



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

**LUANA KESLLEY NASCIMENTO CASAIS**

**MORFOFISIOLOGIA VEGETATIVA, REPRODUTIVA, AÇÃO ANTIFÚNGICA E  
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE JAMBU (*Spilanthes oleracea*  
L.)**

Gurupi, TO

2025

**Luana Kesley Nascimento Casais**

**Morfofisiologia vegetativa, reprodutiva, ação antifúngica e composição química do óleo essencial de jambu (*Spilanthes oleracea* L.)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins (UFT), como requisito à obtenção do grau de Doutora em Produção Vegetal (Agronomia).  
Área de concentração: Fitotecnia e Fitossanidade

Orientador: Dr. Ildon Rodrigues do Nascimento

Gurupi, TO

2025

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

- C334m Casais, Luana Kesley Nascimento.  
Morfofisiologia vegetativa, reprodutiva, ação antifúngica e composição química do óleo essencial de jambu (*Spilanthes oleracea* L.). / Luana Kesley Nascimento Casais. – Gurupi, TO, 2025.  
111 f.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Doutorado) em Produção Vegetal, 2025.  
Orientador: Ildon Rodrigues do Nascimento  
1. *Spilanthes oleracea* (L.). 2. Desempenho agrônômico. 3. Fitopatógeno. 4. Planta alimentícia não convencional. I. Título

**CDD 635**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizada desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

LUANA KESLLEY NASCIMENTO CASAIS

MORFOFISIOLOGIA VEGETATIVA, REPRODUTIVA, AÇÃO ANTIFÚNGICA E  
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE JAMBU (*Spilanthes oleracea* L.)

Tese apresentada à (UFT) – Universidade Federal do Tocantins – Campus universitário de Gurupi, Curso de Doutorado em Produção Vegetal (Agronomia), foi avaliado para a obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela banca examinadora.

Data de aprovação \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Ildon Rodrigues do Nascimento  
Orientador  
Universidade Federal do Tocantins

---

Prof. Dr. Gil Rodrigues dos Santos  
Examinador  
Universidade Federal do Tocantins

---

Prof. Dr. José Magno Queiroz Luz  
Examinador  
Universidade Federal de Uberlândia

---

Prof. Dr. Edgard Henrique Costa Silva  
Examinador  
Universidade do Oeste Paulista

---

Profa. Dra. Valéria Gomes Momenté  
Examinadora  
Universidade Federal do Tocantins

Ao Deus único. Aos meus queridos pais Otávio Barros e Carme Luce e meu amado esposo Jairon Tomaz pelo amor e apoio incondicional.

*Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, pelas bênçãos imerecidas, pela proteção ao longo dessa trajetória, pela sabedoria e por me conduzir até aqui, eu te louvo por toda minha história.

A minha mãe (avó) Carme Luce Ferreira do Nascimento, ao meu Pai (avô) – Otávio Barros do Nascimento, por todo o cuidado, amor e dedicação ao longo da minha vida, sem vocês eu nada seria, obrigada pela criação e por todos os seus princípios a mim repassados.

Ao meu esposo Jairon Magalhães Tomaz por nunca medir esforços em me ajudar ao longo de toda essa trajetória, pela força, cuidado e dedicação para comigo mesmo nos dias mais turbulentos, foi meu alicerce e me ajudou a continuar, te devo minha eterna gratidão e amor.

A minha mãe Antônia Luciene Ferreira do Nascimento e as minhas irmãs Larissa Nascimento e Laizy Nascimento, pelo carinho, preocupação e ajuda em minha caminhada e atenção que sempre me deram.

Aos meus tios Antônio Cleison e Alcione Nascimento por toda ajuda sempre concedidas a mim de forma física ou financeira, vocês com toda certeza são minha base de vida.

A todas as pessoas que Deus colocou ao longo da minha trajetória acadêmica, pela ajuda e gentileza em todos os momentos necessários.

Ao professor Ildon Rodrigues do Nascimento por ser um pai em forma de orientador, lhe devo muito, seus ensinamentos, sua sapiência e sua paciência para comigo foram essenciais na minha evolução como pessoa e como pesquisadora, obrigada por toda ajuda.

Aos técnicos da UFT que de alguma forma contribuiriam para a execução deste trabalho, em especial a Erika Menezes por toda a ajuda burocrática que demanda a pós, ao Sr. Carmindo por ceder suas estufas na secagem do material, ao Ivan Dias por toda ajuda na irrigação dos canteiros e demais contratemplos no campo que só ele conseguia resolver, gratidão a minha querida amiga Dalmácia Carlos e Prof. Gil Rodrigues dos Santos por terem aberto as portas do seu laboratório e terem me repassado todo o ensinamento ao longo de meses em ajuda no desenvolver da pesquisa sobre os fitopatógenos. Vocês foram imprescindíveis na minha estadia nas dependências da Universidade.

A Profa. Rafaelle Fazzi da Universidade Federal Rural da Amazônia de Capanema pelas doações das sementes de Jambu da variedade roxa, que foram de extrema importância no desenvolvimento desta pesquisa.

Aos membros da banca, Professores Gil Rodrigues dos Santos, José Magno Queiroz Luz, Valéria Gomes Momenté e Edgard Henrique Costa Silva, por terem aceitado o convite e por todas as sugestões de melhoria na confecção deste trabalho.

Aos amigos que a UFT me presenteou ao longo desta jornada, Taíla Neitzke, Liomar Borges, Kellen Ângela, Maykon Barros, Simone Telles. Obrigada por todo o apoio e ajuda indispensáveis que só Deus lhes poderá retribuir, vocês foram meu suporte durante toda minha estadia na cidade de Gurupi.

À Universidade Federal do Tocantins (UFT), e ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Câmpus Universitário de Gurupi, pela pelas ótimas instalações e oportunidade de realização do curso de Doutorado.

A CAPES, que me concedeu bolsa de estudos, sem a qual não seria possível minha permanência na pós graduação.

Ao grupo de pesquisa NeoTROP (Núcleo de Estudos em Olericultura Tropical) e toda sua equipe por todo o suporte e ajuda que me deram durante a pesquisa.

A todos os professores da UFT- Campos de Gurupi, pelo aprendizado adquirido em cada disciplina, que serão de fundamental importância durante minha vida profissional.

A todos que direto ou indiretamente contribuiriam em todas as fases da minha vida os meus mais sinceros agradecimentos, sem vocês nada disso seria possível. Que Deus esteja sobre cada um abençoando ricamente suas vidas!

Gratidão!

“Inclinai os ouvidos e ouvi a minha voz; atendei bem e ouvi o meu discurso. Toda essa sabedoria do lavrador vem do SENHOR Todo-poderoso; porque é maravilhoso em conselho e grande em obra”. “Pois a sabedoria entrará em seu coração, e o conhecimento será agradável à sua alma. O bom senso o guardará, e o discernimento o protegerá”

**Isaías 28:23,29**  
**Provérbios 2:10-11**

## RESUMO GERAL

O jambu (*Spilanthes oleracea* L.) é planta alimentícia não convencional, nativa da região Amazônica, sendo suas folhas e inflorescências são amplamente utilizadas na culinária local. No entanto, estudos recentes vêm demonstrando outros potenciais para a cultura, como na indústria de cosmético e farmacêutica, entretanto pouco ainda se sabe a respeito da sua adaptação em outros ambientes, assim como propriedades e uso do óleo essencial, em especial no controle de fitopatógenos. O estudo visou avaliar acessos de Jambu nas condições do ambiente do cerrado Tocantinense, sua adaptação morfofisiológica, produção de fitomassa de inflorescências, rendimento de óleo essencial e potencial inibitório de fitopatógeno. Os acessos a campo foram submetidos ao delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 2 (acessos x período) e inteiramente casualizados para análise de inibição micelial submetidos a regressão linear. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey e as características avaliadas foram: Morfologia vegetativa e reprodutiva, área de inflorescência, volume de inflorescência, Quantidade de água de parte aérea e inflorescência, fator de forma, produtividade de massa verde, avaliações fisiológicas, Rendimento de óleo essencial, análise cromatográfica e potencial inibitório de fitopatógeno. O período mais indicado de cultivo das plantas de jambu foi o Período seco. Os acessos coletados em Paragominas e Benevides foram superiores para maioria das características morfológicas e fisiológicas. Para as análises de inflorescência, o período que demonstrou melhor desempenho foi período de chuvas com melhores índices morfofisiológicos para maioria das variáveis analisadas. A análise fitoquímica do óleo essencial revelou que os principais compostos da sua composição são *Germacrene D*,  *$\beta$ -Caryophyllene*,  *$\beta$ -Pineno*,  *$\beta$ -mirceno* e *Pentadecene,1*. O óleo provindo das folhas e hastes de ambas as variedades (inflorescência amarela e roxa) inibiu eficazmente *Curvularia eragrostidis*. Os resultados evidenciam o potencial produtivo da cultura e seu potencial no controle de fitopatógenos indicando ser altamente indicadas para cultivo e posterior incremento em programas de melhoramento genético.

**Palavras chaves:** *Spilanthes oleácea* (L.). Desempenho agrônômico. Fitopatógeno. Inibição micelial. Planta alimentícia não convencional.

## ABSTRACT

Jambu (*Spilanthes oleracea* L.) is an unconventional food plant native to the Amazon region. Its leaves and inflorescences are widely used in local cuisine, but recent studies have shown other potentials for the crop, such as in the cosmetics and pharmaceutical industries. However, little is known about its adaptation to other environments, as well as the properties and use of the essential oil, especially phytopathogens. The aim of this study was to evaluate Jambu accessions in the conditions of the Tocantinense Cerrado environment, their morphophysiological adaptation, plant and inflorescence phytomass production, essential oil yield and phytopathogen inhibitory potential. The field accessions were subjected to randomized block design in a 5 x 2 factorial scheme (accessions x period) and entirely randomized for mycelial inhibition analysis subjected to linear regression. The means were compared using the Tukey test and the characteristics assessed were: Plant height, number of leaves (NF), leaf area (AF), number of inflorescences (NI), total fresh mass (MFT), individual fresh mass (MFI), inflorescence diameter (DI), inflorescence length (CI), inflorescence dry weight (PSI), inflorescence area (AI), inflorescence volume (VI), water content of aerial part and inflorescence, form factor (FF), green mass productivity (PROD), physiological evaluations, essential oil yield, chromatographic analysis and phytopathogen inhibitory potential. The most suitable period for growing jambu plants was fall/winter. The accessions collected in Paragominas and Benevides were superior for most of the morphological and physiological characteristics evaluated. For the inflorescence analyses, the period that showed the best performance for the *S. oleracea* inflorescences was the spring/summer period with the best morphophysiological indices for most of the variables analyzed. The phytochemical analysis of the essential oil revealed that the main compounds in its composition are Germacrene D,  $\beta$ -Caryophyllene,  $\beta$ -Pinene,  $\beta$ -myrcene and Pentadecene,<sup>1</sup>. The oil from the leaves and stems of both varieties (yellow and purple inflorescence) effectively inhibited *Curvularia eragrostidis*. This demonstrates the crop's productive potential and its effectiveness in controlling phytopathogens, indicating that it is highly recommended for cultivation and further development in genetic improvement programs.

**Keywords:** Agronomic performance. Mycelial inhibition. Phytopathogen. *Spilanthes oleracea* (L.). Unconventional food plant.

## LISTA DE ILUSTRAÇÃO

### CAPÍTULO I

Figura 1 - Dados climáticos dos períodos de condução dos experimentos do município de Gurupi-TO.....33

Figura 2 - Transplante e condução das plantas de jambu nos canteiros de cultivo.....34

### CAPÍTULO II

Figura 1 - Dados climáticos coletados correspondente ao primeiro e segundo período de experimento do município de Gurupi-TO, respectivamente, dos meses agosto a novembro de 2022 e dos meses de fevereiro a maio de 2023. A seguir apresentados dados de Temperatura °C, Umidade relativa do ar (%), Radiação solar (KJ/m<sup>2</sup>) e Precipitação (mm).....56

Figura 2 - Corte longitudinal e diâmetro (cm) de inflorescência de jambu, diferenciação de material amarelo (A) e roxo (B), Gurupi-TO, 2024.....58

Figura 3 - Relação de comprimento e diâmetro de inflorescências de jambu dos acessos: A – Belém; B- Benevides; C – Capanema; D – Paragominas e E – Santarém, Gurupi-TO, 2024.....63

### CAPÍTULO III

Figura 1 - Sementes de *S. oleracea* observadas macroscopicamente.....78

Figura 2 - Comparativo de sementes de jambu germinadas e microrganismos identificados para plantas de inflorescência amarela e roxa, Gurupi – TO, 2024.....83

Figura 3 - Mancha foliar causada por *Curvularia eragrostidis* em folha de jambu, seguido pela identificação do fungo por lâmina em microscópio óptico, Gurupi – TO, 2024.....85

Figura 4 - Óleos extraídos de *S. oleracea*, Folhas e inflorescências amarelas e roxas, Gurupi – TO, 2024.....86

Figura 5 - Teste in vitro de inibição micelial de <i>C. eragrostidis</i> por concentrações de óleos essenciais de <i>S. oleracea</i> extraído de partes vegetativas e reprodutivas de duas variedades de jambu, Gurupi – TO, 2024.....	92
Figura 6 - $\beta$ -cariofileno (vermelho) complexado com tirosina tRNA ligase (A) e mapas 2D das interações moleculares com aminoácidos no sítio ativo (amarelo) dos alvos relacionados com <i>C. eragrostidis</i> (B), Gurupi – TO, 2024.....	94
Gráfico 1 - Análise de crescimento micelial do fungo <i>C. eragrostidis</i> nos diferentes óleos essenciais de <i>S. oleracea</i> , Gurupi – TO, 2024.....	91

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

- Tabela 1 - Atributos químicos e físicos do solo situado na área experimental de olericultura da UFT, campus Gurupi, 2022 (Período seco) e 2023 (Período de chuvas) ..... 33
- Tabela 2 - Valores médias da altura de plantas (ALT), número de folhas (NF), massa fresca de parte aérea (MF), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de parte aérea (MS) e massa seca de raiz (MSR) em cinco acessos de jambu coletados no estado do Pará. Gurupi-TO, 2023.....38
- Tabela 3 - Valores médias da largura do limbo foliar (LLF), comprimento da folha (CF), área foliar (AF), fator de forma (FF) e produtividade de massa verde em cinco acessos de jambu coletados no estado do Pará. Gurupi-TO, 2023.....41
- Tabela 4 - Valores médias da relação de área foliar (RAF); razão de peso das folhas (RPF); área foliar específica (AFE), peso específico foliar (PEF), quantidade de água na parte aérea (QAPA) e índice de área foliar (IAF) de massa verde em cinco acessos de jambu coletados no estado do Pará. Gurupi-TO, 2023.....44
- Tabela 5 - Valores médios do índice de clorofila a (Chl *a*), clorofila b (Chl *b*) e clorofila total (Chl total) de massa verde em cinco acessos de jambu coletados no estado do Pará. Gurupi-TO, 2023.....46

### CAPÍTULO II

- Tabela 1 - Atributos químicos e físicos do solo situado na área experimental de olericultura da UFT, campus Gurupi, 2022 (Período seco) e 2023 (Período de chuvas) ..... 56
- Tabela 2 - Valores médios de número de inflorescências (NI), massa fresca total (MFT), massa fresca individual (MFI), diâmetro de inflorescência (DI), comprimento de inflorescência (CI) e peso seco de inflorescências (PSI) em cinco acessos de jambu coletados no estado do Pará. Gurupi-TO, 2024.....61
- Tabela 3 - Valores médios da área de inflorescência (AI), volume de inflorescência (VI), Quantidade de água em inflorescência (QAI), fator de forma (FF), relação peso de

inflorescência (RPI) e produtividade de massa verde (PROD) em cinco acessos de jambu coletados no estado do Pará. Gurupi-TO, 2024.....65

### **CAPÍTULO III**

Tabela 1 - Relação de Gêneros fúngicos identificados em sementes de *S. oleracea*, Gurupi-TO, 2024..... 84

Tabela 2 - Identificação baseada em Blast com o banco de dados do NCBI, Gurupi-TO, 2024.....85

Tabela 3 - Compostos encontrados nas partes vegetativas e reprodutivas de *S. oleracea*. IR- índice de retenção, TR- tempo de retenção e % do composto, Gurupi-TO, 2024.....86

Tabela 4 - Ação do óleo essencial de *Spilanthes oleracea* sobre o crescimento micelial (mm) in vitro de *Curvularia eragrostidis*, Gurupi-TO, 2024.....89

Tabela 5 - Modelo de ligase t-RNA de *Curvularia eragrostidis* utilizado para analisar o encaixe molecular com os principais compostos do OE das folhas de *S. oleracea*, Gurupi-TO, 2024.....93

Tabela 6 - Resultados do Docking Molecular para complexos entre os compostos principais do OE das plantas de *S. oleracea* e a ligase t-RNA de *C. eragrostidis*, Gurupi-TO, 2024.....93

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 A cultura do Jambu.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 Aplicações do Jambu .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3 Óleo essencial do jambu .....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>26</b>
<b>CAPÍTULO I DESEMPENHO DE ACESSOS DE JAMBU (<i>Spilanthus oleracea</i> L.) NAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO CERRADO.....</b>	<b>30</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>30</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>31</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>32</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>33</b>
<b>2.1 Características avaliadas.....</b>	<b>35</b>
2.1.1 Número de folhas .....	35
2.1.2 Peso fresco da planta (g) .....	35
2.1.3 Altura de planta (cm).....	35
2.1.4 Ciclo .....	35
2.1.5 Produtividade Econômica .....	35
2.1.6 Área foliar (cm <sup>2</sup> ).....	35
2.1.7 Teor de Clorofila (ICF).....	35
2.1.8 Peso seco (g).....	36
2.1.9 Análise de crescimento.....	36
2.1.9.1 Índice de área foliar (IAF) e Fator de Forma (FF).....	36
2.1.9.2 Razão de área foliar (RAF) .....	36
2.1.9.3 Área foliar específica (AFE) .....	36
2.1.9.4 Razão de peso das folhas (RPF).....	36
2.1.9.5 Quantidade de água na parte aérea (QAPA).....	36
2.1.9.6 Peso específico foliar (PEF).....	36
<b>2.2 Análise estatística .....</b>	<b>37</b>

<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>49</b>
<b>CAPÍTULO II BIOMASSA DE INFLORESCÊNCIAS DE JAMBU (<i>Spilanthus oleracea</i> L) NAS CONDIÇÕES DE CERRADO .....</b>	<b>52</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>52</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>53</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>54</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>56</b>
<b>2.1 Análises morfológicas .....</b>	<b>58</b>
2.1.3 Massa Fresca Total das inflorescências (g) .....	58
2.1.4 Comprimento de inflorescência (cm).....	58
2.1.6 Produtividade Econômica .....	59
2.1.7 Área de inflorescência (mm <sup>2</sup> ).....	59
2.1.9 Peso seco (g).....	59
<b>2.2 Análise de crescimento.....</b>	<b>59</b>
2.2.1 Índice de área de Inflorescências (IAI) .....	59
2.2.2 Razão de peso das inflorescências (RPI).....	59
2.2.3 Quantidade de água em inflorescência (QAPA).....	59
2.2.4 Fator de forma (FF).....	60
<b>2.3 Análise estatística .....</b>	<b>60</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>61</b>
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>69</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>70</b>
<b>CAPÍTULO III ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Spilanthus oleracea</i> L. NO BIOCONTROLE IN VITRO DE <i>Curvularia eragrostidis</i> .....</b>	<b>73</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>73</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>74</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>75</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>77</b>

<b>2.1 Condições para avaliação</b> .....	<b>77</b>
2.1.1 Coleta do material .....	77
2.1.2 Obtenção dos óleos essenciais de <i>Spilanthes oleracea</i> L.....	77
2.1.3 Análise e composição química dos óleos essenciais .....	77
2.1.4 Teste de sanidade em sementes .....	78
2.1.5 Obtenção dos isolados de <i>Curvularia eragrostidis</i> .....	79
2.1.6 Identificação do fungo e extração de DNA .....	79
2.1.7 Potencial inibitório (in vitro) do óleo essencial <i>S. oleracea</i> . .....	80
2.1.8 Modelagem de ligamento e alvos.....	81
2.1.9 Cálculos de acoplamento molecular.....	82
<b>2.2 Análise estatística</b> .....	<b>82</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>83</b>
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	<b>96</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>97</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>98</b>
<b>APÊNDICE</b> .....	<b>104</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O jambu (*Spilanthes oleracea* L.) é uma planta da família Asteraceae, nativa da região amazônica bastante cultivada e consumida na região Norte do Brasil principalmente no estado Paraense, onde tem vasto uso alimentício e medicinal (BORGES et al., 2021). A sua produção tem sido disseminada em âmbito nacional e internacional, principalmente devido aos seus componentes ativos, como o espilantol. O espilantol é encontrado na planta em hastes, folhas e inflorescências, proporcionando ao paladar uma sensação anestésica e formigamento na boca (SAMPAIO et al., 2019a).

