretamente no substrato (2 ml de PBZ para 250 ml de água). B) Plantio de enxerto de Ipê-amarelo em área com sombreamento. C) Plantio

de Ipê- amarelo em área de pastagem (pleno sol).
.....50

Figura 2: A) Medição do espaçamento da área com sombreamento. B) Conclusão do plantio na área de pastagem. C) Área escolhida dentro da floresta (com sombreamento).
.....51

Figura 3: Medição do comprimento das brotações. B) Medição do diâmetro das brotações com auxílio de um paquímetro. C) Ipê-amarelo em pleno sol, oito meses após o plantio.....52

Figura 4: A) Comprimento médio de brotações (em ambiente de pleno sol e sombra) de *Handroanthus serratifolius*. B) comprimento médio de brotações (com e sem hormônio), em campo de *Handroanthus serratifolius*.....53

Figura 5: A) Número médio de brotações (em ambiente de pleno sol e sombra). B) número médio de brotações (com e sem hormônio), em campo de *Handroanthus serratifolius*.....54

Figura 6: A) Diâmetro médio de brotações de *Handroanthus serratifolius* em duas condições ambientais (dentro do nível com hormônio). B) Diâmetro médio de brotações de *Handroanthus serratifolius* em duas condições ambientais (dentro do nível sem hormônio). C) Diâmetro médio de brotações em dois níveis de hormônios (dentro do nível de condição sol). D) Diâmetro médio de brotações em dois níveis de hormônios (dentro do nível de condição sombra)55

Figura 7: Comprimento médio de brotações em dois níveis de hormônio (com e sem) da *Genipa americana*.....56

Figura 8: Número médio de brotações em dois níveis de hormônio (com e sem) da *Genipa americana*.....57

Figura 9: Diâmetro médio de brotações em dois níveis de hormônio (com e sem)57

Figura 10: A) e B) Mortalidade de enxertos de Jenipapo após 8 meses de plantio....60

Figura 11: A) Presença de grilos em *Genipa americana*. B) Folhas da *Genipa americana* afetadas por grilos e formigas.....61

Figura 12: Presença de botões florais em *Genipa americana*.62

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 – Uso da enxertia para resgate de DNA nas espécies *Handroanthus serratifolius* e *Genipa americana*.

Tabela 1: Avaliação das duas espécies aos 90 dias, no viveiro.....39

SUMÁRIO

PREÂMBULO	12
SEÇÃO 1.....	13
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	14
REFERÊNCIAS	15
SEÇÃO 2.....	17
REVISÃO DE LITERATURA	18
1. Descrição das espécies estudadas	18
1.1 <i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose.....	18
1.2 <i>Genipa americana</i> L.....	19
2. Resgate de DNA e Florescimento Ultraprecoce por meio da enxertia	20
3. Flora e Hidrelétricas na Amazônia.....	22
4. Ação do Paclobutrazol (PBZ) em árvores	24
REFERÊNCIAS	25
SEÇÃO 3.....	32
CAPÍTULO 1	33
USO DA ENXERTIA PARA RESGATE DE DNA DAS ESPÉCIES <i>HANDROANTHUS SERRATIFOLIUS E GENIPA AMERICANA</i>.....	33
Resumo	33
Abstract.....	34
1 Introdução.....	35
2 Materiais e Métodos	36
2.1 Descrição da área de estudo.....	36
2.2 Seleção e resgate dos propágulos vegetativos	37
2.3 Enxertia e Aplicação do Paclobutrazol (PBZ).....	38
3. Resultados e Discussões	40

4. Conclusão.....	45
REFERÊNCIAS	46
CAPÍTULO 2.....	48
EFEITO HORMONAL E DO SOMBREAMENTO NO CRESCIMENTO E FLORESCIMENTO DE <i>HANDROANTHUS SERRATIFOLIUS</i> E <i>GENIPA AMERICANA</i>	48
Resumo	48
Abstract.....	49
1. Introdução	50
2. Material e Métodos	51
2.1 Aplicação do Paclobutrazol (PBZ).....	51
2.2 Plantio em Campo.....	52
2.3 Coleta de dados das mudas em campo	52
2.4 Análises Estatísticas	53
3. Resultados e Discussões	54
4. Conclusão	64
REFERÊNCIAS	66
SEÇÃO 4.....	70
5. Considerações Gerais.....	71

PREÂMBULO

O presente trabalho de mestrado, está estruturado em 04 seções distintas, abordando os seguintes tópicos:

1) Considerações iniciais: contexto da importância do estudo de espécies amazônicas e de sua conservação genética;

2) Revisão Bibliográfica: Importância das espécies amazônicas e uso da técnica de resgate de DNA e indução de florescimento precoce;

3) Capítulos:

Capítulo 1) Uso da enxertia para resgate de DNA nas espécies *Handroanthus serratifolius* e *Genipa americana*.

Capítulo 2) Efeito Hormonal e do sombreamento no crescimento e florescimento de *Handroanthus serratifolius* e *Genipa americana*.

4) Considerações Gerais: síntese das principais conclusões com base nos resultados das duas etapas do trabalho, destacando os tópicos mais relevantes em relação ao objetivo inicial.

SEÇÃO 1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A Floresta Amazônica, muitas vezes referida como o “pulmão do mundo”, abriga milhares de espécies da fauna e flora mundial, as quais desempenham serviços ecossistêmicos essenciais (Amorim et al., 2021). Por ser uma floresta dinâmica com desenvolvimento contínuo dos representantes de sua flora e apresentar uma área aproximada de 6,5 milhões quilômetros quadrados (Sabogal et al., 2006), a Amazônia desempenha um papel crucial na regulação do clima global, atuando como um gigantesco banco e fixador de carbono atmosférico (Amorim et al., 2021).

Os processos fisiológicos que viabilizam a captura do carbono atmosférico e fixação nos tecidos vegetais, favorecem o aumento dos índices de transpiração vegetal devido a abertura e fechamento estomático (Freire et al, 2018). A vasta extensão da floresta amazônica contribui com o lançamento de milhares de metros cúbicos de águas diário para atmosfera, afetando diretamente a precipitação, formação e manutenção dos extensos corpos hídricos de água doce, fazendo da região Amazônica a região de maior potencial hidráulico do planeta (Freire et al, 2018).

Tendo em vista essa potencialidade, a construção de usinas hidrelétricas tem sido uma estratégia muito adotada para a geração de energia renovável em diversas partes do mundo. A bacia amazônica, em particular, possui um potencial hidrelétrico significativo que tem atraído investimentos para a instalação de grandes reservatórios. Todavia, esses projetos não estão isentos de controvérsias e desafios ambientais (Margutti, et al, 2021).

Um dos impactos ambientais mais significativos da construção de hidrelétricas na Amazônia é a inundação de extensas áreas florestais, resultando na perda de biodiversidade (Aneel, 2008; Tundisi, 2007). A inundação de habitats naturais resulta na destruição de ecossistemas terrestres, afetando diretamente a flora e a fauna locais. Espécies endêmicas, muitas das quais ainda não foram completamente estudadas, correm o risco de extinção devido à alteração irreversível de seus *habitats*, o que é ruim, pois não se sabem os benefícios delas para a biodiversidade (Aneel, 2008; Tundisi, 2007).

Embora haja um consenso sobre os impactos negativos das usinas hidrelétricas na natureza, as maneiras para mitigar esses efeitos ainda são objeto de discussão. A literatura oferece poucas soluções práticas para o resgate e a conservação da flora afetada por esses projetos. Estudos que integrem métodos de

resgate de plantas com a avaliação de sua eficácia ao longo prazo são escassos, criando um lapso significativo no conhecimento atual. A enxertia, aliada a aplicação de hormônios vegetais é uma técnica inovadora, simples e eficaz para conservar e propagar vegetativamente a informação genética de indivíduos específicos, ajudando na recuperação e preservação da biodiversidade, ao promover a redução do ciclo reprodutivo da planta (Caiafa, 2022).

Ademais, a enxertia é uma técnica essencial para a conservação da biodiversidade, pois permite o resgate e a preservação da representatividade genética das espécies de áreas que sofrerão alterações ambientais, como o alagamento de regiões para a construção de barragens. Ao realizar a enxertia, é possível transferir indivíduos geneticamente valiosos para novos locais, mantendo a diversidade genética e adaptativa das populações originais. Essa prática ajuda a garantir que as funções ecológicas da floresta, como polinização, ciclagem de nutrientes e habitat para fauna, sejam preservadas, já que as mudas criadas por enxertia já estão em estágio reprodutivo. Dessa forma, a técnica pode acelerar a recuperação de ecossistemas e evitar perdas irremediáveis na biodiversidade local. Além disso, possibilita a adaptação das espécies a novas condições ambientais, promovendo uma maior resiliência ecológica.

Assim, o objetivo deste trabalho foi promover o resgate de flora de duas espécies nativas da Amazônia na região de Altamira, no estado do Pará, através do protocolo de resgate de DNA e indução de florescimento ultraprecoce, e avaliar o desenvolvimento destes materiais implantados em diferentes condições ambientes.

REFERÊNCIAS

AMORIM, Tamires Xavier; SENNA, Monica Carneiro Alves; CATALDI, Marcio. Impactos Do Desmatamento Progressivo Da Amazônia Na Precipitação Do Brasil. **Revista Brasileira De Climatologia**, [S. L.], V. 24, 2021. Doi: 10.5380/Abclima.V24i0.58303.

Atlas de energia elétrica do Brasil / Agência Nacional de Energia Elétrica. 3. ed. Brasília: Aneel, 2008.

CAIAFA, Karine Fernandes. **Resgate de Dna e Indução de Florescimento Precoce De Árvores Nativas da Região de Brumadinho e Nova Lima, Mg**, 2022.

FREIRE, Luciana Martins; LIMA, Joselito Santiago de; SILVA, Edson Vicente. Belo Monte: Fatos e impactos envolvidos na implantação da usina hidrelétrica na região Amazônica Paraense. **Revista Sociedade E Natureza**. Uberlândia, Mg | V.30 | N.3 | P.18-41 | set./dez. 2018.

LIMA, Iale Ferreira; OLIVEIRA, Francisco de Souza; NASCIMENTO JUNIOR, Wilson da Rocha; SERRÃO, Edivaldo Afonso de Oliveira; FURTADO, Layse Gomes. Alterações Antrópicas no Uso da terra e seu Impacto na Temperatura do Ar na Porção Setentrional do Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.16, n.03 (2023).

MARGUTTI, Adiana; CINTIA, Isla; Cardoso, Warley S. **Análise Da Estrutura Formal Dos Programas De Recuperação De Áreas Degradadas De Seis Usinas Hidrelétricas Na Amazônia Brasileira Sob A Ótica Da Restauração Ecológica**,2021.

SABOGAL, M. et al. **Impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura: Estudo de caso da produção de grãos no Brasil**. Embrapa, 2006. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/375969/1/BSabogal0602.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2025.

TUNDISI, Jose Galizia. **Exploração Do Potencial Hidrelétrico Da Amazônia**. Estudos Avançados 21 (59), 2007.

SEÇÃO 2
REVISÃO DE LITERATURA

REVISÃO DE LITERATURA

1. Descrição das espécies estudadas

1.1 *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose

A família Bignoniaceae compreende plantas com diferentes formas de crescimento, como árvores, arbustos e lianas (Do Lago, A. F. V. et al., 2024). As folhas dessas plantas são geralmente compostas e podem ser opostas digitadas, ou seja, dispostas em vários eixos. Costumam apresentar cinco folíolos e margem com formato serrilhado — característica que, inclusive, inspirou o nome da espécie *Handroanthus serratifolius* (Xavier, 2014). É comum a presença de glândulas nas estruturas vegetativas. Além de seu valor ecológico, a família possui grande importância econômica, com diversas espécies utilizadas em tratamentos terapêuticos devido às suas propriedades medicinais (Do Lago, A. F. V. et al., 2024).

A espécie *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. Grose, também conhecida pelos sinônimos *Handroanthus albus* e *Tabebuia serratifolia*, é uma espécie florestal nativa de grande relevância devido às suas aplicações econômicas. Popularmente chamada de ipê-amarelo, ipê-tabaco ou pau-d'arco-amarelo — entre outras denominações regionais —, a espécie pertence à família Bignoniaceae (Macêdo, F. A. de A. et al., 2022).

A floração do *H. serratifolius* varia conforme a região: na Bahia, ocorre em maio; em Minas Gerais, de maio a outubro; no Pará, de junho a novembro; no Amazonas, de julho a setembro; e no Maranhão, de agosto a outubro (Embrapa, 2014). É uma espécie de crescimento lento, mas que, ao atingir a fase adulta, pode alcançar de 20 a 37 metros de altura e aproximadamente 90 cm de diâmetro à altura do peito (DAP) (Fernandez et al., 2019; Embrapa, 2014).

A espécie está presente em diversos países da América Latina e no Brasil ela se encontra desde os estados do norte do país até a região sul, abrangendo alguns biomas como o Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal (Carvalho, 2003; Lohmann, 2015). Há registros da espécie em praticamente todos os estados brasileiros, exceto Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Fernandez et al., 2019).

A madeira do *H. serratifolius* é altamente valorizada no mercado, especialmente pela sua durabilidade e resistência — características que a tornam ideal para uso na construção civil, inclusive em ambientes sujeitos à ação de fungos e bactérias (Conceição, A. K. et al., 2020). Isso faz com que seja uma das espécies madeireiras nativas mais exploradas do Brasil.

No entanto, essa intensa exploração tem causado sérios impactos. A espécie apresenta atualmente uma densidade de apenas uma árvore por 10 hectares na Amazônia, e sua distribuição coincide com áreas de alto desmatamento, com perdas populacionais de até 20% nessa região (Fernandez et al., 2019). Esses declínios, sem sinais de recuperação, levaram à sua classificação como vulnerável (VU). A extração contínua pode comprometer ainda mais sua diversidade genética e aumentar o risco de extinção (Fernandez et al., 2019).

1.2 *Genipa americana* L.

