

**MARCELA FERREIRA GOMES**

**INOVAÇÃO FLORESTAL: AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE  
FITORREGULADORES E ARBOLINA NA ECOFISIOLOGIA DE *Euterpe oleracea*  
Mart.**

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

Coorientador (a): Thaline Martins Pimenta

VIÇOSA – MG

2024

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

T

G633i  
2024  
Gomes, Marcela Ferreira, 1998-  
Inovação florestal: avaliação da influência de  
fitorreguladores e arbolina na ecofisiologia de *Euterpe oleracea*  
Mart. / Marcela Ferreira Gomes. – Viçosa, MG, 2024.  
1 dissertação eletrônica (89 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Gleison Augusto dos Santos.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Engenharia Florestal, 2024.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.502>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Palmeira - Melhoramento genético. 2. Palmeira  
- Crescimento. 3. Palmeira - Medição. 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. 634.91654


**MARCELA FERREIRA GOMES**

**INOVAÇÃO FLORESTAL: AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE  
FITORREGULADORES E ARBOLINA NA ECOFISIOLOGIA DE *Euterpe oleracea*  
Mart.**

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: 01 de julho de 2024.


Assentimento:

Documento assinado digitalmente  
 **MARCELA FERREIRA GOMES**  
Data: 16/08/2024 15:37:08-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Marcela Ferreira Gomes

Autora

Documento assinado digitalmente  
 **GLEISON AUGUSTO DOS SANTOS**  
Data: 16/08/2024 16:30:23-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Gleison Augusto dos Santos  
Orientador

*À minha mãe (in memoriam).*

## AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, Antônio, que me apoiou e me incentivou todos os anos que estive longe de casa. À minha mãe, Arminda (*in memoriam*), que mesmo não sendo fisicamente presente em minha vida desde 2010, me atribuiu sua personalidade e persistência de correr atrás dos sonhos. À minha irmã Rafaela, por todo auxílio desde a infância até na escolha do curso de Engenharia Florestal, além das vibrações em todas as conquistas durante a graduação. Ao meu sobrinho Gabriel, que trouxe à minha vida uma leveza e uma nova forma de pensar.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), ao Departamento de Engenharia Florestal (DEF) por tudo que foi proporcionado.

Ao meu orientador Gleison Augusto dos Santos pela confiança, ensinamentos, apoio e valiosos insights durante o mestrado. Sua contribuição foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

À equipe da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, especialmente ao Pós-Doutorando Igor Oliveira e a estagiária Francielle Lopes, por todo empenho e apoio nesse período que foi monitorado o experimento. Agradeço especialmente à minha coorientadora Karen Cristina Pires da Costa, que além de fornecer valiosos insights sobre a pesquisa, proporcionou logisticamente a implantação do experimento *in loco* com excelência, interligando as equipes interinstitucionais.

Ao meu coorientador Rodrigo Gava, cuja expertise e orientação foram fundamentais para o desenvolvimento do primeiro capítulo. Sua visão desenvolvimentista e perspicácia agregaram significativamente, contribuindo de forma marcante para sua qualidade e relevância.

À minha coorientadora Thaline Pimenta, pela sua dedicação e apoio durante todo o processo do mestrado. Sua presença constante, acompanhamento atento das atividades e correção cuidadosa dos documentos foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao CNPq pelo financiamento da bolsa durante meu mestrado. O apoio proporcionado foi essencial para o desenvolvimento da pesquisa e contribuiu significativamente para o avanço do conhecimento na área. Agradeço ao CNPq por seu compromisso contínuo com o desenvolvimento da ciência e da educação no Brasil.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

*"A educação   a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo."*

(Nelson Mandela)

## RESUMO

GOMES, Marcela Ferreira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2024. **Inovação Florestal: Avaliação da Influência de Fitorreguladores e Arbolina na Ecofisiologia de *Euterpe oleracea* Mart.** Orientador: Gleison Augusto dos Santos. Coorientadores: Karen Cristina Pires da Costa, Rodrigo Gava e Thaline Martins Pimenta.

O estado do Pará, localizado no Norte do Brasil, desempenha um papel crucial na história e economia amazônica, apesar dos desafios enfrentados, como a desigualdade de recursos e a busca por desenvolvimento sustentável. As disparidades regionais em Ciência, Tecnologia e Inovação refletem obstáculos políticos, econômicos e sociais, com a região Sul e Sudeste se destacando em inovação, enquanto o Norte e Nordeste sofrem com limitações de investimento e infraestrutura. A cultura do açaí é um pilar econômico essencial no Pará, impulsionando não apenas a economia, mas também a cultura e o turismo locais. Porém, enfrenta desafios como a pressão sobre os ecossistemas naturais e a necessidade de práticas sustentáveis. Nesse contexto, o estudo buscou ressaltar a importância do açaí na região norte, contrastando com o impacto da CTI nas diferentes macrorregiões brasileiras. Paralelamente, analisou a resposta ecofisiológica do açaizeiro à aplicação de componentes como Paclobutrazol, Arbolina e ETHREL, visando complementar estratégias inovadoras para impulsionar a cultura em estudo. Os resultados revelaram que o tratamento com ETHREL e Arbolina promoveu a maior taxa fotossintética e absorção de água, enquanto o tratamento combinado de ETHREL e Arbolina estimulou o crescimento em altura, diâmetro e folhas, e o de PBZ, ETHREL e Arbolina impulsionou o perfilhamento, confirmado visualmente. Além disso, a análise teórica destacou desafios como a falta de investimentos em pesquisa para o açaí, ressaltando a necessidade de políticas de inovação e proteção da propriedade intelectual para a cultura de açaí. A pesquisa também evidenciou a ligação entre investimentos em pesquisa e indicadores socioeconômicos, enfatizando a importância de direcionar recursos para o avanço tecnológico e econômico do setor do açaí e da região. Em síntese, este estudo sublinha a complexidade das interações entre ciência, tecnologia, inovação e desenvolvimento regional, destacando a necessidade de estratégias integradas para impulsionar o progresso socioeconômico e ambiental na região amazônica, com foco no Pará, bem como fornece uma forma inovativa de conduzir plantios de açaí, considerando a aplicação de novos componentes, apontando para novas possibilidades na inovação florestal em açaí, sinalizando um caminho promissor para pesquisas futuras.

Palavras-chave: Melhoramento Florestal; Indução de Florescimento; Redução de altura de plantas; Palmáceas.

## ABSTRACT

GOMES, Marcela Ferreira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July 2024. **Forest Innovation: Assessment of the Influence of Phytohormones and Arbolina in the Ecophysiology of *Euterpe oleracea* Mart. Species.** Adviser: Gleison Augusto dos Santos. Coorientadores: Karen Cristina Pires da Costa, Rodrigo Gava e Thaline Martins Pimenta.

The state of Pará, located in Northern Brazil, plays a crucial role in Amazonian history and economy, despite facing challenges such as resource inequality and the pursuit of sustainable development. Regional disparities in Science, Technology, and Innovation reflect political, economic, and social obstacles, with the South and Southeast regions standing out in innovation, while the North and Northeast suffer from investment and infrastructure limitations. The açai culture is an essential economic pillar in Pará, boosting not only the economy but also local culture and tourism. However, it faces challenges such as pressure on natural ecosystems and the need for sustainable practices. In this context, the study sought to highlight the importance of açai in the northern region, contrasting it with the impact of STI in different Brazilian macro-regions. Additionally, it analyzed the eco-physiological response of the açai palm to the application of components such as Paclobutrazol, Arbolina, and ETHREL, aiming to complement innovative strategies to boost the studied culture. The results revealed that the treatment with ETHREL and Arbolina promoted the highest photosynthetic rate and water absorption, while the combined treatment of ETHREL and Arbolina stimulated growth in height, diameter, and leaves, and the treatment with PBZ, ETHREL, and Arbolina boosted tillering, visually confirmed. Furthermore, the theoretical analysis highlighted challenges such as the lack of research investments for açai, emphasizing the need for innovation policies and intellectual property protection for the açai culture. The research also demonstrated the link between research investments and socioeconomic indicators, stressing the importance of directing resources to the technological and economic advancement of the açai sector and the region. In summary, this study underscores the complexity of interactions between science, technology, innovation, and regional development, highlighting the need for integrated strategies to drive socioeconomic and environmental progress in the Amazon region, focusing on Pará, as well as providing an innovative way to conduct açai plantations, considering the application of new components, pointing to new possibilities in açai forestry innovation, signaling a promising path for future research.

Keywords: Forest Improvement; Flowering Induction; Plant Height Reduction; Palm Species.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

- Figura 1.** Evolução dos processos administrativos no INPI de pedidos de marca contendo o termo "açai". Fonte: MELO, 2020, p. 70. ....43
- Figura 2.** Jurisdição dos pedidos de patente concedidos com o termo "Euterpe oleracea". Fonte: Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Mineração e Energia do Estado do Pará – SEDEME.....44
- Figura 3.** Registros de pedidos de patentes nacionais contendo o termo "Euterpe oleracea". Fonte: Instituto Nacional de Propriedade Industrial. ....45
- Figura 1.** Área de implantação do experimento em plantio de açai (propriedade particular). ....58
- Figura 2.** Disposição dos tratamentos distribuídos em blocos casualizados. ....59
- Figura 3.** Aplicação de Arbolina pelo método de pulverização foliar com bomba costal de 10 L. ....61

### CAPÍTULO 2

- Figura 4.** Efeito da aplicação de PBZ, Arbolina e ETHREL na altura (A), diâmetro (B) e número de folhas (C) de plantas de Euterpe oleracea 6 meses após a aplicação dos tratamentos. Os dados representam a média e erro padrão de 4 repetições. ....65
- Figura 5.** Efeito da aplicação de PBZ, Arbolina e ETHREL No número de perfilhos (A) e número de folhas nos perfilhos (B) de plantas de Euterpe oleracea 6 meses após a aplicação dos tratamentos. Os dados representam a média e erro padrão de 4 repetições.....66
- Figura 6.** Efeito da aplicação de PBZ, Arbolina e ETHREL na taxa de assimilação líquida de carbono (A), concentração interna de carbono (B), condutância estomática (C) e transpiração (D) de plantas de Euterpe oleracea 6 meses após a aplicação dos tratamentos. Os dados representam a média e erro padrão de 4 repetições. ....69
- Figura 7.** Efeito da aplicação de PBZ, Arbolina e ETHREL na taxa de respiração líquida de carbono de plantas de Euterpe oleracea 6 meses após a aplicação dos tratamentos. Os dados representam a média e erro padrão de 4 repetições. ....71

<b>Figura 8.</b> Efeito da aplicação de PBZ, Arbolina e ETHREL no Conteúdo Relativo de Água das plantas de Euterpe oleracea 6 meses após a aplicação dos tratamentos. Os dados representam a média e erro padrão de 4 repetições.....	72
<b>Figura 9.</b> Efeitos visuais da aplicação de PBZ, Arbolina e ETHREL nas plantas de Euterpe oleracea 8 meses após aplicação dos tratamentos. Lançamento de cacho – PBZ (A); Lançamento de bráctea (espatela) – Arbolina (B); Lançamento de espata – EHTREL (C); Lançamento de espata – PBZ + Arbolina (D); Lançamento de cachos – PBZ + EHTREL (E); Lançamento de espata – ETHREL e Arbolina (F); Ausência de estruturas botânicas no tratamento testemunha (G, H, I e J).....	76
<b>Figura 10.</b> Frutificação intensa da aplicação de PBZ e ETHREL nas plantas de Euterpe oleracea após 10 meses de aplicação dos tratamentos. ....	77
<b>Figura 11.</b> Biplot da Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis morfológicas e fisiológicas das plantas de Euterpe oleracea. ....	79

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

<b>Tabela 1.</b> Dados de Ensino e Pesquisa por região do Brasil. ....	40
<b>Tabela 2.</b> Números dos registros de Patentes entre os anos de 2015 e 2019. ....	42
<b>Tabela 3.</b> Dados do Produto Interno Bruto per capita e Índice de Desenvolvimento Humano por macrorregião brasileira (ano base: 2021). ....	46
<b>Tabela 4.</b> Matriz de correlação entre os indicadores regionais discutidos neste estudo. ....	47

### CAPÍTULO 2

<b>Tabela 5.</b> Descrição das doses de cada tratamento .....	60
---	----

## SUMÁRIO

### SEÇÃO 1

<b>1</b>	<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....</b>	<b>15</b>
----------	------------------------------------	-----------

### SEÇÃO 2

<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>18</b>
2.1	Inovação Florestal.....	18
2.1.1	Inovações na cadeia produtiva do açaí e a importância da pesquisa e desenvolvimento.....	19
2.2	Importância da cultura de açaí para a região Norte.....	20
2.3	Euterpe oleracea Mart.....	21
2.4	Fitorreguladores.....	22
2.5	Arbolina.....	24

### SEÇÃO 3

#### **CAPÍTULO 1: PARA ALÉM DA FLORESTA: INSIGHTS SOBRE O AÇAÍ E SEU IMPACTO NA TRANSFORMAÇÃO REGIONAL**

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>32</b>
1.1	Caracterização histórica da região Norte.....	32
1.2	Disparidades Regionais em Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil.....	33
1.3	Caracterização da Ciência, Tecnologia e Inovação no estado do Pará.....	34
1.4	Importância da cultura de açaí para a região Norte.....	35
1.5	Inovações na cadeia produtiva do açaí e a importância da pesquisa e desenvolvimento.....	37
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>38</b>
2.1	Objetivo geral.....	38
2.2	Objetivos específicos.....	38
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>38</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>48</b>

#### **CAPÍTULO 2: IMPACTO DA INTERAÇÃO ENTRE ARBOLINA, PACLOBUTRAZOL E ETHREL NOS PARÂMETROS BIOMÉTRICOS E FISIOLÓGICOS DA ESPÉCIE *Euterpe oleracea Mart.***

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>54</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>56</b>
2.1	Caracterização da área de estudo.....	56
2.2	Delineamento experimental.....	59
2.3	Aplicação dos tratamentos.....	59
2.4	Análise dos parâmetros biométricos.....	61
2.5	Conteúdo relativo de água.....	62

2.6	Análises de trocas gasosas.....	62
2.7	Análises estatísticas.....	63
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>63</b>
3.1	Biometria.....	63
3.2	Trocas gasosas.....	66
3.3	Conteúdo Relativo de Água.....	71
3.4	Indicativos visuais.....	72
3.5	Análise de Componentes Principais (PCA).....	77
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>79</b>
<b>SEÇÃO 4</b>		
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>87</b>

## PREÂMBULO

O presente trabalho de mestrado está organizado em 04 diferentes seções, com os seguintes tópicos:

- 1) Considerações Iniciais: contexto de relevância da análise da cultura do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.);
- 2) Revisão Bibliográfica: revisão do estado da arte de experimentações com a espécie *Euterpe oleracea* e a importância da inovação florestal para o setor de bioeconomia brasileiro;
- 3) Capítulos:
  - Para além da floresta: açaí e seu impacto na transformação regional.
  - Efeito da interação entre Arbolina, Paclobutrazol e ETHREL nos parâmetros ecofisiológicos do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.).
- 4) Considerações Finais: análise final das diferentes seções, ressaltando os principais pontos relevantes do trabalho, de acordo com os objetivos propostos.

**SEÇÃO 1**  
CONSIDERAÇÕES INICIAIS

## 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A palmeira conhecida como açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma espécie nativa da região amazônica e é amplamente distribuída na região Norte do Brasil. Pertencente à família Arecaceae, essa espécie tem sido explorada de diversas maneiras na agroindústria, oferecendo uma gama variada de aplicações. De todos os seguimentos, é na produção de frutos e palmito que o açaí se destaca (OLIVEIRA, 2007). Os frutos do açaí são amplamente consumidos na forma de sucos, doces e sorvetes, destacando-se como um produto emblemático da região amazônica (NODA, 2012).

O Brasil destaca-se como líder na produção e consumo de polpa de açaí, com a região Norte e, em particular, o estado do Pará. Com isso, o cultivo da espécie *Euterpe oleracea* emerge como um elemento chave, desempenhando um papel significativo na economia local e na subsistência de populações tradicionais. No entanto, o crescente interesse pela cultura de açaí tem gerado pressões sobre os recursos naturais e os sistemas de produção, evidenciando a necessidade de abordagens inovadoras que promovam a sustentabilidade da cadeia produtiva.

Diversas pesquisas têm sido conduzidas com o intuito de explorar as potencialidades e benefícios do açaí, através do conhecimento de suas propriedades funcionais. Estudos apontam para sua ação antioxidante (NASCIMENTO et al., 2016), anti-inflamatória (KANG et al., 2011), além de suas propriedades antibiofilme e antimicrobiana (DIAS-SOUZA et al., 2018). Essa variedade de atributos tem impulsionado o aumento do consumo do fruto amazônico, levando a indústria de polpas de frutas a buscar formas de atender às demandas tanto do mercado nacional quanto internacional (NOGUEIRA; SANTANA, 2016).

É notável destacar que o açaizeiro é uma fonte versátil, na qual cada parte da planta é aproveitada: desde os frutos, folhas, sementes, raízes, palmito até o tronco. Como mencionado por Lima et al. (2013), “o açaí e seus subprodutos são altamente valorizados no mercado, principalmente pela indústria alimentícia, farmacêutica, bioquímica e de cosméticos” (p.11). Essa variedade de aplicações demonstra o potencial econômico e comercial do açaí, além de ressaltar sua importância para diversos setores industriais.

Embora o potencial bioeconômico, social, ambiental e cultural de *Euterpe oleracea* seja amplamente reconhecido em diferentes escalas, desde o nível regional até o internacional, as informações sobre seus diversos usos ainda são dispersas na literatura. Nesse contexto, destaca-se a necessidade de estudos que visem consolidar e reunir informações sobre essa espécie no bioma Amazônia.

A busca por soluções inovadoras e sustentáveis para a gestão dos recursos florestais é uma demanda cada vez mais premente no cenário global. A inovação florestal, caracterizada pela aplicação de novas tecnologias, práticas de manejo e abordagens interdisciplinares, desempenha um papel crucial na promoção da conservação dos ecossistemas florestais e no desenvolvimento socioeconômico das comunidades dependentes desse recurso.

Adicionalmente, é essencial compreender o contexto de desenvolvimento de cada região, ampliando o escopo da pesquisa para além dos dados experimentais. Isso permite uma visão mais abrangente e aprofundada, possibilitando uma compreensão mais completa da importância do objeto de estudo. Ao explorar os diferentes aspectos do contexto regional, podemos enriquecer a análise e identificar conexões significativas que contribuem para uma abordagem mais holística e abrangente.

Dentro desse contexto, a presente pesquisa propõe-se a investigar a influência de fitormônios e nanopartículas nas características fisiológicas e biométricas do açaí, visando explorar o potencial dessas tecnologias inovadoras para otimizar o desempenho da cultura. Portanto, ao integrar abordagens teóricas e experimentais, busca-se não apenas gerar conhecimento científico, mas também fornecer subsídios práticos para o desenvolvimento de estratégias de manejo mais eficientes e sustentáveis para a produção de açaí.

**SEÇÃO 2**  
REVISÃO DE LITERATURA

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Inovação Florestal

De maneira geral, a inovação florestal pode ser definida como a aplicação de novas ideias, tecnologias, práticas ou processos na gestão, conservação e uso sustentável dos recursos florestais. Envolve o desenvolvimento e a implementação de soluções criativas e eficazes para enfrentar os desafios relacionados às florestas, tais como a degradação ambiental, a perda de biodiversidade, a mudança climática e a demanda por produtos florestais (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2018).

Essa abordagem busca promover a sustentabilidade econômica, social e ambiental das atividades florestais, garantindo a conservação dos ecossistemas florestais e o bem-estar das comunidades que dependem deles. A inovação florestal pode englobar uma ampla gama de áreas, incluindo silvicultura, manejo de recursos naturais, conservação da biodiversidade, biotecnologia, monitoramento ambiental, certificação florestal, bioeconomia e desenvolvimento de produtos florestais não madeireiros (DENG et al., 2023).

Essencialmente, a inovação florestal visa impulsionar o progresso e aprimorar as práticas existentes, integrando conhecimentos científicos, tecnológicos e tradicionais para promover uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos florestais, contribuindo assim para o desenvolvimento socioeconômico e a preservação do meio ambiente (CARTER, 2018).