As plantas de jambu são comumente referidas como planta para dor de dente por causa de sua aplicação tradicional. Alguns outros nomes populares da cultura popular incluem a planta-olho, planta-manchada, Agrião-Pará (em referência à província brasileira), agrião-brasileiro, planta-alfabeto e agrião-australiano (SPINOZZI et al., 2022). A distribuição do jambu pode ser justificada pela sua preferência por total exposição solar, sendo sensível à geada e persistente em climas mais quentes (SAHU et al., 2011). A planta é predominantemente encontrada em altitudes baixas, até 1.200 m acima do nível do mar (LIM, 2014), e prospera em solos bem drenados e ricos em húmus (BENELLI et al., 2019). Ela prefere locais úmidos e pode ser vista em aldeias, campos de arroz e áreas de cultivo, ao longo de valas, campos pantanosos, áreas abertas, clareiras antigas, em encostas descampadas e margens de rios, bem como ao longo de estradas (BENELLI et al., 2019; SAHU et al., 2011).

Apesar de seu melhor desempenho em ambiente a pleno sol, o jambu também cresce bem em ambientes parcialmente sombreados (SAMPAIO et al., 2019b), é uma cultura adaptada ao sol pleno, justificando assim mais estudos abordando o desempenho desta espécie sob diferentes qualidades e intensidades de brilho. Porém, é notória a escassez de estudos sobre práticas culturais para esta espécie, sendo este fator limitante para sua aptidão e melhoria de rendimento.

A cultura está ganhando cada vez mais destaque nos estados brasileiros devido à sua capacidade de adaptação. Segundo Borges et al. (2014) é perceptível o crescimento significativo da cultura em regiões como São Paulo, Rio de Janeiro, Piauí e Minas Gerais. A produção está bem estabelecida no estado de São Paulo, com produção voltada principalmente para a extração de óleo essencial e sua utilização para fins farmacológicos por meio de seus bioativos (BORGES et al., 2014). Segundo Dubey et al. (2013) a cultura também está se espalhando globalmente, sendo possível encontrá-lo em nações como China, Índia e Taiwan, na América Central, incluindo México e África.

Além do uso farmacológico, especula-se que o óleo essencial do jambu tenha efeito antifúngico, as substâncias presentes em óleos essenciais de diversas plantas, como o jambu, podem apresentar atividade fungicida e o aumento da incidência de infestações causadas por fungos em plantas alimentícias tem levado a uma busca constante por alternativas naturais eficazes que possam oferecer melhores opções de tratamento. Além disso, os efeitos do OE de jambu incluem atuar como analgésico, hemostático, antimicrobiano, inseticida, entre outros usos fitoterápicos (ZUZARTE et al., 2012; TORRES e CHÁVES, 2001). O OE de jambu também é usado para combater infestações de insetos e parasitas (PAULRAJ, GOVINDARAJAN e PALPU, 2013).

O jambu possui uma atividade antimicrobiana altamente específica para a espécie, uma vez que também há relatos na literatura de testes *in vitro* contra várias bactérias e fungos que atacam o sistema imunológico humano, mostrando resultados positivos contra alguns microrganismos como *Salmonella typhi* (CIM de 31,25 µg/mL), *Streptococcus mutans* e variedades de *Lactobacillus* (zonas de inibição variando entre 21 e 29 mm a 20 mg/mL), *Staphylococcus aureus* (CIM de 1,250 µg/mL), *Staphylococcus* (ALCANTARA et al., 2015; ONORIODE e OSHOMOH, 2018; UTHPALA et al., 2021).

Algumas doenças de plantas são responsáveis por grandes perdas econômicas na agricultura. Entre os principais agentes infecciosos das plantas estão os fungos, responsáveis por alterações durante os diferentes estágios da planta, na pós-colheita e durante o armazenamento dos produtos agrícolas (JIMÉNEZ-REYES et al., 2019). O uso de plantas como substitutos para produtos sintéticos no controle de doenças de plantas, torna-se uma alternativa de interesse ecológico e econômico bastante favorável, tanto para o produtor como para os consumidores (SOUZA et al., 2007). Diversos estudos revelaram que *S. oleracea* e outras espécies deste gênero possuem algumas propriedades como antibacterianas (ONORIODE e OSHOMOH, 2018), inseticidas e antimicrobianas (BENELLI et al., 2019; BORGES et al., 2021).

Apesar de toda importância na alimentação e medicina desta espécie, e em decorrência da escassez de trabalhos que ressaltem a sua adaptação em outros ambientes, assim como as propriedades e uso do óleo essencial, em especial no controle de fitopatógenos. Este estudo teve como finalidade avaliar acessos de Jambu nas condições do ambiente do cerrado Tocantinense, sua adaptação morfofisiológica, produção de fitomassa vegetal e de inflorescências, rendimento de óleo essencial e potencial inibitório de *Curvularia eragrostidis*, destacando sua importância na viabilidade do uso do óleo essencial de jambu no controle de patógenos apesar dos poucos relatos sobre o desempenho agrônomo da cultura, em especial na região de Tocantins.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 A cultura do Jambu

*Spilanthes oleracea* L. é uma espécie presente em áreas tropicais próximas ao Equador, na África, Ásia e América do Sul, conforme LEWIS et al, 1988. A falta de grandes populações selvagens sugere que esta planta não é nativa do Brasil, aparecendo apenas em residências e áreas adjacentes em sua versão domesticada. Sendo uma espécie nativa da Amazônia, que se propaga tanto por meio de sementes quanto por raízes profundamente arraigadas (REVILLA, 2001). No Brasil, foram identificadas 2,215 espécies e 328 gêneros, distribuídas por todo o país, especialmente na Amazônia e no Cerrado (FLORA E FUNGO DO BRASIL, 2024).

De acordo com Spinozzi et al. (2022), existe um equívoco na literatura sobre o nome do gênero e da espécie de *S. oleracea* L., com o gênero *Spilanthes* sendo frequentemente confundido taxonomicamente com o gênero *Acmella*. Essa confusão resulta em vários nomes botânicos sobrepostos, e esta planta pode ser referida como *A. oleracea* (L.) R. K Jansen, *A. oleracea* ou *S. acmella* (L.) L.

É uma planta herbácea anual e perene. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, o jambu é classificado como uma hortaliça não-convencional ou tradicional, devido a sua distribuição limitada, restrita a determinadas localidades ou regiões do Brasil, exercendo grande influência na alimentação e na cultura de populações tradicionais (BRASIL, 2010). Contém em sua composição físico-química cálcio, fósforo, ferro, água, proteínas, lipídios, carboidratos, fibra, cinza, vitamina B1, B2, niacina, vitamina C e outros elementos químicos (MOREIRA, BARROSO e JEREMIAS, 2023).

Em sua conformação ela se apresenta como uma planta herbácea que pode atingir 20 a 30 cm de altura, seu caule é cilíndrico e carnosos decumbente com várias ramificações. As folhas são compostas, opostas, membranáceas, pecioladas; pecíolos de 20-60 mm de comprimento; achatados, com sulcos sobre a superfície, ligeiramente alados e pouco pilosos, a borda do limbo é dentada e o ápice é agudo. Esta espécie é constituída por grupos foliares campanulados, com 3-7 mm de altura e 9-15 mm de diâmetro (Figura 1). Os folíolos são trisseriados, imbricados, verdes, lanceolados (HIND e BIGGS, 2003).

A sua inflorescência é do tipo capítulo globoso terminal, ainda segundo Hind e Biggs (2003), as inflorescências são isoladas, com capítulos globosos axilares e terminais pedunculados. Os pedúnculos apresentam de 3,5-12,5 mm de comprimento são abraceolados e ocos, de glabro a esparsamente piloso e os pelos são aglandulados. Os capítulos pedunculados, homogêneos, discóides, apresentam de 10,5-23,5 mm de altura e 11–17 mm de diâmetro. As

flores são pequenas, amareladas, com áreas púrpuras distintas na pálea do cálice, bem visível em capítulos imaturos, dispostas em capítulos globosos terminais que medem cerca de 1,0cm de diâmetro. São hermafroditas, numerosas (400 a 620) e férteis.

O genótipo mais cultivado apresenta folhas verde-claro com flores amarelas vibrantes, mais também é possível encontrar o genótipo que confere a cor arroxeada ao jambu (Figura 1), cujas folhas são de um verde mais intenso e possuem ramos e as inflorescências com um halo também de cor arroxeada (GUSMÃO et al, 2009; GUSMÃO e GUSMÃO, 2013).

Figura 1 - Planta de Jambu de inflorescências roxas e amarelas em pleno cultivo



Fonte: A autora.

Sampaio et al. (2019a) explanam que é possível observar que o seu cultivo ainda é conduzido de forma bastante rústica, sendo a adoção de tecnologias para elevar sua produtividade quase nula. No sistema convencional o cultivo dessa cultura é caracterizado por ser quase massivamente em canteiros, com elevada população de plantas conduzidas por metro quadrado (SAMPAIO et al., 2019b).

## 2.2 Aplicações do Jambu

Trata-se de uma planta frequentemente utilizada em pratos regionais, como pato-notucupi e tacacá, saladas cruas e xaropes naturais. Apesar de a planta ser usada na indústria farmacêutica e na culinária, ela enfrenta dificuldades no seu cultivo, o que resulta na escassez de informações técnicas sobre o seu plantio (MOREIRA, BARROSO e JEREMIAS, 2023).

Também é mencionado o uso de *S. oleracea* em etnofarmacologia para o tratamento de várias enfermidades regionais. É empregada por comunidades tradicionais da Amazônia no tratamento de problemas dentários, hepatite, malária e febre, além de ser referida como uma

planta anticancerígena por comunidades indígenas da Indonésia (OLIVEIRA et al., 2015; STEIN et al., 2021).

A utilização da planta não se limita apenas ao Brasil, há pelo menos 40 variedades espalhadas globalmente, que podem prosperar em regiões tropicais e subtropicais. No continente asiático, as raízes e folhas são empregadas em saladas e como legumes. No Japão, as flores são empregadas em pratos condimentados, aromatizantes e em produtos de higiene bucal, graças ao sabor refrescante e picante da planta. A Índia utiliza o jambu como aromatizante em tabaco e gomas de mascar, destacando-se pelo seu sabor herbal e aroma cítrico. Na África e na América do Sul, há registros do uso de ervas para o controle da dor, especialmente nos dentes, através da mastigação da planta, proporcionando conforto a quem a consome (BURDOCK, 2016).

De acordo com a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA, 2015), o jambu é considerado um alimento seguro, podendo ser aplicado em várias áreas da indústria alimentícia através de suas folhas, flores e até mesmo o seu caule. As aplicações tradicionais do jambu incluem anestésico local, diurético, analgésico, analgesia, afrodisíaco, fungicida e até mesmo como agente inseticida (RONDANELLI et al., 2020; UTHPALA e NAVARATNE, 2020).

Também está sendo investigado o uso do jambu como um bioinseticida natural. De acordo com a análise realizada por Spinozzi et al. (2022), a *Spilanthus oleracea* L. demonstrou ser uma candidata viável a pesticida contra diversas espécies-chave de pragas e vetores de artrópodes. Em termos de segurança, a utilização em alimentos deve diminuir o perigo para a saúde humana e animal proveniente do seu uso como biopesticida, além de simplificar o procedimento de registro. Contudo, são escassos os estudos sobre sua toxicidade para espécies não-alvo, bem como aqueles focados na formulação e aprimoramento de produtos para venda (MOREIRA, BARROSO e JEREMIAS, 2023).

Andrade e colaboradores (2013) analisaram o efeito anestésico de uma pomada de jambu fabricada em laboratório, contendo 15% ou 30% de extrato de jambu. Através de uma escala visual e ritmos cardíacos, mediram a dor provocada pela inserção de uma agulha na mucosa oral. Notou-se que não houve diferença significativa no efeito anestésico entre o grupo que usou a pomada de jambu e o grupo controle (Benzocaína 20%), sugerindo a pomada de jambu como uma opção segura e eficaz para a anestesia oral tópica.

Em uma pesquisa realizada por Savic et al. (2021), desenvolveram uma emulsão que incluía extratos de jambu, juntamente com outros compostos na composição, e avaliaram seu impacto nas áreas perioral e periorbital de seres humanos. Devido à demanda do setor de

cosméticos por produtos de pele que contenham extrato de jambu, a intenção é promover um suposto "efeito botox", que promete a redução de rugas e linhas de expressão, evitando assim as aplicações de toxina botulínica. Os participantes do estudo foram avaliados visualmente, comparativamente a uma pele de silicone, após o uso do produto criado, além de serem submetidos ao teste de alergia para garantir a segurança. Os resultados foram positivos, cumprindo o seu efeito antirugas após 2 semanas de uso, evidenciando segurança para o usuário.

Onoriode e Oshomoh (2018) realizaram uma investigação sobre a eficácia do extrato das folhas e flores de *S. oleracea* em relação a cepas de *Streptococcus mutans* e *Lactobacillus*. Os achados indicaram uma área de inibição que variava de 21 a 29 mm para o extrato de folhas, enquanto o extrato obtido através de flores apresentou uma área média de inibição que oscilava entre 25 e 28mm. Assim, os pesquisadores chegaram à conclusão de que o uso desses compostos apresenta um grande potencial como uma opção aos antibióticos sintéticos no tratamento de infecções bucais e cáries dentárias.

Alguns estudos têm demonstrado o efeito benéfico do óleo essencial do jambu no controle de algumas doenças causadas por fungos, como demonstrado por Borges et al. (2021) na sua pesquisa sobre o potencial antifúngico do óleo essencial de jambu sob adubação orgânica e convencional, pode observar efeito positivo, tendo maior potencial antifúngico a partir da extração de óleo das inflorescências sobre o fungo *Aspergillus niger*.

Além disso, essa PANC, por possuir diversos compostos bioativos com propriedades farmacológicas, antibacterianas e fungicidas, é frequentemente empregada na medicina tradicional para o tratamento de várias enfermidades (RONDANELLI et al., 2020). Vários estudos confirmaram que os compostos de *S. oleracea* têm propriedades anestésicas (NOMURA et al., 2013), antibacterianas (BOONEN et al., 2010), inseticidas (SPINOZZI et al., 2021), acaricidas (ANHOLETO et al., 2018; MARCHESINI et al., 2020), citotóxicos e anti-inflamatórios (SPINOZZI et al., 2021).

### **2.3 Óleo essencial do jambu**

O jambu apresenta em sua composição, uma porcentagem em torno de 0,7 % de óleo essencial (LORENZI e MATOS, 2002). Este vegetal é notável pela sensação de dormência e formigamento que deixa nos lábios devido à presença do espilantol. Este composto tem chamado a atenção de diversos cientistas e indústrias devido às suas diversas propriedades biológicas e farmacológicas (LIMA, 2021). As N-alquilamidas são a principal categoria de metabólitos secundários identificados em *S. oleracea*, moléculas que possuem uma cadeia

alifática poli-insaturada derivada de ácidos graxos, unida a um grupo amino, possuindo um peso molecular reduzido (PAULRAJ et al., 2013). As alquilamidas são os compostos predominantemente envolvidos na sua bioatividade, sendo classificadas como pseudoalcalóides por sua semelhança estrutural com essa categoria de compostos. São amidas formadas a partir de ácidos graxos, resultantes de uma reação de condensação entre uma sequência de ácidos graxos e um aminoácido descarboxilado. De fato, há relatos de que existem diversas frações de amina quimicamente diferentes, ligadas a variados ácidos graxos, que resultam em várias e numerosas N -alquilamidas em *S. oleracea* (SHARMA e ARUMUGAM, 2021).