A *Genipa americana*, popularmente conhecida como Jenipapo, é uma espécie arbórea da família *Rubiaceae*. Ela é altamente valorizada, tanto por sua importância no ecossistema florestal quanto pela utilização de seus frutos na produção de alimentos (Andrade, 2003). É encontrada em quase todos os estados brasileiros em diversas formações florestais, essa espécie ocorre desde a região Norte até a região Sul, exceto no estado do Rio Grande do Sul (Da Silva, D. B.; et al., 2018).

Sua relevância econômica é destacada especialmente pela madeira e pelos frutos, que são amplamente comercializados por pequenos produtores e famílias de baixa renda, desempenhando um papel significativo na economia de comunidades rurais (Moura, 2014). Cada planta inicia a frutificação aos 6 anos de idade, com colheita realizada entre os meses de fevereiro e julho (De Oliveira et al., 2011). A produção anual pode variar significativamente de acordo com as condições ambientais e o manejo adotado, oscilando entre 30 e 50 frutos por planta em situações menos favoráveis, e podendo alcançar entre 200 e 1.000 frutos por ciclo em condições ideais (Revilla, 2002). Os frutos podem ser consumidos in natura, logo após a colheita, ou aproveitados na fabricação de sucos e doces (De Oliveira et al., 2011).

A planta também possui usos medicinais diversos, com a utilização de várias partes, como a goma, rica em compostos benéficos, e as raízes, empregadas em infusões e outros preparados tradicionais (Moura,2014). O fruto ainda verde da *Genipa americana* L. possui um pericarpo do qual se extrai um líquido amarelado que, ao entrar em contato com proteínas da epiderme, sofre uma oxidação progressiva, resultando em uma coloração azul-escura a negra, de alta fixação (Gomes,2024). Tanto a casca quanto o pericarpo contêm substâncias corantes que interagem com compostos orgânicos da pele humana, promovendo uma pigmentação intensa e duradoura. Esse corante natural é amplamente utilizado por povos indígenas em práticas de pintura corporal, especialmente em rituais, com função não apenas estética, mas também simbólica, espiritual e de proteção, sendo considerado um marcador de identidade e pertencimento cultural (Carvalho,2003).

A *Genipa americana* é encontrada em diversas regiões do Brasil, abrangendo áreas desde o Pará até Minas Gerais, em uma ampla gama de formações florestais situadas em várzeas úmidas e encharcadas. No cerrado, é comum em vegetações como mata seca ou mata de galeria (Ferreira, 2007). A espécie é muito recomendada para projetos de reflorestamento heterogêneo em áreas brejosas e para a recuperação de áreas degradadas de preservação permanente, além de ser uma fonte abundante de alimento para a fauna local (Ferreira, 2007). A espécie pode tolerar regiões de alagamentos, e por isso se destaca para a recuperação de áreas degradadas em matas ciliares (De oliveira, et. al, 2011).

2. Resgate de DNA e Florescimento Ultraprecoce por meio da enxertia

A construção de barragens para geração de energia elétrica provoca perdas irreparáveis na biodiversidade do local, como a perda de diferentes tipos de vegetação e o desaparecimento de habitats específicos, importantes elementos que têm funções-chave para polinização e dispersão de plantas (Ferreira et al., 2024). As pequenas populações, fragmentadas e isoladas têm, geralmente, baixa variabilidade genética, sendo mais suscetíveis a oscilações demográficas, ambientais e genéticas (El-Kassaby et al. 2019).

O florescimento é o resultado de diversos estímulos que sinalizam à planta que ela deve alterar seu programa de desenvolvimento (Taiz & Zeiger, 2017). A indução

do florescimento em espécies florestais é uma técnica valiosa para a conservação, restauração e resgate de espécies, especialmente aquelas ameaçadas de extinção ou fragmentadas. Permite antecipar a fase reprodutiva, facilitando a produção de sementes e a propagação de indivíduos em programas de reflorestamento e conservação genética (Castro et al., 2021).

A técnica de enxertia aplicada às espécies florestais nativas contribui para programas de conservação e melhoramento genético envolvendo espécies nativas, pois permite a clonagem de genótipos de interesse, assegurando a preservação integral de alelos desejados. Essa abordagem favorece a conservação genética de espécies arbóreas ameaçadas, mantendo a diversidade mesmo em populações fragilizadas, com custos viáveis (Mendes, 2021). Um dos principais benefícios da enxertia é a indução do florescimento, em baixa altura, o que facilita o manejo e a coleta de material genético (Mendes, 2021; Caiafa, 2022). A enxertia, combinada com a aplicação de reguladores de crescimento, como o paclobutrazol, pode potencializar esses efeitos ao antecipar o florescimento de indivíduos em estágio de senescência, garantindo sua propagação antes da perda definitiva do material genético (Caiafa, 2022).

Portanto, o uso da enxertia associada ou não a indução de florescimento ultraprecoce, são alternativas viáveis para evitar a perda de variabilidade genética de espécies ameaçadas, evitando a morte dos indivíduos antes que possam produzir descendentes (Mendes et al., 2021). A antecipação do florescimento de espécies arbóreas tem sido utilizada em programas de melhoramento genético por reduzir consideravelmente o tempo de recombinação entre indivíduos selecionados (Castro et al., 2021). Os propágulos utilizados são coletados da parte adulta da árvore, o florescimento das plantas enxertadas pode acontecer mais cedo, e as copas terão seu porte reduzido, facilitando a colheita das sementes (Rocha et al., 2002).

O paclobutrazol é amplamente utilizado para promover o florescimento e melhorar a eficiência da restauração florestal. Ressaltam que a aplicação desses hormônios pode acelerar o processo de recuperação e aumentar a biodiversidade em áreas degradadas (Moura *et al.*, 2022).

O paclobutrazol (PBZ) é um regulador de crescimento que inibe o desenvolvimento vegetativo das plantas, induzindo o florescimento como consequência da supressão da síntese de giberelinas, hormônios responsáveis pelo alongamento celular e crescimento (Kishore et al., 2015). A ausência de giberelina

direciona carboidratos, antes disponíveis para o crescimento vegetativo, para a produção de gemas florais e flores (Upreti *et al.*, 2014). Então, a planta floresce e frutifica mais cedo, garantindo a sobrevivência da espécie (MOG *et al.*, 2019).

A indução de florescimento ultraprecoce através da aplicação de reguladores de crescimento tem sido citada para várias outras culturas, como manga (OLIVEIRA *et al.* 2020), pêra (Carra *et al.* 2023), caju (Mog *et al.* 2019), citrus (Martínez-Fuentes *et al.* 2013) e maçã (Zhang *et al.* 2016) (Pimenta, 2024). Além dessas tem resultados positivos em estudos envolvendo lichia (Pires, 2012), e espécies nativas como jacarandá mimoso, ipê-roxo e aroeira pimenta (Mendes, 2020), ipê-amarelo e *Euplassa semicostata* (Caiafa, 2022).

3. Flora e Hidrelétricas na Amazônia

Sendo a maior floresta tropical do mundo, a Amazônia compreende uma área de cerca de 5 milhões km², correspondendo a cerca de 58,93% do território brasileiro (IBGE, 2023). Engloba os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, além de parte do Maranhão e possui elevada importância ecológica, alta diversidade de fauna, flora e de diversos ecossistemas (Reis *et al.*, 2019, Rodrigues *et al.*, 2023).

O Brasil é o país que apresenta o maior potencial hidrelétrico do planeta (Giongo; Mendes & Santos, 2015). É um dos principais países geradores de energia elétrica, em sua maior parte, baseada em aproveitamentos hidrelétricos. A bacia Amazônica, conhecida como nova fronteira hidro-energética, é justificada dado a grande disponibilidade hídrica superficial, que é de 73.748 m³/s, e corresponde a 81% da disponibilidade hídrica do Brasil (Lemos & Lima, 2022; Mauad, 2014).

As hidrelétricas avançam sobre a Amazônia, que se encontra sob constante ameaça do uso abusivo dos recursos naturais disponíveis, por ser a região com maior disponibilidade de recursos hídricos e menor aproveitamento hidráulico do país (Prado junior *et al.*, 2016; Almeida *et al.*, 2019; Moran, 2020).

Um dos empreendimentos instalados foi o projeto da Usina Hidrelétrica (UHE) de Belo Monte, que está situada ao longo do leito do Rio Xingu, na região norte do país, próxima à cidade de Altamira (PA), que vêm como uma alternativa eficiente para complementar o sistema energético, se tratando de uma fonte de energia limpa, renovável e de baixo custo (Ferreira & Carvalho, 2021). A bacia do Rio Xingu cobre

uma área total de aproximadamente 531 mil km² e equivale a 24,5% da área do estado brasileiro do Pará (Isaac, 2015).

Países em desenvolvimento, como o Brasil, ainda veem a construção de barragens como um próspero incentivo para o crescimento, uma vez que ativa a demanda por insumos industriais como aço e concreto, oferece emprego e energia renovável (Ezcurra et al., 2019). Mesmo que o recurso natural usado seja proveniente de uma matéria-prima de fonte limpa, é perceptível que existem algumas externalidades negativas. Há custos ambientais envolvidos na sua construção, como a perda de terras, alterações no regime hídrico, perturbação do habitat para espécies ribeirinhas, aprisionamento de sedimentos no reservatório e degradação da qualidade da água. (Ferreira *et al.* 2024).

Ademais, a construção das barragens aliada à formação de reservatórios resulta no alagamento de extensas áreas de floresta nativa, levando à perda de biodiversidade e alteração de ecossistemas. Fearnside (2015) destaca que os alagamentos causam a morte de árvores, e fazem do Xingu uma fonte de emissão de gases de efeito estufa, como o metano, decorrente da decomposição da biomassa submersa. Estudos indicam que muitas espécies endêmicas não conseguem se adaptar às novas condições ambientais impostas pelas barragens, resultando em extinções locais (IBAMA, 2019). E além de interferir nos serviços ecossistêmicos, afetam atividades econômicas de pequena escala, a segurança alimentar e fonte de subsistência de diversas famílias (Lima *et al.*, 2020; Doria *et al.*, 2020).

Entretanto, as ameaças do empreendimento à diversidade da flora não se limitam às espécies atualmente em extinção. A fragmentação da floresta causada pela remoção da vegetação compromete a conectividade entre populações vegetais e a dinâmica das interrelações e interdependências entre as espécies de plantas, insetos, pássaros e mamíferos (CAMPOS, 2010). Interferindo de forma significativa na conservação de algumas espécies vegetais e afetando processos ecológicos essenciais, como polinização e dispersão de sementes (Junk & mello, 1990).

Dado o elevado grau de riqueza e diversidade do bioma amazônico, as ações para conservação de espécies ganham destaque especial. O Programa de Resgate de Germoplasma (PRG), que tem por objetivo perpetuar a variabilidade genética das espécies vegetais, principalmente aquelas ameaçadas de extinção ou que são encontradas exclusivamente na região de implantação do empreendimento (Campos, 2010).

4. Ação do Paclobutrazol (PBZ) em árvores

Após sua descoberta, o Paclobutrazol (PBZ) tem sido amplamente investigado na agricultura, com seus efeitos observados em diversas espécies vegetais, resultando em alterações significativas no crescimento (Seleguini, 2007). Pertencente ao grupo dos triazóis, o PBZ apresenta uma estrutura composta por um anel contendo três átomos de nitrogênio, clorofenil e cadeias laterais de carbono (Petri et al., 2016).

Esse grupo de compostos é conhecido por controlar o crescimento das plantas ao atuar na biossíntese de giberelinas. Além disso, o PBZ inibe a síntese de esterol, reduzindo os níveis de ácido abscísico, etileno e ácido indol-3-acético, enquanto promove o aumento das citocininas (Benett et al., 2014). Entre os efeitos notáveis do PBZ, destacam-se a redução da altura das plantas, a maior compactação, o aumento da coloração foliar, a diminuição da área foliar e a extensão da vida útil de algumas espécies (Petri et al., 2016).

O PBZ é facilmente absorvido pelos tecidos vegetais e translocado via xilema até os meristemas, onde exerce sua ação inibidora na produção de giberelinas (Tomlin, 1995; Braga et al., 2011). A aplicação do produto pode ser feita diretamente no substrato ou por pulverização foliar. Contudo, as aplicações no substrato são consideradas mais eficazes devido à maior persistência do composto e sua rápida absorção pelas raízes (Petri et al., 2016).

A eficiência do PBZ é influenciada por fatores como método de aplicação, concentração utilizada, frequência de uso, variedade da planta, estágio de desenvolvimento, idade fisiológica e condições ambientais (Gilbertz, 1992; Silva, 2018). Para a cultura do *Physalis angulata*, a aplicação foliar com concentrações de 60 a 120 mg L⁻¹ do ingrediente ativo pode ser suficiente para reduzir o porte da planta, enquanto as aplicações no solo são recomendadas com concentrações entre 5 e 15 mg L⁻¹ (Bosch, 2014).

A redução na taxa de crescimento utilizando PBZ foi documentada em diversas espécies ornamentais, como *Capsicum chinense* (França et al., 2018), *Zinnia elegans* cv. Lilliput, *Helianthus annuus* cv. Duende, *Tagetes patula* cv. Portão Laranja e *Cosmos bipinnatus* cv. Sonata (Baloch et al., 2013), entre outras.

Embora benefícios sejam frequentemente associados ao uso do PBZ, alguns efeitos adversos foram identificados em doses elevadas. Exemplos incluem a redução

do tamanho de capítulos florais em *Helianthus annuus* (Wanderley et al., 2014), a diminuição da altura em *Capsicum chinense* (Grossi et al., 2005; Silva, 2018), e o aumento no número de brotações em *Physalis angulata* com doses superiores a 120 mg L⁻¹ (Bosch, 2014). Em aplicações foliares de 150 mg L⁻¹ em *Ananas comosus* var. Smooth Cayenne, observou-se inibição da diferenciação floral natural (Antunes et al., 2008), além de efeitos negativos na atividade fotossintética em culturas como citros, macieiras, oliveiras, morangos e mangueiras.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Samara Alvachian Cardoso et al. Desidratação osmótica do jenipapo (*Genipa americana* L.). **Food Science and Technology**, v. 23, p. 276-281, 2003.

ANTUNES, A. M.; ONO, E. O.; SAMPAIO, A. C. Efeito do paclobutrazol no controle da diferenciação floral natural do abacaxizeiro cv. Smooth Cayenne. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 90-295, 2008.