Com a crescente interligação econômica global, organizações, especialmente aquelas em nações em desenvolvimento, enfrentam uma pressão cada vez maior para manter investimentos constantes em inovação, sob o risco de perderem sua competitividade. A inovação, fundamentalmente, envolve a transformação de conhecimento científico em serviços ou produtos por meio da aplicação de tecnologia, desencadeando uma série complexa de atividades. Em resumo, o processo de inovação implica na concretização de uma ideia em algo tangível. É um processo que gera externalidades positivas, uma vez que cada nova ideia pode servir como base para outras (FONSECA, 2005).

A inovação representa uma ferramenta de grande relevância para a formulação de políticas industriais em qualquer região ou país. Empresas que investem em inovação tendem a contribuir de forma mais substancial para o desenvolvimento econômico, pois geralmente experimentam um crescimento mais acentuado e obtêm maior sucesso (PROCHNIK e ARAUJO, 2005).

### **2.1.1 Inovações na cadeia produtiva do açaí e a importância da pesquisa e desenvolvimento**

Enquanto o setor agropecuário é crucial para o progresso econômico e social, apoiando tanto as atividades de subsistência quanto a participação nos mercados de exportação de alimentos e recursos naturais, é importante reconhecer que os debates sobre inovação e propriedade intelectual muitas vezes tratam a tecnologia como algo desconectado do ambiente natural. Isso pode resultar na percepção das atividades de criação como um empreendimento individual, em vez de serem compreendidas como parte de uma relação mais ampla entre contextos sociais, econômicos e ambientais (FERNANDES, et al., 2019).

Algumas inovações têm sido observadas na cadeia produtiva do açaí nos últimos anos, abrangendo desde métodos de colheita e processamento até a diversificação de produtos derivados e melhorias na logística e distribuição. Tecnologias avançadas de colheita estão sendo desenvolvidas para aumentar a eficiência e reduzir o impacto ambiental (ROCHA, et al., 2020).

Além disso, técnicas inovadoras de processamento, como a pasteurização e liofilização, estão sendo adotadas para melhorar a qualidade e prolongar a vida útil dos produtos de açaí (SILVA, et al., 2019). No entanto, algumas dificuldades têm sido enfrentadas no desenvolvimento de novas tecnologias e na implementação dessas inovações, incluindo questões relacionadas à infraestrutura inadequada em áreas de cultivo remoto, acesso limitado a financiamento para investimentos em tecnologia e desafios logísticos, devido à vasta extensão geográfica da região amazônica (SILVA, et al., 2019; SILVA, et al., 2021).

Por fim, é importante destacar a ausência de incentivos financeiros e de políticas públicas específicas para apoiar a inovação e o desenvolvimento tecnológico na cadeia produtiva do açaí. Além disso, a cultura brasileira está fortemente orientada

para a exportação de commodities, o que resulta em um baixo nível de processamento da matéria-prima no país.

## **2.2 Importância da cultura de açaí para a região Norte**

Considerando a temática abordada no capítulo I deste estudo, é de suma importância ressaltar que a cultura do açaí desempenha um papel significativo na economia e na cultura da Região Norte do Brasil, destacando-se especialmente no estado do Pará. O impacto socioeconômico dessa fruta amazônica transcende fronteiras, sendo crucial para diversas comunidades locais e para a projeção internacional da região.

O Pará é o maior produtor de açaí no Brasil, contribuindo significativamente para a produção nacional. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicam que o estado é responsável pela produção de 1.595.455 toneladas (2022) do açaí, sendo mais de 200 mil hectares cultivados. Além disso, o açaí paraense tem ganhado destaque nas exportações. Países ao redor do mundo reconhecem a qualidade e os benefícios para a saúde associados ao consumo dessa fruta, impulsionando as exportações e gerando divisas para a economia local. Em 2022 o estado exportou mais de 8,158 mil toneladas de açaí, movimentando mais de US\$26,5 milhões (R\$138,8 milhões).

A cadeia produtiva do açaí é um importante motor de geração de empregos na região. Desde a coleta nas matas até o processamento e a comercialização, a cultura do açaí envolve diversas etapas que demandam mão de obra. Isso se traduz em oportunidades de trabalho para comunidades locais, muitas das quais dependem diretamente da colheita e comercialização do açaí para sua subsistência. A renda gerada pela cultura do açaí tem impactos significativos na melhoria das condições de vida das populações envolvidas. A venda do açaí representa não apenas uma fonte de renda, mas também uma maneira de preservar modos de vida tradicionais e fortalecer a identidade cultural das comunidades amazônicas.

Vale ressaltar que o açaí desempenha um papel crucial no setor de turismo da região Norte. Visitantes nacionais e internacionais são atraídos pela oportunidade de conhecer de perto a produção do açaí, desde a coleta até a preparação de pratos típicos. Esse interesse turístico impulsiona a economia local, criando oportunidades

para empreendimentos sustentáveis e fortalecendo a consciência ambiental. Contudo, o sucesso da cultura do açaí também traz desafios. O aumento da demanda pode levar à pressão sobre os ecossistemas naturais e à necessidade de práticas sustentáveis de cultivo. É imperativo adotar medidas que garantam a preservação ambiental, o manejo responsável das áreas de colheita e a promoção de práticas agrícolas que respeitem a biodiversidade.

Por fim, a cultura do açaí é um pilar fundamental para o desenvolvimento econômico e cultural da Região Norte, especialmente no estado do Pará. Seus impactos positivos são evidentes nos números de produção, nas exportações, na geração de empregos e na promoção do turismo sustentável. No entanto, a disparidade científica e tecnológica entre as macrorregiões do país pode exercer grande influência acerca dos ganhos econômicos e financeiros do açaí, refletindo em dificuldades de alcançar patamares produtivos ainda intransponíveis.

### **2.3 *Euterpe oleracea* Mart.**

O açazeiro do Pará, conhecido cientificamente como *Euterpe oleracea*, é uma espécie endêmica da Amazônia, encontrando-se em maior abundância nos estados da Amazônia Ocidental. Tradicionalmente, a espécie é explorada principalmente para a produção de frutos ou palmito. O Estado do Pará destaca-se como o principal produtor e consumidor de açaí, com a produção proveniente principalmente do extrativismo em populações naturais nas áreas de várzeas.

De acordo com os dados mais recentes do IBGE (2022), a produção nacional de frutos de açaí atingiu cerca de 1.699.588 toneladas, sendo que a região norte contribuiu com 99,53% do total. É relevante destacar que o Pará foi responsável por aproximadamente 93,87% da produção total, totalizando o ano de 2022 com a produtividade sendo 1.595.455 toneladas.

Os açazeiros que prosperam na região do Pará são disseminados pela Amazônia Oriental, encontrando-se particularmente concentrados ao longo das margens do rio Amazonas, tido como seu berço. Essas áreas ribeirinhas abrigam vastas populações naturais que se adaptaram a condições de alagamento temporário ou inundação sazonal, embora também possam ser avistados em menor número em

terrenos permanentemente alagados ou em áreas de terra firme (CAVALCANTE, 1991; CALZAVARA, 1972).

É na região ao longo do rio Amazonas que se situa o epicentro da diversidade genética de *Euterpe oleracea*. Nesse ambiente, encontramos uma abundância de populações com características fenotípicas notavelmente diversas, tanto entre si quanto internamente. Essa riqueza genética representa uma valiosa fonte para programas de melhoramento genético e para a produção de mudas da espécie (OLIVEIRA, 1995).

No contexto brasileiro, o açaí é comumente conhecido como *Euterpe oleracea*, embora na região norte existam outros termos utilizados para evidenciar sua procedência, como “açaí do baixo Amazonas” e “açaí do Pará”. Outra designação frequente é “açaí de touceira”, em referência ao seu hábito de crescimento, em contraposição à *Euterpe precatoria*, também chamada de “açaí verdadeiro”, que apresenta um único estipe (CALZAVARA, 1972; VILLACHICA et al., 1996).

## 2.4 Fitorreguladores

Os reguladores de crescimento vegetal são compostos orgânicos naturalmente produzidos pelas plantas superiores (Gimnospermas e Angiospermas), desempenhando um papel fundamental no controle do crescimento e de outras funções fisiológicas (KUMARI et al., 2018). Além de desempenharem importante papel na proteção contra estresses (VINEETH et al., 2016), eles influenciam no crescimento, rendimento e qualidade das colheitas (YAN et al., 2011; VINEETH et al., 2015).

Compostos triazóis são fungicidas sistêmicos com propriedades reguladoras de crescimento das plantas, além de serem denominados “protetores contra estresses”, devido à sua capacidade inata de induzir tolerância ao estresse abiótico ao aumentar enzimas antioxidantes e moléculas em plantas afetadas pelo estresse (JALEEL et al., 2007). As propriedades reguladoras dos triazóis são mediadas por sua capacidade de alterar o equilíbrio de hormônios vegetais importantes, incluindo ácido giberélico (GA), ácido abscísico (ABA) e citocininas (HAJIHASHEMI et al., 2007). Os compostos triazóis induzem uma variedade de respostas morfológicas e bioquímicas nas plantas, como a inibição do alongamento do broto, estimulação do crescimento das raízes, aumento da síntese de citocininas e aumento transitório no ABA, além de

conferir proteção contra vários estresses ambientais (FLETCHER et al., 2000; GOPI et al., 2007).

O Paclobutrazol (PBZ) é membro do grupo de reguladores de crescimento triazóis, sendo amplamente utilizado na agricultura. Ele é um inibidor de alongamento celular e extensão de entrenós, que retarda o crescimento das plantas pela inibição da biossíntese de giberelinas. As giberelinas estimulam o alongamento celular, portanto, quando a produção da giberelina é inibida, embora a divisão celular ainda ocorra, as novas células não se alongam. Dessa forma, o resultado de utilização do PBZ são brotos com o mesmo número de folhas e entrenós curtos, além de redução no crescimento em altura e diâmetro, tanto do tronco quanto dos ramos (DAVIS et al., 1991).

Outra resposta fisiológica ao tratamento com PBZ é o aumento da produção do hormônio ácido abscísico e do componente de clorofila fitol, ambos benéficos para o crescimento e a saúde vegetal. O PBZ também pode induzir modificações morfológicas nas folhas, tais como poros estomáticos menores e folhas mais espessas, além de aumentar a densidade de raízes que podem proporcionar uma melhor tolerância ao estresse ambiental e resistência a doenças (CHANEY, W. R., 2005).

Esse regulador de crescimento também influencia o controle estomático das plantas, otimizando sua capacidade de absorção de CO<sub>2</sub> e minimizando a perda de água (SOUZA et al., 2016). Adicionalmente, o aumento na concentração de clorofila, associado ao controle estomático aprimorado, potencializa a taxa fotossintética, e, conseqüentemente, a produção de fotoassimilados (TAIZ e ZEIGER, 2017). Esse processo sinaliza à planta a transição da fase vegetativa para a reprodutiva (UPRETI et al., 2014; MUENKAEW e CHAI PRASART, 2016), favorecendo uma floração e frutificação mais precoce, o que é vital para a sobrevivência da espécie (MOG et al., 2019).

Em contrapartida, o Etefon, também conhecido como ácido 2-cloroetil fosfônico, é frequentemente comercializado sob o nome de ETHREL. Este composto atua como regulador de crescimento de plantas, funcionando como um precursor sintético do etileno, um hormônio vegetal volátil naturalmente produzido e liberado por espécies vegetais. Em altas concentrações, o Etefon pode induzir alterações

significativas no metabolismo e no equilíbrio hormonal das plantas. Essas mudanças incluem interferências na síntese de RNA mensageiro, na atividade da adenosinatrifosfatase (ATPase) e no aumento da taxa de respiração e permeabilidade celular. Como resultado, o Etefon pode promover o amadurecimento das plantas e a senescência dos frutos (BELUCI, 2021; CASTRO et al., 2002).

## **2.5 Arbolina**

À medida que a população mundial cresce, a demanda por uma oferta alimentar expandida aumenta exponencialmente (ANGELAKIS et al., 2020; ZAYTSEVA et al., 2016). No entanto, esse desafio torna-se complexo ao considerar o constante declínio da matéria orgânica do solo, a escassez de nutrientes, diminuição dos recursos agrícolas e a perda contínua de terras aráveis. Diante deste cenário, os nanofertilizantes emergem como uma alternativa promissora para mitigar a crescente pressão sobre a segurança alimentar global (AN et al., 2021).

Os nanomateriais tem sido objeto de estudos para a resolução dos desafios enfrentados pela agricultura moderna, demonstrando um papel crucial (GIRALDO et al., 2019). Definidos como materiais com uma dimensão na escala nano, entre 1 e 100 nm, esses compostos apresentam propriedades físicas e químicas distintas que os diferenciam de suas contrapartes macroscópicas (INTERNATIONAL ORGANIZATION OF STANDARDS, 2017).

Nas últimas décadas, tem havido um notável avanço no desenvolvimento de uma ampla gama de nanomateriais com potencial de aplicação na agricultura (GIRALDO, et al., 2019). Esses materiais são empregados para aumentar a produtividade, otimizar a eficácia dos fertilizantes e pesticidas, mitigar os impactos ambientais e controlar pragas e doenças (LI et al., 2020).

A tecnologia Arbolina introduz um novo paradigma na agricultura, utilizando nanopartículas bioestimulantes derivadas de um processo inovador de modificação térmica do carbono. Esta abordagem, representada pelo produto Krill A32, emprega carbono, nitrogênio e hidrogênio como matéria-prima, engenhosamente manipulados para gerar grupos funcionais que desempenham um papel vital como transportadores de nutrientes para as plantas. Os biofertilizantes resultantes não apenas induzem melhorias fisiológicas nas plantas, como aumentam o potencial hídrico, elevam os

níveis de clorofila e ativam ciclos enzimáticos e rotas metabólicas de forma aprimorada (EMBRAPA, 2020).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2020), essas nanopartículas apresentam características químicas específicas que favorecem uma absorção foliar otimizada, além de ativar rotas metabólicas essenciais dentro da planta. Os benefícios resultantes são multifacetados, incluindo aumento notável na eficiência fotossintética devido a melhor utilização da luz, ativação mais eficaz de enzimas responsáveis pela produção de energia na planta, desenvolvimento radicular mais robusto e melhor capacidade de absorção de água e nutrientes, resultando em maior resistência à seca.

## REFERÊNCIAS

AN, Z. et al. Large Scale Preparation of Peanut Bran Derived Carbon Dots and Their Promoting Effect on Italian Lettuce. **ACS Agricultural Science & Technology**, 2021.

ANGELAKIS, A. N., ARIA, D. Z., KRASILNIKOFF, J., SALGOT, M., BAZZA, M., ROCCARO, P., FERERES, E. Irrigation of world agricultural lands: Evolution through the Millennia. **Water**, v. 12, n. 5, p. 1285, 2020.

BELUCI, L. R. Maturadores químicos e seus efeitos na cana-de-açúcar. **Agricultura tropical e subtropical**, p. 19-44, 2021.

CALZAVARA, B. B. G. As possibilidades do açaizeiro no estuário amazônico. **Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará**, Belém: FCAP, n5, 103p. 1972.

CARTER, D. R. Sustainable Forest Management: From Concept to Practice. In: INNES, John L.; TIKINA, Anna V. (Eds.). Sustainable Forest Management: From Concept to Practice. New York: Routledge, 2017. p. 87. **Journal of Forestry**, v. 116, n. 1, p. 87, jan. 2018.

CASTRO, P. R.; ZAMBOM, S.; SANSÍGOLO, M. A.; BELTRAME, J. A.; NOGUEIRA, M. C. S. Ação comparada de Ethrel, Fuzilade e Roundup em duas épocas de aplicação, na maturação e produtividade da cana-de-açúcar SP 70-1143. **Revista de agricultura**. Piracicaba, v. 77, p. 24-25, 2002.

CAVALCANTE, P. Frutas comestíveis da Amazônia. Belém: **CEJUP**, 271p. 1991.

CHANEY, W. R. Growth retardants: A promising tool for managing urban trees. **Purdue Extension document FNR-252-W**; 2005.

DAVIS, T. D.; CURRY, E. A.; STEFFENS, G. L. Chemical regulation of vegetative growth. **Critical reviews in plant sciences**, v. 10, n. 2, p. 151-188, 1991.

DENG, D.; YE, C.; TONG, K.; ZHANG, J. Evaluation of the Sustainable Forest Management Performance in Forestry Enterprises Based on a Hybrid Multi-Criteria Decision-Making Model: A Case Study in China. **Forests**, v. 14, n. 11, p. 2267, 2023.

EMBRAPA (Brasília – DF). Bioestimulante nanotecnológico melhora desenvolvimento de hortaliças. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/55218218/bioestimulante-nanotecnologico-melhora-desenvolvimento-de-hortaliças>. Acessado em: 14 abr 2024.

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>

FERNANDES, C.; SANTOS, M. Agropecuária e Desenvolvimento Econômico: Uma Análise para o Brasil. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, 7(2), 81-100, 2019.

FIEPA – Federação das Indústrias do Estado do Pará. Disponível em: <https://www.fiepa.org.br/>

FLETCHER, R. A. et al. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. **Horticultural reviews**, v. 24, p. 55-138, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Innovation for Sustainable Forestry. Rome: FAO, 2018.

FONSECA, R. Inovação tecnológica e o papel do governo. **Parcerias estratégicas**, v. 6, n. 13, p. 64-79, 2010.

GIRALDO, J. P.; WU, H.; NEWKIRK, G. M.; KRUSS, S. Nanobiotechnology approaches for engineering smart plant sensors. **Nature nanotechnology**, v. 14, n. 6, p. 541-553, 2019.

GOPI, R. et al. Differential effects of hexaconazole and paclobutrazol on biomass, electrolyte leakage, lipid peroxidation and antioxidant potential of *Daucus carota* L. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 60, n. 2, p. 180-186, 2007.

HAJIHASHEMI, S. et al. Exogenously applied paclobutrazol modulates growth in salt-stressed wheat plants. **Plant Growth Regulation**, v. 53, p. 117-128, 2007.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

ISO - International Organization for Standardization. **ISO/TS 19057:2017: Nanotechnologies: Use and application of acellular in vitro tests and methodologies to assess nanomaterial biodurability**. Geneva: ISO, 2017. 48 p.

JALEEL, C. A. et al. Responses of antioxidant defense system of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. to paclobutrazol treatment under salinity. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 29, p. 205-209, 2007.

KANG, J.; XIE, C.; LI, Z.; NAGARAJAN, S.; SCHAUSS, A.G.; WU, T.; WU, X. Flavonoids from açai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp and their antioxidant and anti-inflammatory activities. **Food Chemistry**, v. 128, n. 1, p. 152-157, 2011.

KUMARI, S. et al. Use of plant growth regulators for improving fruit production in sub tropical crops. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 3, p. 659-668, 2018.

LI, Y. et al. A review on the effects of carbon dots in plant systems. **Materials Chemistry Frontiers**, v. 4, n. 2, p. 437-448, 2020.

LIMA, E. U. et al. O arranjo produtivo local (APL) do açaí na Ilha de Arumanduba (Abaetetuba/PA): um estudo de caso na comunidade Nossa Senhora da Paz. Belém, PA: **SOBER**, 2013.

MASKUS, K. E. Intellectual property rights in the global economy. **Peterson Institute**, 2000.

MOG, B. et al. Manipulation of vegetative growth and improvement of yield potential of cashew (*Anacardium occidentale* L.) by Paclobutrazol. **Scientia Horticulturae**, v. 257, p. 108748, 2019.

MUENKAEW, R.; CHAIPRASART, P. Effect of paclobutrazol soil drenching on flowering of 'Mahachanok' cultivar. In: **XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014): IV 1111**. 2014. p. 323-328.

NASCIMENTO, V. H. N. et al. Antioxidant effects of açaí seed (*Euterpe oleracea*) in anorexia-cachexia syndrome induced by Walker-256 tumor. **Acta cirurgica brasileira**, v. 31, p. 597-601, 2016.

NODA, H. In situ breeding and conservation of Amazonian horticultural species. **Domestication and breeding: Amazonian species**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, p. 170-208, 2012.

NOGUEIRA, A. K. M.; SANTANA, A .C. D. Benefícios socioeconômicos da adoção de novas tecnologias no cultivo do açaí no Estado do Pará. **Revista Ceres**, v. 63, n. 1, 2016.

OLIVEIRA, M. S. P. **Avaliação do modo de reprodução e de caracteres quantitativos em 20 acessos de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart. – Arecaceae) em Belém-PA**. Tese de Mestrado. Recife: UFRPE, 1995. 145p., 1995.