Diversos elementos podem modificar o perfil cromatográfico dos óleos essenciais. Alguns desses fatores incluem a incidência solar, a precipitação pluviométrica, as flutuações de temperatura e pressão atmosférica, além de poluentes atmosféricos que afetam a produção de metabólitos secundários nas plantas (GOBO-NETO e LOPES, 2007). A pesquisa de Abeysiri et al. (2013) evidenciou a maior concentração de fenólicos em folhas e flores de jambu, em contraste com os ramos. Examinar mais profundamente a composição fitoquímica do jambu revelou a presença de diversos triterpenóides. Adicionalmente, diversos compostos fenólicos e ácidos graxos foram identificados. *S. oleracea* também possui uma parte volátil, o óleo essencial (OE), que pode ser extraído de suas inflorescências. Este óleo é composto principalmente por  $\beta$  -pineno, Mirceno, (E)-cariofileno, Óxido de cariofileno, Germacreno D,  $\beta$  -felandreno e Espilantol (SPINOZZI et al., 2021; BENELLI et al., 2019).

Esta espécie segundo a literatura também apresenta em seu óleo essencial predominância de metabólitos terpênicos, como o  $\beta$ -cariofileno (48,64%-33,61%), o  $\beta$ -pineno (17,3%) e o mirceno (17,4%) (BORGES et al., 2012; BENELLI et al., 2019; SPINOZZI et al., 2021). Certos terpenos parecem ser indicadores químicos particulares dos óleos de *S. oleracea*, como o E-cariofileno, o mirceno e o  $\beta$ -pineno, que são frequentemente encontrados em amostras da literatura (JERÔNIMO et al. 2024). Freitas-Blanco et al. (2016) elucidam que no que diz respeito aos componentes voláteis predominantes de jambu, (E)-cariofileno, Limoneno e Timol foram identificados como os mais presentes no óleo essencial, contudo, não existem informações disponíveis acerca de seus impactos biológicos.

Baruah e Leclercq (1993) examinaram o óleo essencial dos capítulos florais de *Acmella oleracea* (*Spilanthes oleracea*), produzido por arraste a vapor, caracterizando 20 constituintes por cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas, onde se destacaram o Limoneno (23,6%),  $\beta$ -cariofileno (20,9%), (Z)- $\beta$ -ocimene (14,0%), Germacrene D (10,8%) e Mirceno (9,5%) como constituintes majoritários. Enquanto Jerônimo et al. (2024) em sua pesquisa obtiveram como principais compostos da extração do óleo essencial de *S. oleracea* o

Óxido de cariofileno (0,3–28,11%), o  $\beta$ -cariofileno (6,71–27,31%), o Mirceno (1,14–25,03%), o Germacreno D (0,06–19,56%), o 1-pentadeceno (3,43–13,88%) e o  $\beta$ -pineno (0–10,04%) pela técnica de extração via hidrodestilação (HD).

Pesquisas conduzidas com inflorescências secas de *S. oleracea* na Itália indicaram a presença de  $\beta$ -cariofileno (20,8%) e  $\beta$ -pineno (17,3%) (BENELLI et al., 2019). Já amostras frescas da planta apresentaram como constituintes principais o  $\beta$ -cariofileno (19,4%) e o mirceno (17,4%) (SPINOZZI et al., 2021). Pavela e Benelli (2016) presumiram que essa variação dos teores de constituintes do óleo essencial de *S. oleracea* pode estar relacionada a aspectos geográficos e genéticos das origens vegetais, além da parte utilizada e das técnicas de extração utilizadas.

O  $\beta$ -cariofileno, o principal componente identificado em *S. oleracea*, desempenha várias funções biológicas significativas, incluindo ação sinérgica com outros terpenos (PAVITHRA, MEHTA e VERMA 2018). O sesquiterpênico Germacreno D, juntamente com o alceno 1-pentadeceno, são descritos como moléculas de relevância ecológica. O 1-pentadeceno é inicialmente apontado como um repelente eficaz contra besouros (*Tribolium castaneum*), enquanto (ĐUKIĆ et al., 2021; EL-SHEREI et al., 2014).

O Germacreno D, é um sesquiterpeno de importância ecológica, pois atua como um agente de polinização produzido por espécies de Asteraceae para modular a defesa contra o ataque de pulgões através da atração de joaninhas predadoras, além de ser um dos principais atrativos para polinizadores sensíveis como as mariposas (LI et al., 2021).

O Espilantol é uma alquilamida olefínica pertencente a categoria de compostos correspondente a *N*-alquilamidas com uma cadeia lateral isobutílica, a qual é a responsável pelo seu efeito sensorial (SAVIC et al., 2021). Como substância bioativa, o Espilantol apresenta efeitos benéficos com demonstrado na literatura, entre outras coisas, uma elevada eficácia pesticida (DUBEY et al., 2013) graças à sua habilidade de penetrar eficazmente nos insetos que prejudicam o sistema nervoso central (SNC) (SPINOZZI et al., 2021). O Espilantol também exibiu várias características biológicas, incluindo propriedades antimicrobianas, antioxidantes, antinociceptivas e inseticidas (MATYUSHIN e EVDOKIMOVA, 2017; PAULRAJ, GOVINDARAJAN e PALPU, 2013; SILVEIRA, SANDJO e BIAVATTI, 2018).

## REFERÊNCIAS

- ABEYSIRI, G.R.P.I. et al. Screening of phytochemical, physico-chemical and bioactivity of different parts of *Acmella oleraceae* Murr. (Asteraceae), a natural remedy for toothache. **Ind. Crops Prod.** v. 50, p. 852–856, 2013.
- ALCANTARA, B. N. et al. Pharmacognostic analyses and evaluation of the in vitro antimicrobial activity of *Acmella oleracea* (L.) RK Jansen (jambu) floral extract and fractions. **J. Med. Plant Res.**, v. 9, p. 91–96, 2015
- ANDRADE, L. C. et al. Effectiveness of *Acmella oleracea* for topical anesthesia on buccal mucosa. **Revista Odonto Ciência**, v. 28, n. 3, p. 61-65, 2013.
- ANHOLETO, L. A. et al. Morphological alterations in the ovaries of *Amblyomma cajennense* semi-engorged ticks exposed to ethanolic extract of *Acmella oleracea*. **Microsc. Res. Tech.**, p. 1-11, 2018.
- BARUAH, R. N.; LECLERCQ, P. A., Characterization of the essential soil from flower heads of *Spilanthus acmella*. **Journal of Essential Oil Research**, v.5, n.6, p.693-695, 1993.
- BENELLI, G. et al. Eficácia inseticida do óleo essencial de jambu (*Acmella oleracea* (L.) RK Jansen) cultivado na Itália central contra mosquitos vetores da filariose, moscas domésticas e pragas de traças. **J. Etnofarmacol.** v. 229, p. 272-279, 2019. 10.1016 / j.jep.2018.08.030
- BOONEN, J. et al. LC–MS profiling of N-alkylamides in *Spilanthus acmella* extract and the transmucosal behavior of its main bioactive spilanthol. **J. Pharm. Biomed. Anal.**, v. 53, p. 243-249, 2010.
- BORGES, L. S. et al. Composição química e potencial antifúngico do óleo essencial de jambu sob adubação orgânica e convencional. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 1, p. 461-470, 2021. Companhia Brasileira de Produção Científica. <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2021.001.0037>.
- BORGES, L. S.; GOTO, R.; LIMA, G. P. P. Índices morfo-fisiológicos e produtividade de cultivares de jambu influenciadas pela adubação orgânica e mineral. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1768-1778, 2014.
- BORGES, L. S. et al. Influência da fertilização orgânica e mineral do solo no óleo essencial de *Spilanthus oleracea* cv. Jambuarana. **Am. J. Plant Physiol**, v. 7, p. 135 – 142, 2012. 10.3923/ajpp.2012.135.142
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. **Manual de hortaliças não-convencionais**. Brasília: Mapa/ACS, 2010. 92 p.
- BURDOCK, George A. Fenaroli's handbook of flavor ingredients. CRC press, 2016.
- DUBEY, S. et al. Fitoquímica, Farmacologia e Toxicologia de *Spilanthus acmella*: Uma Revisão. **Adv. Pharmacol. Sci.** v. 2013, p. e.423750, 2013.
- ĐUKIĆ, N. et al. The effect of 1-pentadecene on *Tribolium castaneum* behaviour: repellent or attractant? **Pest Manag. Sci.**, v. 77, p. 4034-4039, 2021. Doi: <https://10.1002/ps.6428>

EFSA PANEL ON FOOD CONTACT MATERIALS, ENZYMES, FLAVOURINGS AND PROCESSING AIDS (CEF). Scientific opinion on flavouring group evaluation 303, revision 1 (FGE. 303Rev1): Spilanthol from chemical group 30. **EFSA Journal**, v. 13, n. 1, p. 3995, 2015.

EL-SHEREI, M. et al. Effect of seasonal variation on the composition of the essential oil of *solidago canadensis* cultivated in Egypt. **J. Essent. Oil Bear. Plants**, v. 17, p. 891-898, 2014. 10.1080/0972060X.2014.901612.

FLORA E FUNGO DO BRASIL. Asteraceae in Flora e Funga do Brasil, 2024. Available online: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB55> (accessed on 24 January 2025).

FREITAS-BLANCO, V. S. et al. Development and Evaluation of a Novel Mucoadhesive Film Containing *Acmella oleracea* Extract for Oral Mucosa Topical Anesthesia. **Plos One**, v. 11, n. 9, p. e0162850, 2016. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0162850>.

GOBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: Fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Quim. Nova**, v. 30, p. 374–381, 2007.

GUSMÃO, M. T. A.; GUSMÃO, S. A. L. Jambu da Amazônia (*Acmella oleracea*): características gerais, cultivo convencional, orgânico e hidropônico. Belém: **Edufra**, 2013.

GUSMÃO S. A. L. et al. Caracterização do cultivo de Jambu nas áreas produtoras que abastecem a grande Belém. In: **Congresso Brasileiro de Olericultura**, 49, 2009, Águas de Lindóia. Resumos... Águas de Lindóia: CBO, 2009. Versão eletrônica.

HIND, N.; BIGGS, N. *Acmella oleracea*: Compositae. **Curtis's Botanical Magazine**, v.20, n.1, p.31-39, 2003.

JERÔNIMO, L. B. et al. *Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen essential oils: chemical composition, antioxidant, and cytotoxic activities. **Biochemical Systematics And Ecology**, v. 112, p. e104775, 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bse.2023.104775>.

JIMÉNEZ-REYES, M. F. et al. Natural compounds: A sustainable alternative to the phytopathogens control. **Journal of the Chilean Chemical Society**, v. 64, n. 2, p. 4459-4465, 2019.

LEWIS, W.H. et al. Mapas de distribuição geográfica de *Acmella oleracea* (L.) R. K. JANSEN. **Missouri Botanical Garden**, 1988. Disponível em: [http://www.mobot1.mobot.org/website/map\\_post.asp](http://www.mobot1.mobot.org/website/map_post.asp).

LI, J. et al. Tissue specificity of (E)- $\beta$ -farnesene and germacrene D accumulation in pyrethrum flowers. **Phytochemistry**, v. 187, e112768, 2021. 10.1016/j.phytochem.2021.112768.

LIM, T. K. Edible medicinal and non-medicinal plants: Flowers. **Edible Med. Non-Med. Plants**, v. 7, 2014, 1102 p.

LIMA, T. M. F. G. **Caracterização de extrato de Jambu (*Acmella ciliata*) e análise do potencial de aplicação como ingrediente funcional**. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) -Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais do Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum. 396 p. 2002.

MARCHESINI, P. et al. Acaricidal activity of *Acmella oleracea* (Asteraceae) extract against *Rhipicephalus microplus*: what is the influence of spilanthal? **Vet. Parasitol.**, v. 283, e109170, 2020.

MATYUSHIN, A. A. E.; EVDOKIMOVA, O. V. *Acmella oleracea*: um estudo abrangente das características anatômicas e diagnósticas. **J. Pharm. Ciência. Res.**, v. 9, n. 8, p. 1358, 2017.

MOREIRA, P. A.; BARROSO, E. M.; JEREMIAS, F. Aplicabilidade do jambu (*Acmella oleracea*) na área da saúde: uma revisão narrativa. **Plantas Medicinais e Suas Potencialidades**, v. 1, n. 1, p. 12-27, 2023. Editora Científica Digital. <http://dx.doi.org/10.37885/221211417>.

NOMURA, E.C. et al. Antinociceptive effects of ethanolic extract from the flowers of *Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen in mice. **J. Ethnopharmacol.**, v. 150, n. 2, p. 583-589, 2013.

OLIVEIRA, D. R. et al. Avaliação etnofarmacológica de plantas medicinais utilizadas contra malária por comunidades quilombolas de Oriximiná, Brasil. **J. Etnofarmacol.**, v. 173, p. 424-434, 2015. 10.1016 / j.jep.2015.07.035

ONORIODE, O.; OSHOMOH, E. O. Antibacterial activity of methanol and chloroform extracts of *Spilanthes oleracea* plant on isolated pathogenic oral bacteria. **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, v. 22, n. 2, p. 237-245, 2018.

PAULRAJ, J.; GOVINDARAJAN, R.; PALPU, P. The genus *Spilanthes* Ethnopharmacology, phytochemistry, and pharmacological properties: a review. **Adv. Pharmacol. Sci.** v. 2013, p. 1-22, 2013.

PAVELA, R.; BENELLI, G. Essential Oils as Ecofriendly Biopesticides? Challenges and Constraints. **Trends In Plant Science**, v. 21, n. 12, p. 1000-1007, 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2016.10.005>.

PAVITHRA, P. S.; MEHTA, A.; VERMA, R. S. Synergistic interaction of  $\beta$ -caryophyllene with aromadendrene oxide 2 and phytol induces apoptosis on skin epidermoid cancer cells. **Phytochemistry**, v. 47, p. 121-134, 2018. 10.1016/j.phymed.2018.05.001

REVILLA, J. **Plantas da Amazônia: Oportunidades Econômicas Sustentáveis**. Ed. INPA, Manaus, 2001, p. 405.

RONDANELLI, M. et al. *Acmella oleracea* for pain management. **Fitoterapia**, v.140, p. e104419, 2020.

SAHU, J. et al. A Review: O Phytopharmacology a Micropropagatio of *Spilanthes acmella*. **Pharmacologyonline**, v. 2, p. 1105–1110, 2011.

SAMPAIO, I. M. G. et al. Sintomas de deficiências nutricionais e produção de massa seca em plantas de jambu (*Acmella oleraceae*) submetidas as omissões de nutrientes. **Brazilian Journal Of Development**, v. 5, n. 12, p. 31549-31563, 2019a. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv5n12-246>.

- SAMPAIO, I. M. G. et al. Recipientes e densidades de semente combinadas com o tempo na produção de mudas de jambu. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 62, p. 1-10, 2019b.
- SAVIC, S. M. et al. ‘All-natural’ anti-wrinkle emulsion serum with *Acmella oleracea* extract: A design of experiments (DoE) formulation approach, rheology and in vivo skin performance/efficacy evaluation. **International Journal of Cosmetic Science**, v. 43, n. 5, p. 530-546, 2021.
- SHARMA, R.; ARUMUGAM, N. N-alkylamides of Spilanthes (syn: Acmella): structure, purification, characterization, biological activities and applications—A review. **Future Foods**, v. 3, p. e100022, 2021.
- SILVEIRA, N.; SANDJO, L. P.; BIAVATTI, M. W. Spilanthol-containing products: a patent review (1996–2016). **Trends Food Sci. Technol.**, v. 74, p. 107 – 111, 2018. 10.1016/j.tifs.2018.02.012
- SOUZA, A. E. F.; ARAÚJO, E.; NASCIMENTO, L. C. Atividade antifúngica de extratos de alho e capim-santo sobre o desenvolvimento de *Fusarium proliferatum* isolado de grãos de milho. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 6, p. 465-471, 2007.
- SPINOZZI, E. et al. A Review of the Chemistry and Biological Activities of *Acmella oleracea* (“jambù”, Asteraceae), with a View to the Development of Bioinsecticides and Acaricides. **Plants**, v. 11, n. 20, p. 2721, 2022.
- SPINOZZI, E. et al. Spilanthol-rich essential oil obtained by microwave-assisted extraction from *Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen and its nanoemulsion: insecticidal, cytotoxic and anti-inflammatory activities. **Ind. Crops Prod.** v. 172, e114027, 2021. 10.1016/j.indcrop.2021.114027
- STEIN, R. et al. Inibição da quimase: um fator-chave na atividade anti-inflamatória de extratos etanólicos e espilantol isolados de *Acmella oleracea*. **J. Etnofarmacol.** v. 270, e113610, 2021. 10.1016/j.jep.2020.113610.
- TORRES, J.M.; CHÁVEZ, A.G. Alcamidas em plantas: distribución e importância. **Avance y perspectiva**, v. 20, p. 377-387, 2001.
- UTHPALA, T.G.G.; NAVARATNE, S. B. *Acmella oleracea* plant; identification, applications and use as an emerging food source—review. **Food Rev. Int.**, p. 1-16, 2020. 10.1080/87559129.2019.1709201.
- UTHPALA, T. G. G. et al. Evaluation of antimicrobial potential and phytochemicals in *Acmella* (*A. oleracea*) flower pod extracts subjected to different drying techniques. **J. Food Process. Preserv.**, v. 45, p. e15570, 2021.
- ZUZARTE, M. et al. Lavandula luisieri essential oil as a source of antifungal drugs. **Food Chemistry**, v. 135, n. 3, p. 1505-1510, 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.090>.

## CAPÍTULO I

### DESEMPENHO DE ACESSOS DE JAMBU (*Spilanthus oleracea* L.) NAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO CERRADO

#### RESUMO

O jambu (*Spilanthus oleracea* L.) é uma planta nativa da região amazônica. É utilizada para várias finalidades, como seu consumo *in natura*, ou por diversas indústrias farmacêuticas e de cosméticos onde têm crescido sua procura no mercado. Ainda é pouco estudada, em especial nas regiões onde seu cultivo não é comum, como nas condições de cerrado. Avaliar o desempenho agrônômico de acessos de jambu de diferentes regiões do Pará nas condições de Cerrado foi o objetivo desse trabalho. Acessos de jambu foram avaliados em campo em duas épocas do ano no delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 2, sendo cinco acessos de origens diferentes (Belém, Benevides, Capanema, Paragominas e Santarém) e duas épocas de cultivo (no Período de chuvas e Período seco) em três repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey e as características avaliadas foram, biométricas: altura de plantas (cm), número de folhas, massa fresca e massa seca da parte aérea e radicular (g), área foliar (cm<sup>2</sup>), largura foliar (cm), comprimento foliar (cm), fator de forma. E produtivas: produtividade (g m<sup>-2</sup>), ciclo, médias da razão de área foliar (RAF), razão de peso das folhas (RPF), área foliar específica (AFE), peso específico foliar (PEF), quantidade de água na parte aérea (QAPA) índice de área foliar (IAF) e clorofila *a*, *b* e total (ICF). O período de cultivo dos acessos de jambu influencia a características ou variáveis morfológicas. Para as características fisiológicas ambos os períodos e acessos apresentam um bom desempenho. Os acessos coletados em Belém e Capanema (inflorescência roxa) são os mais indicados para cultivo no período de chuvas, enquanto que no Período seco os acessos de Paragominas e Benevides se sobressaem. O material de ciclo mais precoce foi o acesso coletado em Capanema, com ciclo de 76 DAS no primeiro período.