BALOCH, Jameel Ur Rehman; MUNIR, Muhammad; KHAN, Naeem Ullah; GUL, Shafiq. Plant growth regulators and noninductive plant environment effect on growth and plant height of facultative long day ornamental annuals. Sarhad **Journal of Agriculture**, v. 29, n. 3, p. 351-357, 2013.

BENETT, Kátia S. S.; FARIA JÚNIOR, Marcos José Alves; BENETT, Cláudio Gomes Silva; SELEGUINI, Alexandre; LEMOS, Oswaldo L. Utilização de paclobutrazol na produção de mudas de tomateiro. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 2, p. 164-169, 2014.

BOSCH, Eloisa. **Redução do porte de fisális para uso como planta ornamental de vaso**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia e Fitossanitarismo) – Universidade Federal do Paraná, 2014. 63 p.

CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: **Embrapa Florestas**, 2003. V. 1, p. 609-618.

CAIAFA, Karine Fernandes. **Resgate de DNA e indução de florescimento precoce de árvores nativas da região de Brumadinho e Nova Lima, MG**. 131 f. (Tese Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2022.

CAMPOS, Otávio Lima. Estudo de caso sobre impactos ambientais de linhas de transmissão na Região Amazônica. In: **BNDES Setorial** 32. Rio de Janeiro: BNDES, 2010. p. 231-266.

CASTRO, Cléverton Anderson de Oliveira; SANTOS, Gabriel Alves; TAKAHASHI, Everton Kenji; NUNES, Ana Carolina Pereira; SOUZA, Gustavo Alves; RESENDE, Marcos Deon Vilela. **Accelerating Eucalyptus breeding strategies through top grafting applied to young seedlings**. *Industrial Crops and Products*, v. 171, p. 113906, 2021. DOI: 10.1016/j.indcrop.2021.113906.

CONCEIÇÃO, Ana Kaira Canté da; LIRA, Ádria Giselle dos Santos; SOUSA, Luana Marise Rocha de; MAESTRI, Mayra Piloni; AQUINO, Marina Gabriela Cardoso de. Exploração e Valoração em tora de 10 espécies florestais no baixo Amazonas, Estado do Pará, entre 2006 – 2016. **Enciclopedia biosfera**, [S. l.], v. 17, n. 31, 2020.

DE OLIVEIRA, Criscian Kellen Amaro et al. **Potencial econômico do uso de espécies nativas em projeto de recuperação de áreas degradadas**. 2011

DO LAGO, Alexsander Frederick Viana do; VALLE, Caroline de Araújo Coelho; ROLIM, Helen Diana dos Santos Luz; LAGO, Larissa Cantanhêde do; FIRMO, Wellyson da Cunha Araújo; SILVA, Marcello de Alencar; COELHO, Mayara Ladeira; SÁ, Carla Milena Amorim. Atividade biológica das naftoquinonas e quinonas da espécie de bignoniaceae *Handroanthus serratifolius*. **Observatório de la economía latinoamericana**, [S. l.], v. 22, n. 1, p. 1529–1539, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n1-081.

FERNANDEZ, Eduardo; ROSA, Patricia. *Handroanthus serratifolius* (Bignoniaceae). In: Centro Nacional de Conservação da Flora; **Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. *Lista Vermelha da Flora Brasileira*. 2019.

FERREIRA, Wanessa Resende et al. Crescimento inicial de mudas *Genipa americana* L. submetidas a diferentes condições de pré-semeadura. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S2, p. 1026-1028, 2007.

FERREIRA, Higor Silva; SANTOS, Gabriel Souza da Silva; SANTOS, Emanuelle Rodrigues dos; SANTANA, Geovana de Matos; CARLETTO, Lucas Dias; TAVEIRA, Thayná de Souza. Impactos socioambientais da construção de hidrelétricas: uma revisão de literatura. **Research, Society and Development**, [s.l.], v. 13, n. 9, 2024. DOI: 10.33448/rsd-v13i9.45992.

FEARNSIDE, Philip M. Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras. Manaus: **Editora do INPA**, 2015. v. 2. ISBN 978-85-211-0151-2.

FERREIRA, Leonardo Ferreira; CARVALHO, Cláudio Xavier de. Hidrelétricas na Amazônia: uma discussão dos impactos de Belo Monte à luz do licenciamento ambiental. **Revista Tempo do Mundo**, n. 27, p. 385-422, 2021. DOI: 10.38116/rtm27art14.

FERREIRA, Higor Silva; SANTOS, Gabriel Souza da Silva; SANTOS, Emanuelle Rodrigues dos; SANTANA, Geovana de Matos; CARLETTO, Lucas Dias; TAVEIRA, Thayná de Souza. Impactos socioambientais da construção de hidrelétricas: uma revisão de literatura. **Research, Society and Development**, [s.l.], v. 13, n. 9, 2024. DOI: 10.33448/rsd-v13i9.45992.

FRANÇA, Cláudia Ferreira Martins; RIBEIRO, Wilton Soares; SANTOS, Maria Nascimento Souza; PETRUCCI, Karine Pereira de Oliveira Souza; RÊGO, Edvaldo Rodrigues; FINGER, Fernando Luiz. **Crescimento e qualidade de pimentas ornamentais em vaso tratadas com paclobutrazol**. 2018.

GILBERTZ, D. A. **Chrysanthemum response to timing of paclobutrazol and uniconazole sprays**. **HortScience**, v. 27, n. 4, p. 322-323, 199

GIONGO, Carlos Roberto; MENDES, José Manoel Rodrigues; SANTOS, Fernanda Kênia. Desenvolvimento, saúde e meio ambiente: contradições na construção de hidrelétricas. **Serviço Social & Sociedade**, n. 123, p. 501-522, 2015.

GROSSI, José Antônio de Souza; MORAES, Paula Julia; TINOCO, Sérgio Araújo; BARBOSA, João Gomes; FINGER, Fernando Luiz; CECON, Paulo Roberto. **Effects of paclobutrazol on growth and fruiting characteristics of cv. Pitanga ornamental pepper**. Acta Horticulturae, v. 1, n. 683, p. 333-336, 2005.

IBAMA. **Avaliação de impactos ambientais em empreendimentos hidrelétricos na Amazônia**. Brasília: IBAMA, 2019.

ISAAC, Valéria et al. Pesca artesanal da bacia do rio Xingu na Amazônia brasileira. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 75, n. 3, p. 125-137, 2015. DOI: 10.1590/1519-6984.00314BM.

JUNK, Werner J.; MELLO, João Antonio Souza. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. **Estudos Avançados**, v. 4, p. 126-143, 1990. DOI: 10.1590/S0103-40141990000100010.

LEMOS, Nayara Silva Araújo; LIMA, Rafael Alves. Hidrelétricas na Amazônia brasileira: um estudo sobre desenvolvimentismo e impactos socioambientais. GeoGraphos: **Revista digital sobre Geopolítica**, Geografía y Ciencias Sociales, v. 13, n. 142, p. 1-28, 2022.

MAUAD, Flávio Ferreira et al. Usinas hidrelétricas e o seu papel socioambiental no setor elétrico. OLAM: **Ciência & Tecnologia**, [s.l.], v. 14, n. 1, 2014

MACÊDO, Fernanda Arias de Almeida; COÊLHO, Mayara Ladeira; RIBEIRO, Manoela Cavalcante; BARROS, Elcio Daniel Sousa; GOMES, João Paulo da Silva; BATISTA, Ceres Lima; LIMA, Layana Karine Farias; SOUSA, Renato Pinto de. Análise das atividades farmacológicas da *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. e5611222891, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i2.22891.

MENDES, Gabriel Gustavo Costa; SANTOS, Gabriel Alves; RESENDE, Marcos Deon Vilela; MARTINS, Sebastião Venâncio; SOUZA, Gustavo Alves; MARTINS, Tainá Gonçalves Vieira. Flowering acceleration in native Brazilian tree species for genetic conservation and breeding. **Annals of Forest Research**, v. 63, n. 1, p. 39-52, 2020. DOI: 10.15287/afr.2019.1751.

MENDES, Gabriel Gustavo Costa; SANTOS, Gabriel Alves; XAVIER, Aloisio; MARTINS, Sebastião Venâncio; SOUZA, Gustavo Alves; MARTINS, Tainá Gonçalves Vieira; REIS NETO, Raimundo Francisco. **Grafting efficiency in Brazilian native tree species. Scientia Forestalis**, v. 49, n. 132, e3687, 2021. DOI: 10.18671/scifor.v49n132.04.

MOURA, Juliana; SILVA, João Lucas; SALES, Tiago Moreira; CAMPOS, Ana Sofia; SANTOS, João Antônio dos; TRAZZI, Pedro Augusto. O uso de reguladores de crescimento em espécies florestais: uma abordagem bibliométrica. 9º Congresso Florestal Brasileiro, v. 1, n. 1, p. 220-223, 2022. DOI: 10.55592/CFB.2022.5460332.

MOURA, Rafaela Santos de. **Genetic diversity and germination jenipapo**. 2014. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2014

PETRI, José Luiz; HAWERROTH, Fernando José; LEITE, Gustavo Borges; SEZERINO, Ailton Alves; COUTO, Mário. **Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado. Florianópolis**: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), 2016. 141 p.

PIMENTA, Thiago Moreira et al. **Efeito do Paclobutrazol na indução de florescimento precoce em enxertos de espécies florestais nativas**. Boletim Técnico SIF, Viçosa-MG, v. 4, n. 1, p. 1-5, 2024. DOI: 10.53661/2763-686020240000001.

PIRES, Mariana de Carvalho. **Efeito do anelamento e do paclobutrazol no florescimento e frutificação, sobrenxertia e análise sazonal de macro e**

micronutrientes em (*Litchi chinensis* Sonn.). 2012. xvi, 115 f. II. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

REIS, Pedro Carlos Medeiros Rocha et al. Agrupamento de espécies madeireiras da Amazônia com base em propriedades físicas e mecânicas. **Ciência Florestal (online)**, Santa Maria, v. 29, p. 336-346, 2019.

RODRIGUES, José Carlos Werneck et al. A importância da produção de mudas de essências florestais na região amazônica: uma revisão sistemática. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, [s.l.], v. 14, n. 1, p. 10-24, 2023. DOI: 10.31072/rcf.v14i1.1144.

REVILLA, J. *Genipa americana* L. In: CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS: pesquisa e práticas contemporâneas – Volume 2. 2002.

SILVA, Danilo Batista; SALOMÃO, André Nogueira; CARVALHO, Paulo César Lima de; WETZEL, Maria Maria Viana da Silva. *Genipa americana*: jenipapo. In: VIEIRA, Ricardo de Freitas; CAMILLO, José; CORADIN, Lúcia. (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: Região Centro-Oeste.** 2018. p. 115-120.

SELEGUINI, Alexandre. **Uso de paclobutrazol na produção de mudas, no crescimento, produção e qualidade de frutos de tomateiro em ambiente protegido.** 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Sistema de Produção) – Universidade Estadual Paulista, 2007.

SILVA, Jussara Júlia. **Inter-relações morfológicas induzidas por paclobutrazol em *Capsicum* spp.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, 2018. 56 p.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo; MOLLER, Ian; MURPHY, Angus. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

XAVIER, Elitânia Gomes. **Avaliação do crescimento inicial das espécies *Handroanthus avellanadae* (Lorentz ex Griseb.) Mattos e *Handroanthus***

serratifolius (Vahl.) S. Grose (Bignoniaceae-lamiales) em diferentes dosagens de níquel,2014.

WANDERLEY, Cícero da Silva; DE FARIA, Renata Tavares; REZENDE, Rogério. Crescimento de girassol como flor em vaso em função de doses de paclobutrazol. **Revista Ceres**, v. 61, n. 1, p. 35-41, 2014.

SEÇÃO 3
CAPÍTULOS

CAPÍTULO 1

USO DA ENXERTIA PARA RESGATE DE DNA DAS ESPÉCIES *HANDROANTHUS SERRATIFOLIUS* E *GENIPA AMERICANA*

Resumo

O presente estudo visa o resgate de espécies nativas da região da Volta Grande do Xingu, impactadas pela construção da Hidrelétrica de Belo Monte, por meio da técnica de enxertia. A enxertia é uma técnica inovadora para o resgate de DNA em espécies florestais, contribuindo para a conservação genética e o melhoramento florestal. Espécies como *Handroanthus serratifolius* (Ipê-amarelo) e *Genipa americana* (Jenipapo), que ocorrem naturalmente na floresta Amazônica, possuem grande importância ecológica, cultural e econômica, mas enfrentam ameaças devido a perdas de indivíduos e distúrbios no ecossistema, causados pelo aumento do uso dos recursos naturais. Foram coletadas 200 estacas caulinares de cada espécie, com aproximadamente 10 cm e 5 gemas axilares, umedecidas e armazenadas em papel alumínio para preservar a umidade até o viveiro. Os propágulos foram enxertados em mudas bem desenvolvidas das mesmas espécies, utilizando a técnica de garfagem em fenda cheia. O enxerto foi fixado com fita veda-rosca para maior firmeza e envolvido com plástico parafilm para evitar contaminação. No total, foram realizados 100 enxertos de Ipê-amarelo e 80 de Jenipapo. As espécies *Handroanthus serratifolius* e *Genipa americana* se desenvolveram bem com a técnica de garfagem e fenda cheia, apresentando taxas de 89% e 67% de pegamento, respectivamente.

Palavras-chave: Enxertia; Espécies florestais; Conservação.

Abstract

The present study aims to rescue species of native species from the Volta Grande do Xingu region, impacted by the construction of the Belo Monte Hydroelectric Power Plant, through the grafting technique. Grafting is an innovative technique for recovering DNA in forest species, contributing to genetic conservation and forest improvement. Species such as *Handroanthus serratifolius* (Ipê-amarelo) and *Genipa americana* (Jenipapo), which occur naturally in the Amazon rainforest, have great ecological, cultural and economic importance, but face threats due to loss of individuals and disturbances in the ecosystem, caused by the increased use of natural resources. 200 stem cuttings of each species were collected, measuring approximately 10 cm and with 5 axillary buds, moistened and stored in aluminum foil to preserve humidity until the nursery. The propagules were grafted onto well-developed seedlings of the same species, using the full slit grafting technique. The graft was fixed with thread sealing tape for greater stability and wrapped with plastic parafilm to avoid contamination. In total, 100 grafts of Ipê-amarelo and 80 of Jenipapo were performed. The species *Handroanthus serratifolius* and *Genipa americana* developed well with the forking and full slit technique, presenting catch rates of 89% and 67%, respectively.