OLIVEIRA, M. S. P.; NETO, J. T. F.; PENA, R. S. Açaí: técnicas de cultivo e processamento. **Fortaleza: Instituto Frutal**, p.104, 2007.

PROCHNIK, V.; ARAÚJO, R. D. Uma análise do baixo grau de inovação na indústria brasileira a partir do estudo das firmas menos inovadoras. **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**, p. 193-252, 2005.

ROCHA, M. S.; SOUZA, F. S.; SILVA, E. A. Açaí (*Euterpe oleracea*): Principais inovações na produção e no processamento. **Revista Agrotec**, 41(1), 58-66, 2020.

SILVA, A. M.; PEREIRA, L. M.; & ARRUDA, I. M. Processamento mínimo de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.): principais desafios e avanços tecnológicos. **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. 2019.

SILVA, R. R.; CASTRO, J. M.; ABREU, E. F. M. Açaí: origem, cultura e perspectivas de cultivo na Amazônia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 14(6), 2782-2800, 2021.

SOUZA, M. A. et al. Physiological and biochemical characterization of mango tree with paclobutrazol application via irrigation. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, p. 442-449, 2016.

SOUZA, M. V. D.; SANTOS, R. M.; CERÁVOLO, I. P.; COSENZA, G.; FERREIRA MARÇAL, P. H.; FIGUEIREDO, F. J. B. *Euterpe oleracea* pulp extract: Chemical analyses, antibiofilm activity against *Staphylococcus aureus*, cytotoxicity and interference on the activity of antimicrobial drugs. **Microbial pathogenesis**, v. 114, p. 29-35, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6ª ed. **Porto Alegre: Artmed**, 719p. 2017.

UPRETI, K. K. et al. Paclobutrazol induced changes in carbohydrates and some associated enzymes during floral initiation in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Totapuri. **Indian Journal of Plant Physiology**, v. 19, p. 317-323, 2014.

VILLACHICA, H.; CARVALHO, J.E.U.; MÜLLER, C.H.; DIAZ, S.C.; ALMANZA, M. Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia. **Lima: Tratado de Cooperación Amazonica. TCA, SPT**, n.44, 367p., 1996.

VINEETH, T. V. et al. Optimization of bio-regulators dose based on photosynthetic and yield performance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. **Indian Journal of Plant Physiology**, v. 20, p. 177-181, 2015.

VINEETH, T. V.; KUMAR, P.; KRISHNA, G. K. Bioregulators protected photosynthetic machinery by inducing expression of photorespiratory genes under water stress in chickpea. **Photosynthetica**, v. 54, p. 234-242, 2016.

YAN, W.; ZHANG, X.; YUAN, A. Effects of two plant growth regulators on the growth and recovery of alfalfa seedlings exposed to aluminum stress. **J Shanghai Jiaotong Univ (Agric Sci)** 29(2):75–82, 2011.

**SEÇÃO 3**  
CAPÍTULOS

## **CAPÍTULO 1: PARA ALÉM DA FLORESTA: AÇAÍ E SEU IMPACTO NA TRANSFORMAÇÃO REGIONAL**

### **RESUMO**

O Pará, situado no Norte do Brasil, desempenha um papel fundamental na história e economia da Amazônia. Apesar dos progressos na agropecuária e mineração, enfrenta desafios relacionados à desigualdade de recursos e à busca por um desenvolvimento sustentável. As disparidades regionais em CTI no Brasil refletem desafios políticos, econômicos e sociais, com regiões Sul e Sudeste destacando-se em inovação, enquanto Norte e Nordeste enfrentam limitações de investimento e infraestrutura. A cultura do açaí desempenha um papel crucial na região Norte, especialmente no Pará, impulsionando a economia, a cultura e o turismo local. Apesar de seus benefícios, enfrenta desafios como a pressão sobre os ecossistemas naturais e a necessidade de práticas sustentáveis. O objetivo geral deste estudo foi destacar a relevância da cultura do açaí para a região Norte, com ênfase no estado do Pará. Além disso, buscou-se analisar o impacto da ciência, tecnologia e inovação nas diferentes macrorregiões do Brasil, considerando os indicadores de CTI. Adotou-se um modelo analítico sobre inovação e sustentabilidade para compreender o papel da ciência, tecnologia e inovação no desenvolvimento regional, com foco na cultura do açaí, utilizando uma abordagem qualitativa e dados de fontes governamentais. Identificou-se uma série de desafios, incluindo a falta de investimentos em pesquisa específica para o desenvolvimento dessa cultura na região, o que ressalta a necessidade urgente de políticas voltadas para a promoção da inovação e proteção da propriedade intelectual relacionada ao açaí. Além disso, a pesquisa revelou uma conexão significativa entre os investimentos em pesquisa e desenvolvimento e indicadores socioeconômicos, como o PIB per capita e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), enfatizando a importância de direcionar recursos para o avanço tecnológico e econômico do setor do açaí e, conseqüentemente, da região como um todo. Este estudo destaca a complexidade das interações entre ciência, tecnologia, inovação e desenvolvimento regional, sublinhando a necessidade de estratégias integradas para impulsionar o progresso socioeconômico e ambiental no contexto do Pará e além.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Caracterização histórica da região Norte

A região Norte do Brasil é uma das mais vastas e ricas em diversidade cultural, geográfica e econômica. Dentro dessa região, o estado do Pará se destaca como uma peça-chave na composição histórica e socioeconômica da Amazônia. Para compreender melhor essa trajetória, é crucial explorar a matriz socioeconômica da região, destacando eventos históricos que moldaram a realidade atual.

O Pará, no período colonial, teve um papel crucial na colonização portuguesa. Sua localização estratégica às margens do rio Amazonas contribuiu para a exploração e ocupação do território (HEMMING, 1987). O ciclo da borracha, no final do século XIX e início do século XX, trouxe uma onda de prosperidade à região, impulsionando a economia paraense. A extração do látex do seringueira trouxe riqueza, mas também desafios sociais e ambientais, como a exploração intensiva da mão de obra e o desmatamento (HOMMA, 2008).

Na atualidade, o Pará mantém uma matriz econômica diversificada. A agropecuária, com ênfase na produção de soja, pecuária e cultivo de frutas tropicais, desempenha um papel importante. A região é também um grande polo mineral, destacando-se na produção de minério de ferro e bauxita. A exploração sustentável dos recursos naturais, como madeira e pesca, é outra característica marcante (COSTA et al., 2017).

Apesar dos avanços econômicos, a região enfrenta desafios significativos. A distribuição desigual de recursos, aliada à pressão sobre ecossistemas frágeis, cria desafios socioeconômicos. Comunidades tradicionais, como ribeirinhos e indígenas, muitas vezes enfrentam dificuldades no acesso a serviços básicos e na preservação de seus modos de vida (ALVES, 2016).

A urbanização acelerada, principalmente em Belém, a capital paraense, é um fenômeno contemporâneo. O crescimento urbano traz consigo desafios relacionados à infraestrutura, como o fornecimento de água potável, saneamento básico e transporte eficiente. Essas questões são cruciais para garantir o desenvolvimento sustentável da região (MOURA, 2016).

O futuro do Pará depende de estratégias que promovam o desenvolvimento sustentável. Investimentos em educação, pesquisa e tecnologia são fundamentais para impulsionar setores como agricultura, mineração e turismo de forma responsável. A busca por alternativas sustentáveis, respeitando a diversidade cultural e a preservação ambiental, é essencial para construir um futuro próspero e equitativo para a região Norte, em especial para o estado do Pará.

## **1.2 Disparidades Regionais em Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil**

A análise do programa regional da Ciência, Tecnologia e Inovação (CTI) no Brasil revela profundas disparidades que refletem os desafios políticos, econômicos e sociais do país. Dentre os obstáculos mais evidentes destacam-se problemas orçamentários, migração de talentos para áreas metropolitanas, desmonte institucional e distribuição desigual de recursos e incentivos (CAVALCANTE, 2011).

Dados concretos evidenciam que as regiões Sul e Sudeste sobressaem-se em diversos indicadores de CTI, sendo epicentros de inovação e parcerias público-privadas. Por exemplo, o investimento em pesquisa e desenvolvimento é significativamente maior nessas regiões, com um número expressivo de patentes registradas e instituições de pesquisa renomadas. Universidades, institutos de pesquisa e empresas privadas nessas regiões frequentemente colaboram em projetos de CTI, impulsionando setores como tecnologia da informação, biotecnologia e automação (CAVALCANTE e SANTANA, 2021).

Por outro lado, regiões como o Norte e Nordeste enfrentam desafios substanciais em termos de CTI. A falta de investimentos em infraestrutura, educação e inovação tecnológica limita seu potencial de crescimento econômico e capacidade de atrair investimentos privados. Dados revelam uma carência significativa de instituições de pesquisa e uma menor quantidade de patentes registradas, refletindo a ausência de um ambiente propício à inovação (GALVÃO et al., 2011).

É fundamental destacar que a região Norte, apesar de seu potencial em setores como a bioeconomia, ainda carece de investimentos governamentais em infraestrutura, educação e pesquisa. Desafios como a vasta extensão territorial, condições geográficas adversas e a falta de serviços públicos essenciais contribuem para dificultar o progresso socioeconômico na região (PAMPLONA et al., 2021).

A presença de parcerias público-privadas tem sido um fator determinante para o avanço econômico nas regiões mais desenvolvidas, impulsionando a inovação, aumentando a competitividade e atraindo investimentos tanto nacionais quanto estrangeiros. No entanto, a falta dessas parcerias em regiões menos desenvolvidas perpetua um ciclo de baixo desenvolvimento, com infraestrutura precária e mão de obra menos qualificada (FERNANDEZ et al., 2015).

Em suma, as disparidades regionais em CTI no Brasil refletem não apenas diferenças de investimento e infraestrutura, mas também desafios estruturais e políticos que precisam ser abordados de forma integral para promover um desenvolvimento mais equitativo e sustentável em todo o país.

### **1.3 Caracterização da Ciência, Tecnologia e Inovação no estado do Pará**

As ações do governo estadual do Pará em relação à Ciência, Tecnologia e Inovação (CTI) remontam ao final dos anos 1980, com a criação da Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTAM). Essa iniciativa marcou o início de uma trajetória voltada para a integração da inovação tecnológica com as preocupações ambientais, refletida posteriormente na criação do Conselho Estadual de Ciência e Tecnologia do Pará (CONCET), substituído pelo Conselho Estadual de Ciência, Tecnologia e Educação Técnica e Tecnológica (CONSECTET) (CHAVES, 2019).

Durante os anos 1990, surgiram dois programas significativos: o Programa Paraense de Tecnologias Apropriadas (PPTA) e os Polos de Inovação Tecnológica do Pará (PIT), visando impulsionar o desenvolvimento tecnológico em diversos setores produtivos do estado. Essas iniciativas foram complementadas por programas como o Sistema Paraense de Inovação (SPI), o Parque Tecnológico do Guamá (PCT Guamá) e o Programa Inova Pará, todos com foco na promoção da inovação e pesquisa aplicada em áreas estratégicas (CHAVES, 2019).

Outros programas relevantes incluem o Navega Pará, que busca promover a inclusão digital através do acesso gratuito à internet, e o Programa TecSocial, que financia projetos de Tecnologia Social voltados para melhorar a qualidade de vida de populações vulneráveis. O Programa BioPará, por sua vez, busca promover o uso

sustentável da biodiversidade para o desenvolvimento de cadeias produtivas bioindustriais.

Em 2016, foi aprovada a Lei Estadual de Inovação, representando um marco importante para o estímulo à pesquisa científica e tecnológica, bem como para o desenvolvimento econômico do estado (SECTET, 2016). Embora tenha chegado tardiamente em relação a outros estados brasileiros, essa legislação reflete o compromisso do Pará com a promoção da CTI. Por fim, em 2017, o Programa Pará Sustentável foi criado para integrar iniciativas voltadas para o desenvolvimento econômico, social e ambiental, reconhecendo a importância da CTI como catalisadora do crescimento sustentável do estado, conforme as informações disponíveis no site do Programa Estadual Pará Sustentável.

A análise histórica apresentada revela que as iniciativas de inovação e tecnologia surgiram tardiamente no cenário paraense, refletindo um processo de transição no qual o Estado busca valorizar suas potencialidades locais e promover um modelo econômico mais sustentável. Os programas implementados visam transformar as cadeias produtivas locais, agregando valor aos recursos agropecuários, florestais e minerais, e direcionando-os para o benefício interno, ao invés de atender demandas externas.

Contudo, há desafios a superar, como a necessidade de maior integração das instituições de pesquisa com as demandas locais e a melhoria da divulgação das ações governamentais. Por fim, o desenvolvimento sustentável requer não apenas avanços nos processos produtivos, mas uma revisão coletiva das estratégias governamentais, empresariais e dos padrões de consumo, destacando a importância de políticas públicas que integrem inovação e meio ambiente em um sistema coeso e orientado para o futuro.

#### **1.4 Importância da cultura de açaí para a região Norte**

Considerando a temática abordada no capítulo II deste estudo, é de suma importância ressaltar que a cultura do açaí desempenha um papel significativo na economia e na cultura da Região Norte do Brasil, destacando-se especialmente no estado do Pará. O impacto socioeconômico dessa fruta amazônica transcende

fronteiras, sendo crucial para diversas comunidades locais e para a projeção internacional da região.

O Pará é o maior produtor de açaí no Brasil, contribuindo significativamente para a produção nacional. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicam que o estado é responsável pela produção de 1.595.455 toneladas (2022) do açaí, sendo mais de 200 mil hectares cultivados. Além disso, o açaí paraense tem ganhado destaque nas exportações. Países ao redor do mundo reconhecem a qualidade e os benefícios para a saúde associados ao consumo dessa fruta, impulsionando as exportações e gerando divisas para a economia local. Segundo a Federação das Indústrias do Estado do Pará (FIEPA), em 2022 o estado exportou mais de 8,158 mil toneladas de açaí, movimentando mais de US\$26,5 milhões (R\$138,8 milhões).

A cadeia produtiva do açaí é um importante motor de geração de empregos na região. Desde a coleta nas matas até o processamento e a comercialização, a cultura do açaí envolve diversas etapas que demandam mão de obra. Isso se traduz em oportunidades de trabalho para comunidades locais, muitas das quais dependem diretamente da colheita e comercialização do açaí para sua subsistência. A renda gerada pela cultura do açaí tem impactos significativos na melhoria das condições de vida das populações envolvidas. De acordo com a EMBRAPA, a venda do açaí representa não apenas uma fonte de renda, mas também uma maneira de preservar modos de vida tradicionais e fortalecer a identidade cultural das comunidades amazônicas.

Vale ressaltar que o açaí desempenha um papel crucial no setor de turismo da região Norte. Visitantes nacionais e internacionais são atraídos pela oportunidade de conhecer de perto a produção do açaí, desde a coleta até a preparação de pratos típicos. Esse interesse turístico impulsiona a economia local, criando oportunidades para empreendimentos sustentáveis e fortalecendo a consciência ambiental. Contudo, o sucesso da cultura do açaí também traz desafios. O aumento da demanda pode levar à pressão sobre os ecossistemas naturais e à necessidade de práticas sustentáveis de cultivo. Diante disso, é fundamental adotar medidas para preservar áreas degradadas, contaminadas ou desérticas, garantindo o manejo responsável e a revitalização. A extensão dessas áreas e seus impactos na cultura do açaí e na

sustentabilidade local devem ser avaliados detalhadamente para orientar políticas agrícolas sustentáveis.

Por fim, a cultura do açaí é um pilar fundamental para o desenvolvimento econômico e cultural da Região Norte, especialmente no estado do Pará. Seus impactos positivos são evidentes nos números de produção, nas exportações, na geração de empregos e na promoção do turismo sustentável. No entanto, a disparidade científica e tecnológica entre as macrorregiões do país podem exercer grande influência acerca dos ganhos econômicos e financeiros do açaí, refletindo em dificuldades de alcançar patamares produtivos ainda intransponíveis.

### **1.5 Inovações na cadeia produtiva do açaí e a importância da pesquisa e desenvolvimento**

Nos debates sobre inovação e propriedade intelectual, é essencial reconhecermos a significância dessa última, especialmente no que diz respeito à maneira como a tecnologia é percebida e utilizada. Muitas vezes, a propriedade intelectual é discutida de forma isolada, sem considerar sua profunda interação com o ambiente. Isso pode resultar numa visão equivocada de que as atividades criativas são empreendimentos puramente individuais, ignorando seu entrelaçamento com contextos sociais, econômicos e ambientais mais amplos.

Algumas inovações têm sido observadas na cadeia produtiva do açaí nos últimos anos, abrangendo desde métodos de colheita e processamento até a diversificação de produtos derivados e melhorias na logística e distribuição. Tecnologias avançadas de colheita estão sendo desenvolvidas para aumentar a eficiência e reduzir o impacto ambiental (ROCHA et al., 2020). Além disso, técnicas inovadoras de processamento, como a pasteurização e liofilização, estão sendo adotadas para melhorar a qualidade e prolongar a vida útil dos produtos de açaí (SILVA & PEREIRA, 2019). No entanto, algumas dificuldades têm sido enfrentadas no desenvolvimento de novas tecnologias e na implementação dessas inovações, incluindo questões relacionadas à infraestrutura inadequada em áreas de cultivo remoto, acesso limitado a financiamento para investimentos em tecnologia e desafios logísticos, devido à vasta extensão geográfica da região amazônica (SILVA et al., 2021).

Por fim, vale ressaltar também a falta de incentivos financeiros e políticas públicas específicas direcionadas ao apoio à inovação e ao desenvolvimento tecnológico na cadeia produtiva de açaí, para além da cultura brasileira estar cadenciada e pautada em um cenário de commodities, considerando o baixo processamento da matéria-prima em território nacional.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

O objetivo geral deste estudo foi destacar a relevância da cultura do açaí para a região Norte, com ênfase no estado do Pará, bem como analisar o impacto da ciência, tecnologia e inovação nas diferentes macrorregiões do Brasil, considerando os indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Dimensionar a produção de açaí na região Norte, destacando as principais características produtivas;
- Comparar os indicadores de ciência, tecnologia e inovação (CTI) entre as diferentes macrorregiões do Brasil, analisando suas peculiaridades, desafios e potenciais em relação à promoção do desenvolvimento científico e tecnológico;
- Contribuir para o debate acadêmico e político sobre a importância da CTI no contexto regional e nacional, destacando a necessidade de políticas públicas e investimentos direcionados para fortalecer o setor de CTI e promover o desenvolvimento econômico e social das diferentes regiões do Brasil.

## **3 METODOLOGIA**

Neste estudo, adotou-se um modelo conceitual-analítico baseado na teoria da inovação e no paradigma da sustentabilidade. O modelo fundamenta-se na premissa de que a inovação tecnológica é um motor essencial para o desenvolvimento regional, especialmente no contexto agrícola. Para isso, baseou-se em uma abordagem qualitativa para compreender as interações complexas entre a Ciência, Tecnologia e

Inovação e o desenvolvimento regional, focalizando especificamente na cultura de açaí.

Essa abordagem metodológica visa capturar as nuances e as interconexões entre diferentes variáveis, permitindo uma análise mais abrangente e contextualizada da influência da Ciência, Tecnologia e Inovação no desenvolvimento regional, com foco na cultura de açaí (PATTON, 2014).

Para coleta dos dados relacionados às instituições de ensino foram coletados a partir de dados abertos do Ministério da Educação (MEC), enquanto o número de pesquisadores e valor fomentado foram coletados a partir da plataforma CNPq, no Painel de Fomento em Ciência, Tecnologia e Inovação. Por fim, para a coleta dos dados relacionados à Propriedade Intelectual foi utilizada a plataforma de dados abertos do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI).

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O cultivo de açaí possui significativa contribuição para a economia brasileira, destacando-se como um dos principais produtos agrícolas do país, e, principalmente, da região Norte. Em 2022, o valor da produção atingiu a marca de R\$6.166.252, com uma quantidade total de 1.699.588 toneladas. Esse expressivo desempenho é reflexo de uma área colhida de 233.363 hectares, com um rendimento médio de 7.283 quilos por hectare. O cenário nacional conta com 47.855 estabelecimentos dedicados ao cultivo do açaí, abrangendo um total de 115.319 milhões de pés (IBGE, 2022).

Destaca-se que, dentre os estados produtores, o Pará se destaca como o maior produtor de açaí em todo o território nacional. Esses dados fornecem uma visão abrangente da relevância econômica e da extensão da atividade de produção de açaí no Brasil, servindo como base para as discussões a seguir sobre os desafios e oportunidades relacionados a esse importante setor agrícola.