**Palavras-chave:** *Spilanthus oleracea*. Hortaliça não-convencional. Morfologia. Avaliação.

## PERFORMANCE OF JAMBU (*Spilanthes oleracea* L.) ACCESSIONS UNDER CERRADO EDAPHOCLIMATIC CONDITIONS

### ABSTRACT

Jambu (*Spilanthes oleracea* L.) is a plant native to the Amazon region. It is used for various purposes, including fresh consumption and by the pharmaceutical and cosmetic industries, where market demand has been increasing. However, it remains under-researched, especially in regions where its cultivation is uncommon, such as under Cerrado conditions. This study aimed to evaluate the agronomic performance of jambu accessions from different regions of Pará under Cerrado conditions. Field evaluations were conducted during two seasons using a randomized block design in a  $5 \times 2$  factorial scheme, consisting of five accessions from different origins (Belém, Benevides, Capanema, Paragominas and Santarém) and two cultivation periods (rainy and dry seasons), with three replications. Means were compared using Tukey's test. The evaluated characteristics included biometric traits: plant height (cm), number of leaves, fresh and dry biomass of the aerial and root parts (g), leaf area (cm<sup>2</sup>), leaf width (cm), leaf length (cm), and shape factor. Productive traits included: yield (g m<sup>-2</sup>), growth cycle, leaf area ratio (LAR), leaf weight ratio (LWR), specific leaf area (SLA), specific leaf weight (SLW), water content in the aerial part (WCAP), leaf area index (LAI), and chlorophyll a, b, and total chlorophyll content (TCC). The cultivation period influenced the morphological traits of the jambu accessions. For physiological traits, both the seasons and the accessions showed good performance. The accessions collected in Belém and Capanema (with purple inflorescences) are the most suitable for cultivation during the rainy season, while those from Paragominas and Benevides performed better in the dry season. The earliest-maturing accession was from Capanema, with a growth cycle of 76 days after sowing (DAS) in the first season.

**Key words:** Evaluation. Morphology. *Spilanthes oleracea* L. Unconventional vegetable.

## 1 INTRODUÇÃO

O jambu (*Spilanthes oleracea* L.) é uma planta pertencente à família Asteraceae, nativa da região amazônica bastante cultivada e consumida na região Norte do Brasil principalmente no estado do Pará, onde tem vasto uso alimentício e medicinal. É cultivada e difundida em escala nacional e internacional. É planta rica em Espilantol, que na planta está presente em hastes, folhas e inflorescências. Seu efeito no paladar denota sensação anestésica e de formigamento (SAMPAIO et al., 2019).

O jambu é facilmente propagado, sendo o meio assexuado o que corresponde a forma de maior utilização, pois sua taxa de germinação é alta quando inserido em ambiente propício ao seu cultivo, que deve apresentar altas temperaturas e boa disponibilidade hídrica. Sua produção é mais comumente realizada em clima quente e úmido, com temperatura média de 25,9 °C e umidade relativa de 80% (HOMMA et al., 2011).

O cultivo do jambu vem ganhando cada vez mais espaço nos estados brasileiros por sua adaptabilidade. Segundo Borges, Goto e Lima (2014) é possível observar grande expansão da cultura no Brasil, em estados como São Paulo, Rio de Janeiro, Piauí e Minas Gerais. No estado de São Paulo a produção encontra-se bem estabelecida, sendo amplamente direcionada para a extração de óleo essencial, bem como exploração para fins farmacológicos (BORGES, GOTO e LIMA, 2014). Na Ásia, em especial na China, Índia e Taiwan, na América Central e África o jambu também vem sendo cultivado (DUBEY et al., 2013).

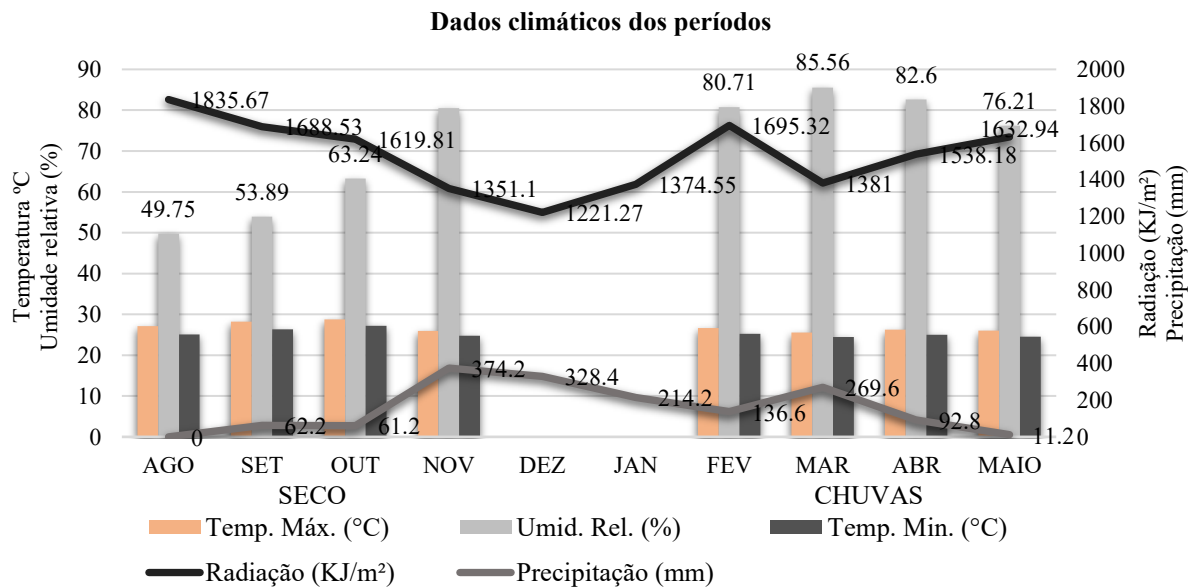
A caracterização agrônômica e morfológica de uma espécie é essencial para se definir as estratégias de melhoramento a serem adotadas. Quando pouco estudada, é comum nessa etapa abordar aspectos do potencial agrônômico. Quando não é explorado em uma região, a introdução e caracterização de novos germoplasma torna-se uma etapa importante para melhorar a eficiência dos trabalhos de melhoramento que permitirão entender a variabilidade existente e seu potencial de exploração na região (LOPES et al., 2016).

Apesar da importância da espécie, ainda há escassez de trabalhos que ressaltem a importância da caracterização morfológica e desempenho agrônômico do jambu. Estudos sobre adaptação desta espécie em diferentes regiões ainda são poucos. Dentro desse cenário, o trabalho teve como objetivo avaliar acessos de jambu, coletados de diferentes regiões de cultivo do estado Pará nas condições edafoclimáticas do Cerrado.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos (Período Seco: agosto a novembro de 2022 e Período de chuvas: fevereiro a maio de 2023) foram conduzidos no setor de Olericultura do Campus Universitário de Gurupi – CAUG, da Fundação Universidade Federal do Tocantins, localizada na latitude sul 11°43'45" e longitude oeste 49°04'07" com altitude média de 280 m. O clima "Aw", segundo a classificação de Köppen, típico tropical chuvoso com estação seca bem definida, com temperatura média anual de 26,5°C (Figura 1). A umidade relativa do ar varia entre 50% e 90% e o solo é classificado como Latossolo vermelho-amarelo distrófico, de textura franco-arenosa (Tabela 1).

Figura 1 - Dados climáticos dos períodos de condução dos experimentos do município de Gurupi-TO



Fonte: Inmet, 2023

Tabela 1 - Atributos químicos e físicos do solo situado na área experimental de olericultura da UFT, campus Gurupi, 2022 (Período seco) e 2023 (Período de chuvas)

Período	pH	P <sub>meh</sub>	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	K	Ca	Mg	Al	H+Al	M.O	C.O	V	Areia	Silte	Argila
	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>		.....cmolc dm <sup>-3</sup> .....					...Dag kg <sup>-1</sup> ...	%	.....g.kg <sup>-1</sup> .....			
C	5,25	139,7	2,5	0,23	5,89	2,92	0,13	1,5	0,7	0,9	58	700	50	250
S	5,2	40,1	11	0,10	2,1	0,7	0	2,5	1,5	0,9	54	725	50	225

M.O.: Matéria orgânica; P: fósforo; Mn: Manganês; S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>: sulfato; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; H: hidrogênio; C.O: Carbono orgânico total; V%: saturação por bases.

Fonte: Dados da pesquisa

O delineamento experimental adotado para cada época de cultivo foi blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 2, com três repetições. Foram avaliados cinco acessos de jambu sendo quatro de inflorescência amarela e um de inflorescência roxa. Esses acessos foram coletados no

estado do Pará, nos seguintes municípios: Belém; Benevides; Capanema; Paragominas e Santarém.

As mudas foram produzidas a partir de sementes em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, em viveiro com substrato comercial (APENDICE A). O transplante das mudas foi feito no estádio de 4 a 6 folhas definitivas, o que compreendeu o período de um mês em viveiro. A condução dos experimentos a campo foi realizada em canteiros, com parcelas de 1,5 m de comprimento por 1,0 m de largura. Cada parcela foi formada por 28 plantas, sendo considerado como parcela útil as 14 plantas dispostas nas duas linhas centrais colhidas para fins de avaliação (APENDICE B).

O espaçamento utilizado foi de 0,25 m entre plantas e 0,25 m entre linhas. Como adubação de base foi utilizado esterco bovino curtido na dosagem de 5 kg por m<sup>2</sup>. A irrigação foi realizada com mangueiras gotejadoras (cada gotejador espaçado 25 cm) 4 vezes ao dia (devido as altas temperaturas da região), com turno de 20 minutos, vazão de 1,6 L h<sup>-1</sup>. Foi realizada capina manual nos canteiros sempre que necessário. A adubação de cobertura foi realizada aos 20 dias após o transplante, conforme recomendação proposta por Deschamps et al. (2012). Na parcela útil, foram colhidas 14 plantas de cada acesso, quando as plantas apresentaram pleno desenvolvimento e com aparecimento de pelo menos 50% de inflorescências (Figura 2).

Figura 2 - Transplante e condução das plantas de jambu nos canteiros de cultivo



Fonte: A autora

## 2.1 Características avaliadas

### 2.1.1 Número de folhas

Determinado o total de folhas de cada planta de cada tratamento, partindo sempre das folhas basais até a última folha aberta, por contagem manual.

### 2.1.2 Massa fresca da planta (g)

Avaliado por meio da pesagem em balança digital da massa fresca da parte aérea das plantas, expressa em gramas/planta.

### 2.1.3 Altura de planta (cm)

Obtido por meio da medição da base do caule ao ápice foliar de cada planta com uso de trena métrica.

### 2.1.4 Ciclo

Foi determinado através da contagem dos dias entre a semeadura e a colheita, quando as plantas apresentaram pleno desenvolvimento e com aparecimento de pelo menos 50% de inflorescências.

### 2.1.5 Produtividade

Calculado através da massa fresca pelo número de plantas por repetição (sendo quatorze plantas úteis por repetição).

### 2.1.6 Área foliar (cm<sup>2</sup>)

Determinado a partir de medidas lineares de comprimento (C) e largura de cada folha (L), adotando-se o modelo proposto por Queiroz, Silva e Souza Neto (2013) ( $AF = 0,7818 \times CL$ ,  $R^2 = 0,9979$ ).

### 2.1.7 Teor de Clorofila (ICF)

O Teor de clorofila das folhas foi obtido por meio do equipamento “ClorofiLOG-CFL 1030”. É calculado com base na absorção de luz em comprimentos de onda característicos da clorofila. O aparelho mede a quantidade de radiação transmitida através das folhas, de forma óptica, em três comprimentos de onda (dois na faixa do vermelho, próximos aos picos de absorção da clorofila e um no infravermelho próximo), gerando valores de clorofila *a*, *b* e total. A combinação destes valores de transmitâncias nestes três comprimentos de onda gera o Índice de Clorofila Falker (ICF).

### 2.1.8 Massa seca (g)

Após a colheita foi realizada a análises e etiquetagem das plantas, que posteriormente foram acondicionadas em sacos de papel identificados com os tratamentos e postas para secar em estufa de circulação forçada de ar sob a temperatura média de 65°C, durante um período de 72 horas, sendo pesados em balança de precisão digital.

### 2.1.9 Análise de crescimento

#### 2.1.9.1 Índice de área foliar (IAF) e Fator de forma (FF)

Índice de área foliar determinado por meio da razão entre os valores da área foliar total e área de solo ocupada pelas plantas, obtidos em cada amostragem para as diferentes plantas: I

$$IAF = \frac{AF\ total}{AS}$$

Fator de forma obtido através da razão entre Largura e Comprimento da folha: L/C.

#### 2.1.9.2 Razão de área foliar (RAF)

Determinada através da razão entre os valores da área foliar total e massa seca total, obtidos em cada amostragem para as diferentes plantas:  $RAF = AF_{total}/MS_{total}$  (dm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>).

$$RAF = \frac{AF_{total}}{MS_{total}}$$

#### 2.1.9.3 Área foliar específica (AFE)

Este parâmetro foi determinado calculando a razão entre a área foliar e a massa seca das folhas:  $AFE = AF/MS_{folhas}$  (dm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>).

#### 2.1.9.4 Razão de peso das folhas (RPF)

A razão de peso de folhas foi calculada pela razão entre a massa seca de folhas e a massa seca total:  $RPF = MS_{folha}/MS_{total}$  (g g<sup>-1</sup>).

#### 2.1.9.5 Quantidade de água na parte aérea (QAPA)

A quantidade de água na parte aérea foi obtida através da diferença entre a massa fresca e seca da parte aérea das plantas avaliadas.  $QAPA = MF - MS$  (g).

#### 2.1.9.6 Peso específico foliar (PEF)

O peso específico foliar foi estimado através da divisão da massa seca da parte aérea pela área foliar.  $PEF = MS/AF$  (g dm<sup>-2</sup>).

## **2.2 Análise estatística**

Todos os dados obtidos foram analisados estatisticamente através da análise de variância, com teste F. Quando houve significância para o fator foi aplicado teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para a comparação de médias. Todas as análises realizadas foram feitas pelo programa SISVAR (FERREIRA, 2010).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se efeito significativos na interação entre período de cultivo e origem dos acessos de jambu para as características altura, número de folhas, massa fresca, massa fresca de raiz e massa seca das plantas. A interação da característica massa seca de raiz não foi significativa. Para as características significativas ao acesso e a época do ano são importantes, pois seu desenvolvimento é influenciado por esses fatores (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médias da altura de plantas (ALT), número de folhas (NF), massa fresca de parte aérea (MF), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de parte aérea (MS) e massa seca de raiz (MSR) em cinco acessos de jambu coletados no estado do Pará. Gurupi-TO, 2023

ACESSO	ALT (cm)	NF	MF (g)	MFR (g)	MS (g)	MSR (g)
PERÍODO DE CHUVAS						
Belém	36,53 bB	105 eB	56,21 eA	11,49 cA	7,94 cA	3,03 A
Benevides	36,09 bB	108 dB	69,85 dA	9,97 dA	9,13 bA	2,99 A
Capanema	35,75 bB	119 bB	80,12 aA	15,72 aA	9,64 abA	3,73 A
Paragominas	35,26 bB	113 cB	78,39 bA	13,65 bA	10,58 aA	3,58 A
Santarém	40,83 aB	125 aB	75,11 cA	14,11 bA	10,33 aA	3,50 A
PERÍODO SECO						
Belém	40,75 cA	110 dA	54,23 dB	8,39 abB	7,88 dA	2,79 A
Benevides	45,39 aA	114 cA	55,95 cB	7,23 bB	9,81 bA	2,19 B
Capanema	43,30 bA	128 abA	57,66 bB	7,33 bB	8,54 cdB	1,98 B
Paragominas	43,44 bA	127 bA	64,34 aB	9,02 aB	11,24 aA	2,52 B
Santarém	45,60 aA	129 aA	56,86 bcB	7,34 bB	9,09 bcB	2,41 B
Período (P)	**	**	**	**	NS	**
Acesso (A)	**	**	**	**	**	NS
P x A	**	**	**	**	**	NS
CV (%)	1,41	0,74	0,93	4,69	4,76	15,28

Médias seguidas por letras maiúsculas compara os períodos do ano de avaliação e minúscula a origem dos acessos dentro de cada época do pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) de probabilidade, \*\*=significativo a 5 % de probabilidade; NS: não significativo. Fonte: Dados da pesquisa

O período de cultivo seco promoveu maior altura de plantas em todos os acessos avaliados (Tabela 2). Independente da época do ano, o acesso coletado em Santarém teve os melhores resultados com alturas, respectivamente, de 40,83 e 45,60cm, seguido pelo acesso Benevides, apresentando-se como um acesso promissor para essa característica. O jambu é uma planta anual herbácea, semiereta podendo ser razoavelmente rasteira, perene e que pode ser propagada tanto por hastes enraizadas quanto por sementes. Na literatura a altura das plantas de jambu varia entre 30 e 40 cm (EMBRAPA, 2017; HOMMA et al, 2011). Segundo Casais et al. (2020), a forma de condução do cultivo determina o tamanho, a sanidade e a aptidão das plantas ao ambiente que esta está inserida. Portanto, em ambos os períodos, o jambu apresentou altura acima dos valores de referência, bom desenvolvimento para o ambiente inserido, o que pode estar atrelado ao fato do ambiente de cerrado apresentar bons índices de radiação solar,

aliado a boa disponibilidade de água na área, isto representa que em termos econômicos seria viável a produção para fins comerciais seja para consumo *in natura* ou para subsequente extração de seus princípios ativos, visto que uma planta mais alta apresentará maior quantidades de hastes e folhas, regiões estas responsáveis por concentrarem maior quantidade de óleos essenciais.