Keywords: Grafting; Forest species; Conservation.

1 Introdução

O uso da enxertia como técnica de resgate de DNA em espécies florestais representa uma estratégia inovadora e promissora no âmbito da conservação genética de espécies e no melhoramento florestal. Particularmente, as espécies nativas *Hadroanthus serratifolius* e a *Genipa americana* possuem alto valor ecológico, cultural e econômico, sendo amplamente reconhecidos pela sua relevância na biodiversidade de florestas tropicais. O avanço do desmatamento, aliado às mudanças climáticas e à fragmentação dos ecossistemas, tem intensificado a perda de diversidade genética dessas espécies, tornando essencial o desenvolvimento de técnicas eficazes para sua preservação e recuperação (Simões, 2017; Silva et al., 2012).

A enxertia, uma prática tradicionalmente empregada na propagação de plantas, ganha destaque em contextos de conservação genética ao viabilizar a multiplicação de material genético entre indivíduos. Essa abordagem não apenas assegura a perpetuação de características desejáveis, como também possibilita a regeneração de indivíduos ameaçados por meio do resgate de DNA, conservando os genótipos da espécie em risco de morte. No caso do Ipê-amarelo, uma espécie amplamente explorada na construção civil e na paisagística, e do Jenipapo, conhecido pelo uso medicinal e alimentício de seus frutos, o resgate de DNA por meio da enxertia surge como uma alternativa estratégica para evitar a erosão genética (Simões, 2017; Silva et al., 2012).

Além de ser uma técnica relativamente acessível, a enxertia permite a recuperação de indivíduos a partir de fragmentos vegetais coletados em campo, muitas vezes em situações em que as plantas originais estejam severamente comprometidas ou em risco de extinção em seu habitat natural. No contexto do resgate de DNA, a enxertia possibilita a preservação de alelos específicos, mantendo características fenotípicas e genotípicas fundamentais para a sustentabilidade das espécies.

O *Hadroanthus serratifolius* e a *Genipa americana* representam casos emblemáticos de espécies com valor estratégico na recuperação ambiental e no fortalecimento de sistemas agroflorestais. Enquanto o Ipê-amarelo desempenha papel crucial na arborização urbana e na recuperação de áreas degradadas, o Jenipapo tem

sido utilizado em práticas de agricultura sustentável devido à sua alta capacidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas. A aplicação da enxertia como método de resgate genético reforça a importância de integrar conhecimentos tradicionais e avanços científicos na gestão da biodiversidade (Simões, 2017; Silva et al., 2012).

Entretanto, o sucesso da enxertia em projetos de conservação genética e de restauração florestal depende de uma compreensão detalhada das características fisiológicas e moleculares das espécies envolvidas. Questões como a compatibilidade entre enxerto e porta-enxerto, o manejo de patógenos e a longevidade dos indivíduos enxertados devem ser cuidadosamente avaliadas para garantir a eficácia da técnica. Estudos recentes têm demonstrado que a utilização de porta-enxertos adaptados às condições locais pode aumentar significativamente a sobrevivência e o desenvolvimento das plantas enxertadas, ampliando o potencial de aplicação dessa metodologia (Fuentes et al., 2014).

O presente estudo teve como objetivo a recuperação de espécies nativas da região da Volta Grande do Xingu, utilizando o método de enxertia, com foco nas espécies que foram e continuam sendo impactadas pela construção da Hidrelétrica de Belo Monte. Após o processo de resgate, foi avaliado o crescimento e o florescimento dessas espécies em condições de campo, tanto com a aplicação de regulador de crescimento quanto sem essa intervenção.

2 Materiais e Métodos

2.1 Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado no viveiro da Universidade Federal do Pará (UFPA), localizado no campus universitário de Altamira (03°12'00" S e 52°13'45" W) na região do vale Xingu, Estado do Pará. O clima da cidade é do tipo equatorial Am (clima de Monção) e Aw (clima tropical com estação seca de Inverno), segundo a classificação Köppen e a precipitação anual está em torno de 2.123 mm (Lima., et al, 2023).



Figura 1: Viveiro da UFPA, localizado no campus de Altamira.

A segunda fase avaliativa, fase de campo, foi conduzida no Centro de Estudos Ambientais (CEA), da empresa Norte Energia, localizado no município de Vitória do Xingu, onde foi realizado o plantio. A cidade paraense está localizada próximo a Altamira, fazendo divisa com a mesma a Oeste e à margem esquerda do rio Xingu.

2.2 Seleção e resgate dos propágulos vegetativos

As espécies do estudo foram selecionadas de acordo com as principais espécies nativas ocorrentes na volta grande do Xingu, em Vitória do Xingu (PA) e de acordo com a disponibilidade de mudas e sementes das mesmas. Para a realização deste trabalho, foram selecionadas quatro árvores, sendo duas da espécie *Genipa americana* e duas da espécie *Handroanthus serratifolius*. Para essa seleção, foi seguido os seguintes critérios: possuir pelo menos oito metros de altura e principalmente apresentar boas condições fitossanitárias, livres de pragas e doenças e estarem na fase adulta.

Após a seleção das matrizes a serem resgatadas, foram coletadas 200 estacas caulinares de cada espécie, localizadas no terço médio-superior com presença de no mínimo 5 gemas axilares e tamanho aproximado de 10 centímetros.

Após a coleta, que foi realizada com o auxílio de um podão, os propágulos vegetativos foram umedecidos com água e inseridos em papel toalha e papel alumínio. Esse procedimento é importante para preservar a turgescência, manter a porcentagem de água durante o transporte do campo para o viveiro, onde foram realizadas as enxertias. Em seguida os materiais foram devidamente identificados e armazenados em caixas térmicas com gelo para reforçar o cuidado com a perda de água.



Figura 2: A) Profissional em escalada em árvores, realizando a coleta de material vegetativo no terço superior da árvore *Genipa americana*. B) Propágulos vegetativos sendo umedecidos com água. C) Propágulos vegetativos sendo envolvidos em papel toalha.

2.3 Enxertia e Aplicação do Paclobutrazol (PBZ)

Os propágulos caulinares resgatados foram enxertados em mudas seminais das mesmas espécies, bem estabelecidas, com bom desenvolvimento de raízes, saudáveis, com medidas mínimas aproximadas de 80 centímetros de comprimento e um centímetro de diâmetro de espessura. A técnica de enxertia utilizada foi a garfagem em fenda cheia, sendo realizado os seguintes passos: inicialmente foi realizado um corte perpendicular no porta-enxerto, a uma altura aproximada de 15 cm da base e uma fenda de 3 cm de comprimento, no sentido longitudinal. Em seguida, com o auxílio de um canivete, foi realizado um corte em formato de cunha na base

(figura 3A) do propágulo vegetativo coletado anteriormente nas árvores adultas, para ser possível a realização da união entre o porta-enxerto e o enxerto.



Figura 3: Processo da enxertia por garfagem em fenda cheia. A) Corte do enxerto em formato de cunha, preservando a casca (onde em sua parte mais interna está presente o floema). B) Encaixe entre o enxerto e o portaenxerto. O portaenxerto recebeu um corte longitudinal, do mesmo tamanho do corte em formato de cunha feito no enxerto. C) Planta enxertada com o enxerto envolvido com parafilm e com fita veda-rosca (firmando ainda mais a seção onde ocorreu a junção do enxerto e porta enxerto).

O segmento caulinar superior foi envolvido com plástico parafilm em todo o comprimento (Figura 3B), com o objetivo de evitar o contato com o ambiente e a proliferação de fungos e outras doenças. Visando obter uma conexão mais eficaz e garantir melhor porcentagem de pegamento, a parte onde é feita a conexão dos dois materiais foi envolvida com uma fita veda-rosca para proporcionar maior firmeza para o material. Foram realizados 100 enxertos de Ipê-amarelo e 80 enxertos de Jenipapo.

Após a realização das enxertias, que aconteceu no mês de agosto de 2023, o experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 100 repetições para *Handroanthus serratifolius* e 80 repetições para *Genipa americana*. As mudas permaneceram no viveiro por 90 dias, período no qual foram realizadas seis avaliações, a cada 15 dias, para coletar dados de sobrevivência e crescimento. Foram mensurados número de brotações, comprimento das brotações e diâmetro das brotações que atingiram 10 centímetros ou mais. O comprimento das

brotações foi medido com o auxílio de uma régua, enquanto o diâmetro foi aferido no meio da brotação com um paquímetro digital. A porcentagem de sobrevivência foi determinada pela relação entre o número de enxertos com brotações e o total de plantas enxertadas para cada espécie.

3. Resultados e Discussões

Os resultados referentes a avaliação das espécies *Handroanthus serratifolius* e *Genipa americana* aos 90 dias de permanência no viveiro, estão representados na tabela 1.

Tabela 1: Avaliação das duas espécies aos 90 dias no viveiro.

Espécie	Nº de Indivíduos	Brotações (%)		Compr. de brotações		
				Nº de Brotações	(cm)	Diâmetro (mm)
<i>Handroanthus serratifolius</i>	100	SIM	89%	2,39	22,57	4,43
		NÃO	11%			
<i>Genipa americana</i>	82	SIM	67%	1	21,37	7,95
		NÃO	15%			

Na última medição no viveiro, observou-se que a espécie *Handroanthus serratifolius* (Tabela 1), apresentou um alto índice de sobrevivência à enxertia. Das 100 plantas enxertadas, 89% exibiram brotações, indicando um bom nível de pegamento com a técnica de garfagem em fenda.

Da mesma forma, *Genipa americana* (Tabela 1) também demonstrou um bom desempenho, com apenas 15% de indivíduos sem brotações, de um total de 82 plantas enxertadas. Esses resultados evidenciam a eficiência da técnica de enxertia utilizada.

A Figura 4 apresenta o resultado do desenvolvimento da *H. serratifolius* durante 90 dias de permanência no viveiro. Essa etapa contou com monitoramento diário e coleta de dados de comprimento, diâmetro e número de brotações.

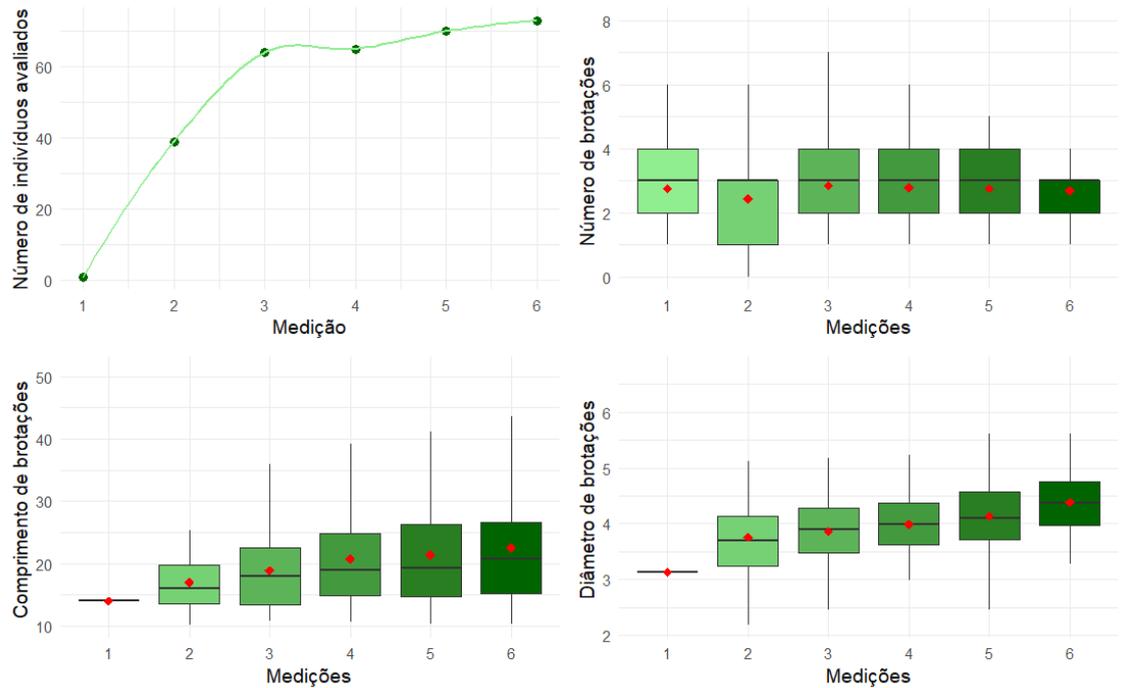


Figura 4: Desenvolvimento da *Handroanthus serratifolius* durante a permanência no viveiro.

A Figura 5 apresenta os resultados do crescimento da *Genipa americana* durante as seis avaliações realizadas no viveiro.