Dito isso, o cultivo de açaí tem um papel crucial na economia da região Norte, sendo um produto agrícola vital e um símbolo cultural. A compreensão dos dados educacionais, de pesquisa e extensão por região do Brasil está diretamente relacionada às principais culturas de cada localidade (SIDONE et al., 2016). Esses dados refletem não apenas os interesses e necessidades específicas de cada região em termos de agricultura e economia, mas também indicam onde estão sendo

concentrados os esforços em ensino, pesquisa e inovação para impulsionar esses setores.

Vale ressaltar também que as instituições públicas de ensino muitas vezes direcionam suas pesquisas para áreas de interesse regional, o que inclui o estudo das culturas predominantes em suas localidades (JÚNIOR, 2013). Além disso, o financiamento para pesquisa muitas vezes está relacionado aos interesses estratégicos de desenvolvimento regional, o que pode ser influenciado pelas culturas predominantes em determinada área. Consequentemente, em áreas onde há maior investimento e incentivo para pesquisa, é esperado que haja mais bolsistas envolvidos em projetos de pesquisa relacionados às principais culturas regionais (NETO et al., 2017).

Considerando as informações supracitadas, a seguir são apresentados os dados de instituições públicas de ensino, o número de pesquisadores e valor fomentado para pesquisa por região brasileira.

**Tabela 1.** Dados de Ensino e Pesquisa por região do Brasil.

<b>Região</b>	<b>Instituições públicas de ensino (2022)<sup>1</sup></b>	<b>Valor fomentado (2022)<sup>2</sup></b>	<b>Número de beneficiários (2022)<sup>2</sup></b>
Sudeste	1322	R\$ 890.347.024,72	72.881,05
Sul	450	R\$ 318.905.462,66	25.350,25
Nordeste	558	R\$ 264.366.748,33	25.390,18
Centro-Oeste	367	R\$ 130.585.853,22	23.333,94
Norte	371	R\$ 41.302.509,19	6.634,01

Fonte: <sup>1</sup>Ministério da Educação (MEC) e <sup>2</sup>Painel de Fomento em Ciência, Tecnologia e Inovação (CNPq)

Os dados atualizados de Instituições Públicas de Ensino são referentes ao ano de 2022, portanto, embora os dados de número de pesquisadores e valor fomentado possuem métricas mais atualizadas, optou-se por manter a análise referente ao ano de 2022 para maior conformidade comparativa.

De acordo com a Tabela 1, a região Sudeste detém o maior número de instituições públicas de ensino considerando cenário nacional, e, consequentemente, maior valor fomentado no ano de 2022. Vale ressaltar que os recursos considerados para o levantamento desses dados são os do Tesouro Nacional, considerando

repasse de Órgãos, como Ministério da Saúde e Ministério da Agricultura, e os provenientes dos Fundos Setoriais operacionalizados pelo CNPq.

Já o número de beneficiários representa o número de pessoas (CPF's diferentes) contempladas com bolsas ou auxílios que receberam pelo menos um pagamento no ano de 2022, por modalidade de bolsa ou auxílio<sup>1</sup>. Uma notável observação é o fato de que, embora a região Norte possua 4 instituições públicas de ensino a mais que a região Centro-Oeste, o valor fomentado (R\$) e o número de beneficiários não atingem nem a metade dos valores apresentados desta referida região.

Em complemento ao fato supracitado, apesar da região Norte possuir 4 Instituições Públicas a mais que a região Centro-Oeste, os investimentos em pesquisa podem ser atribuídos a políticas governamentais que historicamente priorizaram outras áreas de desenvolvimento, como a infraestrutura e agronegócio, em detrimento da Ciência e Tecnologia na região Norte, prioritariamente para exportação. Por outro lado, a região Centro-Oeste, tem recebido maior atenção e investimentos em pesquisa voltada para o setor agrícola e pecuarista, o que pode explicar a discrepância nos valores destinados à pesquisa entre as duas regiões.

Por fim, de acordo com análises recentes, as regiões brasileiras que concentram um maior número de registros de patentes tendem a apresentar indicadores mais robustos de desenvolvimento econômico e social. Isso ocorre devido ao fato de as patentes serem indicadores de atividade inovadora e de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento, fatores cruciais para impulsionar a competitividade e o crescimento regional (IPEA, 2017). Além disso, a presença de um forte ecossistema de propriedade intelectual pode atrair investimentos e talentos para determinadas regiões, estimulando o surgimento de *clusters* de inovação e empreendedorismo (TEIXEIRA & CATAPAN, 2022).

---

<sup>1</sup> - O número de beneficiários não é equivalente ao número de bolsas-ano, pois se um mesmo beneficiário receber pagamentos relativos a duas ou mais modalidades diferentes (seja de bolsa ou auxílio) no mesmo ano, ele é contado mais de uma vez.

- Caso um mesmo CPF tenha recebido pagamentos em diferentes processos de uma mesma modalidade no mesmo ano, a quantidade referente a cada processo será uma fração de 1 (um) e o somatório dos processos pagos representará um beneficiário.

- Eventualmente, os totais e subtotais obtidos por unidades de análise (instituição, origem de recurso, programa, área, dentre outros) podem ser fracionados, caso o CPF se enquadre na situação acima e haja uma variação dessas unidades de análise em cada processo.

Vale ressaltar ainda que as propriedades intelectuais muitas vezes refletem as áreas de pesquisa e desenvolvimento tecnológico em uma determinada região. Se uma região tem uma forte presença de instituições de ensino e pesquisa, empresas e indústrias relacionadas a uma determinada cultura ou setor, é provável que haja um maior número de registros de propriedades intelectuais relacionadas a essa área (BUAINAIN & SOUZA, 2019). Portanto, os números de registros de patentes podem ser indicativos do nível de atividade e inovação em setores específicos de cada região.

A tabela abaixo representa os dados referentes aos registros de patentes realizados no período de 2015 e 2019 por região, sendo a soma dos registros de Modelo de Utilidade (MU) e Patente de Invenção (PI).

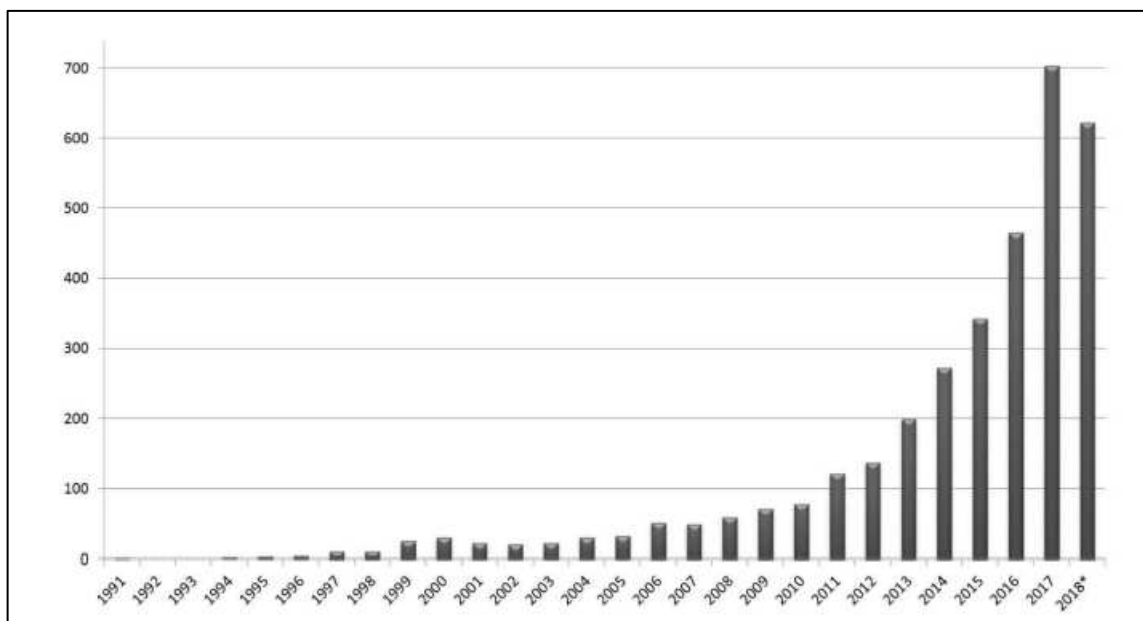
**Tabela 2.** Números dos registros de Patentes entre os anos de 2015 e 2019.

<b>Região</b>	<b>Registro de Patentes</b>
Sudeste	21.560
Sul	10.272
Nordeste	4.658
Centro-Oeste	1.984
Norte	803

Fonte: Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI).

A disparidade nos números de registros de patentes por macrorregião brasileira apresentados acima reflete uma complexa interação de fatores socioeconômicos, políticos e culturais. Primeiramente, as regiões Sudeste e Sul historicamente receberam mais investimentos em pesquisa e desenvolvimento, tanto no setor público quanto do privado, o que contribuiu para a geração de um maior número de inovações passíveis de proteção por patentes.

Ao que tange os aspectos de registros de propriedade industrial da cadeia de açaí, houve um considerável aumento dos pedidos de registro de marca utilizando o termo “açaí”, apresentando a correlação entre a característica econômica e o aumento da produção nacional do açaí nos últimos anos. Especificamente após o ano de 2005, ano em que a Embrapa Amazônia Oriental registrou a primeira cultivar de açaizeiro (BRS-Pará), os pedidos de marca utilizando o termo “açaí” foram intensificados, conforme pode ser visualizado na figura a seguir.



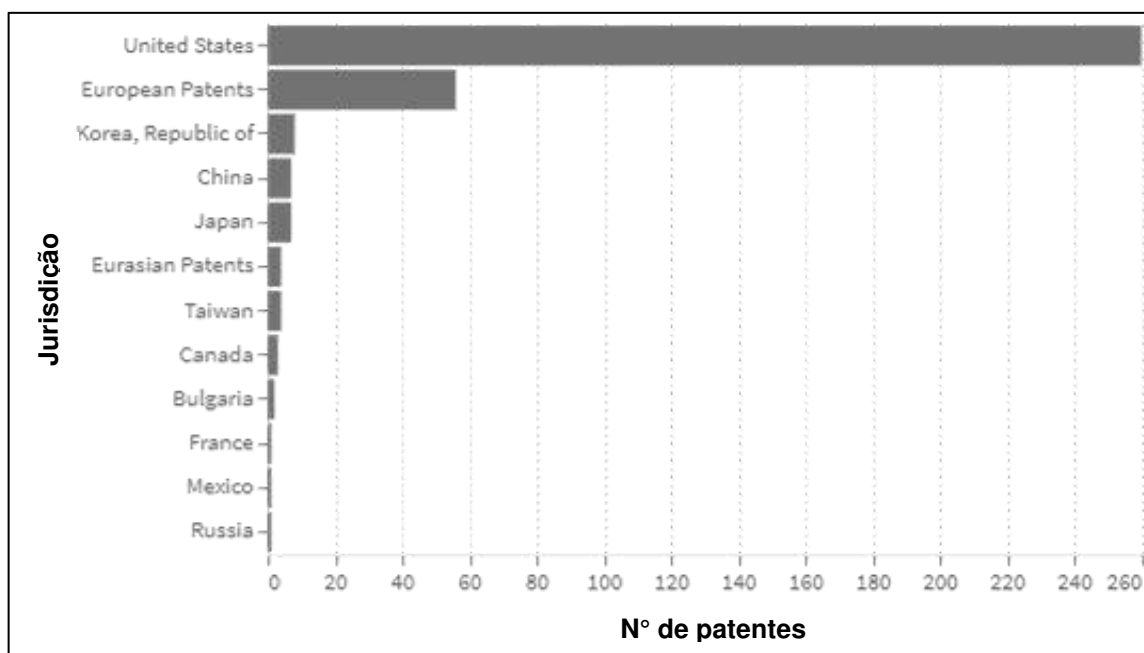
**Figura 1.** Evolução dos processos administrativos no INPI de pedidos de marca contendo o termo "açai".

Fonte: MELO, 2020, p. 70.

A título de entender o panorama de inovação considerando os dados patentários, foi realizada uma busca no site Lens.org considerando o termo “*Euterpe oleracea*”, sendo o nome científico da fruta açai. Os dados coletados no dia 18 de fevereiro de 2024 constataram 795 registros de patentes, sendo 354 patentes concedidas.

Segundo dados apresentados pela Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Mineração e Energia do Estado do Pará – SEDEME, o principal destino de exportação do açai é para os Estados Unidos. Esse número expressivo tem representado grande viabilidade de desenvolvimento tecnológico no país que é o grande importador de açai, responsável por 260 patentes das 354 patentes concedidas (73,45%), conforme demonstra a Figura 2.

Este cenário reflete uma tendência preocupante de transferência de tecnologia para países desenvolvidos, enquanto o Brasil continua principalmente como exportador de commodities. Tal dinâmica limita o potencial de desenvolvimento tecnológico e econômico do Brasil, reduzindo sua capacidade de agregar valor aos produtos nativos e de beneficiar-se plenamente dos avanços científicos e tecnológicos derivados de suas próprias riquezas naturais.



**Figura 2.** Jurisdicção dos pedidos de patente concedidos com o termo "*Euterpe oleracea*". Fonte: Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Mineração e Energia do Estado do Pará – SEDEME

O menor número de patentes concedidas pelo Brasil relacionadas à espécie "*Euterpe oleracea*" (açai), em contraste com a liderança dos Estados Unidos neste campo, evidencia uma série de desafios enfrentados pelo país. Entre os principais fatores estão a falta de conhecimento sobre os procedimentos de patenteamento, os custos elevados associados ao registro de patentes e a escassez de recursos destinados a apoiar produtores e pesquisadores na proteção de suas inovações. Apesar de o açai ser uma cultura nativa e de grande relevância econômica para o Brasil, o país tem se concentrado predominantemente na exportação do produto em vez de agregar valor por meio do desenvolvimento tecnológico e do registro de patentes. Esta abordagem limita o potencial de inovação e desenvolvimento

econômico, deixando que outros países, como os Estados Unidos, capitalizem as oportunidades tecnológicas e comerciais relacionadas ao açaí.

Vale ressaltar que os pedidos registrados na plataforma Lens.org são referentes às patentes depositadas em contexto mundial. Portanto, foi realizada uma busca adicional na plataforma do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) para entender, em contexto nacional, as patentes registradas contendo o termo “*Euterpe oleracea*”. Na imagem a seguir é possível visualizar o resultado da busca.

The image shows a screenshot of the INPI website's search results page. At the top, there is a navigation bar with the Brazilian flag and the text 'BRASIL', followed by 'Acesso à informação', 'Participe', 'Serviços', 'Legislação', and 'Canais'. Below this is the INPI logo and the text 'Instituto Nacional da Propriedade Industrial' and 'Ministério da Economia'. The main heading is 'Consulta à Base de Dados do INPI' with a '[ Início | Ajuda? ]' link. Below the heading, there is a link '» Consultar por: Base Patentes | Finalizar Sessão'. The search results section is titled 'RESULTADO DA PESQUISA (02/03/2024 às 20:39:28)' and shows 'Pesquisa por: Todas as palavras: 'EUTERPE OLERACEA no Título' \'. It states 'Foram encontrados 27 processos que satisfazem à pesquisa. Mostrando página 1 de 2.'

**Figura 3.** Registros de pedidos de patentes nacionais contendo o termo "*Euterpe oleracea*". Fonte: Instituto Nacional de Propriedade Industrial.

Ao passo que internacionalmente não exista nenhuma patente registrada com o termo “*Euterpe oleracea*” solicitada e/ou concedida para o Brasil, nacionalmente existem 27 pedidos de registros que contenham o referido termo. Embora haja registros de pedidos de patentes conferidos no Brasil acerca da espécie em estudo, o número visualizado é significativamente menor que os pedidos de patentes realizados pelos Estados Unidos e Europa, considerando a nomenclatura científica do açaí. Isso pode ser explicado pelo fato de ainda existir uma visão limitada sobre a importância de registros de patentes em um contexto geral, o que se agrava ainda mais em um contexto internacional, além do fato que registrar patentes em um contexto internacional pode ser mais caro e complexo do que registrar uma patente nacional.

Para contextualizar os dados apresentados, é crucial considerar a interconexão entre patentes, Produto Interno Bruto (PIB) e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). O baixo número de patentes internacionais relacionadas à "*Euterpe oleracea*" (açaí) sugere uma lacuna na estratégia nacional de inovação e proteção de propriedade intelectual, o que pode afetar tanto o desenvolvimento econômico quanto

o humano. Patentes são indicadores de inovação e investimento em pesquisa e desenvolvimento, influenciando diretamente a competitividade e o crescimento econômico de um país.

Por outro lado, o PIB per capita e o IDH refletem a qualidade de vida e o bem-estar da população, sendo afetados pela capacidade do país em gerar e aplicar conhecimento para impulsionar a economia e melhorar as condições sociais. Portanto, a falta de patentes internacionais pode indicar uma oportunidade perdida para o Brasil, não apenas em termos de receitas e lucros, mas também em seu progresso socioeconômico geral. É essencial que o país reconheça a importância estratégica da inovação e da proteção de propriedade intelectual, pois isso não apenas impulsiona a competitividade global, mas também contribui para um desenvolvimento mais equitativo e sustentável.

**Tabela 3.** Dados do Produto Interno Bruto per capita e Índice de Desenvolvimento Humano por macrorregião brasileira (ano base: 2021).

Região	PIB <i>per capita</i>		IDH
Sudeste	R\$	49.516,99	0,778
Sul	R\$	52.171,95	0,777
Centro-Oeste	R\$	61.414,66	0,757
Norte	R\$	28.482,37	0,703
Nordeste	R\$	21.201,21	0,702

Para demonstrar o desenvolvimento regional quando comparado com as demais variáveis supracitadas, confirma-se a partir dos dados que as regiões que possuem maior PIB per capita e maior Índice de Desenvolvimento Humano são as mesmas regiões que apresentam maiores registros de patentes, maior valor fomentado, maior número de pesquisadores e mais instituições de ensino. Desse modo, realizou-se uma análise de correlação entre as variáveis apresentadas a fim de entender o comportamento correlativo entre estes indicadores. A tabela abaixo apresenta a matriz de correlação determinada a partir dos dados discutidos neste estudo.

**Tabela 4.** Matriz de correlação entre os indicadores regionais discutidos neste estudo.

	<i>Instituições públicas de ensino por região (2022)</i>	<i>Número de pesquisadores (jan/2024)</i>	<i>Valor fomentado (jan/2024)</i>	<i>Registro de patentes - 2015 a 2019 (Modelo de Utilidade + Patente de Invenção)</i>	<i>PIB per capita (2021)</i>	<i>IDH (2021)</i>
Instituições públicas de ensino por região (2022)	1,000					
Número de pesquisadores (jan/2024)	0,963	1,000				
Valor fomentado (jan/2024)	0,965	0,991	1,000			
Registro de patentes - 2015 a 2019 (Modelo de Utilidade + Patente de Invenção)	0,923	0,955	0,981	1,000		
PIB per capita (2021)	0,121	0,119	0,229	0,305	1,000	
IDH (2021)	0,450	0,507	0,600	0,688	0,875	1,000

De acordo com Martins (2014), o coeficiente de correlação (R) é uma medida estatística que descreve a força e a direção de um relacionamento linear entre duas variáveis, podendo variar de -1 a 1. Valores de R próximos à -1 indica uma correlação negativa forte, na qual quando uma variável tende a aumentar à medida que a outra diminui. Já valores de R próximos a 1 indica uma correlação positiva forte, na qual as duas variáveis tendem a aumentar juntas. Se o coeficiente for próximo de 0, não há uma correlação linear forte entre as variáveis.

A tabela apresenta uma análise comparativa entre diversas variáveis relacionadas à pesquisa, inovação e desenvolvimento socioeconômico em diferentes regiões. Os coeficientes de correlação revelam padrões interessantes. Por exemplo, há uma forte correlação positiva entre o número de instituições públicas de ensino por região e o número de pesquisadores, bem como com o valor fomentado para pesquisa, indicando que regiões com mais instituições de ensino tendem a ter mais recursos humanos e financeiros dedicados à pesquisa.