Quanto a número de folhas, pode-se perceber que houve efeito significativo na interação dos acessos pelo período ( $p \leq 0,05$ ). Diferiu dos demais o acesso coletado em Santarém nos dois períodos de avaliação, com médias de 125 e 129 folhas, respectivamente (Tabela 2). Quando comparados a resultados obtidos em ambiente paraense como no estudo realizado por Barral (2021) que avaliando o desempenho agrônômico de variedades de jambu observou média de 98,09 folhas planta<sup>-1</sup> no período chuvoso, resultado inferior ao obtido nesta pesquisa. As folhas de jambu são os principais órgãos de interesse por parte das indústrias alimentícias, farmacêuticas e de saúde, pois assim como os capítulos florais da planta, as folhas também apresentam quantidades significativas de isobutilamidas (2E, 6Z, 8E) -N-isobutil-2,6,8decatrienamida (espilantol), principal princípio ativo da planta, assim como demais princípios ativos presentes na planta com ações de biocontrole (ARAÚJO et al. 2018; SILVEIRA, SANDJO e BIAVATTI, 2018).

Para massa fresca da parte aérea, foi possível observar que houve significância ao nível de  $p \leq 0,05$  para interação entre os fatores, sendo que o Período de chuvas foi superior ao período seco (Tabela 2). O acesso coletado em Capanema tem coloração de flor roxa e produziu no Período de chuvas 80,12 g, diferindo dos demais. Já no Período seco destacou-se o acesso coletado em Paragominas, com média de 64,34 g (Tabela 2), resultado este podendo ser explicado pelo maior acúmulo de água na parte aérea devido aos maiores picos de precipitação em relação ao Período seco (Figura 1). Para Preczenhak et al. (2014) ao considerar o acúmulo de massa nas plantas, a diversidade genética pode estar relacionada principalmente ao potencial genético do genótipo, assim como quanto às condições de cultivo ao qual as plantas foram submetidas. Tendo isso em vista, em termos de massa fresca, o melhor desempenho obtido por alguns acessos de jambu demonstra o potencial desses acessos para serem inseridos em programas de melhoramento genético, assim como demais fins de uso da cultura.

Também foi possível observar que para a variável massa fresca de raiz houve efeito significativo na interação dos fatores ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 2). Entre os acessos, o que foi coletado em Capanema teve maior rendimento no Período de chuvas, com média igual a 15,72 g. Para a cultura, o sistema radicular é crucial para sua adaptação ao ambiente em que está inserida, estando elas diretamente relacionadas a produtividade e desenvolvimento das ramificações do

jambu. Araújo (2020) cita que a raiz principal do jambu é pivotante e apresenta abundantes ramificações laterais. Sampaio et al. (2022) conclui em seu estudo que demais partes da planta de jambu são amplamente utilizadas, no entanto, as raízes são descartadas, não havendo utilidade comercial. Para a cultura do jambu uma maior quantidade de raízes pode estar diretamente relacionada com o seu melhor potencial de crescimento em divergentes ambientes, atuando na estabilidade a campo, visto que suas hastes são decumbentes e assim bem ramificadas, isso proporciona a esta planta maior estruturação e consumo de nutrientes que podem ser convertidos em maior potencial de crescimento e produtividade futura.

Para a variável massa seca da parte aérea houve interação significativas para a interação dos fatores ( $p \leq 0,05$ ). Tendo apresentado os melhores resultados (Tabela 2) o acesso Paragominas demonstrando valores satisfatórios para ambos os períodos com médias de 10,58g para o Período de chuvas e 11,24g para o Período seco. Assim como também o acesso de Santarém no Período de chuvas com 10,53g. É desejável para cultura do jambu o acúmulo de biomassa tanto fresca quanto seca, fator este promovido intrinsecamente por teores hídricos ótimos no solo, pois tanto suas folhas, caule e inflorescências são utilizáveis (SAMPAIO et al., 2019).

Foi verificada interação significativa entre os fatores período de cultivo e acessos de jambu para todas as características avaliadas: Largura de limbo foliar e comprimento da folha, área foliar, fator de forma e produtividade. Desta forma foi realizado o desdobramento entre os fatores.

A partir do desdobramento dos dados foi expresso superioridade do Período seco em relação ao Período de chuvas, bem como para acesso temos o de Benevides (6,15cm) com melhor média entre os demais para o mesmo período, seguido do acesso Belém com melhor média para o Período de chuvas (4,72cm) ainda assim inferior as médias do Período seco quando comparadas (Tabela 3). Favoreto e Gilbert (2010) citam que as folhas de *S. oleracea* são opostas, compostas, pecioladas com pecíolos de 20-60 mm de comprimento, achatadas, membranáceas, apresentando sulcos sobre a superfície e são ligeiramente aladas e pouco pilosas, com 4,0–7,9 cm de largura. Demonstrando que as plantas neste estudo estão em conformidade com o padrão já estabelecido da cultura.

Em comprimento da folha (CF) há significância na interação dos fatores ( $p \leq 0,05$ ), dentro do desdobramento dos fatores o Período seco é superior ao Período de chuvas (Tabela 3). Para acessos no Período seco o acesso de Benevides apresentou resultado superior (7,15 cm), assim como para o Período de chuvas o acesso de Paragominas (5,53 cm) e Belém (5,45 cm) foram superiores aos demais. O jambu apresenta a borda do limbo da folha dentada, assim como o

ápice é agudo. Esta espécie é constituída por grupos foliares campanulados, ou seja, forma de um sino, sobre ambas as superfícies os pelos são esparsos, principalmente sobre a nervura central da folha, apresenta base truncada que é atenuada na parte superior da folha, que tem em média 5,3-10,6 cm de comprimento (FAVORETO e GILBERT, 2010). Estando o presente estudo em conformidade com o encontrado na literatura.

Tabela 3 - Valores médias da largura do limbo foliar (LLF), comprimento da folha (CF), área foliar (AF), fator de forma (FF) e produtividade de massa verde em cinco acessos de jambu coletados no estado do Pará. Gurupi-TO, 2023

ACESSO	LLF (cm)	CF (cm)	AF (cm <sup>2</sup> )	FF	PROD (g m <sup>-2</sup> )
PERÍODO DE CHUVAS					
Belém	4,72 aB	5,45 aB	20,11 aB	1,15 bB	787,05 eA
Benevides	4,53 bB	5,17 bB	18,33 bB	1,14 bA	977,88 dA
Capanema	4,47 bB	5,16 bB	18,03 bB	1,16 bA	1121,75 aA
Paragominas	4,56 bB	5,53 aB	19,72 aB	1,21 aB	1097,53 bA
Santarém	3,76 cB	4,54 cB	13,34 cB	1,20 aA	1051,49 cA
PERÍODO SECO					
Belém	5,02 dA	6,86 bA	26,91 bA	1,37 aA	759,27 dB
Benevides	6,15 aA	7,15 aA	34,42 aA	1,16 cA	783,30 cB
Capanema	5,33 cA	6,23 dA	25,96 cA	1,17 cA	807,22 bB
Paragominas	5,09 dA	6,36 cA	25,33 cA	1,25 bA	900,79 aB
Santarém	5,54 bA	6,35 cA	27,52 bA	1,15 cB	796,07 bcB
Período (P)	**	**	**	**	**
Acesso (A)	**	**	**	**	**
P x A	**	**	**	**	**
CV (%)	0,98	0,81	1,40	1,26	0,93

Médias seguidas por letras maiúsculas compara os períodos do ano de avaliação e minúscula a origem dos acessos dentro de cada época do pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) de probabilidade, \*\*=significativo a 5 % de probabilidade; NS: não significativo. Fonte: Dados da pesquisa

Para Área foliar (AF) houve significância ( $p \leq 0,05$ ) para interação dos fatores, que a partir do desdobramento dos dados apresentou o Período seco com superioridade ao Período de chuvas, assim como o acesso de Benevides (34,42cm<sup>2</sup>) superior aos demais no Período seco, seguido pelo acesso de Paragominas com maior média (19,72cm<sup>2</sup>) no período de Período de chuvas, denotando uma diferença substancial entre os períodos, sendo o Período seco com maiores médias em todos os acesso em relação ao período de Período de chuvas (Tabela 3), representando essa uma época com conformação de folhas com maior capacidade fotossintética. A superfície foliar é a base para o rendimento potencial de uma cultura. A fotossíntese se baseia na captura da energia luminosa e na sua transformação em energia química. Além disso, o conhecimento da AF permite estimar a perda de água, uma vez que as folhas são o principal órgão envolvido no processo de transpiração, responsável pelas trocas gasosas com o meio ambiente. (COELHO FILHO et al., 2012; POSSE et al., 2009).

A variável Fator de forma obteve significância para os fatores analisados ( $p \leq 0,05$ ), consequentemente houve sobressalência do Período seco em relação ao Período de chuvas com uma maior proporção de comprimento por largura de folha, sendo o acesso de Belém com maior média (1,37) em relação aos demais para o Período seco, seguido dos acessos de Paragominas (1,21) e Santarém (1,20) no Período de chuvas com maiores rendimento em relação ao demais para mesma época (Tabela 3) demonstrando que há uma diferença na forma da folha quando cultivados por diferentes períodos e acessos.

As folhas possuem maior comprimento foliar e menor largura, indicando uma folha mais ovalada para o Período seco e elíptica para o Período de chuvas, o que pode haver também uma variação quanto a conformação dessa folha dentro dos mesmos acessos, isso muito em função da condição atual do ambiente em que se encontra, sendo que por haver maior incidência de precipitação no período de Período de chuvas e menor incidência solar houve menor proporção no tamanho quando comparados com o período de Período seco, demonstrando que a planta adapta suas folhas a condição em que ela está enfrentando. Casais et al. (2020) declaram que o fator de forma, corresponde ao produto do comprimento da folha pela sua largura. Um valor semelhante ou superior a 1,0 sugere uma folha de formato redondo, enquanto valores mais elevados sugerem um formato mais elíptico.

Quanto ao que concerne a Produtividade total, houve interação significativa entre P x A ( $p \leq 0,05$ ). Observando na Tabela 3 valores significativos, tendo o Período de chuvas com maiores rendimentos para a época de análise. Dentro de acesso também foi possível observar significância com maiores médias para o acesso provindo de Capanema (1121,75g m<sup>2</sup>) para época de chuvas, em conformidade com o que foi observado na Tabela 2 por altos valores de massa fresca para todo o Período de chuvas, seguido ainda nesta variável pelo acesso Paragominas com 900,79g m<sup>2</sup> para o Período seco, valores estes que se convertidos para hectares de área cultivada corresponderiam a respectivamente 7.478,70 e 6.005,57 kg h<sup>1</sup>. A produtividade e os rendimentos das culturas variam com as condições climáticas, sistemas de cultivo e tipos de fertilização (BORGES et al., 2014). A temperatura tem um impacto significativo sobre a germinação e a força das sementes, o ciclo das espécies, a saúde das plantas, a produção e a produtividade das plantações (MONTEIRO, 2019). Ainda segundo Borges et al. (2014) o jambu pode apresentar uma produtividade de até 3,37 kg m<sup>-2</sup>.

De acordo com a Tabela 4, verifica-se interação significativa para todos os acessos e períodos para relação de área foliar, razão de peso das folhas, área foliar específica, peso específico foliar, índice de área foliar e quantidade de água na parte aérea. Diante disso foi realizado o desdobramento.

A partir da Tabela 4 é possível inferir superioridade do Período seco ao Período de chuvas pelo desdobramento dos dados para a variável relação de área foliar (RAF), houve significância ( $p \leq 0,05$ ) também para as características avaliadas dentro dos períodos, tendo os acessos de Benevides ( $3,51 \text{ dm}^2 \text{ g}^{-1}$ ) e de Belém ( $3,42 \text{ dm}^2 \text{ g}^{-1}$ ) com melhores médias em relação as demais avaliadas para o Período seco, já para o Período de chuvas temos o acesso provindo de Belém com melhor média ( $2,55 \text{ dm}^2 \text{ g}^{-1}$ ) mas ainda abaixo dos encontrados para a época de Período seco. Henrique et al. (2011) mencionaram que o RAF expressa um componente morfofisiológico que representa a relação entre a área foliar, responsável pela interceptação da energia luminosa, do  $\text{CO}_2$  e da massa total de matéria seca produzida pela fotossíntese. Dessa forma, é possível definir a fase de maior luminosidade para a cultura do jambu sendo indicada para sua produção, acarretando em maiores produtividades de crescimento foliar quando este for o fator de maior interesse no cultivo.

Em função da interação dos fatores houve significância entre os fatores ( $p \leq 0,05$ ), apresentando diferença estatística para a variável razão de peso das folhas (RPF) com superioridade do Período de chuvas em relação ao Período seco, bem como dentro de acessos foi possível observar uma preeminência do acesso Belém em detrimento dos demais ao longo dos dois períodos com respectivamente  $9,54 \text{ g g}^{-1}$  para o Período de chuvas e  $9,06 \text{ g g}^{-1}$  no Período seco (Tabela 4). Segundo Casais et al. (2020) Aumentos de RPF mostram que a proporção de biomassa retida nas folhas e exportada para outras partes depende da interceptação da radiação solar e do ambiente em que a planta está inserida. A condição de irrigação e nutrição das plantas também interfere positivamente no aumento dessa variável, o que proporciona bom rendimento para a cultura. Tal fator pode ser explicado pela maior quantidade de água armazenada nas folhas, diante da condição climática do período, através dos maiores índices de pluviosidade observados na Figura 1, já supracitado, corroborando com os dados de QAPA.

A partir do observado na Tabela 4 para valores de Área foliar específica (AFE), houveram resultados significantes para a interação entres os fatores, destacando o Período seco com maiores médias em relação ao Período de chuvas para esta variável. Tendo novamente o acesso Belém com maior rendimento em detrimento das demais com  $3,42 \text{ dm}^2 \text{ g}^{-1}$  no período seco e  $2,55 \text{ dm}^2 \text{ g}^{-1}$  no período de chuvas ( $p \leq 0,05$ ), seguido pelo acesso Benevides no Período seco com  $3,51 \text{ dm}^2 \text{ g}^{-1}$ . As plantas dedicam maior parte dos seus processos de fotoassimilação e outros métodos para ampliar a área das folhas, isso resulta em maior AFE e folhas com menor massa por área. Essas modificações ocorrem com o objetivo de aumentar a área de espaço útil do processo de fotossíntese, este espaço é aumentado para melhorar a absorção da luz solar, o que até um certo limite este aumento pode ser interessante para se obter folhas de jambu de

aspecto mais tenros (MONTEIRO, 2019). Os valores de AFE podem variar a depender do ambiente de cultivo e da incidência luminosa da área, estando os valores encontrados em conformidade com altos índices para a cultura.

Tabela 4 - Valores médias da relação de área foliar (RAF); razão de peso das folhas (RPF); área foliar específica (AFE), peso específico foliar (PEF), quantidade de água na parte aérea (QAPA) e índice de área foliar (IAF) de massa verde em cinco acessos de jambu coletados no estado do Pará. Gurupi-TO, 2023

SISTEMA	RAF (dm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	RPF (g g <sup>-1</sup> )	AFE (dm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	PEF (g dm <sup>-2</sup> )	QAPA (g)	IAF (cm <sup>2</sup> / planta)
PERÍODO DE CHUVAS						
Belém	2,55 aB	9,54 aA	2,55 aB	0,39 cA	56,21 eA	1,00 aB
Benevides	2,01 bB	9,29 bA	2,01 bB	0,49 bA	69,84 dA	0,92 bB
Capanema	1,87 bB	8,38 dA	1,87 bB	0,54 bA	80,12 aA	0,90 bB
Paragominas	1,86 bB	8,85 cA	1,86 bB	0,54 bA	78,39 bA	0,98 aB
Santarém	1,29 cB	8,01 eA	1,29 cB	0,77 aA	75,09 cA	0,66 cB
PERÍODO SECO						
Belém	3,42 aA	9,06 aB	3,42 aA	0,29 bB	54,22 dB	1,35 bA
Benevides	3,51 aA	8,75 bB	3,51 aA	0,28 bB	55,94 cB	1,72 aA
Capanema	3,04 bA	7,79 cB	3,04 bA	0,33 bB	57,65 bB	1,30 cA
Paragominas	2,26 cA	7,86 cB	2,25 cA	0,44 aB	64,33 aB	1,27 cA
Santarém	3,04 bA	7,72 cB	3,04 bA	0,33 bB	56,85 bcB	1,37 bA
Período (P)	**	**	**	**	**	**
Acesso (A)	**	**	**	**	**	**
P x A	**	**	**	**	**	**
CV (%)	5,11	0,74	5,11	4,67	0,93	1,41

Médias seguidas por letras maiúsculas compara os períodos do ano de avaliação e minúscula a origem dos acessos dentro de cada época do pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) de probabilidade, \*\*=significativo a 5 % de probabilidade; NS: não significativo. Fonte: Dados da pesquisa

O peso específico foliar (PEF) se mostrou significativo em todos os parâmetros a  $p \leq 0,05$  com valores expressivos quando comparados, estando o Período de chuvas em vantagem sobre o Período seco, tendo o acesso Santarém 0,77 g dm<sup>-2</sup> com melhor resultado para o período, resultado este acima do melhor resultado no Período seco com 0,44 g dm<sup>-2</sup> para o acesso Paragominas, inferior aos demais acessos no Período de chuvas (Tabela 4). O comportamento de PEF, RAF, AFE e RPF é indicativo da espessura da folha, da porcentagem de superfície que é assimilada e da capacidade da planta de se adaptar à diferentes ambientes (BENINCASA, 2003). Demonstrando com base na Figura 1 e nos dados observados na Tabela 4 para esta variável que a radiação se manteve acima dos 1500 KJ/m<sup>2</sup> durante todo o período de Período de chuvas com alta incidência de luminosidade o que favoreceu o espessamento das folhas e consequentemente aumento de PEF, com variação de valores entre os acessos, o que nos sugere haver distinção entre os acessos analisados.

Os valores de QAPA estão em concordância a partir da análise estatística em que há significância ao nível  $p \leq 0,05$ , apresentando o período de chuvas superior ao Período seco a partir do desdobramento dos dados. Tendo o acesso Capanema sobressalente aos demais no Período de chuvas com 80,12g (Tabela 4) e o acesso Paragominas com maior média em relação aos acessos do Período seco (64,33g). Dados que confirmam maior quantidade de água na parte aérea da planta de jambu no período chuvoso, comprovando um maior armazenamento da planta de água a partir da abundância do líquido disponibilizado no período (Figura 1) e consequentemente como já supracitando acima a partir da Tabela 2 uma maior massa fresca de folhas.