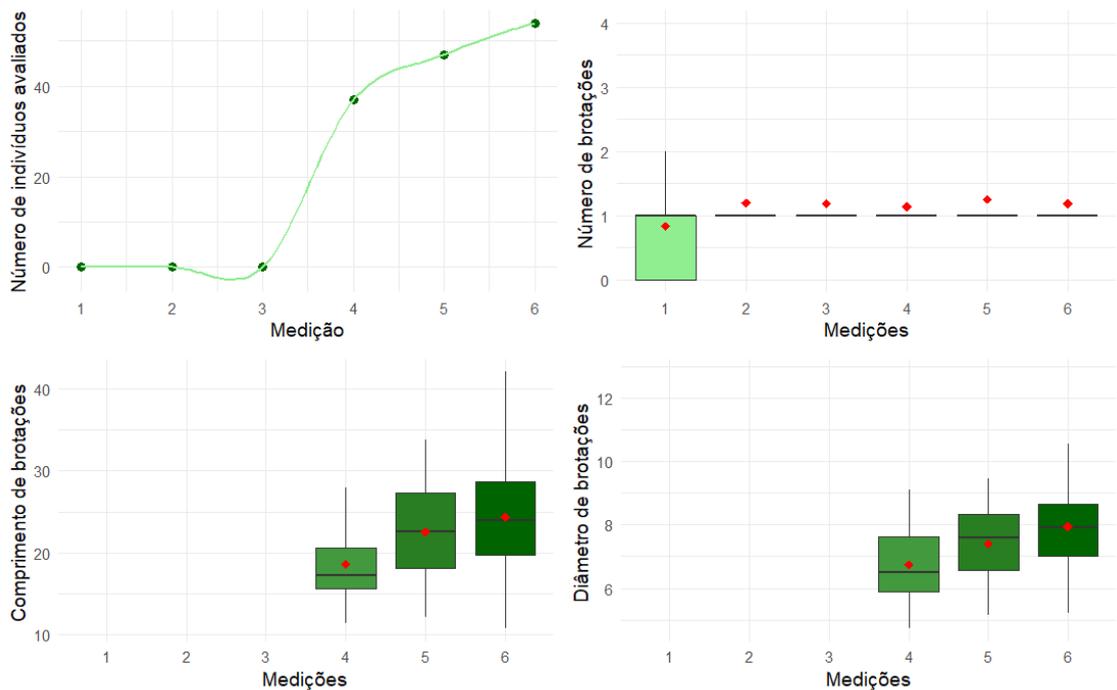


Figura 5: Desenvolvimento da *Genipa americana* durante a permanência no viveiro.

Para a *H. serratifolius*, conforme a Figura 4, observa-se que o comprimento das brotações apresentou um crescimento constante a partir da terceira avaliação. Já o número de brotações tornou-se evidente nos primeiros 15 dias; no entanto, a partir da segunda avaliação, houve mortalidade de algumas brotações, resultando em um número estável entre a terceira e a quinta avaliação. Na última avaliação, nota-se uma nova redução no número de brotações.

O sucesso da enxertia na *H. serratifolius* decorre, em parte, da sua alta capacidade de regeneração vascular e da rápida formação do câmbio interfascicular, essencial para a união eficiente entre enxerto e porta-enxerto (Carvalho,2003).

Para a *Genipa americana*, conforme a Figura 5, observa-se que apenas a partir da terceira medição foi possível quantificar o número de brotações, indicando um tempo maior para o surgimento de brotos em *Genipa americana* em comparação ao *H. serratifolius*. Além disso, o desenvolvimento significativo do comprimento e do diâmetro das brotações ocorreu somente a partir da quarta medição, quando algumas brotações começaram a atingir 10 centímetros. Entre o período de 60 a 90 dias de avaliação, o crescimento foi gradual tanto em comprimento quanto em diâmetro.

A compatibilidade entre enxerto e porta-enxerto, a capacidade de cicatrização e a plasticidade fisiológica dessas espécies são aspectos fundamentais para entender por que essa técnica é bem-sucedida nessa espécie (Simões,2017). Ademais, a redução do número de brotações na última avaliação do Ipê-amarelo e a demora no surgimento de brotos no Jenipapo, pode ser resultado de uma cicatrização não eficiente, ou de uma demora na cicatrização, respectivamente, o que dificultou a passagem de nutrientes e fotoassimilados para a permanência das brotações de algumas plantas.

No entanto, um fator fundamental para o sucesso da enxertia no ipê-amarelo e no Jenipapo, que apresentou um bom resultado, pode ser a compatibilidade genética entre as plantas utilizadas (Embrapa, 2010). Quando enxerto e porta-enxerto pertencem à mesma espécie ou a espécies muito próximas filogeneticamente, há menor risco de rejeição, permitindo uma rápida fusão dos tecidos (Embrapa, 2010).

Handroanthus serratifolius e *Genipa americana* exibiram brotações logo após 15 dias da realização da enxertia (Figura 6A e 6B). As brotações de *Handroanthus serratifolius* teve surgimento e desenvolvimento inicial mais rápido do que as brotações de *Genipa americana*, considerando o mesmo número de dias.



Figura 6: A) Brotações de *Handroanthus serratifolius*. B) Início de brotação em *Genipa americana*.

Diversas partes da planta de *Genipa americana* são utilizadas como medicinal pela população (Erbano et al, 2010). Alguns estudos sobre os extratos de jenipapo indicam a presença de iridóides, que são compostos bioativos, como os ácidos genípico e genipínico, que se destacam por suas propriedades antimicrobianas (FARIA, 2019). Essa presença excessiva de iridóides podem explicar a produção de exsudatos presentes em *Genipa americana*, e conseqüentemente provocado a inibição ou o retardamento da formação do calo necessário para a fusão dos tecidos do enxerto.

Caiafa (2022) observou que a taxa de sobrevivência das enxertias realizadas em agosto foi superior àquelas feitas em novembro para as espécies *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kintze e *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth, apresentando um aumento de 25% e 20%, respectivamente. Além disso, os enxertos realizados em agosto apresentaram maior comprimento, diâmetro e número médio de brotações, possivelmente devido às temperaturas mais amenas desse período. No entanto, para *Handroanthus serratifolius*, não houve variação significativa na taxa de sobrevivência entre os enxertos feitos em agosto e novembro.

Conforme Xavier et al. (2013), a época do ano é um dos fatores que influenciam o sucesso da enxertia, pois temperaturas muito elevadas podem acelerar o ressecamento dos tecidos, dificultando a cicatrização e a formação do calo entre enxerto e porta-enxerto.

Segundo o INMET (1992), o Estado do Pará registra temperaturas médias superiores a 25°C durante todo o ano. A temperatura máxima do ar aumenta gradualmente de fevereiro a outubro, diminuindo em novembro devido ao início da estação chuvosa (Moraes, 2005).

Considerando que agosto é um mês de temperaturas elevadas no Pará, é possível inferir que a taxa de não sobrevivência de 11% em *H. serratifolius* e 15% em *Genipa americana* esteja associada ao calor intenso, que compromete a retenção de umidade nos tecidos, dificultando a fusão entre enxerto e porta-enxerto. Essa baixa taxa de sobrevivência corrobora os resultados de Caiafa (2022), que constatou menor crescimento, diâmetro e brotações nos enxertos realizados em novembro, período de temperaturas mais altas na Mata Atlântica.

Além da influência da temperatura, a taxa de sobrevivência dos enxertos pode ser afetada pela diferença de tamanho entre enxerto e porta-enxerto. De acordo com Medrado et al. (1992), essa variação pode interferir na tolerância ao calor e na perda de água, impactando diretamente o sucesso da enxertia. Assim, a mortalidade observada em *H. serratifolius* e *G. americana* pode estar relacionada tanto às condições climáticas adversas quanto à incompatibilidade entre enxerto e porta-enxerto durante a produção das mudas.

4. Conclusão

O uso da enxertia de garfagem em fenda simples como técnica para o resgate de DNA para as duas espécies nativas se mostrou eficaz na conservação genética do material, proporcionando uma alternativa viável para a preservação de espécies ameaçadas na região da Volta Grande do Xingu. A pesquisa demonstrou que essa técnica não só facilita a multiplicação de material genético, mas também possibilita a regeneração de indivíduos em risco, o que é crucial diante dos impactos ambientais causados pela construção da Hidrelétrica de Belo Monte. A relevância ecológica, cultural e econômica de espécies como o Ipê-amarelo (*Handroanthus serratifolius*) e o Jenipapo (*Genipa americana*) destaca a necessidade de estratégias eficazes para sua conservação. Essas espécies desempenham papéis fundamentais na manutenção da biodiversidade, fornecendo habitat e alimento para a fauna, além de possuírem importância histórica e medicinal para comunidades locais.

A técnica de enxertia em fenda cheia mostrou-se eficaz mesmo sob condições de altas temperaturas, garantindo o resgate e preservação do material genético das árvores matrizes. Esse método permite a cópia do DNA das plantas selecionadas, contribuindo para a manutenção da produção antecipada de flores e frutos possibilitando sua utilização em programas de recuperação ambiental e manejo sustentável.

Dessa forma, a enxertia, muito utilizada em diversas culturas, e ainda pouco estudada em espécies florestais nativas, surge como uma alternativa promissora para a propagação e conservação de espécies florestais nativas da Amazônia.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, Paulo Evaristo de Rosis. Ipê-amarelo: *Tabebuia alba*. In: CARVALHO, Paulo Evaristo de Rosis (Org.). *Espécies arbóreas brasileiras*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: **Embrapa Florestas**, 2003. v. 1, p. 541-548
Disponível em:
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1140083/1/Esppecies-Arboreas-Brasileiras-vol-1-lpe-Amarelo.pdf>.

EMBRAPA. Produção de mudas: principais técnicas utilizadas na propagação de fruteiras. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2010. 56 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 283). Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/883211/1/doc283.pdf>.

FUENTES, Ignacio; STEGEMANN, Stefan; GOLCZYK, Hans; KARCHER, Dirk; BOCK, Ralph. Horizontal genome transfer as an asexual path to the formation of new species. **Nature**, v. 511, n. 10, p. 232-235, 2014

SIMÕES, Ingridh Medeiros. Enxertia entre espécies do gênero *Handroanthus*. 2017. Disponível em:
https://florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/field/anexo/tcc_ingridh_medeiros_simoes.pdf.

SILVA, Ana Veruska et al. Diversidade genética de jenipapeiro para a introdução de novos acessos. 2012. Disponível em:
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/946265/1/112.pdf>.

SIMÕES, Izaías Matheus. Enxertia entre espécies do gênero *Handroanthus*. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2017. Disponível em:
https://florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/field/anexo/tcc_ingridh_medeiros_simoes.pdf. Documentos, 283). Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/883211/1/doc283.pdf>.

ERBANO, Marianna; DUARTE, Márcia R. Morfoanatomia de folha e caule de *Genipa americana* L., Rubiaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, p. 825-832, 2010.

FARIA, Tenila dos Santos. Avaliação do efeito do processo de secagem do extrato de jenipapo (*Genipa americana* L.). 2019. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. DOI <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.345>. XAVIER A, Wendling I, Silva RL. *Silvicultura clonal - princípios e técnicas*. Viçosa:

Editora UFV, 2013. MEDRADO, M. J. S.; LEMOS FILHO, J. P.; PEREIRA, J. P.; COSTA, J. D.; KITAZAWA, I. H.; BERNARDES, M. S.; FERNANDES, A. L. T.; POMPERMAYER, S. A. Perspectivas da micro-garfagem em seringueira. In: MEDRADO, M. J.S.; BERNARDES, M. S.; COSTA, J. D.; MARTINS, A. N. (Ed.). *Formação de mudas e plantio de seringueira*. Piracicaba: ESALQ- Departamento de Agricultura, 1992. p.158.

MORAES, Bergson Cavalcanti de et al. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta amazonica**, v. 35, p. 207-214, 2005.

INMET. 1992. Normais Climatológicas. 155p.

CAPÍTULO 2

EFEITO HORMONAL E DO SOMBREAMENTO NO CRESCIMENTO E FLORESCIMENTO DE *HANDROANTHUS SERRATIFOLIUS* E *GENIPA AMERICANA*

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar como a interação entre diferentes níveis de sombreamento e o uso de reguladores de crescimento impacta o desenvolvimento e o florescimento dessas espécies, fornecendo diretrizes sobre suas respostas adaptativas e suas necessidades ecológicas para recuperação e conservação.

Após o estabelecimento dos enxertos no viveiro, foi aplicado Paclobutrazol (PBZ), com cada muda recebendo 2 ml do hormônio diluídos em 250 ml de água. O experimento foi conduzido em duas áreas distintas (sol e sombra), em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 80 mudas de ipê-amarelo e 64 de Jenipapo, distribuídas igualmente entre os ambientes, sendo que metade recebeu PBZ. As mudas foram plantadas com espaçamento adequado e monitoradas por oito meses, avaliando sobrevivência, crescimento e florescimento. Instrumentos como régua e paquímetro foram utilizados para coletar os dados. O sombreamento e a regulação hormonal desempenham papéis cruciais na sobrevivência e no florescimento de espécies como o Ipê-amarelo (*Handroanthus serratifolius*) e o Jenipapo (*Genipa americana*). A *H.serratifolius* mostra tolerância a níveis moderados de sombreamento nas fases iniciais de desenvolvimento, enquanto a *Genipa americana*, requer alta luminosidade para seu crescimento inicial. A aplicação do Paclobutrazol (PBZ), um regulador de crescimento, pode afetar o desenvolvimento das plantas de formas distintas, dependendo do seu metabolismo e das condições ambientais em que são cultivadas.

Palavras-chave: Florescimento; Hormônio; Sobrevivência

Abstract

The objective of this study was to evaluate how the interaction between different levels of shading and the use of growth regulators impacts the development and flowering of these species, providing guidelines on their adaptive responses and their ecological needs for recovery and conservation. After establishing the grafts in the nursery, Paclobutrazol (PBZ) was applied, with each seedling requiring 2 ml of hormones diluted in 250 ml of water. The experiment was conducted in two different areas (sun and shade), in a completely randomized design (DIC), with 80 ipê-amarelo and 64 Jenipapo seedlings, distributed equally between the environments, half of which received PBZ. The seedlings were planted with adequate spacing and monitored for eight months, evaluating survival, growth and flowering. Instruments such as rulers and calipers were used to collect the data. Shading and hormonal regulation play crucial roles in the survival and flowering of species such as Yellow Ipê (*Handroanthus serratifolius*) and Jenipapo (*Genipa americana*). *H.serratifolius* is tolerant to moderate levels of shading in the initial stages of development, while *Genipa americana* requires high light for its initial growth. The application of Paclobutrazol (PBZ), a growth regulator, can affect the development of plants in specific ways, depending on their metabolism and the environmental conditions in which they are grown.