Além disso, observa-se uma associação significativa entre o número de pesquisadores e o valor fomentado para pesquisa, sugerindo que regiões com maior investimento em pesquisa também tendem a atrair um número maior de pesquisadores. Por fim, o registro de patentes está correlacionado positivamente com o valor fomentado para pesquisa e moderadamente com o PIB per capita, destacando a importância do investimento em pesquisa para o desenvolvimento econômico e tecnológico das regiões. Esses resultados apontam para a necessidade de políticas que promovam o investimento em pesquisa e inovação como meio de impulsionar o desenvolvimento econômico e humano das regiões.

## **5 CONCLUSÕES**

O presente estudo examinou detalhadamente a contribuição do cultivo de açaí para a economia brasileira, destacando seu papel crucial na região Norte como um dos principais produtos agrícolas do país. Os dados apresentados revelam uma imagem abrangente da relevância econômica e extensão da atividade de produção de açaí, fornecendo uma base sólida para a análise dos desafios e oportunidades associados a esse setor agrícola vital.

Ao considerar a distribuição de recursos para pesquisa e educação por região, fica evidente que regiões com maior concentração de instituições de ensino tendem a

receber mais investimentos e, conseqüentemente, têm mais pesquisadores e recursos dedicados à pesquisa. No entanto, a disparidade nos recursos destinados à região Norte em comparação com outras regiões, como o Centro-Oeste, sugere uma falta de priorização histórica em investimentos em ciência e tecnologia nessa região, o que pode impactar negativamente seu potencial de desenvolvimento econômico e tecnológico.

A análise dos registros de patentes revela uma lacuna significativa no desenvolvimento tecnológico e na proteção de propriedade intelectual relacionada ao açaí no Brasil, com uma notável falta de patentes concedidas em comparação com países importadores como os Estados Unidos. Isso destaca a necessidade urgente de políticas e incentivos para promover a inovação e proteção de propriedade intelectual no país, a fim de capitalizar plenamente as oportunidades tecnológicas e comerciais associadas ao açaí.

Os dados apresentados também demonstram uma forte correlação entre investimentos em pesquisa e desenvolvimento, registros de patentes e indicadores socioeconômicos, como PIB per capita e IDH. Esses resultados destacam a importância do investimento em pesquisa e inovação como impulsionadores do desenvolvimento econômico e humano das regiões. Portanto, políticas que promovam o investimento em pesquisa e inovação são essenciais para impulsionar o crescimento econômico e tecnológico do país, especialmente em setores-chave como o cultivo de açaí e também para outras espécies de importância econômica, ambiental e social da região.

## REFERÊNCIAS

ALVES, F. A função socioambiental do patrimônio da União na Amazônia. Brasília: **IPEA**, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). Instituições de Educação Superior no Brasil. Disponível em: <https://dados.gov.br/dados/conjuntos-dados/indicadores-sobre-ensino-superior>. Acesso em: 18 fev. 2024.

BUAINAIN, A. M.; SOUZA, R. F. Propriedade intelectual e desenvolvimento no Brasil. **Associação Brasileira de Propriedade Intelectual** – Rio de Janeiro, 2019.

CAVALCANTE, Luiz Ricardo. **Desigualdades regionais em ciência, tecnologia e inovação (CT&I) no Brasil: uma análise de sua evolução recente**. Texto para Discussão, 2011.

CHAVES, D. A. A trajetória de inovação e tecnologia no estado Pará. **Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales**. São José dos Pinhais, 2019.

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Painel de Fomento em Ciência, Tecnologia e Inovação do CNPq. Disponível em: <http://bi.cnpq.br/painel/fomento-cti/>. Acesso em: 18 fev. 2024.

COSTA, M. R. T. R. et al. Atividade agropecuária no Estado do Pará. EMBRAPA Amanzônia Oriental. Belém – PA, 2017.

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>

FERNANDEZ, Rodrigo Nobre et al. Impacto dos determinantes das parcerias público-privadas em economias emergentes. **Planejamento e políticas públicas**. Brasília, DF. N. 44 (jan./jun. 2015), f.[291]-315, 2015.

FIEPA – Federação das Indústrias do Estado do Pará. Disponível em: <https://www.fiepa.org.br/>

GALVÃO, ACF; NETO, A. M. Ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento das Regiões Norte e Nordeste do Brasil: Novos desafios para a política nacional de CT&I. Brasília: **Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**, 2011.

GONÇALVES, B., SANTANA, J. R. (2021). Indicador estadual de ciência e tecnologia: uso da propriedade intelectual como uma proxy para inovação tecnológica. **Gestão & Regionalidade**, 37(111).

HEMMING, J. Amazon Frontier: The Defeat of the Brazilian Indians. Macmillan, 1987.

HOMMA, A. K. O. Extrativismo, biodiversidade e biopirataria na Amazônia. **EMBRAPA Informação Tecnológica**. Brasília – DF, 2008.,

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Radar: tecnologia, produção e comércio exterior. 2017.

Instituto Nacional da Propriedade Intelectual (INPI). Estatísticas. Base de Dados sobre Propriedade Intelectual – BADEPI. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/central-de-conteudo/estatisticas/estatisticas/base-de-dados-sobre-propriedade-intelectual-para-fins-estatisticos-2013-badepi>. Acesso em: 18 fev. 2024

JÚNIOR, A. L. S. A extensão universitária e os entre-laços dos saberes. 2013. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

MARTINS, M. Coeficiente de correlação amostral. **Revista Ciência Elementar**, V2(02):042. 2014

MELO, Sheila de Souza Corrêa de. Inovação e desenvolvimento da cadeia produtiva do açaí na amazônia oriental e sua relação com a política pública do programa paraense de incentivo ao uso sustentável da biodiversidade - **BIOPARÁ**. 1. ed. Ananindeua - Pará: Editora Itacaiúnas, 2020. 107 p.

MOURA, V. C. S. Impactos ambientais da urbanização: esforços da pesquisa brasileira e mapeamento e percepção de moradores na cidade de Santarém, Pará. 2019. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Oeste do Pará.

NETO, A. M.; CASTRO, C. N.; BRANDÃO, C. A. Desenvolvimento regional no Brasil: políticas, estratégias e perspectivas. **IPEA**. Rio de Janeiro, 2017.

PAMPLONA, L. M. P.; SALARINI, J.; KADRI, N. M. Potencial da bioeconomia para o desenvolvimento sustentável da Amazônia e possibilidades para a atuação do BNDES. 2021.

PARÁ. Programa Estadual Pará Sustentável. Disponível em: <http://www.parasustentavel.pa.gov.br/como-funciona/> Acesso em 15 de maio de 2024.  
PATTON, M. Q. Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice. **Sage publications**, 2014.

ROCHA, M. S.; SOUZA, F. S.; SILVA, E. A. Açaí (*Euterpe oleracea*): Principais inovações na produção e no processamento. **Revista Agrotec**, 41(1), 58-66, 2020.

Secretaria de Ciência, Tecnologia e Educação Técnica e Tecnológica do Pará (SECTET). (2022). Projeto da Lei Estadual de Inovação é aprovado pela Assembleia Legislativa. Disponível em: <https://www.sectet.pa.gov.br/not%C3%ADcias/projeto-da-lei-estadual-de-inova%C3%A7%C3%A3o-%C3%A9-aprovado-pela-assembleia-legislativa>. Acesso em 15 de maio de 2024.

SIDONE, O. J. G.; HADDAD, E. A.; MENA-CHALCO, J. P. A ciência nas regiões brasileiras: evolução da produção e das redes de colaboração científica. **Transinformação**, v. 28, p. 15-32, 2016.

SILVA, A. M.; PEREIRA, L. M.; ARRUDA, I. M. Processamento mínimo de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.): principais desafios e avanços tecnológicos. **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. 2019.

SILVA, R. R.; CASTRO, J. M.; ABREU, E. F. M. Açaí: origem, cultura e perspectivas de cultivo na Amazônia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 14(6), 2021.

TEIXEIRA, C. S.; CATAPAN, A. H. Ecossistemas de Inovação. **Via Revista**, 13ª edição. Dezembro, 2022.

THAMER, R.; LAZZARINI, S. G. Projetos de parceria público-privada: fatores que influenciam o avanço dessas iniciativas. **Rev. Adm. Pública** — Rio de Janeiro 49(4):819-846, jul./ago. 2015

## **CAPÍTULO 2: EFEITO DA INTERAÇÃO ENTRE ARBOLINA, PACLOBUTRAZOL E ETHREL NOS PARÂMETROS ECOFISIOLÓGICOS DO AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.)**

### **RESUMO**

A palmeira *Euterpe oleracea* Mart., conhecida como açazeiro, é uma planta nativa da região amazônica, sendo uma potência econômica no estado do Pará, que é o maior produtor do fruto. Considerando os aspectos reprodutivos da espécie bem como a importância de estabelecer novas tecnologias e metodologias de cultivo que otimizem a produtividade da cultura, objetivou-se analisar a resposta ecofisiológica da espécie *Euterpe oleracea* considerando a aplicação dos componentes Paclobutrazol, Arbolina e ETHREL, diante de seus expressivos resultados em outras culturas. O experimento foi realizado em uma propriedade privada na cidade de Marabá, no estado do Pará, em um plantio de açaí com 3 anos de idade, dispostos em um espaçamento de 6 x 6 metros. Delineou-se 8 tratamentos considerando que um destes era a testemunha, fornecendo o controle estatístico a título de comparação. Os componentes foram aplicados no mês de julho do ano de 2023, e as variáveis foram analisadas após 60 dias de aplicação dos componentes. O tratamento com ETHREL combinado com Arbolina apresentou a maior taxa fotossintética, enquanto o tratamento com PBZ e Arbolina mostrou a menor, seguido da testemunha. A condutância estomática foi mais elevada nos tratamentos com Arbolina aplicada isoladamente. Os resultados biométricos sugerem que o tratamento combinado de ETHREL e Arbolina influenciou positivamente o crescimento em altura, diâmetro e número de folhas, enquanto os tratamentos combinados com o PBZ, ETHREL e Arbolina promoveram um perfilhamento. A análise visual permitiu confirmar os resultados de análises de crescimento e fisiológicas, mostrando estruturas botânicas reprodutivas somente nos tratamentos que demonstraram médias superiores à testemunha, enquanto a testemunha não apresentou tais estruturas. A ausência de estruturas reprodutivas e médias inferiores na testemunha indicam provável impacto dos tratamentos. Portanto, conclui-se que o tratamento combinado de ETHREL e Arbolina é o mais promissor, pois resultou na maior taxa fotossintética e no melhor crescimento em altura, diâmetro e número de folhas. Além disso, Arbolina elevou a condutância estomática. Em contraste, o tratamento com PBZ e Arbolina apresentou a menor taxa fotossintética. Ademais, o tratamento com ETHREL e Arbolina promoveu o desenvolvimento de estruturas reprodutivas, o que não foi observado na testemunha. Portanto, esses resultados fornecem um indicativo para a utilização de ETHREL e Arbolina em

tratamentos agrícolas, evidenciando a potencial eficácia no crescimento e reprodução das plantas.

## 1. INTRODUÇÃO

A palmeira *Euterpe oleracea* Mart., conhecida como açazeiro, é uma planta nativa da região amazônica, com uma ampla distribuição nas áreas do Norte do Brasil (OLIVEIRA, 2017). Pertencente à família Arecaceae, essa espécie apresenta uma notável versatilidade em diferentes setores da agroindústria. Suas aplicações abrangem desde a utilização como planta ornamental em projetos de paisagismo até a construção rústica de estruturas como casas e pontes (NODA, 2012). Além disso, o açazeiro possui propriedades medicinais, sendo empregado como vermífugo e no tratamento de distúrbios gastrointestinais (OLIVEIRA, 2007). Sua importância também se estende para a indústria alimentícia, onde os frutos e o palmito são amplamente consumidos e utilizados na produção de sucos, doces e sorvetes. Essa diversidade de usos ressalta a relevância econômica e cultural do açazeiro na região amazônica (FREITAS, 2014).

De acordo com sua ecologia, ela forma concentrações densas ou quase puras ao lado de outras palmeiras, como o buriti (*Mauritia flexuosa* L.) em áreas alagadas, igarapés e terrenos de baixada. Essa dominância é atribuída a adaptações morfológicas e anatômicas, como raízes que emergem acima do solo e a presença de estruturas como lenticelas e aerênquimas (OLIVEIRA, 2017). Tais características permitem que sementes e plântulas permaneçam viáveis por períodos prolongados, mesmo em condições adversas. No entanto, sua ocorrência é menos frequente em áreas permanentemente inundadas, como os igapós, devido à dependência do estabelecimento de novas plântulas em locais acima do nível da inundação (OLIVEIRA, 2017).

A dispersão dos frutos de *E. oleracea*, ocorre tanto por pequenos mamíferos e roedores, que atuam em curtas distâncias, quanto por aves, que garantem a dispersão em longas distâncias. A água dos rios, os peixes e até mesmo a intervenção humana também desempenham um papel importante na dispersão dos frutos dessa espécie (CYMERYYS; SHANLEY, 2005).

O processo reprodutivo da espécie inicia-se aproximadamente aos quatro anos após o plantio, marcado pela emissão de eventos de floração e frutificação que ocorrem ao longo de todo o ano. Embora o pico de florescimento seja observado de janeiro a maio, e o de frutificação de agosto a dezembro, variações sazonais podem ocorrer (OLIVEIRA, 2002).

A abertura de espata e a exposição da inflorescência são desencadeados pelo fenômeno da termogênese. As flores oferecem néctar, pólen e um odor suave, atraindo uma variedade de insetos polinizadores, especialmente da família Apidae (OLIVEIRA, 2017). Após a fecundação, os frutos levam cerca de seis meses para amadurecer, exibindo uma coloração violácea e uma textura opaca quando maduros, com o número de frutos por cacho variando consideravelmente (OLIVEIRA, 2002; OLIVEIRA 2001).

Após a análise do ciclo reprodutivo da espécie em estudo, torna-se evidente a relevância de explorar estratégias inovadoras para otimizar sua produção. Nesse contexto, a utilização de fitormônios e nanopartículas emerge como uma abordagem promissora para manipular o desenvolvimento e a produção da espécie *Eutерpe oleracea*.

Os reguladores de crescimento vegetal, como os compostos triazóis, desempenham um papel crucial no controle do crescimento das plantas e na proteção contra estresses ambientais, influenciando diretamente o rendimento e a qualidade das colheitas (KUMARI et al., 2018). O Paclobutrazol (PBZ), um exemplo desses reguladores, inibe a biossíntese de giberelinas, que por sua vez são responsáveis pelo alongamento e expansão celular, o que sinaliza a transição para a fase reprodutiva, resultando em floração e frutificação mais precoces (DESTA & AMARE, 2021). Por outro lado, o Etefon (com nome comercial de ETHREL) atua como precursor de etileno, promovendo o amadurecimento das plantas e senescência dos frutos (BELUCI, 2021; CASTRO et al., 2002).

Além disso, os nanofertilizantes surgem como uma alternativa promissora, aproveitando as propriedades físicas e químicas únicas dos nanomateriais (INTERNATIONAL ORGANIZATION OF STANDARDS, 2017). Esses materiais têm sido explorados para aumentar a produtividade agrícola, otimizar a eficácia dos fertilizantes e pesticidas e mitigar os impactos ambientais, com destaque para a

tecnologia Arbolina que utiliza nanopartículas bioestimulantes derivadas de um processo inovador de modificação térmica do carbono (EMBRAPA, 2020). Essas nanopartículas demonstram melhorias significativas na fisiologia das plantas, promovendo um aumento na eficiência fotossintética, desenvolvimento radicular robusto e maior resistência à seca (GIRALDO et al., 2019).

Com isso, ao compreender os períodos de pico de florescimento e frutificação, intervenções precisas podem ser direcionadas para potencializar o rendimento e a eficiência do cultivo. Dessa maneira, o objetivo deste trabalho é analisar como as tecnologias supracitadas atuam na performance e indução de florescimento na espécie *Euterpe oleracea*, a partir de análises de características fisiológicas e biométricas.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização da área de estudo**

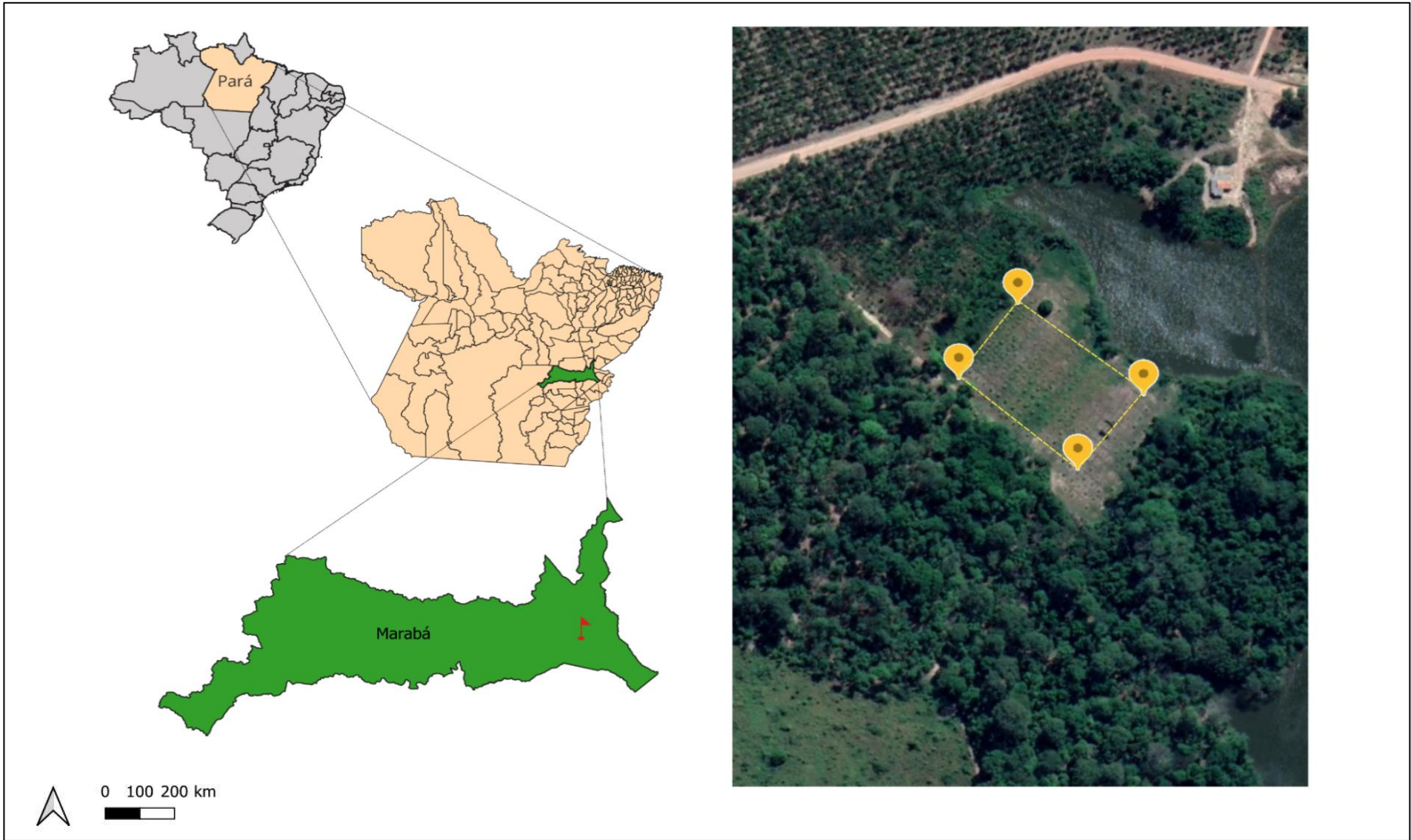
O plantio selecionado para estudo faz parte de uma propriedade privada, localizada no município de Marabá – PA (Latitude: -5.36997; Longitude: -49.1169; Altitude: 84 m). O clima da região é tropical sub-úmido (Am), segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 28 °C e precipitação anual na ordem de 1.400 mm. O período de maior precipitação é de janeiro a abril e o de menor precipitação de junho a setembro, quando se registra temperatura média de 26 °C e 32°C e precipitação média mensal de 298 mm e 26 mm, respectivamente (INMET 2019).

A área é composta por um plantio de *Euterpe oleracea* com 3 anos de idade, em um espaçamento 6 metros x 6 metros. O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, típico da Amazônia, apresentando boa drenagem e textura argilosa. O nível de fertilidade do solo é moderado, com presença de matéria orgânica adequada para o cultivo de açaí. As mudas foram obtidas a partir de sementes selecionadas de frutos maduros, que após coleta e limpeza foram germinadas em substratos adequados. As plântulas desenvolvidas foram então transferidas para viveiros até atingirem o tamanho ideal para o plantio. O preparo da

área envolveu a escolha criteriosa do local, limpeza do terreno, correção do solo com calagem e abertura de covas com dimensões de 40 cm x 40 cm x 40 cm.