Dessa forma, estes resultados comprovam que o desempenho dos acessos em detrimento a disponibilidade hídrica depende tanto das condições edafoclimáticas assim como do material genético adotado. Resultados que estão em conformidade com materiais propagados nas condições climáticas do centro de origem do material utilizado neste experimento, conforme elucidado por Barral (2021) em seu trabalho com que buscava entender se o nível de sombreamento influencia no desempenho agrônomico de variedades de jambu na região metropolitana de Belém no Pará, que obteve em sua pesquisa o jambu de flor amarela com média de 63,63 g planta<sup>-1</sup>.

O índice de área foliar (IAF) apresentou resultados significativos ( $p \leq 0,05$ ) com superioridade do Período seco em relação ao Período de chuvas, com melhor representatividade entre os acessos o de Benevides (1,72 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) para a época de Período seco e os acessos de Belém (1,00 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) e de Paragominas (0,98 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) no Período de chuvas com valores semelhantes (Tabela 4). Um aumento na área foliar e no IAF podem estar intimamente relacionados às alterações anatômicas observadas nas folhas adaptadas as condições do ambiente onde está inserida sendo a pleno sol ou sombreio, podem apresentar cutículas e epiderme mais finas, menor espessura mesofilica, menor porcentagem de tecidos que atuam como condutores e suporte, além de uma maior porcentagem de espaços entre as células e uma densidade estomática reduzida (GOBBI et al., 2011).

Através da Tabela 5, verifica-se interação significativa para os fatores ( $p \leq 0,05$ ). Diante disso e a partir do desdobramento tanto os acessos como o período houve significância para Índice de clorofila *a*, *b* e total. O desempenho fotossintético das plantas é uma característica que sofre alterações devido a características genéticas, morfológicas e ambientais (TAIZ et al., 2017).

Tabela 5 - Valores médios do índice de clorofila *a* (Chl *a*), clorofila *b* (Chl *b*) e clorofila total (Chl total) de massa verde em cinco acessos de jambu coletados no estado do Pará. Gurupi-TO, 2023

SISTEMA	CLOROFILA <i>a</i> (ICF)	CLOROFILA <i>b</i> (ICF)	CLOROFILA TOTAL (ICF)
PERÍODO DE CHUVAS			
Belém	29,60 cA	9,83 a	39,43 bA
Benevides	31,08 bB	8,61 ab	39,68 abB
Capanema	25,57 dB	7,77 b	33,33 cB
Paragominas	32,62 aA	8,52 ab	41,15 aA
Santarém	30,20 bcB	8,31 b	38,51 bB
PERÍODO SECO			
Belém	28,99 cA	7,36 c	36,34 dB
Benevides	33,73 aA	8,93 ab	42,67 bA
Capanema	31,03 bA	7,69 bc	38,72 cA
Paragominas	30,85 bB	8,06 bc	38,91 cB
Santarém	34,79 aA	10,25 a	45,04 aA
Período (P)	**	NS	**
Acesso (A)	**	**	**
P x A	**	**	**
CV (%)	1,68	6,39	1,64

Médias seguidas por letras maiúsculas compara os períodos do ano de avaliação e minúscula a origem dos acessos dentro de cada época do pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) de probabilidade, \*\*=significativo a 5 % de probabilidade; NS: não significativo. Fonte: Dados da pesquisa

Segundo a Tabela 5, houve interação significativa ( $p \leq 0,05$ ) para a variável Índice de clorofila *a* (Chl *a*), que a partir do desdobramento dos dados apresentou significância para período, sobressaindo-se o Período seco. Dentro de acessos houve sobressalência dos acessos provindos de Santarém (34,79 ICF) e Benevides (33,73 ICF) em relação aos demais, assim como no Período de chuvas o acesso de Paragominas (32,62 ICF) apresentou-se superior aos demais. Os pigmentos envolvidos na fotossíntese incluem clorofilas *a* e *b*, carotenoides e outros pigmentos auxiliares. A clorofila *a* é usada na primeira fase (fotoquímica), estreitamente ligada a outros pigmentos que transmitem energia luminosa (TAIZ et al., 2017). Por outro lado, as clorofilas têm uma ligação direta com o processo de fotossíntese, onde a eficiência elevada leva a planta a um aumento na produtividade. Essa ligação se dá principalmente devido à utilização da radiação presente nesses pigmentos (MONTEIRO, 2019). Em dados publicados por Araújo et al. (2021) é possível observar valores de Chl *a* abaixo de 24 ICF, denotando uma alta produção de fotoassimilados pelas plantas cultivadas nas condições de clima do cerrado tocantinense, muito provavelmente em função do alto índice de radiação solar registrado na área.

Com relação a clorofila *b* (Chl *b*), na Tabela 5 há interação significativa entre os fatores ( $p \leq 0,05$ ), no entanto, para período não houve diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ), sendo apenas

acessos com diferenças estatísticas, tendo o acesso de Santarém (10,25 ICF) superior aos demais analisados entre os períodos. De acordo com Filgueira (2013), temperatura e luz são os fatores limitantes para o cultivo em épocas e locais específicos ao longo do ano. Por conta disso, existem variedades de plantas mais adequadas a cada faixa de temperatura, o que pôde ser observado através das diferenças entre os acessos. Sendo o processo de fotossíntese inibido por temperaturas muito abaixo ou acima de 30° C (GASTALDI, 2023). A clorofila *b* é encontrada em plantas, algas verdes e euglenófitas. Plantas que realizam fotossíntese oxigenada possuem clorofila *a* e cores adicionais, como a clorofila *b*, que são encontradas em plantas superiores (TAIZ et al., 2017). Bhatla e Manju (2018) discorrem que a clorofila é um pigmento e o principal sensor de luz no sistema fotossintético. Exibindo duas variedades principais em plantas vasculares que são a clorofila *a* e a clorofila *b*, a proporção destas é normalmente de 3:1.

Quanto a variável Clorofila total (Chl total) houve significância dentro da interação dos fatores, que a partir do desdobramento dos dados, apresentou o Período seco com superioridade em relação ao Período de chuvas. Com superioridade do acesso de Santarém na época de Período seco com 45,04 (ICF) em comparação aos demais em mesmo período, assim como no Período de chuvas o acesso de Paragominas (41,15 ICF) foi superior. O pigmento natural mais abundante na natureza, a clorofila, está presente na maioria das plantas. A composição do seu conteúdo é afetada por múltiplos fatores bióticos e abióticos e esses fatores estão associados ao processo fotossintético (TAIZ e ZEIGER, 2013). É possível inferir que em ambientes com altos índices de radiação, em torno de 1600 KJ m<sup>-2</sup> (Figura 1) em junção de altas temperaturas (acima de 30°C), há alta produção de clorofila em plantas de jambu que podem ultrapassar os 45 ICF e por subsequente incremento de fotoassimilados na planta o que pode resultar em folhas mais espessas e de coloração mais escura.

Quanto ao ciclo o acesso Belém, Benevides, Paragominas e Santarém apresentaram 87 dias de ciclo enquanto Capanema obteve 76 dias após semeadura (DAS) no período seco. Sendo que no período de chuvas houve 97 DAS para todos os acessos até a colheita, período este com mais dias da cultura a campo. Segundo Borges (2009) o ciclo do jambu gira em torno de 45-70 dias em seu ambiente ideal de cultivo, no estado de São onde as temperaturas são mais baixas em torno dos 20 °C o registro é de 90 dias de ciclo na espécie. O que coloca o presente estudo dentro da normalidade de cultivo, para ambos os períodos, estabelecendo o cerrado tocantinense como propício a produção da cultura.

#### **4 CONCLUSÕES**

O período de cultivo dos acessos de jambu influencia a características ou variáveis morfológicas.

Para as características fisiológicas ambos os períodos e acessos apresentam um bom desempenho.

Os acessos coletados em Belém e Capanema (inflorescência roxa) são os mais indicados para cultivo no período de chuvas, enquanto que no Período seco os acessos de Paragominas e Benevides se sobressaem.

O material de ciclo mais precoce foi o acesso coletado em Capanema, com ciclo de 76 DAS no primeiro período.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F. L. S. **Cultivo do jambu em canteiros com compostagens laminares realizadas com resíduos orgânicos disponíveis na Amazônia Oriental**. 2020. 41 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Agricultura Orgânica. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica. 2020.
- ARAÚJO, I. F. et al. Larvicidal effect of hydroethanolic extract from the leaves of *Acmella oleracea* L. R. K. Jansen in *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. **South African Journal of Botany**. v. 117, p. 134–140, 2018.
- ARAÚJO, J. M. et al. Curva de absorção de nutrientes em jambu (*Spilanthus oleracea* L.), cultivado em sistema hidropônico. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, p. 553-564, 2021.
- BARRAL, D. S. **O nível de sombreamento influencia no desempenho agrônomico de variedades de jambu (*Acmella oleracea*)?** 2021. 53 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Agronomia. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém. 2021.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.
- BHATLA, S. C.; MANJU, A. L. **Plant physiology, development and 49etabolismo**. s/v.: 1237 p., 2018.
- BORGES, L. S. **Biomassa, teores de nutrientes, espilantol e atividade antioxidante em plantas de jambu (*Acmella ciliata kunth*) sob adubações mineral e orgânica**. 2009. 108 f. Tese (Doutorado) – Curso de Agronomia (Horticultura), Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp, Botucatu, 2009.
- BORGES, L. S.; GOTO, R.; LIMA, G. P. P. Índices morfo-fisiológicos e produtividade de cultivares de jambu influenciadas pela adubação orgânica e mineral. **Bioscience Journal. Uberlândia**. v. 30, p. 1768-1778, 2014.
- CASAIS, L. K. N. et al. Morphophysiological indices and chlorophyll of Peppermint cultivated under different growing systems. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**. v. 11, p. 304-316, 2020.
- COELHO FILHO, M. A. et al. A. Método para estimativa do IAF de árvores isoladas ou de plantações com dossel fechado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 529-538, 2012.
- DESCHAMPS, C. et al. Produção de biomassa. Teor e composição do óleo essencial de *Mentha x piperita* L. em resposta a fontes e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. v. 14, p. 12-17, 2012.
- DUBEY, S. et al. Phytochemistry. Pharmacology and Toxicology of *Spilanthus acmella*: a review. **Advances In Pharmacological Sciences**. s/v, p. 1-9, 2013.
- EMBRAPA. **Hortaliças não convencionais: Hortaliças tradicionais- Jambu**. Brasília: Embrapa Hortaliças. 2017. 2 p.

FAVORETO. R.; GILBERT. B. *Acmella oleracea* (L.) R. K. Jansen (Asteraceae) – Jambu. **Revista Fitos**. v. 5, p. 83-91, 2010.

FERREIRA. D. F. **SISVAR – Sistema de análise de variância**. Versão 5.4. UFLA. Lavras-MG. 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. **Rev. ampl.** s/v. 421 p., 2013.

GASTALDI, V. **Influência do ferro na produção de massa, área foliar e índice de clorofila total na Baby Leaf rúcula**. 2023. 44 f. TCC (Trabalho de conclusão de curso) – Curso de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2023.

GOBBI. K. F. et al. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 40, p. 1436-1444, 2011.

HENRIQUE, P. C. et al. Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de mudas de café cultivadas sob telas de diferentes colorações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 458-465, 2011.

HOMMA. A. K. O. et al. Etnocultivo do jambu para abastecimento da cidade de Belém. Estado do Pará. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 6, p. 125–142, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Catálogo de estações automáticas de Gurupi**. 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/paginas/catalogoaut>. Acesso em: 1 ago. 2023.

LOPES. M. A. P. et al. Caracterização de acessos de pimenta cumari de distribuição natural para fins de melhoramento genético. **Revista Agrogeoambiental**, v. 8, p. 105-115, 2016.

MONTEIRO, S. M. F. **Desempenho de variedades de jambu cultivadas sob diferentes níveis de sombreamento**. 2019. 50 f. TCC (Trabalho de conclusão de curso) - Curso de Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Capanema, 2019.

POSSE, R. P. et al. Total leaf area of papaya trees estimated by a non destructive method. **Scientia Agricola**, v. 66, p. 462-466, 2009.

PRECZENHAK. A. P. et al. Caracterização agrônoma de genótipos de minitomate. **Horticultura Brasileira**, v. 323, p. 348-356, 2014.

QUEIROZ. J. E.; SILVA. G. H.; SOUZA NETO. A. G. Avaliação estatística da área foliar através de modelos de equações em duas espécies florestais. **Revista Verde**. Mossoró. v. 8. n. 1. p. 146-153. 2013.

SAMPAIO. I. M. G. et al. Recipientes e densidades de semeadura combinadas com o tempo na produção de mudas de jambu. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 62, p. 1-10, 2019.

SAMPAIO. I. M. G. et al. Productive and physiological performance of jambu genotypes cultivated in hydroponics. **Horticultura Brasileira**, v. 40, p. 190-196, 2022.

SILVEIRA, N.; SANDJO, L. P.; BIAVATTI, M. W. Spilanthol-containing products: A patent review (1996–2016). **Trends in Food Science and Technology**, v. 74, p. 107–111, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 5. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2013. 918p.

TAIZ, L. et al. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal* In: TAIZ, L. et al. (eds). 6<sup>th</sup> ed. Artmed Editora. 2017.

## CAPÍTULO II

### BIOMASSA DE INFLORESCÊNCIAS DE ACESSOS DE JAMBU (*Spilanthes oleracea* L) NAS CONDIÇÕES DE CERRADO

#### RESUMO

As inflorescências de jambu (*Spilanthes oleracea* L.) são capítulos globosos que sinalizam o início do fim do ciclo da espécie e a sua produção pode ser acompanhada por um bom tempo se cultivadas em ambiente e período adequados. A sua conformação morfofisiológica é pouco estudada e pouco se sabe suas características. Objetivou-se avaliar as inflorescências de cinco acessos de Jambu nas condições edafoclimáticas do cerrado Tocantinense. Acessos de jambu foram avaliados em campo em duas épocas do ano no delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 2, sendo cinco acessos de origens diferente (Belém, Benevides, Capanema, Paragominas e Santarém) e duas épocas de cultivo (Período de chuvas e Período seco) em três repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey e as características avaliadas foram: número de inflorescências (NI), massa fresca total (MFT), massa fresca individual (MFI), diâmetro de inflorescência (DI), comprimento de inflorescência (CI), peso seco de inflorescências (PSI), área de inflorescência (AI), volume de inflorescência (VI), Quantidade de água em inflorescência (QAI), fator de forma (FF), relação peso de inflorescência (RPI) e produtividade de massa verde (PROD). O período que demonstrou melhor desempenho para as plantas de *S. oleracea* foi o Período de chuvas com melhores índices morfofisiológicos para maioria das variáveis analisadas, bem como os acessos provindos de Benevides e de Capanema (inflorescência roxa) são os mais indicados para produção no Período seco enquanto no Período de chuvas o acesso que obteve melhores resultados foi o coletado de Benevides, sendo estes materiais altamente indicadas para cultivo e posterior incremento em programas de melhoramento genético.

**Palavras- Chave:** Hortaliça não-convencional. Capítulo floral. Morfofisiológico. Produtividade de inflorescência.

## BIOMASS OF JAMBU INFLORESCENCES (*Spilanthus oleracea* L.) UNDER CERRADO CONDITIONS

### ABSTRACT

The inflorescences of jambu (*Spilanthus oleracea* L.) are globular capitula that signal the beginning of the end of the species' life cycle. Their production can be sustained over an extended period when cultivated in suitable environments and during appropriate seasons. However, the morphophysiological characteristics of these inflorescences are poorly studied, and little is known about their specific traits. This study aimed to evaluate the inflorescences of five jambu accessions under the edaphoclimatic conditions of the Tocantins Cerrado. Jambu accessions were evaluated in the field during two growing seasons using a randomized block design in a  $5 \times 2$  factorial arrangement, consisting of five accessions from different origins (Belém, Benevides, Capanema, Paragominas and Santarém) and two cultivation periods (rainy season and dry season), with three replications. Means were compared using Tukey's test. The traits evaluated included: number of inflorescences (NI), total fresh mass (TFM), individual fresh mass (IFM), inflorescence diameter (ID), inflorescence length (IL), dry weight of inflorescences (DWI), inflorescence area (IA), inflorescence volume (IV), water content in the inflorescence (WCI), shape factor (SF), inflorescence weight ratio (IWR), and green mass yield (YIELD). The rainy season demonstrated the best performance for *S. oleracea* plants, with superior morphophysiological indices for most of the variables analyzed. The accessions from Benevides and Capanema (with purple inflorescences) were best suited for production during the dry season, while during the rainy season, the Benevides accession showed the best results. These accessions are highly recommended for cultivation and potential inclusion in future genetic improvement programs.

**Keywords:** Flower chapter. Inflorescence yield. Morphophysiology. Non-conventional vegetable.

## 1 INTRODUÇÃO

O jambu (*Spilanthes oleracea* L.) é uma planta pertencente à família Asteraceae, nativa da região amazônica bastante cultivada e consumida na região Norte do Brasil principalmente no estado Paraense onde tem vasto uso alimentício e medicinal (BORGES et al., 2020). Atualmente a cultura está sendo difundida em escala nacional e internacional pela sua composição de componentes ativos como o espilantol, que na planta é parte constituinte principalmente das inflorescências, que ao paladar denota uma sensação de efeito anestésico e formigamento na boca (SAMPAIO et al., 2018).

A flores do jambu são hermafroditas, pequenas, de cor geralmente amareladas, na pálea do cálice pode apresentar áreas arroxeadas distintas, de fácil visualização em capítulos ainda imaturos. Suas flores são dispostas em capítulos globosos terminais, que podem medir cerca de 1,0 cm de diâmetro, entretanto, tais características podem sofrer variações entre as plantas (MARTINS et al. 2012), portanto, apresentando variados tamanhos e formas. É cultura de ciclo curto dependendo da localidade, com início da fase reprodutiva cerca de 25 dias após o transplante. O seu período de crescimento varia de 45 a 70 dias, dependendo do clima ao qual está exposto (CARDOSO, 2023) e da sanidade das sementes cultivadas.

Os parâmetros relacionados à produção de inflorescências de jambu são de extrema importância, pois a maior parte dos compostos demandados pelas indústrias cosméticas e farmacêuticas são encontrados nelas (BORGES et al., 2020). Tais inflorescências, apresentam em média comprimento de 2,5cm, conglomerando-se cerca de 400 a 600 flores diminutas (MARTINS et al., 2012; HIND e BIGGS, 2003). É o principal insumo para a fabricação de cosméticos devido à sua alta concentração de alcaloides (HOMMA et al., 2011).