Keywords: Flowering; Hormones; Survival

1. Introdução

O efeito hormonal e o sombreamento são fatores cruciais na sobrevivência e no florescimento de espécies vegetais como o *Handroanthus serratifolius* e a *Genipa americana*, especialmente em contextos de conservação e manejo sustentável. Essas duas espécies, além de sua importância ecológica e econômica, apresentam respostas fisiológicas complexas a estímulos ambientais e hormonais, o que influencia diretamente sua capacidade de se desenvolver e reproduzir. Estudos recentes têm destacado como o equilíbrio hormonal, mediado por auxinas, giberelinas e citocininas, interagem com a intensidade luminosa para regular processos como germinação, desenvolvimento radicular e indução floral nessas plantas (Sabino et al., 2018; Silva et al., 2012).

O sombreamento, por sua vez, desempenha um papel determinante na sobrevivência inicial de mudas e no estabelecimento de indivíduos adultos em áreas de restauração. O Ipê-amarelo, por exemplo, apresenta tolerância moderada ao sombreamento em estágios iniciais, beneficiando-se de níveis intermediários de luz para evitar estresses hídricos e promover o crescimento inicial. Já o Jenipapo, uma espécie de sub-bosque em florestas tropicais, demonstra maior adaptabilidade a ambientes sombreados, embora seu florescimento dependa frequentemente de níveis mais elevados de luz para ativar vias fotossintéticas críticas à produção de carboidratos necessários para o desenvolvimento floral (Sabino et al., 2018).

Os efeitos hormonais também influenciam a resposta dessas espécies às condições de sombreamento. O aumento da produção de ácido abscísico em condições de baixa luminosidade pode reduzir a taxa de transpiração, contribuindo para a economia de água em ambientes com déficit hídrico. Paralelamente, giberelinas desempenham papel fundamental na promoção do alongamento celular em situações de sombreamento, auxiliando as plantas a maximizar a captura de luz disponível. (Gomes, 2009).

Os efeitos do Paclobutrazol (PBZ) podem variar, pois dependem não apenas da concentração utilizada, mas também especificamente do metabolismo de cada planta e condições climáticas de cada região (Silva, 2011). A interação entre sombreamento e regulação hormonal oferece um campo de pesquisa promissor para a otimização de práticas de cultivo e conservação dessas espécies. Compreender como fatores ambientais e endógenos afetam a sobrevivência do *Handroanthus albus*

e a *Genipa americana* pode subsidiar estratégias inovadoras para o manejo sustentável dessas plantas em ambientes naturais.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar e entender o desenvolvimento do Ipê amarelo e Jenipapo, diante da interação entre níveis de sombreamento e presença de regulador de crescimento.

2. Material e Métodos

2.1 Aplicação do Paclobutrazol (PBZ)

Depois de três meses, após o estabelecimento dos enxertos, foi aplicado o hormônio de florescimento Paclobutrazol (PBZ). Cada muda recebeu uma dosagem de 2 ml de PBZ, diluídos em 250 ml de água (Mendes,2021; Caiafa,2022). Quatro dias após esse processo, as mudas foram enviadas para a área do plantio, onde foram monitoradas a sobrevivência e presença de flores.



Figura 1: A) Aplicação de PBZ diretamente no substrato (2 ml de PBZ para 250 ml de água). B) Plantio de enxerto de *Handroanthus serratifolius* em área com sombreamento. C) Plantio de *Genipa americana* em área de pastagem (pleno sol)

2.2 Plantio em Campo

Inicialmente, os dois ambientes foram demarcados com espaçamento de 3 metros entre linhas e 2,5 metros entre plantas, determinado com base nas áreas disponíveis em pleno sol no CEA. As covas foram abertas em linha, a aproximadamente 40 cm de profundidade, com o auxílio de um perfurador de solo e receberam irrigação antes e depois do plantio das mudas.

Foram plantados 80 indivíduos enxertados de ipê-amarelo, distribuídos igualmente entre os dois ambientes: 40 no interior da floresta e 40 a pleno sol. Em cada ambiente, metade dos enxertos receberam aplicação de hormônio.

Para o Jenipapo, foram plantados 64 indivíduos, também dividido entre 32 na floresta e 32 a pleno sol, sendo que metade de cada grupo recebeu a dosagem de PBZ.



Figura 2: A) Medição do espaçamento da área com sombreamento. B) Conclusão do plantio na área de pastagem. C) Área escolhida dentro da floresta (com sombreamento).

2.3 Coleta de dados das mudas em campo

As variáveis como comprimento, diâmetro e número de brotações foram coletadas oito meses após o estabelecimento do plantio em cada ambiente. Além disso, também foi monitorado mensalmente a presença de floração. Os experimentos foram

implantados em ambientes distintos, com níveis diferentes de luminosidade e avaliados de forma independente.

O comprimento das brotações foi medido com o auxílio de uma régua, considerando a distância desde o ponto de inserção no caule até a última gema. Já o diâmetro das brotações foi aferido com um paquímetro, posicionando-o na região central do comprimento da brotação.



Figura 3: Medição do comprimento das brotações. B) Medição do diâmetro das brotações com auxílio de um paquímetro. C) Ipê-amarelo em pleno sol, oito meses após plantio.

2.4 Análises Estatísticas

O experimento foi conduzido em duas áreas distintas, seguindo um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em um esquema de parcelas subdivididas. Os fatores analisados foram dois ambientes de cultivo (*pleno sol* e *sombra*) e dois níveis de aplicação de Paclobutrazol (PBZ) (*com PBZ* e *sem PBZ*). As áreas experimentais foram separadas por uma distância de 150 metros, minimizando possíveis influências ambientais entre os tratamentos.

Para a análise dos dados, foi realizada análise de variância (ANOVA) para verificar a existência de diferenças estatísticas entre os tratamentos. Quando

identificadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, adotando um nível de significância de 5% ($P < 0,05$). Todas as análises estatísticas serão realizadas no software R Core Team (2023).

3. Resultados e Discussões

Inicialmente, foi realizado a análise de variância para as características comprimento, diâmetro e número de brotações, e nas figuras 4A e 5A, observa-se que as características comprimento médio das brotações e número de brotações foram significativamente influenciadas pela condição ambiental. As plantas da espécie *Handroanthus serratifolius*, localizadas sob pleno sol apresentaram um desenvolvimento superior em comparação àquelas mantidas em área de sombreamento (Figura 4A e Figura 5A), evidenciando a influência direta da luminosidade no crescimento vegetativo. O comprimento médio de brotações, para essa espécie, em condições de sombra, foi de 27 centímetros, enquanto no sol, foi de 50 centímetros. O número de brotações foi de 1,7 brotos por planta na área sombreada e 2,7 brotos por planta em pleno sol. Por outro lado, a variável hormônio (com e sem aplicação) não apresentou diferenças significativas, sugerindo que, nas condições avaliadas, a presença do regulador de crescimento não teve impacto relevante sobre essas características (Figura 4B).

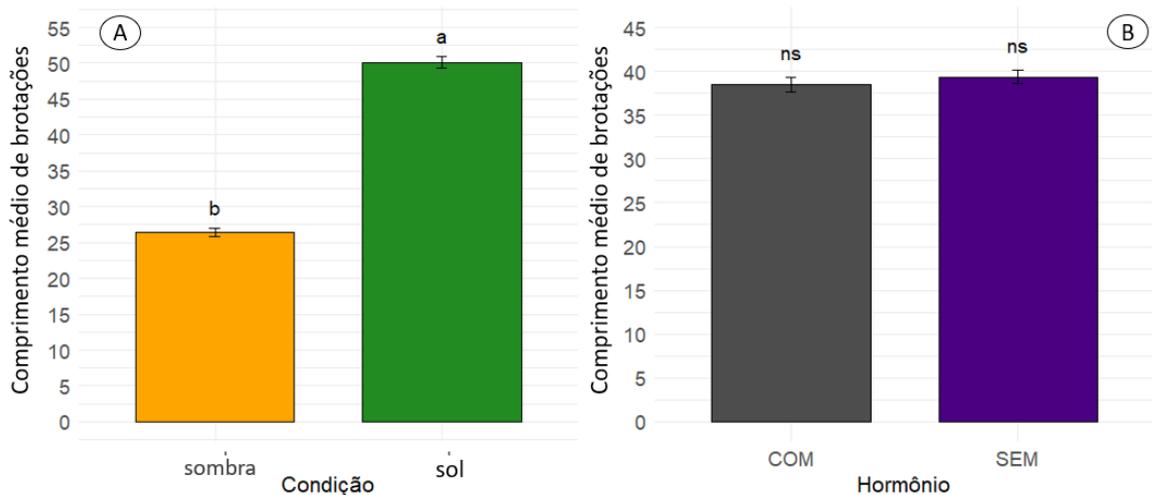


Figura 4: A) Comprimento médio de brotações (em ambiente de pleno sol e sombra) de *Handroanthus serratifolius*. B) comprimento médio de brotações (com e sem hormônio), em campo de *Handroanthus serratifolius*.

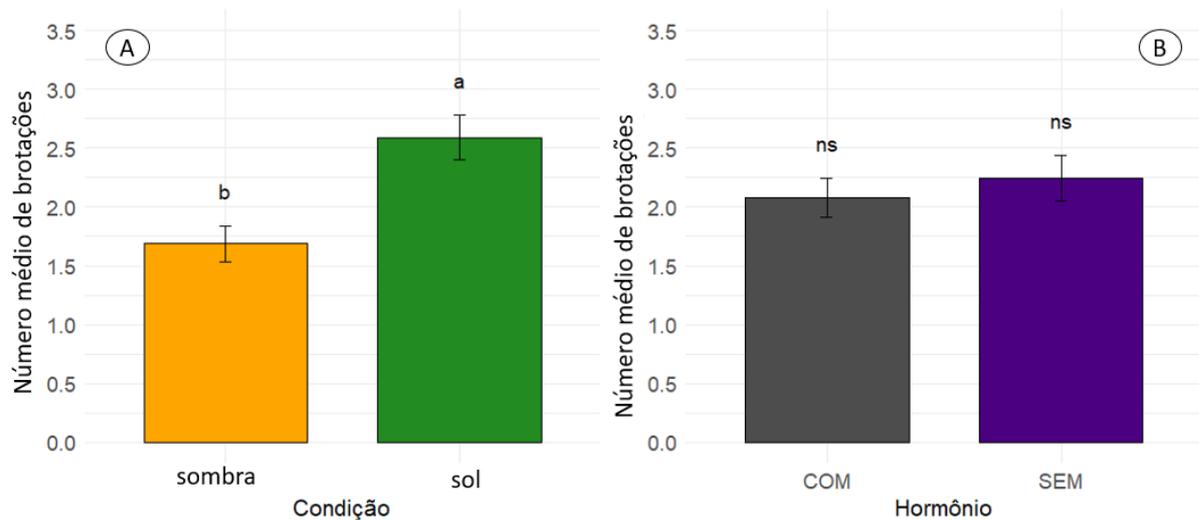


Figura 5: A) Número médio de brotações (em ambiente de pleno sol e sombra). B) número médio de brotações (com e sem hormônio), em campo de *Handroanthus serratifolius*.

Nos gráficos das figuras 6A e 6B, observa-se que o diâmetro médio das brotações foi maior em pleno sol do que na sombra (7,5 e 4,4 mm, respectivamente), independentemente da aplicação do hormônio. Isso significa que as plantas cresceram significativamente mais quando expostas ao sol. O fato de essa tendência ocorrer tanto com quanto sem hormônio sugere que a luz tem um papel mais determinante no diâmetro das brotações do que a aplicação hormonal.

Ainda na figura 6C e 6D, a comparação entre plantas tratadas com e sem hormônio é feita separadamente para cada condição de luz. No ambiente de sol, não há diferença significativa entre plantas com e sem hormônio, indicando que o hormônio não influenciou o diâmetro das brotações em pleno sol.

No ambiente de sombra, pode-se observar uma maior diferença significativa. As plantas sem hormônio tiveram maior diâmetro de brotações, comparando com as plantas com hormônio (Figura 6D). As plantas tratadas com hormônio, tiveram 6 mm de diâmetro médio, enquanto as plantas que não receberam hormônio, alcançaram

7,5 mm de diâmetro médio. Em condições de sombra, o uso do hormônio pode ter um efeito negativo sobre o crescimento das brotações (Figura 6D).

Isso sugere que, em condições de sombra, o uso do hormônio pode ter um efeito negativo ou não benéfico sobre o crescimento do diâmetro das brotações.

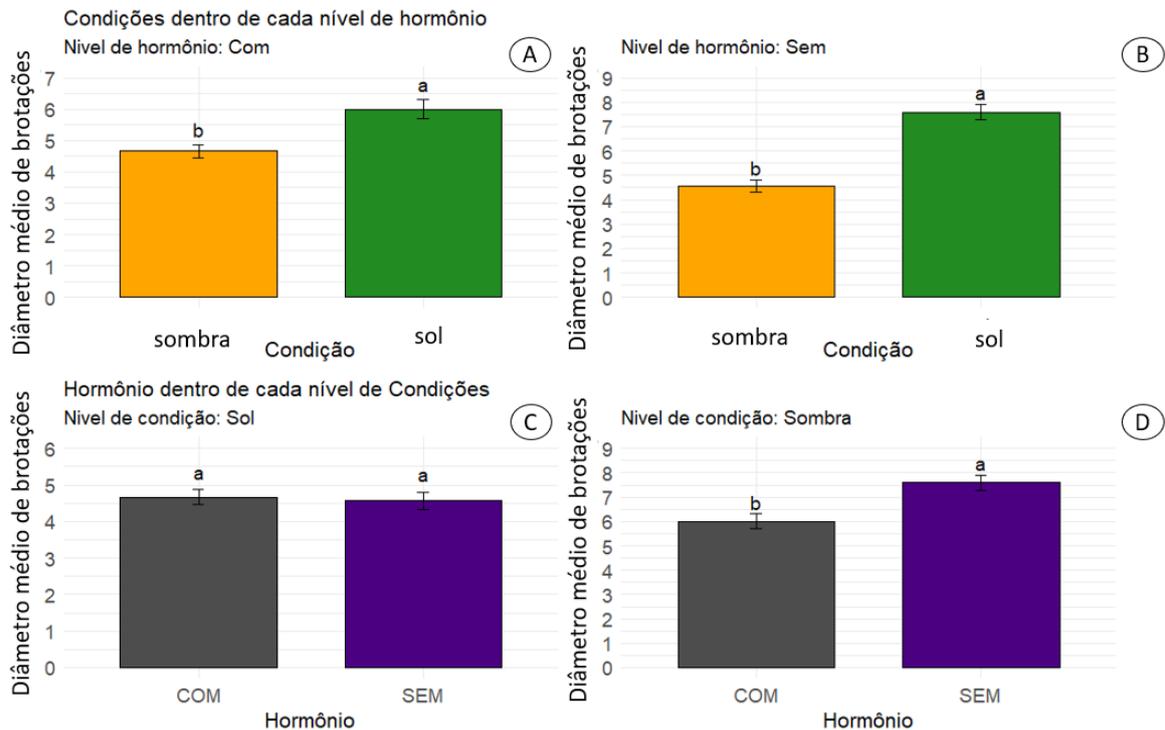


Figura 6: A) Diâmetro médio de brotações de *Handroanthus serratifolius* em duas condições ambientais (dentro do nível com hormônio). B) Diâmetro médio de brotações de *Handroanthus serratifolius* em duas condições ambientais (dentro do nível sem hormônio). C) Diâmetro médio de brotações em dois níveis de hormônios (dentro do nível de condição sol). D) Diâmetro médio de brotações em dois níveis de hormônios (dentro do nível de condição sombra).