O plantio das mudas foi realizado com cuidados para garantir o correto posicionamento e irrigação inicial. As práticas de manejo incluíram irrigação regular, adubação orgânica e mineral conforme análise do solo e poda de manutenção. A adubação é feita anualmente para manter os níveis de nutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo e potássio, garantindo o desenvolvimento adequado das plantas (VIÉGAS et al., 2009).

A limpeza do plantio de açaí é uma etapa crucial no manejo da cultura, visando manter a área livre de competição por recursos e garantir o desenvolvimento saudável das plantas. Por meio da roçagem manual, buscou-se eliminar ervas daninhas e promover condições favoráveis ao crescimento das plantas. Além disso, a prática de cobertura do solo com materiais orgânicos auxilia na supressão do crescimento de plantas invasoras e na retenção de umidade, contribuindo para a saúde geral do plantio. A localização geográfica da área experimental está representada na Figura 1.



**Figura 1.** Área de implantação do experimento em plantio de açai (propriedade particular).

## 2.2 Delineamento experimental

O experimento foi implementado na primeira quinzena do mês de julho de 2023, compreendendo oito tratamentos. Os tratamentos foram configurados em um Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), nos quais foram replicados em 4 blocos contendo 4 indivíduos cada bloco, totalizando 16 indivíduos por tratamento (Figura 2).

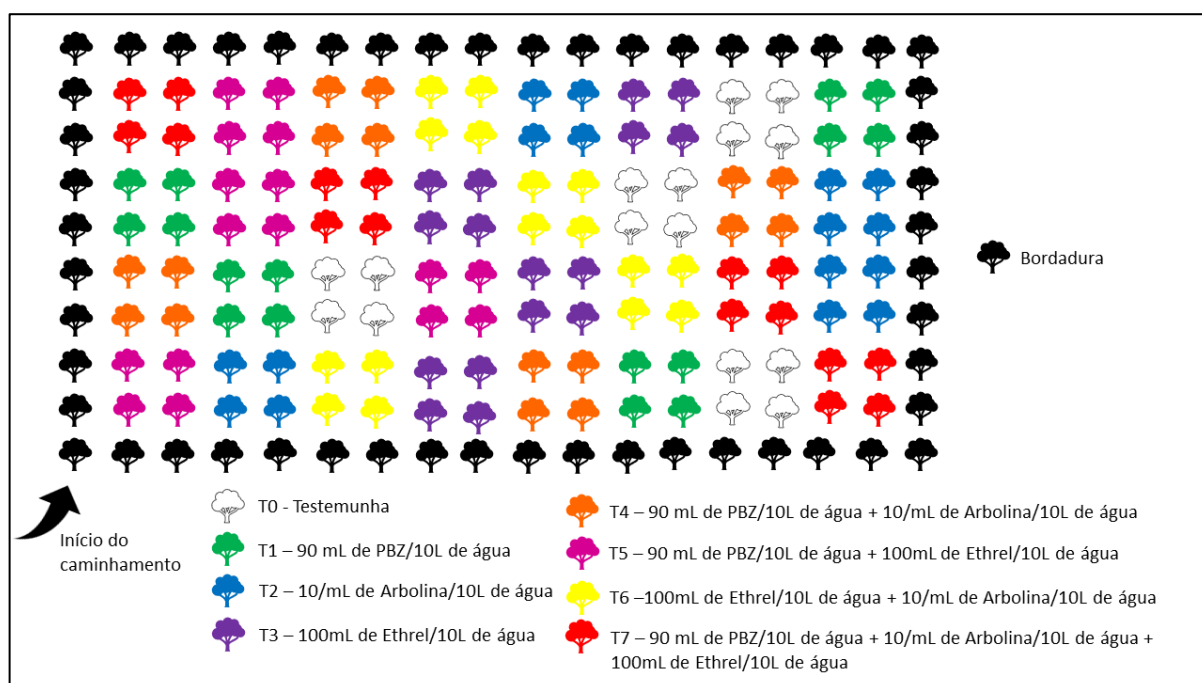


Figura 2. Disposição dos tratamentos distribuídos em blocos casualizados.

## 2.3 Aplicação dos tratamentos

A Tabela 1 apresenta a descrição de cada tratamento aplicado no estudo.

**Tabela 1.** Descrição das doses de cada tratamento

<b>Tratamento</b>	<b>Componente</b>	<b>Quantidade (mL) por indivíduo</b>
<b>0</b> <b>(Testemunha)</b>	Nenhum	Não foi aplicado nenhum componente
<b>1</b>	Paclobutrazol (PBZ)	10 mL/cm de circunferência da árvore
<b>2</b>	Arbolina <sup>®</sup>	0,5 mL/cm de circunferência da árvore
<b>3</b>	ETHREL <sup>®</sup>	100 mL/cm de circunferência da árvore
<b>4</b>	Paclobutrazol (PBZ) + Arbolina <sup>®</sup>	10 mL + 0,5 mL /cm de circunferência da árvore
<b>5</b>	Paclobutrazol (PBZ) + ETHREL <sup>®</sup>	10 mL + 100 mL /cm de circunferência da árvore
<b>6</b>	Arbolina <sup>®</sup> + ETHREL <sup>®</sup>	0,5 mL + 100 mL /cm de circunferência da árvore
<b>7</b>	Paclobutrazol (PBZ) + Arbolina <sup>®</sup> + ETHREL <sup>®</sup>	10 mL + 0,5 mL + 100 mL /cm de circunferência da árvore

Todos os componentes foram aplicados na área experimental no mês de julho de 2023, seguindo a configuração dos blocos demonstrada na Figura 2. O preparo das soluções de Arbolina ocorreu simultaneamente aos dias de aplicação, seguindo um padrão de medição consistente: 1 mL do produto comercial foi aferido em uma proveta para cada litro de água. Posteriormente, essa solução foi transferida para a bomba costal, com capacidade de 10 litros. Conseqüentemente, em cada preparo do componente, foram utilizados 10 mL de Arbolina. Então, foi realizado o método de pulverização foliar em copa total dos indivíduos durante a parte da manhã (Figura 3), com aplicações mensais entre os meses de julho de 2023 a março de 2024.

Para o preparo das soluções de ETHREL, utilizou-se uma proveta para medir 100 mL do produto comercial, e em seguida este foi transferido para um regador de 10 litros de água. A preparação foi realizada no dia da aplicação, utilizando-se todos os equipamentos de proteção individual para o manuseio do produto. A aplicação foi realizada no solo, em um raio de 1 metro a partir da base de cada indivíduo, utilizando

o período da manhã para aplicação. A aplicação do ETHREL foi realizada uma só vez, no ato de implementação do experimento.

Paralelamente, o preparo das soluções de Paclobutrazol seguiu o mesmo método da solução de ETHREL, utilizando-se regadores de 10 litros, contendo água, porém com 90 mL do produto para cada regador. A solução de PBZ também foi aplicada no solo, considerando um raio de 1 metro a partir da base de cada indivíduo, e a aplicação foi realizada em períodos matutinos. Também utilizou-se uma única aplicação de PBZ, na implementação do experimento em julho de 2023.



**Figura 3.** Aplicação de Arbolina pelo método de pulverização foliar com bomba costal de 10 L.

#### **2.4 Análise dos parâmetros biométricos**

Para análise dos parâmetros biométricos, foram realizadas medições de altura, diâmetro, número de folhas, número de perfilhos e número de folhas nos perfilhos. A altura das plantas foi medida utilizando um clinômetro, com o observador posicionado a 10 metros da base do indivíduo para a leitura. O diâmetro foi medido com o uso de um paquímetro, posicionado a uma altura de 1,30 metros do solo. O número de folhas

foi contado manualmente, registrando-se todas as folhas completamente expandidas. O número de perfilhos, que são brotações laterais da planta principal, foi contado manualmente.

Por fim, o número de folhas nos perfilhos foi também contado manualmente, considerando todas as folhas completamente expandidas em cada perfilho. Todas essas medições foram realizadas 60 dias após a implantação do experimento.

## 2.5 Conteúdo relativo de água

O conteúdo relativo de água (CRA) foi determinado por meio de 30 discos foliares (área = 0,283 cm<sup>2</sup>) retirados das folhas coletadas. Os discos foram pesados para obter a massa do material fresco, e após isso submerso em água destilada por 24 horas, permanecendo a 4 °C no escuro. Em seguida, os discos foram pesados novamente mensurando-se a massa do material túrgido, sendo estes levados para a estufa por 48 horas em temperatura de 80 °C. Por fim, as amostras foram retiradas da estufa e pesadas para verificar a massa do material seco. De posse dessas informações, o CRA foi determinado através da seguinte equação (SLAVICK 1979):

### Equação 1:

$$\text{CRA}(\%) = \frac{(M_f - M_s)}{(M_t - M_s)} \times 100$$

Onde:

CRA = conteúdo relativo de água (%);

M<sub>f</sub> = Massa do material fresco (g);

M<sub>s</sub> = Massa do material seco (g);

M<sub>t</sub> = Massa do material túrgido (g).

## 2.6 Análises de trocas gasosas

A mensuração das trocas gasosas foi realizada no horário entre 08:30 e 12:00 h (Costa et al. 2020), ocorrendo em três plantas por parcela que foram selecionadas aleatoriamente. Em cada planta foi utilizada uma folha madura, em bom estado fitossanitário e localizada no terço médio da copa das plantas. Assim, realizou-se a

medição das taxas de fotossíntese (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) e respiração no escuro (Rd) usando o analisador de gás a infravermelho (IRGA) portátil de sistema aberto (LI-6400, LI-COR, Inc., Logan, NE, EUA), equipado com fonte de luz artificial 6400-02B Red/Blue.

Todas as medições foram feitas a densidades de fluxo de fótons fotossintéticos (PPFD) de 0 e 1000  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . O IRGA foi ajustado para o fluxo de 410  $\mu\text{mol s}^{-1}$ , concentração de  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  dentro da câmara de medição em torno de  $410 \pm 4 \mu\text{mol mol}^{-1}$  e  $21 \pm 1 \text{ mmol mol}^{-1}$ , respectivamente (Lopes et al. 2019). A temperatura do bloco foi mantida em torno de  $31 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$  durante as medições (FERREIRA et al. 2016; SOUZA et al. 2017; SHIMPL et al. 2019). A eficiência no uso da água (EUA) foi calculada pela relação entre as taxas de fotossíntese (A) e a transpiração (E), e a eficiência intrínseca no uso da água (EIUA) foi determinada através da razão entre a taxa de fotossíntese (A) e a condutância estomática (gs) (Ferreira et al. 2012).

## **2.7 Análises estatísticas**

No presente estudo, uma abordagem de análise descritiva foi adotada para investigar e interpretar os dados coletados. Esta escolha metodológica foi motivada pela necessidade de compreender as características e padrões presentes nos dados, considerando a variabilidade observada no ambiente não controlado do experimento. Para isso, uma série de técnicas estatísticas descritivas foram aplicadas para resumir e analisar os dados de forma abrangente.

Desse modo, os dados foram organizados e resumidos, utilizando medidas de tendência central, como média e erro padrão, para avaliar a variabilidade dos dados.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

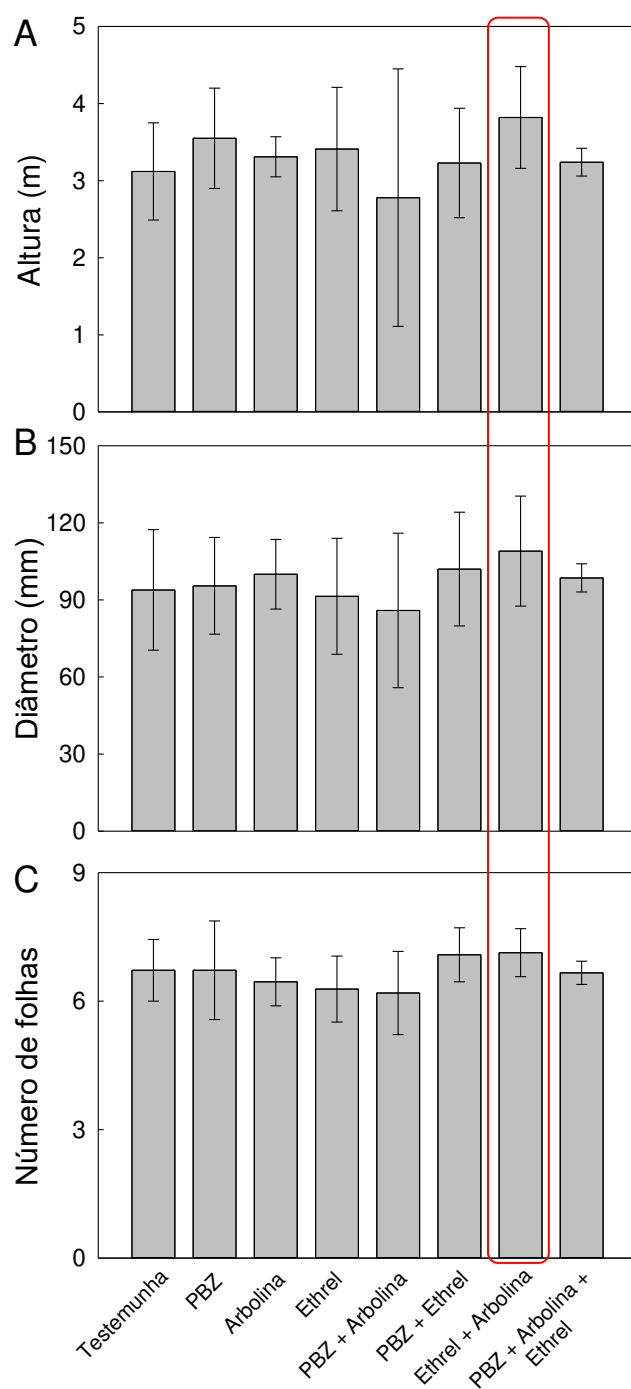
### **3.1 Biometria**

A medição de parâmetros biométricos é essencial para compreender o desenvolvimento e a resposta dos indivíduos em estudo. Essas medidas estão intimamente relacionadas a variáveis fisiológicas, como taxa fotossintética, condutância estomática, transpiração e conteúdo relativo de água.

Os maiores valores para altura, diâmetro e número de folhas foram observados no tratamento ETHREL em conjunto com a Arbolina (Figura 4), sendo, respectivamente, 3,82 m, 109 mm e 7,13. Esse resultado sugere uma influência positiva desse tratamento no crescimento e desenvolvimento vegetal, uma vez que o ETHREL é conhecido por estimular o alongamento celular e o crescimento das plantas, como observado em *Saccharum* spp. (MENDES, 2010). Já a Arbolina pode melhorar a eficácia na absorção de nutrientes pelas plantas, promovendo um desenvolvimento mais robusto (LEMOS, 2021).

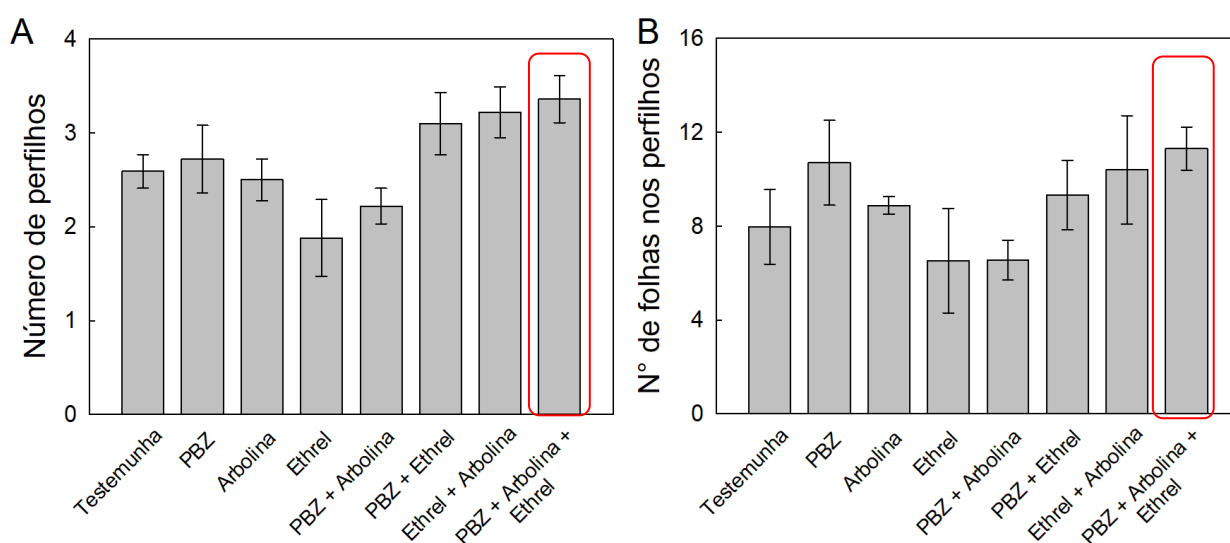
Ainda, o menor valor observado para altura foi observado no tratamento PBZ em conjunto com a Arbolina, destacando o efeito dos componentes no controle do crescimento em altura. O PBZ é um regulador de crescimento de plantas que inibe a biossíntese de giberelinas, hormônios que promovem o alongamento celular e, conseqüentemente, o crescimento em altura das plantas. Ao bloquear a ação das giberelinas, o PBZ reduz o crescimento longitudinal, resultando em plantas mais compactas e robustas (RIVERA et al., 2016).

A combinação do PBZ com a Arbolina pode ter potencializado o efeito de controle do crescimento em altura. A Arbolina, que é um bioestimulante, pode ter atuado em sinergia com o PBZ, melhorando a eficiência da absorção e translocação do Paclobutrazol nas plantas (GÓMEZ-CADENA et al., 2021), resultando em indivíduos mais compactos, o que pode facilitar a colheita e aumentando a resistência de ventos fortes (SMITH et al., 2007).



**Figura 4.** Efeito da aplicação de PBZ, Arbolina e ETHREL na altura (A), diâmetro (B) e número de folhas (C) de plantas de *Euterpe oleracea* 6 meses após a aplicação dos tratamentos. Os dados representam a média e erro padrão de 4 repetições.

Em contrapartida, os maiores valores encontrados para as variáveis número de perfilhos e número de folhas nos perfilhos foi, respectivamente, 3,36 e 11,3, referente ao tratamento conjunto com Paclobutrazol, ETHREL e Arbolina, (Figura 5). Ao comparar com os valores da testemunha, sendo 2,59 para o número de perfilhos e 7,97 para o número de folhas nos perfilhos, destaca-se o potencial sinérgico desses tratamentos na cultura de açaí.



**Figura 5.** Efeito da aplicação de PBZ, Arbolina e ETHREL No número de perfilhos (A) e número de folhas nos perfilhos (B) de plantas de *Euterpe oleracea* 6 meses após a aplicação dos tratamentos. Os dados representam a média e erro padrão de 4 repetições.

### 3.2 Trocas gasosas

A análise das trocas gasosas em plantas desempenha um papel fundamental na compreensão de sua fisiologia e desempenho metabólico. Dessa forma, a seguir são apresentados os resultados obtidos para a espécie de açaí, submetidas às condições dos tratamentos.

Uma elevada taxa fotossintética indica uma capacidade aumentada da planta para capturar e utilizar a energia solar para sintetizar compostos orgânicos, o que pode resultar em um crescimento mais vigoroso, aumento da produção de biomassa e potencialmente maior produtividade agrícola, além de influenciar positivamente a eficiência no uso de água e nutrientes (EMBRAPA, 2017).

Conforme pode ser observado na Figura 6A, dentre os tratamentos, o valor máximo de fotossíntese (assimilação líquida de carbono ( $A$ )) observado foi de  $11,01 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , referente ao tratamento com aplicação de ETHREL combinado com a Arbolina. Resultado similar na taxa fotossintética com aplicação de Arbolina foi encontrado em *Zea mays* L. (NOGUEIRA, 2022) e com a aplicação de ETHREL em *Brassica juncea* (KHAN, 2004). A combinação dos componentes ETHREL e Arbolina pode ter afetado de forma positiva a taxa fotossintética, visto que ambos os componentes são conhecidos por aumentar o conteúdo de clorofila foliar, resultando em uma maior eficiência na captação de luz e, portanto, promovendo uma taxa fotossintética mais elevada (SOUZA, 2023; KHAN, 2023).