Diversos processos morfofisiológicos do desenvolvimento vegetal são mais bem avaliados através da medição do sistema de produção final de crescimento (PEDÓ et al., 2018). A caracterização morfológica e agrônômica das inflorescências permite estudar a variabilidade genética, assim como identificar características promissoras ao melhoramento (PRIORI et al., 2018). É de suma importância para melhorar a eficiência dos trabalhos de melhoramento de espécies já cultivadas obter informações a respeito da caracterização de determinados genótipos dos Bancos de Germoplasma visando entender a variabilidade existente assim como os materiais adaptados a condições climáticas (LOPES et al., 2016) e susceptibilidade a patógenos.

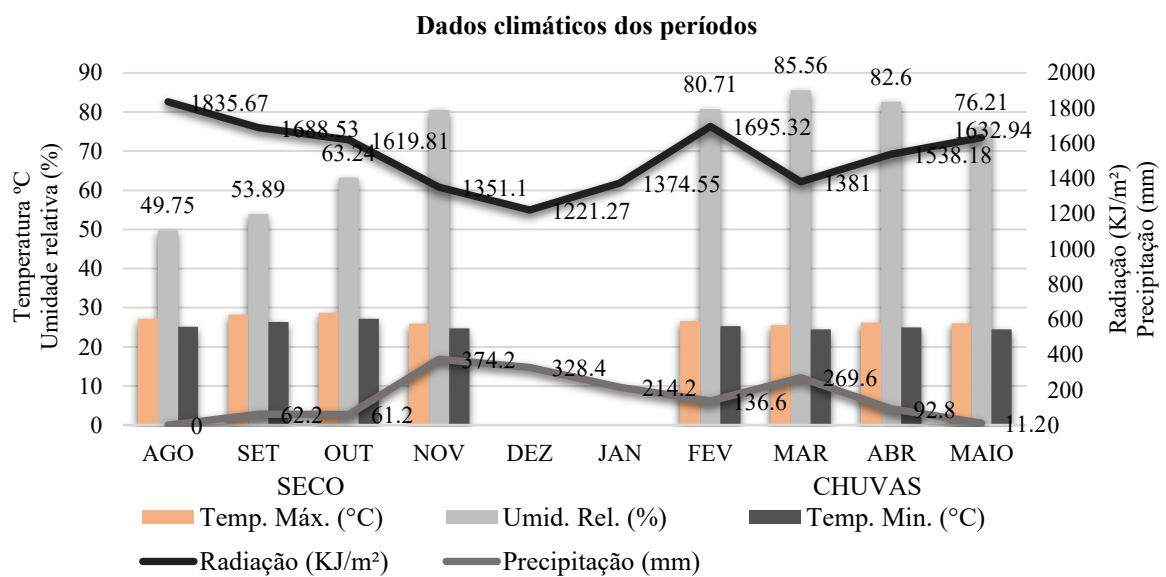
Porém apesar de toda importância cultural da espécie, ainda há escassez de trabalhos que ressaltem a importância do desempenho floral da cultura, em especial na região de

Tocantins, sendo assim o trabalho tem por objetivo avaliar as inflorescências de cinco acessos de Jambu nas condições edafoclimáticas do cerrado Tocantinense.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no setor de Olericultura do Campus Universitário de Gurupi – CAUG, da Fundação Universidade Federal do Tocantins, localizada na latitude sul 11°43'45" e longitude oeste 49°04'07" com altitude média de 280 m. O clima da região é caracterizado por apresentar domínio climático tropical semi-úmido, possuir uma estação com estiagem aproximada de 4 meses. O clima da região é do tipo “Aw”, segundo a classificação de Köppen, isto é, tropical chuvoso com estação seca bem definida, com temperatura média anual de 26,5°C (Figura 1). A umidade relativa do ar varia entre 50% e 90% e o solo é classificado como Latossolo vermelho-amarelo distrófico, de textura franco-arenosa (Tabela 1).

Figura 1- Dados climáticos coletados correspondente ao primeiro e segundo período de experimento do município de Gurupi-TO, respectivamente, dos meses agosto a novembro de 2022 e dos meses de fevereiro a maio de 2023. A seguir apresentados dados de Temperatura °C, Umidade relativa do ar (%), Radiação solar (KJ/m<sup>2</sup>) e Precipitação (mm)



Fonte: Inmet, 2023.

Tabela 1 - Atributos químicos e físicos do solo situado na área experimental de olericultura da UFT, campus Gurupi, 2022 (Período seco) e 2023 (Período de chuvas)

Período	pH	P <sub>meh</sub>	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	K	Ca	Mg	Al	H+Al	M.O	C.O	V	Areia	Silte	Argila
	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>		.....	cmolc dm <sup>-3</sup>	.....	.....	.....	Dag kg <sup>-1</sup>	%	.....	g.kg <sup>-1</sup>	.....	.....
O/I	5,2	40,1	11	0,10	2,1	0,7	0	2,5	1,5	0,9	54	725	50	225
P/V	5,25	139,7	2,5	0,23	5,89	2,92	0,13	1,5	0,7	0,9	58	700	50	250

M.O.: Matéria orgânica; P: fósforo; Mn: Manganês; S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>: sulfato; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; H: hidrogênio; C.O: Carbono orgânico total; V%: saturação por bases.

Fonte: Dados da pesquisa

O delineamento experimental adotado para cada época de cultivo foi blocos ao acaso, em esquema fatorial (5 x 2), com três repetições. Foram avaliados cinco acessos de jambu sendo eles quatro de inflorescência amarela e um de inflorescência roxa em dois períodos de produção (Período de chuvas e Período seco). Esses acessos foram coletados no estado do Pará, nos seguintes municípios: Belém; Benevides; Capanema (Material de inflorescência roxa); Paragominas e Santarém. A fase de mudas foi conduzida em bandejas de poliestireno expandido com 128 células, em viveiro com dimensões de 5 x 2,5 m, pé direito de 2,5 m com telado de plástico 150 micras e lateral com sombrite 50% (APENDICE A), o substrato utilizado foi o Substrato comercial Biomix<sup>®</sup> Mudas & Plantio Orgânico, composto por casca de pinus moída e compostada, Bokashi (aditivo com Macros e Micros nutrientes).

A semeadura para o primeiro período de experimento foi realizada no início de setembro de 2022 dia 04, apenas com resalto ao acesso de Capanema que foi realizada semeadura no dia 15 de setembro de 2022, e permaneceram em viveiro até transplante pelo período de 39 e 28 dias respectivamente. O segundo período de experimento se deu no início de fevereiro de 2023 dia 13, para todos os acessos, permanecendo em viveiro durante a fase de mudas pelo período de 46 dias até que as plântulas apresentassem 4 folhas definitivas quando foram transplantadas, durante esse período foram feitas irrigações diárias nas horas mais frescas do dia, assim como demais tratamentos culturais como aplicações semanais de nitrato de amônio na dose de 90 mg de N L<sup>-1</sup> como recomendado por Cardoso e Ustulin Filho (2013) por proporcionar maior massa da matéria fresca e número de folhas na colheita.

A condução dos experimentos a campo foi realizada em canteiros, com parcelas de 1,5 m de comprimento por 1,0 m de largura. Cada parcela foi formada por 28 plantas, sendo considerado como parcela útil as 14 plantas centrais. O espaçamento utilizado foi de 0,25 cm entre plantas e 0,25 cm entre linhas (APENDICE B). Foi realizada capina manual nos canteiros sempre que necessário, para a retirada de daninhas. A irrigação foi realizada através de mangueira dupla de gotejamento dispostas sobre o canteiro, com vazão de 1,6 L h<sup>-1</sup> por todo o ciclo do jambu, sendo cada bico de gotejo abrangendo uma planta.

A adubação complementar ao longo do seu ciclo se deu a partir de análise de solo da área plantada (Tabela 1) que posteriormente ocasionou na realização de adubações complementares de cobertura aos 20 dias após o transplante, conforme recomendação proposta por Deschamps et al. (2012) na utilização de doses de 20 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio tendo como fonte a ureia, sendo suficiente para que houvesse uma boa produtividade da cultura em biomassa. Sendo assim, convertidos para 22,5 m<sup>2</sup> de área de canteiros foram utilizadas no proposto trabalho doses de 45 g m<sup>-2</sup> de nitrogênio no cultivo do jambu em canteiros.

Foram colhidas quatorze plantas de cada acesso por repetição, de cada planta foram utilizadas todas as inflorescências contadas nas avaliações por unidade de planta. A colheita das plantas ocorreu quando todas estavam em pleno crescimento, com pelo menos 50% das inflorescências aparecendo, pelo período da manhã, onde foram selecionadas e transportadas imediatamente ao laboratório para efetuar a separação e avaliação das mesmas (APENDICE E).

As partes foram lavadas em água corrente para retirada do calor de campo e grandes impurezas e prosseguiu-se com as respectivas avaliações em laboratório, que consistiram de:

## 2.1 Análises morfológicas

### 2.1.1 Número de inflorescências

Determinado o total de inflorescências de cada planta de cada tratamento, partindo sempre dos galhos inferiores até o apical, por contagem manual.

### 2.1.2 Massa fresca individual da inflorescência (g)

Avaliado por meio da pesagem individual em balança digital de precisão da massa fresca das inflorescências, expressa em gramas/inflorescência.

### 2.1.3 Massa Fresca Total das inflorescências (g)

Avaliado por meio da pesagem em balança digital de precisão da massa fresca das inflorescências, expressa em gramas/ inflorescência.

### 2.1.4 Comprimento de inflorescência (cm)

Obtido por meio da medição da base do cálice ao ápice da inflorescência com uso de paquímetro digital (Figura 2).

Figura 2 - Corte longitudinal e diâmetro (cm) de inflorescência de jambu, diferenciação de material amarelo (A) e roxo (B), Gurupi-TO, 2024



Fonte: Dados da pesquisa

### 2.1.5 Diâmetro de inflorescência (cm)

Obtido por meio da medição da circunferência horizontal da inflorescência (Figura 1) com uso de paquímetro digital.

### 2.1.6 Produtividade

Calculado através da massa fresca pelo número de inflorescências por repetição (sendo usadas as inflorescências de quatorze plantas úteis por parcela).

### 2.1.7 Área de inflorescência (mm<sup>2</sup>)

Determinado a partir de medidas lineares de comprimento e largura conforme equação expressa de materiais cilíndricos:  $2\pi r h + 2\pi r^2$ .

### 2.1.8 Volume de inflorescência (mm<sup>3</sup>)

Determinado a partir de medidas lineares de comprimento e largura conforme equação expressa de materiais cilíndricos:  $\pi r^2 h$ .

### 2.1.9 Peso seco (g)

Foram acondicionadas em sacos de papel identificados com os tratamentos e postas para secar em estufa de circulação forçada de ar sob a temperatura média de 65°C, durante um período de 72 horas, até peso obter constância e ser pesado em balança digital de precisão.

## 2.2 Análise de crescimento

### 2.2.1 Índice de área de Inflorescências (IAI)

Determinado através da razão entre os valores da área de inflorescência total e área de solo ocupada pelas plantas, obtidos em cada amostragem para as diferentes plantas:  $IAI = A_{total}/AS$ .

### 2.2.2 Razão de peso das inflorescências (RPI)

A razão de peso de inflorescências foi calculada pela razão entre a massa seca de inflorescências e a massa seca total:  $RPF = M_{inflorescência}/M_{total}$  (g g<sup>-1</sup>).

### 2.2.3 Quantidade de água em inflorescência (QAI)

A quantidade de água em inflorescência foi obtida através da diferença entre a massa de matéria fresca e seca das inflorescências das plantas avaliadas.  $QAI = MF - MS$  (g).

#### 2.2.4 Fator de forma (FF)

A razão do comprimento pelo diâmetro das inflorescências, que determina sua conformação espacial.

### **2.3 Análise estatística**

Todos os dados obtidos foram analisados estatisticamente através da análise de variância, com teste F. Quando houve significância para o fator foi aplicado teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para a comparação de médias. Todas as análises realizadas foram feitas pelo programa SISVAR (FERREIRA, 2010).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se efeito significativos ( $p \leq 0,05$ ) na interação entre os fatores Período de cultivo e Acessos de inflorescências de jambu para os atributos analisados: a quantidade de inflorescências, massa fresca total, massa individual de inflorescências, largura e comprimento de inflorescência e peso seco de inflorescências. Demonstrando que tanto o acesso quanto o período influenciaram nas qualidades fitotécnicas das inflorescências de jambu avaliadas, desta forma foi realizado o desdobramento entre os fatores (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios de número de inflorescências (NI), massa fresca total (MFT), massa fresca individual (MFI), diâmetro de inflorescência (DI), comprimento de inflorescência (CI) e peso seco de inflorescências (PSI) em cinco acessos de jambu coletados no estado do Pará. Gurupi-TO, 2024

ACESSO	NI	MFT (g)	MFI (g)	DI (mm)	CI (mm)	PSI (g)
PERÍODO DE CHUVAS						
Belém	18 eA	15,78 dA	0,89 cA	13,96 bcA	20,70 dA	1,88 abA
Benevides	39 aA	33,61 aA	0,85 cA	13,09 cB	25,80 aA	1,53 cA
Capanema	26 bA	22,70 cA	0,88 cA	14,09 bcA	22,08 cA	2,02 aA
Paragominas	23 cA	22,50 cA	0,99 bA	14,67 abA	24,08 bA	1,97 abA
Santarém	22 dA	27,10 bA	1,26 aA	15,75 aA	24,84 abA	1,66 bcA
PERÍODO SECO						
Belém	11 dB	8,20 bB	0,68 aB	12,97 bB	14,59 bB	0,81 bB
Benevides	13 cB	8,93 bB	0,72 aB	15,62 aA	17,64 aB	0,90 abB
Capanema	16 aB	8,87 bB	0,71 aB	11,34 cB	14,16 bB	1,17 aB
Paragominas	13 bcB	8,74 bB	0,67 aB	12,91 bB	15,20 bB	0,91 abB
Santarém	14 bB	9,08 aB	0,54 bB	13,39 bB	16,73 aB	0,95 abB
Período	**	**	**	**	**	**
Acesso	**	**	**	**	**	**
P x A	**	**	**	**	**	NS
CV (%)	1,70	3,57	4,59	4,03	2,40	10,07

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula corresponde a período não diferem entre si, médias seguidas pela mesma letra minúscula corresponde a acesso não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a ( $p \leq 0,05$ ) de probabilidade, \*\*=significativo a ( $p \leq 0,05$ ) de probabilidade; FP x S: Interação forma de propagação e sistema; ns= não significativo. Fonte: Dados da pesquisa

O período de Período de chuvas foi superior em relação ao Período seco em todos os acessos para número de inflorescências, demonstrando que mesmo o acesso com menor quantidade de inflorescências ainda foi superior a quantidade produzida pelo acesso mais produtivo do Período seco ( $p \leq 0,05$ ). Tendo como destaque o acesso Benevides no Período de chuvas com maior número de inflorescências produzidas por planta com média de 39 inflorescências (Tabela1), enquanto no Período seco o acesso Capanema foi o mais promissor com média de 16 inflorescências produzidas. A quantidade de inflorescência é importante economicamente, por estar nelas contido a maior concentração de princípios ativos (NEVES, 2018). Por isso a produção de inflorescências de jambu é crucial para o uso em subprodutos

derivados de seus princípios ativos, uma maior quantidade infere em maior rentabilidade de substâncias que apresentam usos farmacológicos ou no setor estético na fabricação de produtos e subprodutos de uso humano.

Em relação a variável Massa fresca total de inflorescência (MFTI) houve interação significativa ( $p \leq 0,05$ ), apresentando o Período de chuvas também como mais promissor nesta observação, com valores de massa bem superiores aos encontrados no Período seco, sendo também o acesso obtido em Benevides (33,61g) com superioridade em relação aos demais acessos, em relação ao Período seco o acesso provindo de Santarém (9,08g) sobressaiu-se aos demais de mesmo período.

É notável quão promissor o acesso Benevides se destaca aos demais, apresentando-se ser de grande interesse para se estabelecer em programas de melhoramento para fins de promover ainda mais melhorias na sua produção. A massa fresca de uma planta indica segundo Preczenhak et al. (2014) considerando o acúmulo de massa nas plantas, a diversidade genética pode estar ligada ao potencial genético do genótipo, além das condições de cultivo às quais as plantas são expostas. Assim, o maior desempenho obtido por alguns genótipos da espécie *S. oleracea* em termos de massa fresca total da inflorescência, mostra o potencial desses genótipos para serem utilizados em diversos sistemas de cultivos apresentam potencial para programas de melhoramento genético da cultura (MARTINS et al., 2012).

Para Massa fresca individual (MFI) foi possível observar interação significativa, sobressaindo-se mais uma vez o Período de chuvas sobre o Período seco ( $p \leq 0,05$ ). Onde o acesso proveniente de Santarém surpreendentemente foi o melhor dentre os demais acessos, demonstrando que por mais que o acesso provindo de Benevides tenha apresentado maior quantidade de inflorescências e maior massa fresca total, quando se trata de massa individual as inflorescências do acesso Santarém são mais proeminentes (1,26g por inflorescência), sugerindo inflorescências maiores e portanto, com maior quantidade de matéria seca, substâncias e/ou conteúdo de água que contribuam na sua massa.

Isso pode estar atribuído a tamanho e proporção dessas plantas, a área de endossamento de copa, pode influenciar no tamanho das inflorescências, plantas com maior crescimento e número de folhas possuem maior área fotossintética o que pode acarretar em mais energia destinada a produção de inflorescências na planta, assim como também sugere Majerowicz (2019) em que a acumulação de biomassa nas diversas áreas da planta é determinada por uma complexa interação de fatores ambientais como o desempenho fotossintético por área foliar, arquitetura do dossel da planta e fatores genéticos.