O desenvolvimento superior das plantas sob a exposição ao sol pode ser explicado por vários fatores fisiológicos e bioquímicos (Benett, 2014). A luz solar é a principal fonte de energia para a fotossíntese, e plantas que crescem sob pleno sol tendem a apresentar maior taxa fotossintética em comparação às que estão sob sombra (Benett, 2014). Além disso, os resultados apresentados mostram que a condição ambiental teve grande influência no desenvolvimento das brotações. O maior diâmetro das brotações observadas em plantas sob sol pleno pode estar

relacionado a respostas fisiológicas específicas ao ambiente. Em condições de luz intensa, por exemplo, as células vegetais tendem a acumular maior quantidade de lignina e compostos estruturais, o que resulta em um crescimento mais espesso e resistente (Pricinotto, 2014). Tais evidências reforçam o papel da luminosidade como fator determinante no crescimento e surgimento de brotações para *Handroanthus serratifolius*. (Figuras 4A, 5A, 6A e 6B)

As figuras 7, 8 e 9, representam os resultados da interação das características comprimento médio de brotação, número médio de brotação e diâmetro médio de brotação com o nível de hormônio (com e sem) em pleno sol, da espécie *Genipa americana*. Podemos observar que a concentração de hormônio teve mais influência no comprimento e diâmetro das brotações. O que não ocorreu para a variável número de brotações.

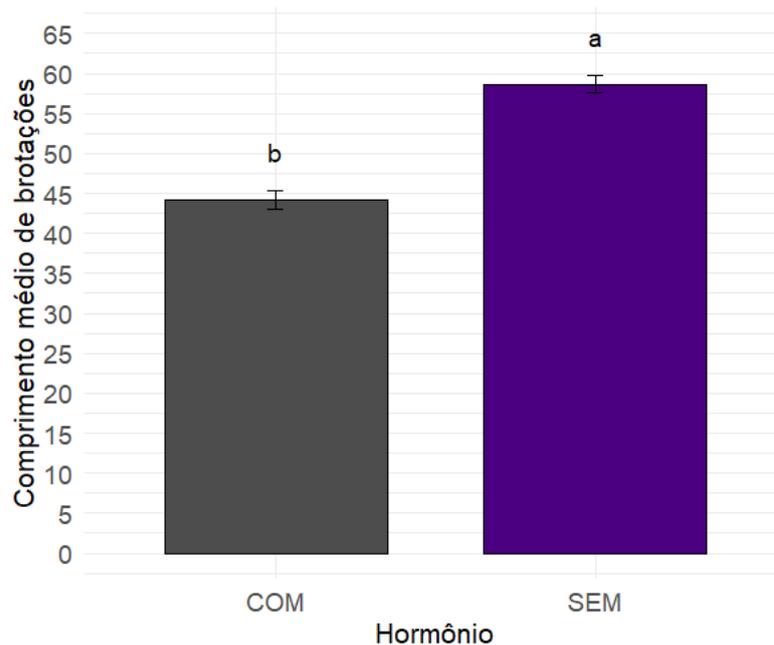


Figura 7: Comprimento médio de brotações em dois níveis de hormônio (com e sem) da *Genipa americana*.

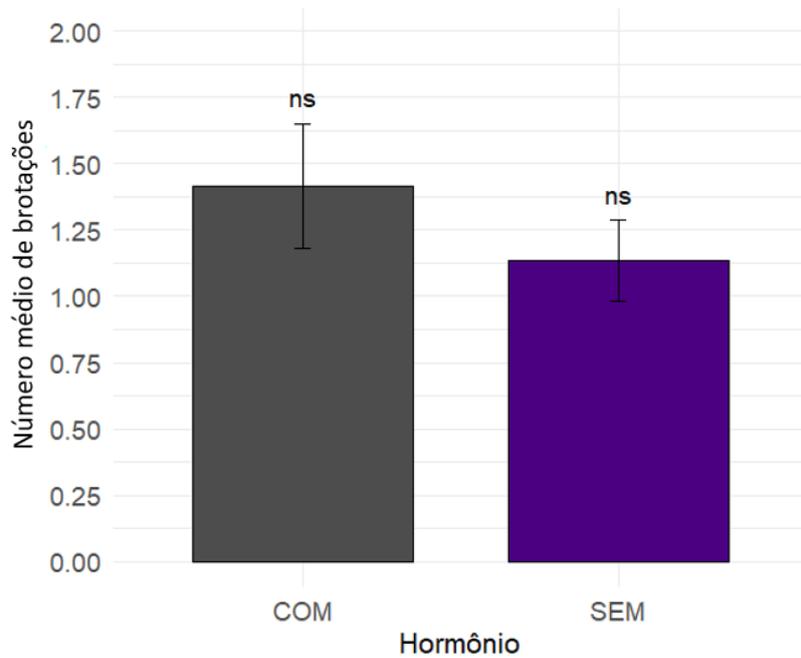


Figura 8: Número médio de brotações em dois níveis de hormônio (com e sem) da *Genipa americana*.

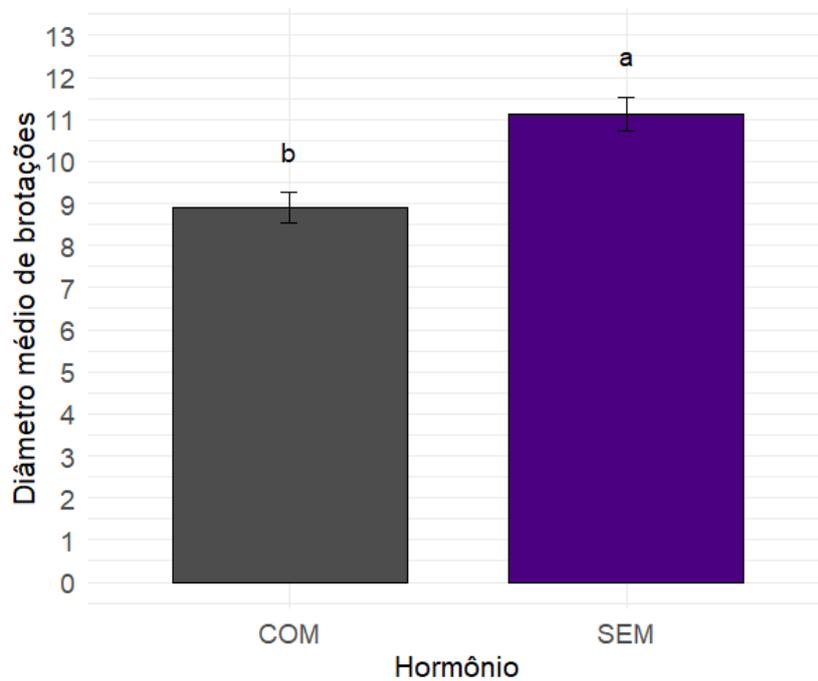


Figura 9: Diâmetro médio de brotações em dois níveis de hormônio (com e sem).

O Paclobutrazol (PBZ) é um regulador de crescimento amplamente utilizado para modular o desenvolvimento de plantas, especialmente na indução de brotações

e no controle do crescimento vegetativo (Leite, 2019). No Jenipapo (*Genipa americana*), a aplicação do hormônio não influenciou estatisticamente no número de brotações (Figura 10).

O paclobutrazol (PBZ) pode estimular a brotação por atuar na inibição da síntese de giberelinas, hormônios responsáveis pelo alongamento celular, ao mesmo tempo em que favorece o acúmulo de citocininas, que estimulam a divisão celular e a formação de novas brotações (Oliveira, 2022). Essa ação combinada, pode levar ao surgimento de mais brotações, porém com crescimento reduzido. Além disso, o PBZ tende a limitar o desenvolvimento em altura e diâmetro das plantas, resultando em brotações mais curtas e compactas (Andrade, 2017). Outro efeito importante do regulador de crescimento é a alteração na distribuição dos fotoassimilados, direcionando maior quantidade de carboidratos para raízes e folhas, em vez de estimular o espessamento dos ramos (Chaves, 2019). Dessa forma, a limitação do alongamento celular e a redistribuição de recursos podem ter contribuído para que as brotações observadas fossem menores e finas.

No presente estudo, o comprimento e o número de brotações em *H. serratifolius*, assim como o número de brotações em *G. americana*, não apresentaram diferenças significativas em relação à aplicação do hormônio. Esses resultados sugerem que, nas condições avaliadas, o uso do regulador de crescimento não exerceu influência expressiva sobre a emissão ou o desenvolvimento das brotações, indicando que fatores ambientais às espécies podem ter desempenhado um papel mais determinante nesse processo.

Foi obtido um comprimento médio de 37 cm e 39 cm (Figura 4A) para as plantas de *H. serratifolius* (com PBZ e sem PBZ, respectivamente). O número de brotações de *H. serratifolius* obteve médias de 2,1 e 2,3 brotos por planta para os indivíduos (tratados com PBZ e sem PBZ, respectivamente). Entretanto, o diâmetro das brotações de *H. serratifolius* foi maior em condições de pleno sol e sem aplicação de hormônio, sugerindo que a luminosidade pode ter um papel mais relevante nesse parâmetro do que o uso do regulador de crescimento.

O comprimento e diâmetro de brotações de *Genipa americana*, foram maiores nas plantas que não receberam a aplicação do PBZ, obtendo comprimentos médios de 44 cm para as plantas tratadas com Paclobutrazol e 57 cm para as plantas não tratadas com Paclobutrazol (Figura 9). O diâmetro dessa espécie apresentou maiores

valores nas plantas que não receberam Paclobutrazol, com diâmetros médios de 9 mm e 11 mm (para as plantas tratadas com e sem PBZ, respectivamente) (Figura 11).

Diferentemente, os resultados reportados por Caiafa (2022), mostra um aumento no número de brotações em plantas tratadas com PBZ (*2,64 brotos por planta*), em comparação com aquelas que não receberam o regulador (*1,87 brotos por planta*). Por outro lado, os dados de comprimento e diâmetro, no trabalho de Caiafa (2022), apesar de não apresentarem diferenças significativas, apresentam maiores valores nas plantas que não receberam o hormônio. Os dados de Caiafa (2022), reforçam essa tendência, apresentando valores médios de 7,26 cm de comprimento e 1,13 mm de diâmetro nas plantas tratadas com PBZ, enquanto as plantas sem o regulador registraram médias de 7,76 cm e 1,31 mm, respectivamente.

Esses resultados indicam que, enquanto o PBZ pode estimular a brotação em algumas espécies, sua influência no crescimento e espessura das brotações não é uniforme, variando conforme as características da espécie e as condições ambientais.

Apesar da ausência de diferenças significativas, *Genipa americana* tratada com PBZ apresentou mais brotações, possivelmente devido ao aumento da fotossíntese e ao equilíbrio hormonal, alterando os níveis de giberelinas, ácido abscísico e citocininas (Desta & Amare, 2021). O PBZ inibe a biossíntese de giberelinas e aumenta a produção de ácido abscísico, regulando a abertura estomática e melhorando a eficiência hídrica, o que pode estimular a brotação (Taiz & Zeiger, 2017; Desta & Amare, 2021). Com a redução do crescimento do caule, a planta pode redirecionar energia para o desenvolvimento de brotações laterais.

O Paclobutrazol (PBZ) promove a síntese de citocininas, hormônios que auxiliam na diferenciação dos cloroplastos e preservação da clorofila, aumentando a eficiência fotossintética (Fletcher et al., 2000). No entanto, esse efeito não foi refletido no comprimento e diâmetro das brotações de *Genipa americana*, que tiveram valores maiores nas plantas sem PBZ.

Uma possível explicação para esse resultado, pode ter sido o curto intervalo entre a aplicação do PBZ nas mudas e o plantio em campo, o que pode não ter permitido tempo suficiente para que os efeitos do regulador de crescimento se manifestassem plenamente. Estudos futuros com um período maior entre a aplicação

do PBZ e o plantio poderão esclarecer se, sob essas condições, o hormônio promove um aumento mais significativo no diâmetro e comprimento das brotações.

Caiafa (2022) observou, que para a espécie *H. serratifolius*, o número de brotações por planta (1,45 e 1,50 brotos por planta para os plantios no sol e sombra, respectivamente), o comprimento das brotações (8,0 e 7,84 cm para os plantios no sol e sombra, respectivamente) e o diâmetro (1,84 e 1,64 mm de diâmetro para os plantios no sol e sombra respectivamente) das brotações não diferiram entre os ambientes. Apesar disso, observou uma tendência das mudas cultivadas em pleno sol, apresentarem melhores resultados, o que também foi observado na espécie *H. serratifolius* desse estudo.

Handroanthus serratifolius apresentou, em condições de pleno sol, médias de 50 cm de comprimento, 6 mm de diâmetro e 2,5 brotações por planta. Em contraste, no ambiente sombreado, os valores foram significativamente menores, com 27 cm de comprimento, 4,5 mm de diâmetro e 1,7 brotações por planta.