Por outro lado, o menor valor de  $A$  foi observado em plantas tratadas com PBZ e Arbolina, sendo  $9,24 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , que também foi o único tratamento com valor de  $A$  menor que da testemunha ( $9,32 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Plantas tratadas com Arbolina apresentaram uma média de  $A$  superior à testemunha, no valor de  $10,74 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Já para os tratamentos com aplicação combinada dos componentes (PBZ, ETHREL e Arbolina), os valores médios foram próximos a  $10,52 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

Em relação a concentração interna de carbono, um maior valor associado a este indicador está diretamente relacionado à taxa fotossintética das plantas, pois indica uma maior disponibilidade de  $\text{CO}_2$  para ser convertido em compostos orgânicos durante o processo fotossintético (WALTER et al., 2015). De forma geral, observou-se valores de  $C_i$  próximos entre os tratamentos aplicados (Figura 6B). O maior valor observado para a concentração interna de carbono foi para a testemunha (Figura 6B). Esse fato pode ser interpretado como um indicativo de que, embora haja uma maior disponibilidade de  $\text{CO}_2$ , a planta não está utilizando o carbono capturado de maneira eficiente para a fotossíntese, sendo explicado pela baixa taxa fotossintética apresentada para o mesmo tratamento.

A condutância estomática é uma medida do grau de abertura dos estômatos para controlar a troca de gases entre a planta e o ambiente. Quando os estômatos estão abertos, o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) atmosférico pode entrar na folha para a fotossíntese, enquanto o oxigênio ( $\text{O}_2$ ) resultante do vapor de água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) podem sair (OLIVEIRA et al., 2011).

Uma maior condutância estomática permite uma entrada mais eficiente de CO<sub>2</sub> para a fotossíntese, resultando em uma maior taxa fotossintética e, potencialmente, um aumento da produção de biomassa e crescimento da planta. De acordo com Farquhar (1982), a abertura estomática está diretamente relacionada à capacidade da planta em absorver CO<sub>2</sub>, o que é essencial para a fotossíntese. No presente estudo, o maior valor observado de condutância estomática foi de 0,193 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> no tratamento com Arbolina, seguido de 0,192 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> no tratamento combinado de ETHREL e Arbolina (Figura 6C).

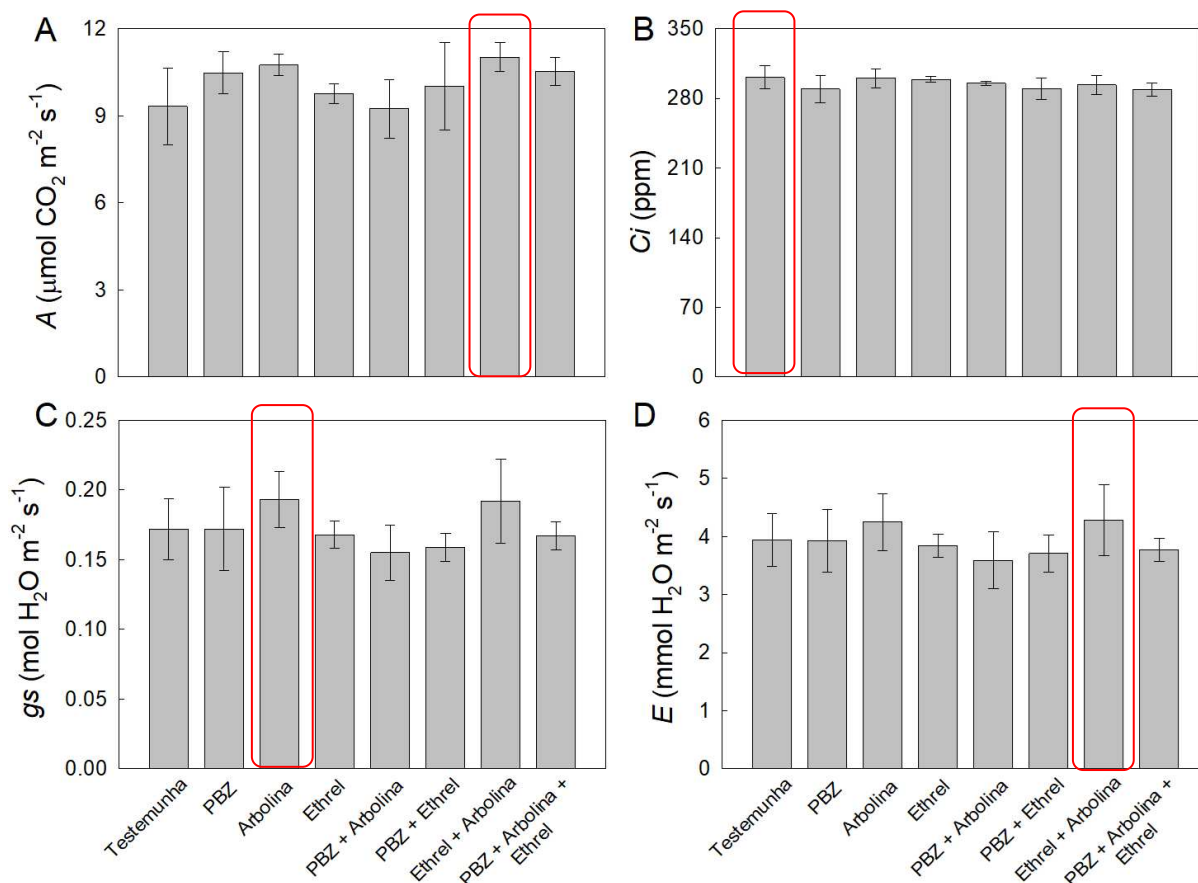
Os resultados obtidos para condutância estomática podem estar relacionados ao efeito estimulante da Arbolina no desenvolvimento vegetal, incluindo o aumento da absorção de luz e desenvolvimento radicular (LEMOS, 2021). Este estímulo no desenvolvimento está correlacionado com a melhoria na capacidade da planta em manter seus estômatos abertos, favorecendo a entrada de CO<sub>2</sub> e, conseqüentemente, promovendo uma taxa fotossintética mais elevada, o que é evidenciado pelas altas taxas fotossintéticas respectivas dos tratamentos mencionados.

A transpiração vegetal é um processo no qual a água é perdida na forma de vapor através dos estômatos presentes nas folhas. Esse fenômeno desempenha um papel essencial na regulação do balanço hídrico, na absorção de nutrientes do solo e no transporte de água e nutrientes pela planta (GALERIANI et al., 2020).

Assim como na condutância estomática, o maior valor para a transpiração foi observado tratamento combinado de ETHREL e Arbolina, apresentando o valor de 4,28 mmol, bem como o tratamento somente com Arbolina, apresentando o valor de 4,25 mmol. Conforme descrito para condutância estomática, a aplicação de Arbolina pode aumentar a taxa de transpiração, e conseqüentemente a absorção de água e nutrientes pelas plantas, pois assim há a manutenção de uma diferença de potencial hídrico entre o solo, planta e atmosfera (Figura 6D). Além disso, o ETHREL, um análogo do etileno, desempenha um papel significativo na regulação da transpiração e do fechamento estomático (AUGUSTO, 2022).

Estudos demonstram que o etileno pode influenciar a abertura e o fechamento dos estômatos, afetando diretamente a taxa de transpiração. De acordo com Wilkinson et al. (2012), o etileno pode promover o fechamento estomático em algumas condições, mas em outras, pode aumentar a sensibilidade dos estômatos a outros

hormônios como o ácido abscísico, resultando em uma maior abertura estomática e, conseqüentemente, maior transpiração. Isso sugere que o ETHREL pode estar modulando a resposta estomática de forma complexa, promovendo uma maior taxa de transpiração quando combinado com Arbolina.



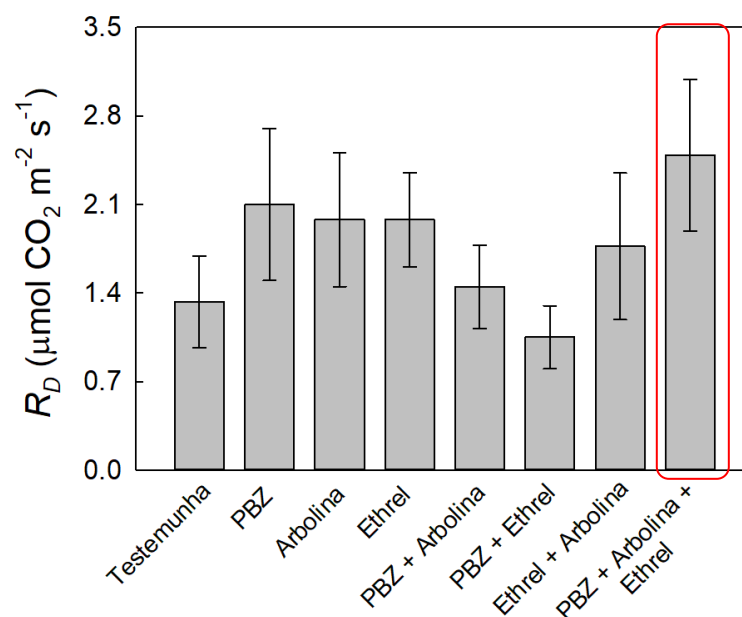
**Figura 6.** Efeito da aplicação de PBZ, Arbolina e ETHREL na taxa de assimilação líquida de carbono (A), concentração interna de carbono (B), condutância estomática (C) e transpiração (D) de plantas de *Euterpe oleracea* 6 meses após a aplicação dos tratamentos. Os dados representam a média e erro padrão de 4 repetições.

A respiração nas plantas é um processo metabólico essencial que envolve a oxidação de compostos orgânicos para a produção de energia, na forma de ATP, necessária para as atividades celulares (LEMONS, 2022). Este processo ocorre em todos os tecidos vivos das plantas, tanto na presença de luz quanto no escuro, e é crucial para o crescimento e manutenção das funções vitais. A taxa de respiração é

frequentemente medida como a quantidade de CO<sub>2</sub> liberado por unidade de área foliar por unidade de tempo (HOPKINS, 2009).

No presente estudo, conforme apresentado na Figura 7, o tratamento combinado de PBZ, ETHREL e Arbolina mostrou a maior taxa de respiração no escuro ( $R_D$ ), com um valor de 2,8  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Este resultado é contrastante quando comparado aos demais tratamentos e à testemunha, que apresentou uma taxa de respiração consideravelmente menor.

A combinação de Paclobutrazol (PBZ), ETHREL e Arbolina pode ter contribuído para esse aumento na taxa de respiração por várias razões. Segundo Garcia (2020), o PBZ é um inibidor de crescimento que atua reduzindo a biossíntese de giberelinas, hormônios que promovem o crescimento celular e alongamento. Essa inibição pode levar a uma maior alocação de recursos para a respiração basal, uma vez que a planta precisa manter suas funções básicas mesmo com crescimento reduzido (STREITZ et al., 2002). Por outro lado, conforme já explicado anteriormente, o ETHREL pode aumentar a respiração em plantas devido à sua ação em promover o amadurecimento e outros processos fisiológicos que requerem energia (WILKINSON et al., 2012). Ainda, a Arbolina conhecida por estimular o desenvolvimento vegetal e a absorção de nutrientes, também pode estar contribuindo para uma maior demanda energética, resultando em uma taxa de respiração mais elevada (LEMOS, 2021).

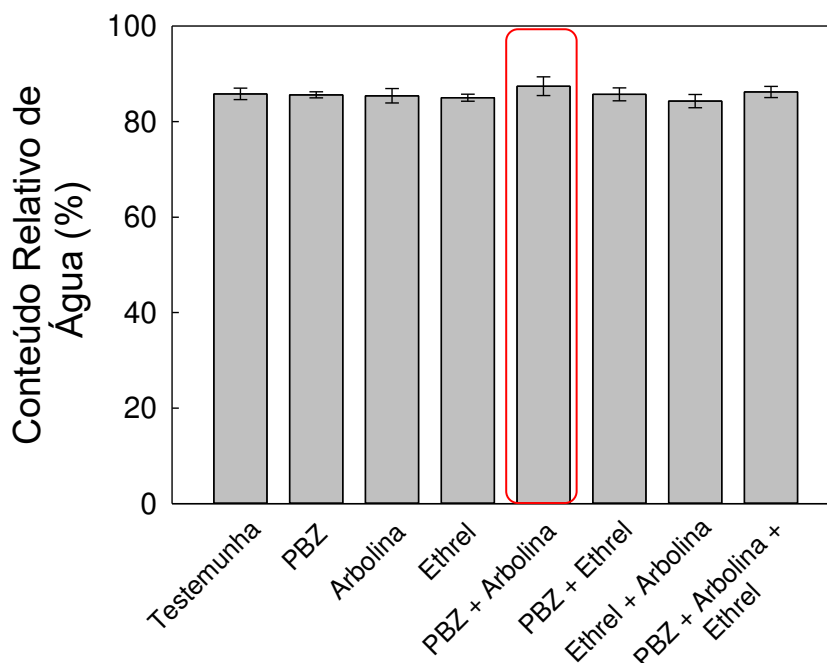


**Figura 7.** Efeito da aplicação de PBZ, Arbolina e ETHREL na taxa de respiração líquida de carbono de plantas de *Euterpe oleracea* 6 meses após a aplicação dos tratamentos. Os dados representam a média e erro padrão de 4 repetições.

### 3.3 Conteúdo Relativo de Água

O conteúdo relativo de água (CRA) é uma medida da quantidade de água presente nas folhas das plantas em relação ao seu peso total, expressa em porcentagem. Essa medida é um indicador importante do estado hídrico da planta e é crucial para entender a sua capacidade de manter o turgor, o que é essencial para diversos processos fisiológicos, incluindo a fotossíntese, crescimento e manutenção da estrutura celular (KRAMER, 1995).

Na Figura 8, observa-se que o tratamento combinado entre PBZ e Arbolina apresentou maior CRA, com um valor ligeiramente superior aos outros tratamentos. No entanto, todos os resultados são muito próximos, variando entre aproximadamente 80% e 84%. Isso indica que, apesar das diferentes combinações de reguladores de crescimento vegetal aplicados, as plantas mantiveram uma eficiência similar na retenção de água.



**Figura 8.** Efeito da aplicação de PBZ, Arbolina e ETHREL no Conteúdo Relativo de Água das plantas de *Euterpe oleracea* 6 meses após a aplicação dos tratamentos. Os dados representam a média e erro padrão de 4 repetições.

### 3.4 Indicativos visuais

Além da análise das variáveis fisiológicas e biométricas, este estudo também incluiu a avaliação de indicativos visuais para complementar a compreensão do desempenho das plantas sob diferentes tratamentos. A incorporação desses indicadores visuais permitiu uma avaliação mais abrangente dos efeitos dos tratamentos aplicados sobre o crescimento e desenvolvimento das culturas.

Por meio de fotografias detalhadas dos tratamentos que apresentaram os melhores resultados em termos de fisiologia e biometria vegetal, foi possível documentar visualmente o impacto positivo desses tratamentos no aspecto morfológico das plantas, incluindo lançamento de cachos e inflorescências.

Em março de 2024, inflorescências e outras estruturas botânicas foram observadas nos tratamentos 1 (PBZ), 2 (Arbolina), 3 (ETHREL), 4 (PBZ + Arbolina), 5 (PBZ + ETHREL) e 6 (ETHREL+ Arbolina), indicando uma resposta positiva à aplicação dos compostos utilizados (Figura 9A-F). No entanto, não foram observadas estruturas semelhantes nos tratamentos com PBZ + ETHREL + Arbolina e na

testemunha (Figura 9GH). Essa diferença sugere que a aplicação dos compostos nos tratamentos mencionados foi eficiente em estimular o desenvolvimento das inflorescências e outras estruturas botânicas, em comparação com a testemunha.







**Figura 9.** Efeitos visuais da aplicação de PBZ, Arbolina e ETHREL nas plantas de *Euterpe oleracea* 8 meses após aplicação dos tratamentos. Lançamento de cacho – PBZ (A); Lançamento de bráctea (espatela) – Arbolina (B); Lançamento de espata – EHTREL (C); Lançamento de espata – PBZ + Arbolina (D); Lançamento de cachos – PBZ + EHTREL (E); Lançamento de espata – ETHREL e Arbolina (F); Ausência de estruturas botânicas no tratamento testemunha (G, H, I e J).

Ademais, vale destacar que, no mês de maio foi realizada uma visita *in loco* no experimento, observando-se que o tratamento PBZ em conjunto com o ETHREL apresentou o melhor indicador visual, pois além de apresentar uma floração precoce, apresentou também uma intensa frutificação em comparação com os demais tratamentos (Figura 10).

A combinação de Paclobutrazol, que inibe o crescimento vegetativo e promove a compactação das plantas, com ETHREL, um regulador de crescimento que libera etileno e induz a floração, resultou em plantas que não apenas floresceram mais cedo, mas também produziram frutos em maior quantidade no período avaliado. Esse efeito sinérgico dos dois reguladores de crescimento está alinhado com os objetivos de melhorar o desempenho visual e produtivo das plantas, promovendo uma produção mais eficiente e visualmente atraente (ZHANG et al., 2020; GÓMEZ-CADENA et al., 2021).



**Figura 10.** Frutificação intensa da aplicação de PBZ e ETHREL nas plantas de *Euterpe oleracea* após 10 meses de aplicação dos tratamentos.

### 3.5 Análise de Componentes Principais (PCA)

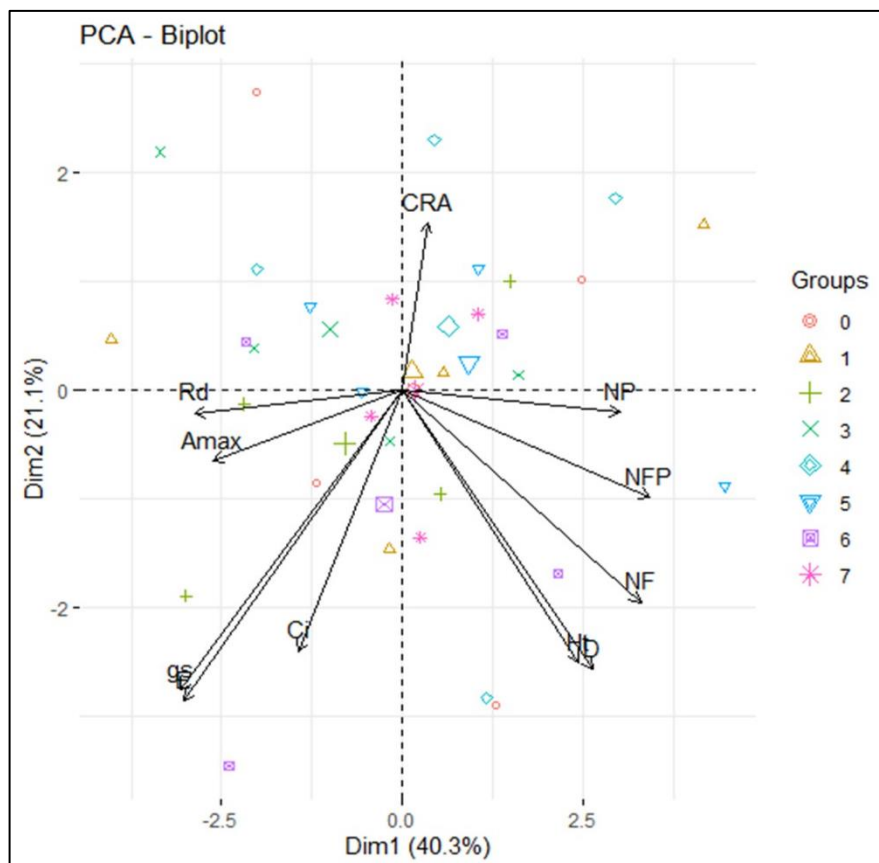
A Análise de Componentes Principais (PCA) simplifica conjuntos de dados ao reduzir o número de variáveis correlacionadas em componentes principais não correlacionados. Essa técnica ajuda a identificar padrões nos dados, facilitando a visualização e destacando as variáveis mais importantes para a variação total (JOLLIFFE, 2016).