Esses resultados, assim como os observados por Caiafa (2022), indicam que o crescimento de *H. serratifolius* é favorecido pela alta luminosidade e que, em condições de pleno sol, esses valores podem ser ainda maiores.



Figura 10: A) e B) Mortalidade de enxertos de Jenipapo após 8 meses de plantio.



Figura 11: A) Presença de grilos em *Genipa americana*. B) Folhas da *Genipa americana* afetadas por grilos e formigas.

Para a espécie *Genipa americana*, cultivada dentro da floresta, não foi possível realizar a coleta de dados devido à alta taxa de mortalidade dos enxertos, que atingiu 100% (Figura 10). Dessa forma, os dados foram obtidos apenas para os exemplares de Jenipapo cultivados diretamente sob exposição solar plena.

Além disso, Da Silva et al. (2018) relatam que a *Genipa americana* apresenta características de espécie pioneira, ou seja, possui alta capacidade de colonização em ambientes abertos, cresce rapidamente e tolera condições adversas, o que a torna amplamente utilizada na recomposição de áreas degradadas. Essas características, no entanto, também indicam uma menor adaptação a ambientes sombreados, o que pode explicar a elevada mortalidade das plantas submetidas a altos níveis de sombreamento no experimento. Além disso, foi observada a ocorrência de ataques por grilos e formigas dentro da floresta, afetando diretamente os indivíduos de Jenipapo. Não se pode descartar, ainda, a possibilidade de danos causados por alguns mamíferos que percorrem a região, como as antas, que podem consumir ou danificar as mudas durante sua movimentação pelo sub-bosque. (Figura 11).

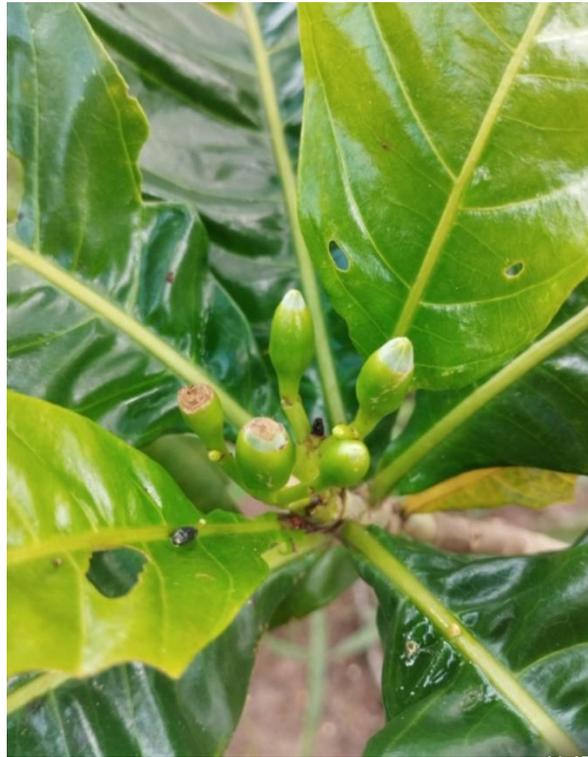


Figura 12: Presença de botões florais em *Genipa americana*.

Um ano e um mês após a implantação do experimento em campo, durante o monitoramento realizado em fevereiro de 2025, foram observados botões florais em uma planta de *Genipa americana* submetida ao tratamento com aplicação de Paclobutrazol (Figura 9). Esse resultado está em concordância com os achados de Caiafa (2022), que registrou um aumento de 40% na taxa de florescimento em plantas tratadas com Paclobutrazol em comparação àquelas que não receberam a aplicação do regulador de crescimento.

Geralmente, as plantas de *Genipa americana* iniciam a floração cerca de cinco anos após o plantio. Na região amazônica, especificamente, as mudas seminais tendem a florescer entre oito e dez anos após o plantio (Da silva et al., 2018). O período de floração do Jenipapo, ocorre em novembro, coincidindo com o início da frutificação, que se estende até fevereiro (Dickson, L. V. R., 2021). Portanto, a floração observada em aproximadamente um ano após o plantio, e justamente no período de floração natural da espécie, pode nos sugerir um possível efeito do Paclobutrazol (PBZ) no tempo de indução da floração nessa espécie.

Por outro lado, a espécie *Handroanthus serratifolius* não apresentou florescimento até o último monitoramento realizado em fevereiro de 2025, indicando que a resposta ao tratamento pode variar entre espécies.

4. Conclusão

Este estudo demonstrou que tanto o nível de luminosidade quanto a regulação hormonal são fatores que podem influenciar muito no desenvolvimento e no florescimento de espécies como o *Handroanthus serratifolius* e a *Genipa americana*. A capacidade do Ipê-amarelo de tolerar níveis moderados de sombra durante seu desenvolvimento inicial é um fator importante para sua adaptação a ambientes de floresta, onde a luz solar pode ser limitada. Por outro lado, o Jenipapo mostrou ser menos adaptável ao sombreamento, e exigência de alta luminosidade para se desenvolver e florescer adequadamente destaca a importância da exposição solar para o crescimento dessa espécie.

A aplicação do Paclobutrazol (PBZ), um regulador de crescimento, mostrou resultados variados dependendo do metabolismo das plantas e das condições ambientais. Para o Ipê-amarelo, o PBZ proporcionou efeitos no controle do crescimento do diâmetro de suas brotações, porém não apresentou resultados significativos para as outras variáveis. Enquanto para o Jenipapo, o nível de luminosidade parece ser crucial do que o uso de reguladores para o crescimento. Por outro lado, a aplicação do PBZ parece ter possibilitado o aumento do número de brotações e o surgimento de botões florais nesta espécie. Esses resultados sugerem que o uso de PBZ deve ser aplicado com cautela e em combinação com a monitorização das condições ambientais, a fim de otimizar os efeitos desejados.

O estudo reforça a importância de compreender as interações entre a intensidade de luz e os reguladores de crescimento para o desenvolvimento de estratégias eficazes de recuperação e conservação de espécies nativas. A identificação das necessidades específicas de cada espécie em relação à luz e ao uso de hormônios pode fornecer subsídios para programas de restauração e conservação genética, especialmente em áreas afetadas por processos de degradação ambiental,

como no caso de regiões impactadas pela construção de hidrelétricas e outros empreendimentos de grande escala.

No campo, *Genipa americana* apresentou florescimento e frutificação, assegurando sua descendência. O florescimento foi observado em plantas submetidas à aplicação de Paclobutrazol (PBZ), sugerindo um possível efeito do regulador de crescimento nesse processo.

As mudas de *Handroanthus serratifolius* demonstraram tendência de maior crescimento, diâmetro e número de brotações quando cultivadas a pleno sol, evidenciando que a luminosidade é um fator determinante para seu desenvolvimento. Da mesma forma, *G. americana* também apresentou desenvolvimento inicial superior em condições de sol, enquanto na sombra houve 100% de mortalidade, indicando que essa espécie não tolera ambientes sombreados durante as fases iniciais de crescimento.

Portanto, os resultados confirmam que as duas espécies respondem de maneira distinta às condições de luminosidade, sendo o pleno sol essencial para o sucesso do estabelecimento de *H. serratifolius* e *G. americana* em campo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Ednaldo Lima; NASCIMENTO, Raimundo Alves; COSTA, Cláudia Maria Lima; FARIA, Leonardo José Gomes. **Otimização experimental do processo de obtenção do corante azul de Jenipapo em leite de jorro**. In: XXXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS, 2017, Maringá. Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Química, 2017.

BENETT, Kênia Simone Siqueira; JUNIOR, Manoel José da Silva Faria; BENETT, Carlos Gustavo Siqueira; SELEGUINI, Alexandre; LEMOS, Osvaldo Lima. **Utilização de paclobutrazol na produção de mudas de tomateiro**. *Comunicata Scientiae*, v. 5, n. 2, p. 164-169, 2014.

CHAVES, Roberta Maria; KWIATKOWSKI, Alice; PEREIRA, Quésia Dias; POPOLIN, André; NOVAES, Tâmara Alves Costa. Avaliações físico-químicas e capacidade antioxidante em frutos de jenipapo em estágio de desenvolvimento verde e maduro. **Agrarian Academic Journal**, v. 2, n. 2, 2019.

CAIAFA, Karine Fernandes. **Resgate de Dna e Indução de Florescimento Precoce De Árvores Nativas da Região de Brumadinho e Nova Lima, Mg, 2022.**

DA SILVA, Davi Barbosa; SALOMÃO, Andréa Neves; CARVALHO, Paulo César Lima de; WETZEL, Maria Meirelles Vieira da Silva. *Genipa americana*: jenipapo. In: VIEIRA, Rosane Figueiredo; CAMILLO, José; CORADIN, Lúcia (Ed.). Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: Região Centro-Oeste. 2018.

DESTA, Belachew; AMARE, Getachew. **Paclobutrazol as a plant growth regulator**. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 8, n. 1, p. 1-15, 2021.

Dickson, L. V. R. (2021). **Jenipapo (*Genipa americana* L.): uma revisão narrativa**. *BORGES, F. da SS et al. Ciência e tecnologia de alimentos: Pesquisa e práticas contemporâneas*, 1, 537-553.

GOMES, Iolanda Aparecida Costa; CASTRO, Edson Maciel de; SOARES, Aluísio Marcos; ALVES, José Damasceno; ALVARENGA, Maria Inês Nunes; MELO, Ana Amélia Martins; ALVARENGA, Ana Deise. Sombreamento de plantas de *Catharanthus roseus* (L.) G. **Don 'Pacifica White' por malhas coloridas**: desenvolvimento vegetativo. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, p. 514-520, 2009

KUAI, Jinfeng; LI, Xueyi; YANG, Yanyan; ZHOU, Guoshu. Effects of paclobutrazol on biomass production in relation to resistance to lodging and pod shattering in *Brassica napus* L. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, p. 2470-2481, 2017.

LEITE, Bruno F.; et al. Extração, identificação e quantificação de genipina a partir dos frutos verdes de *Genipa americana* L. Workshop de Biomateriais, Engenharia de Tecidos e Órgãos Artificiais, **São Paulo, 6. ed.**, 2019.

MARINHO, Silvio Carvalho et al. **Qualidade físico-química de licores artesanais de jenipapo (*Genipa americana* L) comercializados** em São Luís, MA. Artigo Científico, *Hig. aliment*, p. 78-80, 2013.

OLIVEIRA, Gabriel Felipe Nunes. **Estudo da estabilidade do corante de jenipapo em pão de fermentação natural assado e congelado**. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia de Alimentos, f. 43, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2022.

OPIO, P.; TOMIYAMA, Hiroshi; SAITO, Toshio; OHKAWA, Kenji; OHARA, Hiroshi; KONDO, Seiji. Paclobutrazol elevates auxin and abscisic acid, reduces gibberellins and zeatin and modulates their transporter genes in Marubakaido apple (*Malus prunifolia* Borkh. var. ringo Asami) rootstocks. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 155, p. 502-511, 2020.

PRICINOTTO, Luciana Fagundes; ZUCARELI, Carlos. Paclobutrazol no crescimento e desempenho produtivo da soja sob diferentes densidades de semeadura. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 4, p. 65-74, 2014.

RIBEIRO, Gilberto de; et al. Enxertia em fruteiras. Porto Velho: **Embrapa Rondônia**, 2005. 8 p. (Embrapa Rondônia. Recomendações Técnicas, 92). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/859550/1/rt92enxertiadefruteiras.pdf>.

R Core Team (2023). *_R: A Language and Environment for Statistical Computing_*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org>.

SANTOS, Ana Regina Ferreira; SILVA-MANN, Rosemeire; FERREIRA, Renato Alves. Restrição hídrica em sementes de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 213-220, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/PWdNHyzDhbd4LSc7y4zvf7C/>.

SABINO, Marlus et al. **Crescimento inicial de ipê-amarelo amazônico e de cerrado cultivados sob diferentes intensidades de sombreamento e comprimento espectral de onda**. 2018. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/339/33962993006/html/>.

SILVA, Ana Veruska et al. **Diversidade genética de jenipapeiro para a introdução de novos acessos**. 2012. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/946265/1/112.pdf>.

SILVA, Katiane Santiago; FARIA JUNIOR, Max José de Araujo. Uso de paclobutrazol como estratégia para redução do porte e da brotação lateral de plantas de tomateiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 539-546, 2011.

Desta B, Amare, G. Paclobutrazol as a plant growth regulator. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2021; 8(1). doi: 10.1186/s40538-020-00199-z

Taiz L, Zeiger E. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 719p. 2017

Fletcher R, Gilley A, Sankhla N, Davis T. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. Horticultural Reviews. 2000; 24:55-137. doi:10.1002/9780470650776.ch3

SEÇÃO 4
CONSIDERAÇÕES GERAIS

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A enxertia por garfagem em fenda cheia mostrou-se uma técnica viável para *Genipa americana* e *Handroanthus serratifolius*, uma vez que ambas as espécies apresentaram índices satisfatórios de pegamento.

De modo geral, as plantas cultivadas sob pleno sol demonstraram um maior desenvolvimento, tanto em crescimento quanto no número de brotações, evidenciando a luz como um fator determinante no diâmetro das brotações. Por outro lado, a aplicação do hormônio teve efeitos variáveis, dependendo da condição luminosa.

No caso do Jenipapo (*Genipa americana*), o plantio sob sombra resultou em 100% de mortalidade, demonstrando que essa espécie não se adapta bem ao plantio inicial em condições de baixa luminosidade. Recomendando-se o plantio dessa espécie no sol (condições de alta luminosidade) para programas de restauração florestal. Por outro lado, sob pleno sol, a espécie apresentou um excelente crescimento, além de permitir a ocorrência de florescimento precoce em plantas de baixa altura, com apenas um ano e meio após o plantio. Esse florescimento foi observado na planta que recebeu o hormônio, sugerindo que outras plantas tratadas com o mesmo tratamento também possam vir a florescer posteriormente.

Assim, a técnica de resgate de DNA por enxertia e o florescimento precoce com a aplicação de PBZ em pleno sol, se mostrou ser uma boa opção para avançar em programas de conservação genética e de melhoramento de espécies arbóreas nativas e pode também contribuir para programas de restauração florestal e conservação de espécies importantes do bioma amazônico.