A PCA aplicada aos dados do estudo revelou dois componentes principais (Dim1 e Dim2) que juntos explicam uma significativa parte da variância total observada. A figura X apresenta a distribuição dos dados no espaço formado pelos dois primeiros componentes principais. A Dimensão 1 (Dim1) explica 40,3% da variância total dos dados e está fortemente associada às variáveis relacionadas ao crescimento e à estrutura das plantas, como número de perfilhos (NP), número de folhas nos perfilhos (NFP), número de folhas (NF), altura total (Ht) e diâmetro (D). Essas variáveis apresentam maior influência na principal direção de variação dos

dados, indicando que as características de crescimento e estrutura são os principais fatores que diferenciam os indivíduos.

Por outro lado, a Dimensão 2 (Dim2), que explica 21,1% da variância total, é mais fortemente associada às variáveis fisiológicas, tais como fotossíntese ( $A_{max}$ ), respiração ( $R_d$ ) e condutância estomática ( $g_s$ ). Esses resultados sugerem que, enquanto as características de crescimento e estrutura são os principais fatores que diferenciam os indivíduos, os processos fisiológicos também desempenham um papel significativo na variação total observada.

A sobreposição dos grupos no espaço das componentes principais sugere uma considerável similaridade entre eles, refletindo a complexidade e a interdependência das características analisadas. Esses dados destacam a importância de uma abordagem integrada que considera tanto os aspectos morfológicos quanto fisiológicos para compreender a variabilidade das plantas estudadas. Em suma, a PCA revelou que as variáveis relacionadas ao crescimento e à estrutura das plantas são as que mais influenciam a principal direção de variação dos dados, enquanto as variáveis fisiológicas também desempenham um papel crucial na segunda direção de variação.



**Figura 11.** Biplot da Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis morfológicas e fisiológicas das plantas de *Euterpe oleracea*.

#### 4 CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo fornecem uma visão abrangente sobre os efeitos dos reguladores de crescimento PBZ, Arbolina e ETHREL nas plantas de *Euterpe oleracea*. O tratamento 6 (ETHREL + Arbolina) demonstrou os melhores resultados analíticos, sendo o maior crescimento em diâmetro e número de folhas, além da maior taxa fotossintética, condutância estomática e transpiração.

Ao incluir o Paclobutrazol na combinação supracitada, considerando o tratamento 7, os resultados demonstraram um aumento significativo do número de perfilhos e número de folhas nos perfilhos, além do maior valor observado para a taxa de respiração, destacando o potencial sinérgico dos três componentes. Dessa forma, os resultados fornecem um sólido embasamento para que futuros estudos possam direcionar esforços tangíveis a experimentação de PBZ, ETHREL e Arbolina na cultura de açaí.

Vale ressaltar também que o tratamento 4 (PBZ + Arbolina) apresentou a menor altura entre os demais tratamentos, sugerindo que a combinação desses dois produtos pode ter potencializado o efeito de controle do crescimento em altura, alinhando-se com os objetivos do componente PBZ em promover plantas com menor altura, sendo desejável para facilitar a colheita e melhorar a resistência a ventos fortes.

De forma a elucidar os resultados descritos acima, vale ressaltar que a testemunha (tratamento 0), a qual não recebeu a aplicação de nenhum componente, apresentou resultados inferiores em comparação com os tratamentos que incluíram os reguladores de crescimento vegetal. Em termos morfológicos, fisiológicos e botânicos, as plantas do tratamento 0 exibiram menor crescimento em altura, diâmetro e número de folhas, bem como taxas fotossintéticas e de transpiração reduzidas.

Por fim, embora os resultados fisiologicamente analisados para o tratamento com PBZ + ETHREL não foram os maiores, conclui-se que o referido tratamento foi o mais eficaz em promover uma floração antecipada e uma intensa frutificação, de acordo com a análise visual. A sinergia entre o Paclobutrazol, que reduz o crescimento vegetativo, e o ETHREL, que estimula a floração por meio da liberação de etileno, resultou em plantas que não apenas floresceram mais cedo, mas também produziram frutos em maior quantidade e qualidade.

Este estudo destacou a importância de uma abordagem integrada que considere tanto os aspectos morfológicos quanto fisiológicos, para compreender a variabilidade das plantas estudadas. Os resultados sugerem que combinações específicas de reguladores de crescimento vegetal podem ser otimizadas para promover respostas desejadas no crescimento e desenvolvimento das plantas, oferecendo *insights* valiosos para futuras práticas agrícolas e pesquisas em fisiologia vegetal.

## REFERÊNCIAS

- AUGUSTO, H. APLICAÇÃO DE HORMÔNIOS DE CRESCIMENTO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2022.
- BELUCI, L. R. Maturadores químicos e seus efeitos na cana-de-açúcar. **Agricultura tropical e subtropical**, p. 19-44, 2021.
- BRASIL. INMET. (Org.). Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 28 abr. 2024.
- CASTRO, P. R; ZAMBOM, S; SANSÍGOLO, M. A; BELTRAME, J. A; NOGUEIRA, M. C. S. Ação comparada de Ethrel, Fuzilade e Roundup em duas épocas de aplicação, na maturação e produtividade da cana-de-açúcar SP 70-1143. **Revista de agricultura**. Piracicaba, v. 77, p. 24-25, 2002.
- CHANEY, W. R. Growth retardants: A promising tool for managing urban trees. **Purdue Extension document FNR-252-W**; 2005.
- CID, L. P. B.; TEIXEIRA, J. B. Fisiologia vegetal: definições e conceitos. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**. Brasília-DF, 2017.
- Costa, K.C.P. da; Jaquetti, R.K.; Gonçalves, J.F. de C. 2020. Chlorophyll a fluorescence of *Bertholletia excelsa* Bonpl. plantations under thinning, liming, and phosphorus fertilization. **Photosynthetica**, 58: 138-145.
- CYMERYS, M.; SHANLEY, P. Açaí. In: Shanley, P; Medina, G. Frutíferas e Plantas úteis na vida Amazônica. Belém: CIFOR, Imazon. p. 163-170, 2005.
- DAVIS, T. D.; CURRY, E. A.; STEFFENS, G. L. Chemical regulation of vegetative growth. **Critical reviews in plant sciences**, v. 10, n. 2, p. 151-188, 1991.
- DESTA, B.; AMARE, G. Paclobutrazol as a plant growth regulator. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 8, n. 1, 7 jan. 2021.
- EMBRAPA (Brasília – DF). Bioestimulante nanotecnológico melhora desenvolvimento de hortaliças. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/55218218/bioestimulante-nanotecnologico-melhora-desenvolvimento-de-hortalicas>. Acessado em: 14 abr 2024.
- FARQUHAR, G. D.; SHARKEY, T. D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 33, n. 1, p. 317-345, 1982.

FERREIRA, M. J.; GONÇALVES, J. F.; FERRAZ, J. B. S. 2012. Crescimento e eficiência do uso da água de plantas jovens de castanheira-da-Amazônia em área degradada e submetida à adubação. **Ciência Florestal**, 22: p.393-401.

FERREIRA, M. J.; GONÇALVES, J. F. C.; FERRAZ, J. B. S.; SANTOS JUNIOR, U. M.; RENNENBERG, H. 2016. Clonal variation in photosynthesis, foliar nutrient concentrations, and photosynthetic nutrient use efficiency in a Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) plantation. **Forest Science**, 62: 323– 332.

FREITAS, E. O. Embriogênese somática e análises morfoanatômicas e por citometria de fluxo em açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.). Dissertação de Mestrado. Brasília: UnB, 73 p., 2014.

GALERIANI, T. M.; COSMO, B. M. N. Noções de fisiologias vegetal: germinação, transpiração, fotossíntese e respiração celular. **Revista Agronomia Brasileira. São Paulo**, v. 4, 2020.

GARCIA, A. N. M., et al. Paclobutrazol treatment as a strategy to improve stem properties and buckling resistance of *Pinus pinaster* Ait. Green wood. **Construction and Building Materials**. 252: 119128, 2020.

GIRALDO, J. P.; WU, H.; NEWKIRK, G. M.; KRUSS, S. Nanobiotechnology approaches for engineering smart plant sensors. **Nature nanotechnology**, v. 14, n. 6, p. 541-553, 2019.

GÓMEZ-CADENA, M.; TORRES-NIETO, M. J.; LÓPEZ-CARREÑO, R. Effectiveness of Arbolina as a biostimulant and its synergy with paclobutrazol in growth control. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 663572, 2021.

HOPKINS, W. G.; HÜNER, N. P. Introduction to Plant Physiology. 4th ed. Hoboken: Wiley, 2009.

ISO - International Organization for Standardization. **ISO/TS 19057:2017: Nanotechnologies: Use and application of acellular in vitro tests and methodologies to assess nanomaterial biodurability**. Geneva: ISO, 2017. 48 p.

JALEEL, C. A. et al. Responses of antioxidant defense system of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. to paclobutrazol treatment under salinity. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 29, p. 205-209, 2007.

JOLLIFFE, I. T.; CADIMA, J. Principal component analysis: a review and recent developments. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 374, n. 2065, p. 20150202, 2016.

KHAN, M. Masroor A. et al. Steam-mediated foliar application of catechol and plant growth regulators enhances the growth attributes, photosynthesis, and essential oil production of lemongrass [*Cymbopogon flexuosus* (Steud.) Wats]. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 48, p. 102638, 2023.

KHAN, N. A. An evaluation of the effects of exogenous ethephon, an ethylene releasing compound, on photosynthesis of mustard (*Brassica juncea*) cultivars that differ in photosynthetic capacity. **BMC Plant Biology**, v. 4, n. 21, 2004.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. *Water Relations of Plants and Soils*. San Diego: Academic Press, 1995.

KUMARI, S. et al. Use of plant growth regulators for improving fruit production in sub tropical crops. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 3, p. 659-668, 2018.

LEMOS, J. C. L. J. Concentrações de arbolina no desenvolvimento de alface (*Lactuca sativa* L.) baby. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasília, 2021.

LEMOS, J. R. et al. *Fisiologia vegetal: Manual de aulas práticas para a educação básica*. Digitaliza Conteúdo, Editora UFV. Viçosa-MG, 2022.

LI, Y. et al. A review on the effects of carbon dots in plant systems. **Materials Chemistry Frontiers**, v. 4, n. 2, p. 437-448, 2020.

LIMA, L. de C. de S. .; OLIVEIRA , M. do S. P. de .; LIMA, T. M. . Morphology of açai palm (*Euterpe* spp) interspecific hybrids from the Active Germplasm Bank of Embrapa Eastern Amazon. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. e14113345214, 2024.

Lopes, J. de S.; Costa, K.C.P. da; Fernandes, V.S.; Gonçalves, J.F. de C. Functional traits associated to photosynthetic plasticity of young Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) plants. **Flora**, 258: 1-9.

MENDES, L. S. Efeitos de ethephon e giberelina no desenvolvimento inicial e em alguns parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2010.

MOG, B. et al. Manipulation of vegetative growth and improvement of yield potential of cashew (*Anacardium occidentale* L.) by Paclobutrazol. **Scientia Horticulturae**, v. 257, p. 108748, 2019.

MOHAN, R.; KAUR, T.; BHAT, H. A. *et al.* Paclobutrazol Induces Photochemical Efficiency in Mulberry (*Morus alba* L.) Under Water Stress and Affects Leaf Yield Without Influencing Biotic Interactions. **J Plant Growth Regul** **39**, 205–215 (2020).

NODA, H. In situ breeding and conservation of Amazonian horticultural species. In: Borém, A.; Lopes, M.T.G.; Clement, C.R.; Noda, H. (Eds.), *Domestication and breeding: Amazonian species*. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brazil. p.170-208. 2012.

NOGUEIRA, A. E. P. Bioindicadores da qualidade do solo em cultivo de milho sob déficit hídrico e Bioinoculantes. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2022.

OLIVEIRA, M. do S. P. de. Biologia floral do açaizeiro em Belém, PA. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 26 p. (Embrapa Amazônia Oriental. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 8), 2002.

OLIVEIRA, M. do S. P. de ; MAUÉS, M. M.; KALUME, M. A. de A. Viabilidade de pólen in vivo e in vitro em genótipos de açaizeiro. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, DF, v. 15, n.1, p. 27-33, 2001.

OLIVEIRA, M. S. P. et al. AÇAÍ, *Euterpe oleracea*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). **PROCISUR**. 2017.

OLIVEIRA, M. S. P.; FARIAS NETO, J. T.; PENA, R .S. Açaí: técnicas de cultivo e processamento. Fortaleza: **Instituto Frutal**, p.104, 2007.

OLIVEIRA, V. J. S. et al. Avaliação de condutância estomática e temperatura foliar em variedades de mamão submetidas a déficit hídrico. In: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 5., 2011, Porto Seguro. Inovação e sustentabilidade: anais. Porto Seguro: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011.

PAL, S.; ZHAO, J.; KHAN, A. *et al.* Paclobutrazol induces tolerance in tomato to deficit irrigation through diversified effects on plant morphology, physiology and metabolism. **Sci Rep** 6, 39321 (2016).

RIVERA, C. M.; GUERRA, A. N.; LEÓN, E. S. The influence of paclobutrazol on the growth and gibberellin biosynthesis in plants. **Plant Physiology**, v. 171, n. 2, p. 1265-1277, 2016.

SHIMPL, F. C.; FERREIRA, M. J.; JAQUETTI, R. K.; MARTINS, S. C. V.; GONÇALVES, J. F. C. 2019. Physiological responses of young Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) plants to drought stress and subsequent rewatering. **Flora**, 252: 10-17.

SLAVICK, B. 1979. Methods of Studying Plant Water Relations. **Springer Verlag**, New York, 449p.

SMITH, M. W.; COTTRELL, T. E.; STEELE, M. L. Agronomic benefits of plant height control using paclobutrazol. **Agronomy Journal**, v. 99, n. 3, p. 637-642, 2007.

SOUZA, C. S. C. R.; SANTOS, V. A. H. F.; FERREIRA, M. J.; GONÇALVES, J. F. C. 2017. Biomassa, crescimento e respostas ecofisiológicas de plantas jovens de *Bertholletia excelsa* Bonpl. submetidas a diferentes níveis de irradiância. **Ciência Florestal**, 27: 557-569.

SOUZA, J. A. B. Uso de bioestimulantes e Fitorreguladores na cultura do morangueiro. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em

Oleicultura - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Morrinho - GO, 2023.

SOUZA, M. A. et al. Physiological and biochemical characterization of mango tree with paclobutrazol application via irrigation. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, p. 442-449, 2016.

STREITZ, G. E.; XIA, Z.; HSIA, R. C. Regulation of plant growth by inhibitors of gibberellin biosynthesis. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 21, n. 1, p. 109-123, 2002.

VIÉGAS, I. J. M.; MEIRELES, R. O.; FRAZÃO, D. A. C.; CONCEIÇÃO. Avaliação da fertilidade de um latossolo amarelo textura média para o cultivo do açaizeiro no estado do Pará. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 52, p-23-36, 2009.

VINEETH, T. V. et al. Optimization of bio-regulators dose based on photosynthetic and yield performance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. **Indian Journal of Plant Physiology**, v. 20, p. 177-181, 2015.

WALTER, L. C.; ROSA, H. T.; STRECK, N. A. Mecanismos de aclimação das plantas à elevada concentração de CO<sub>2</sub>. **Ciência Rural**, v. 45, p. 1564-1571, 2015.

WILKINSON, S. et al. The interactive effects of ethylene and abscisic acid on stomatal closure in *Arabidopsis*. **Plant Journal**, v. 69, n. 2, p. 262-273, 2012.

XU, X. D.; XIA, J. J.; GAO, Y.; ZHENG, W. Additional focus on particulate matter wash-off events from leaves is required: a review of studies of urban plants used to reduce airborne particulate matter pollution. **Urban For. Urban Green**. 48, 2020.

YAN, W.; ZHANG, X.; YUAN, A. Effects of two plant growth regulators on the growth and recovery of alfalfa seedlings exposed to aluminum stress. **J Shanghai Jiaotong Univ (Agric Sci)** 29(2):75–82, 2011.

ZHANG, C.; HU, B.; LIU, H.; TANG, Z.; ZHANG, L. Paclobutrazol and ethephon regulate growth and fruit quality of peach trees. **Scientia Horticulturae**, v. 261, p. 109-112, 2020.

**SEÇÃO 4**  
CONSIDERAÇÕES FINAIS

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos objetivos definidos nesse trabalho, obteve-se uma análise abrangente sobre a importância do açaí (*Euterpe oleracea*) para a transformação regional na Amazônia, especialmente no estado do Pará. Além disso, verificou-se interação positiva na aplicação de componentes para otimização das características fisiológicas e estruturais da espécie.

A crescente demanda global por açaí trouxe à tona a necessidade de inovações tecnológicas que assegurem a sustentabilidade da produção. As propriedades funcionais do açaí, bem como sua autêntica atratividade aumentam a demanda para o mercado global, mas também exigem uma abordagem sustentável para evitar sobre-exploração dos recursos naturais. Com isso, os resultados do capítulo 2 contém resultados promissores que podem potencializar a produção da espécie sem a necessidade de expansão de áreas cultivadas, considerando a aplicação de fitormônios e nanopartículas.

O tratamento com PBZ em conjunto com ETHREL se destacou ao promover um florescimento precoce e intenso, enquanto o tratamento com PBZ em conjunto com a Arbolina demonstrou ser eficaz na redução da altura das plantas.

Além disso, após a análise dos dados, embora o tratamento exclusivo com Arbolina não tenha se mostrado eficaz por si só, sua interação com o PBZ evidencia seu potencial em melhorar a eficiência do tratamento. Dessa forma, a sinergia entre a Arbolina e os reguladores de crescimento precisa ser revisada mais detalhadamente para compreender completamente seus efeitos e possíveis aplicações, bem como sua aplicabilidade isolada na cultura de açaí.

Para além da pesquisa, os desafios enfrentados pela cadeia produtiva do açaí incluem infraestrutura comprometida, acesso limitado a financiamento e a falta de políticas públicas que promovam a inovação e o desenvolvimento tecnológico. A importância de políticas públicas específicas e incentivos financeiros é reiterada, pois são cruciais para apoiar a inovação e o desenvolvimento sustentável, como o experimento realizado neste trabalho e abordado no capítulo 2. Além disso, a produção de açaí tem um impacto direto na geração de empregos e na melhoria das condições de vida das comunidades tradicionais, mostrando como essa cultura pode ser um motor de desenvolvimento socioeconômico.

No contexto das inovações tecnológicas, a aplicação dos componentes Paclobutrazol, ETHREL e Arbolina foi investigada para otimizar a produtividade do açaizeiro. Os resultados do experimento realizado em Marabá-PA indicaram que o tratamento com ETHREL e Arbolina proporcionou a maior taxa fotossintética. A condutância estomática foi mais elevada nos tratamentos com Arbolina, refletindo maior absorção de água pelas plantas. Os resultados biométricos sugerem que o tratamento combinado de PBZ e Arbolina reduziu positivamente a altura dos indivíduos, enquanto o tratamento combinado de ETHREL e Arbolina influenciou positivamente o crescimento em diâmetro e número de folhas e o tratamento combinado com PBZ, ETHREL e Arbolina promoveram um perfilhamento e expansão foliar. A análise visual confirmou que os tratamentos que demonstraram médias superiores à testemunha apresentaram estruturas botânicas reprodutivas precoces, indicando um impacto significativo dos tratamentos, além de demonstrar o sucesso do tratamento combinado de PBZ e ETHREL no florescimento precoce e frutificação intensa.

A implementação desses tratamentos inovadores pode potencializar a produtividade e a qualidade do açaí, promovendo práticas agrícolas mais eficientes e sustentáveis. A interseção entre desenvolvimento econômico, preservação ambiental e inovação tecnológica no cultivo de açaí exemplifica como práticas sustentáveis podem promover o crescimento econômico enquanto preservam a biodiversidade.

As considerações finais reforçam a necessidade de uma abordagem integrada que contemple os aspectos socioeconômicos, ambientais e tecnológicos para promover o desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva do açaí. A implementação de políticas públicas específicas, o aumento dos investimentos em infraestrutura e tecnologia, e a promoção de práticas sustentáveis são essenciais para garantir que o crescimento da demanda por açaí beneficie tanto a economia regional quanto as comunidades tradicionais que dependem desse recurso.

Em suma, o estudo sublinha a importância do açaí não apenas como um produto econômico, mas também como um símbolo de transformação e desenvolvimento regional sustentável na Amazônia. A continuidade do crescimento sustentável do setor depende de uma combinação de inovação tecnológica, políticas

públicas eficazes e práticas ambientais responsáveis, assegurando um futuro próspero para a região Norte o Brasil e suas populações tradicionais.