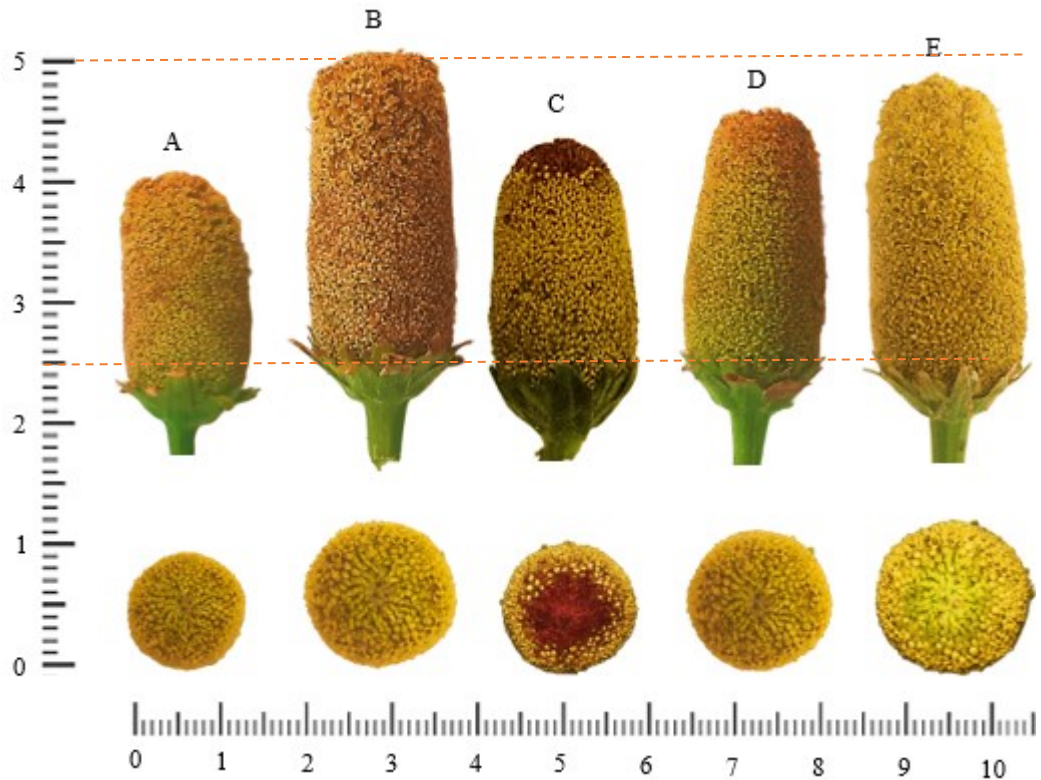
No que concerne a diâmetro de inflorescência (DI), após análise da Tabela 2, é possível identificar os acessos Santarém (15,75mm) no Período de chuvas (Figura 2) e Benevides (15,62mm) no período Outono Inverno promissores nesta variável com maiores médias em seus respectivos períodos. No entanto o Período de chuvas sobressaiu-se em relação ao Período seco com melhores índices nos demais acessos. Tal verificação denota um maior crescimento do diâmetro de inflorescências de *S. oleracea* quando cultivadas sob período com maior disponibilidade de umidade aliado a boas taxas de radiação solar.

Segundo Souza e Funch (2017), a fenologia reprodutiva, especialmente durante os estágios iniciais da floração, pode ser afetada por alterações temporais em fatores abióticos como precipitação, umidade, temperatura e fotoperíodo. Na literatura as inflorescências de jambu são descritas como dispostas em capítulos globosos terminais que podem medir cerca de 10,0 mm de diâmetro, no entanto, essas características podem variar entre os acessos (MARTINS et al. 2012), afirmando assim a superioridade das inflorescências cultivadas nas condições edafoclimáticas do Tocantins que ficaram acima da média esperada para a cultura.

Para Comprimento de inflorescências (CI) houve significância na interação entre os valores ( $p \leq 0,05$ ), tendo o Período de chuvas superior ao Período seco (Tabela 2). Entre os acessos o provindo de Benevides foi superior aos demais em ambos os períodos com máximo comprimento de 25,80 mm de inflorescência (Figura 3). O fator de comprimento é de extrema importância principalmente quando o que se objetiva é a produção e extração de compostos, pois nas inflorescências esses princípios ativos estão em maior concentração.

Segundo explana Favoreto e Gilbert (2010), os capítulos florais do jambu são pedunculados, homogêneos, discóides, e podem apresentar uma variação de comprimento de 10,5 a 23,5 mm. O que claramente através dos resultados mostra-se superior ao esperado pela cultura em demais regiões, demonstrando mais uma vez a superioridade de *S. oleracea* quando cultivada nas condições do ambiente Tocantinense, cujo crescimento é favorecido em detrimento da temperatura aliado a boa irrigação, portanto é possível inferir que a partir dos constantes cruzamentos da espécie e sua consequente evolução, atualmente capítulos florais de jambu podem ficar no intervalo de crescimento de 15 a 26mm de comprimento.

Figura 3 - Relação de comprimento e diâmetro de inflorescências de jambu dos acessos: A – Belém; B- Benevides; C – Capanema; D – Paragominas e E – Santarém, Gurupi-TO, 2024



Fonte: Dados da pesquisa

No que diz respeito ao Peso seco de Inflorescência (PSI) a partir do desdobramento dos dados foi possível inferir que o Período de chuvas se sobressaiu ao Período seco ( $p \leq 0,05$ ). O acesso provindo de Capanema foi majoritariamente superior aos demais em ambos os Períodos de chuvas e seco com 2,02 e 1,17 (g) respectivamente (Tabela 2). Isso significa que o acesso mencionado possui uma composição com menos água em comparação com os demais, o que pode indicar um acúmulo maior de proteínas, nutrientes, carboidratos e compostos como o Espilantol, que está presente no óleo essencial e também na matéria seca das inflorescências. Borges et al. (2020) citam que inflorescências de jambu possuem um alto teor de Espilantol, um acúmulo que também pode afetar seu peso seco. Pois boa parte da composição das inflorescências está associado a água, compostos e óleo essencial.

A partir da análise dos dados foi possível observar que houve efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) na interação entre os fatores Período de cultivo e Acessos de inflorescências de jambu para as características avaliadas: Área de inflorescência, Volume de inflorescência, Quantidade de água de inflorescência, Fator de forma, Relação peso de inflorescências, Índice de área de inflorescências e Produtividade. Demonstrando que tanto o acesso quanto o período influenciaram nas qualidades fitotécnicas das inflorescências de jambu avaliadas, desta forma o desdobramento entre os fatores foi realizado (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores médios da área de inflorescência (AI), volume de inflorescência (VI), Quantidade de água em inflorescência (QAI), fator de forma (FF), relação peso de inflorescência (RPI) e produtividade de massa verde (PROD) em cinco acessos de jambu coletados no estado do Pará. Gurupi-TO, 2024

ACESSO	AI (mm <sup>2</sup> )	VI (mm <sup>3</sup> )	QAI (g)	FF	RPI (g)	IAI (mm <sup>2</sup> /planta)	PROD (g)
PERÍODO DE CHUVAS							
Belém	3040,98 cA	12684,02 cA	13,90 dA	1,48 cA	0,056 aB	0,79 dA	220,91 dA
Benevides	3198,47 cA	13897,10 cA	32,08 aA	1,97 aA	0,025 dB	1,68 aA	470,59 aA
Capanema	3199,41 cA	13755,05 cA	20,69 cA	1,57 bcA	0,039 cB	1,14 cA	317,87 cA
Paragominas	3570,31 bA	16270,07 bA	20,54 cA	1,64 bA	0,044 bB	1,12 cA	315,01 cA
Santarém	4015,57 aA	19349,96 aA	25,43 bA	1,57 bcA	0,047 bB	1,36 bA	379,39 bA
PERÍODO SECO							
Belém	2248,11 cB	7735,44 cB	8,12 aB	1,08 bB	0,079 bA	0,41 bB	114,73 bB
Benevides	3263,85 aA	13519,55 aA	7,97 bB	1,13 abB	0,061 dA	0,45 aB	125,07 aB
Capanema	1822,83 dB	5776,01 dB	7,91 bB	1,25 aB	0,075 cA	0,44 abB	124,27 aB
Paragominas	2281,92 bcB	7974,70 cB	7,28 bB	1,18 abB	0,088 aA	0,44 abB	122,33 abB
Santarém	2533,11 bB	9425,24 bB	7,78 bB	1,25 aB	0,078 bcA	0,45 aB	127,17 aB
Período	**	**	**	**	**	**	**
Acesso	**	**	**	**	**	**	**
P x A	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	3,84	4,80	3,80	3,55	2,79	1,75	1,61

Fonte: Dados da pesquisa

Em relação a Área de Inflorescência foi possível observar que houve interação significativa entre os fatores ( $p \leq 0,05$ ), sendo o Período de chuvas superior ao Período seco com melhores índices, enquanto no fator acesso houve predominância do provindo de Santarém no Período de chuvas e do acesso provindo de Benevides no Período seco sobre os demais (Tabela 3). O capítulo floral do jambu possui forma cilíndrica, o que permite o cálculo de sua área, que por sua vez pode ser de extrema importância para maior compreensão da sua quantidade de compostos e matéria acumulada em uma única base floral. A área de inflorescência reflete uma base para o rendimento potencial da cultura no aproveitamento de princípios ativos. Em alguns estudos já feitos há demonstração do fato das inflorescências do jambu possuírem maior concentração de Espilantol do que demais órgãos como folha e caule (BALIEIRO et al., 2020; BARBOSA et al., 2016; DIAS et al., 2012) o que demonstra maior aproveitamento em inflorescências com maior área.

Para Volume de inflorescência observou-se valores significativos para Período e acessos ( $p \leq 0,05$ ), sendo o Período de chuvas com melhores índices em relação ao Período seco, enquanto no que concerne a Acesso, temos novamente os acessos Santarém no Período de chuvas e Benevides no Período seco como materiais mais promissores nesta variável (Tabela 3). Esta é uma variável pertinente para avaliar a capacidade de expansão e produção dos capítulos florais, o volume de inflorescências é estimado por meio de técnicas indiretas, como

equações volumétricas. Isso pode indicar que as plantas de jambu destinam na fase reprodutiva a maior parte de seus solutos e fotoassimilados e concentram nas inflorescências pois é onde ela encerra seu ciclo, conseqüentemente, aumentando o seu volume. Segundo Taiz et al. (2017) as inflorescências/flores e frutos são os órgãos drenos que para atingir a maturação demandam de grande quantidade de fotoassimilados. Da mesma forma que impacta diretamente no seu desenvolvimento.

De acordo com a Tabela 3, foi possível averiguar valores significativos para Quantidade de água nas Inflorescências (QAI) ( $p \leq 0,05$ ), sobressaindo-se o Período de chuvas em comparação ao Período seco. Bem como para acessos, houve superioridade do material provindo de Benevides sobre todos os acessos e períodos com 32,08g de líquido armazenado em massa fresca no Período de chuvas (Tabela 3). Este resultado pode indicar um maior armazenamento de líquido em inflorescências quando estas são produzidas em períodos com maior abundância de água, refletindo a sua plasticidade em armazenar e expandir sua conformação para acúmulo de líquidos. Isso explica os resultados obtidos na Tabela 2 em que o acesso Benevides apresentou maior valor de comprimento e menor valor de peso seco de inflorescência, corroborando resultados da referida variável QAI. Gaia et al. (2020) enfatizam que a performance da cultura em relação à disponibilidade de água está ligada ao material genético, ao método de plantio utilizado, bem como às condições edafoclimáticas. As células que compõem determinados órgãos das plantas dependem da pressão de turgor para crescer, assim como também pode ser afetado pela quantidade de água na planta (TAIZ et al., 2017).

A partir dos dados avaliados, houve resultado significativo para a variável Fator de Forma (FF) ( $p \leq 0,05$ ), apresentando o Período de chuvas superior ao Período seco, com melhor representatividade entre os acessos o provindo de Benevides (1,97) no Período de chuvas e os acessos Capanema e Santarém (1,25) no Período seco. O fator de forma de uma inflorescência indica sua conformação espacial em virtude do quociente entre o diâmetro e o comprimento da inflorescência, que pode ir de mais arredondada/achatada a mais oblongo a depender de quanto mais aproximado ou distante de 1 tem-se esse resultado. A partir dos dados analisados o Acesso provindo de Benevides apresentou inflorescências mais oblongas em decorrência das demais como os acessos Capanema e Santarém no Período seco com tamanho reduzido e mais achatadas, assegurando a veracidade dos dados supracitados. Casais e colaboradores (2020) declararam que o fator de forma de partes vegetais, como folhas, é calculado pela razão do comprimento pela largura. O referido autor foi utilizado como base para a análise da mencionada variável, com isso dados sobre o Fator de forma das inflorescências de jambu são inexistentes ou não foram publicados até o presente momento.

Para a variável Relação Peso de Inflorescência (RPI), foram encontrados valores significativos ( $p \leq 0,05$ ), sendo que houve uma resposta superior do Período seco em relação ao Período de chuvas. Dessa forma a partir do desdobramento dos dados, dentro de Acessos ocorreu preeminência do material provindo de Paragominas ( $0,088\text{g g}^{-1}$ ) em mesmo período, bem como no Período de chuvas o acesso oriundo de Belém foi mais bem sucedido que os demais ( $0,056\text{g g}^{-1}$ ). A relação de peso seco das plantas serve como base para apontar o grau de desenvolvimento das partes avaliadas, com relação aos fatores que podem ou não terem interferido para isso, como a disponibilidade de água no período, de nutrientes e fatores climáticos. Casais et al. (2020) elucidam que aumentos dessa relação de peso demonstram que a proporção de biomassa retida nas folhas e exportada para outras partes depende do ambiente em que a planta está inserida e das suas necessidades.

No que concerne à Índice de Área de Inflorescência (IAI) a partir da análise estatística foi possível observar resultados significativos para a variável ( $p \leq 0,05$ ). Com índice de superioridades correspondente ao Período de chuvas em comparação ao Período seco, sendo o acesso com origem de Benevides ( $1,68\text{ mm}^2\text{ planta}^{-1}$ ) superior aos demais em mesmo período. No Período seco os acessos Benevides e Santarém ( $1,45\text{ mm}^2/\text{planta}$ ) se sobressaíram aos demais.

Galvêncio et al. (2020) explanam que dentro de análises foliares o Índice de Área Foliar é uma variável ambiental fortemente influenciada pelo clima, que reflete a sazonalidade da vegetação. Assim como tal procedimento pode ser utilizado como base para analisar demais partes suficientemente importantes e de interesse em uma cultura. Santos et al. (2022) relatam que existem diferentes métodos para estimativa de índices de área que podem ser considerados separadamente com finalidade de estimar diferentes características da vegetação em questão. O índice de área da Inflorescência pode ser de extrema valia em programas de melhoramento genético e produção vegetal para identificar materiais que geram maior demanda de crescimento de inflorescências em menor quantidade de área de produção, fator este importante na produção com fim comercial, caracterizado neste trabalho pelo acesso Benevides com maiores produções de inflorescência de *S. oleracea* por  $\text{m}^2$  de solo.

No que concerne a Produtividade de Inflorescências, a partir da Tabela 3 se observou valores significativos para a variável avaliada. Apresentando a partir do desdobramento dos dados o Período de chuvas com melhor desempenho em relação ao Período seco. O melhor rendimento dentro de acesso pôde ser verificado através do material provindo de Benevides no Período de chuvas com a eficiência de  $470,59\text{ g m}^{-1}$  de massa de produção de massa de inflorescências, valor superior a todos os acessos em ambos os períodos, o que se convertido

para um hectare de produção equivaleria a 2.091,62 Kg ha<sup>-1</sup> de material produzido. Lima et al. (2024) relatam que o período de colheita apresenta significativo impacto na produção de capítulos florais de *S. olearacea*. Da mesma forma que a produção pode ser influenciada por outros elementos, tais como o ambiente, as técnicas de gestão e as propriedades genéticas das plantas (HAN et al, 2022; IDARYANI et al., 2021).

É interessante frisar que algumas plantas de jambu observadas fora das linhas de colheita para avaliação, apresentaram na sua conformação alguns tipos de variações morfológicas como deformidades na formação das inflorescências, apresentando dupla e até tripla inflorescência em mesmo pedúnculo (APENDICE D). Isso pode ser facilmente atribuído ao fato de terem sido utilizadas neste estudo sementes crioulas, já que não existe atualmente produção comercial de sementes da cultura, deixando mais fácil o aparecimento de tais peculiaridades. Como é sabido, a cultura ainda não passou pelo processo de melhoramento genético, no entanto, torna-se promissora neste campo de estudo. Principalmente se tais variações morfológicas se mostrarem interessantes para a indústria, visto que o rendimento de óleo essencial pode ser até 70% maior quando extraído das inflorescências em comparação aos demais órgãos da planta.

Segundo explanam Oladosu et al. (2016) a evolução e o aprimoramento prático em vegetais são influenciados pela diversidade genética. Os espectros originais das mutações espontâneas não são representados pelas variações observadas na natureza. Ao contrário, são frutos da combinação de genótipos em populações e da interação constante com elementos ambientais. Kharkwal (2012) menciona que Hugo de Vries, no final do século XIX, identificou as mutações como um mecanismo de geração de variabilidade. Ele as descreveu como alterações rápidas nos organismos, que eram hereditárias e, conseqüentemente, geram impactos consideráveis na aparência fenotípica do organismo.

#### 4 CONCLUSÕES

O período que demonstrou melhor desempenho para as plantas de *S. oleracea* foi o período de chuvas com melhores índices morfofisiológicos para maioria das variáveis analisadas, demonstrando bom desempenho da cultura no ambiente de cultivo.

Os acessos provindos de Benevides e de Capanema (inflorescência roxa) são os mais indicados para produção no Cerrado no período seco enquanto no Período de chuvas os acessos que obtiveram melhores resultados para a maioria das variáveis foi o coletado de Benevides, sendo estes materiais altamente indicadas para cultivo e posterior incremento em programas de melhoramento genético.

## REFERÊNCIAS

- BALIEIRO, O. C. et al. Analytical and preparative chromatographic approaches for extraction of spilanthol from *Acmella oleracea* flowers. **Microchemical Journal**, v. 157, p. 1-8, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105035>
- BARBOSA, A. F. et al. Spilanthol: occurrence, extraction, chemistry and biological activities. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 26, p. 128-133, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2015.07.024>
- BORGES, L. S. et al. Composição química e potencial antifúngico do óleo essencial de jambu sob adubação orgânica e convencional. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 1, p. 461-470, 2020.
- CARDOSO, A. I. I.; USTULIN FILHO, A. J. Produção de chicória em função de doses de nitrogênio e potássio aplicadas na fase de mudas. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 4, p. 654-658, dez. 2013.
- CARDOSO, A. M. **Crescimento vegetativo e produção do jambu**. 2023. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal Rural da Amazônia, Capitão Poço, 2023
- CASAIS, L. K. N. et al. Morphophysiological indices and chlorophyll of Peppermint cultivated under different growing systems. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, p. 304-316, 2020.
- DESCHAMPS, C. et al. Produção de biomassa, teor e composição do óleo essencial de *Mentha x piperita* L. em resposta a fontes e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 1, p.12-17, jan. 2012.
- DIAS, A. M. A. et al. Spilanthol from *Spilanthus acmella* flowers, leaves and stems obtained by selective supercritical carbon dioxide extraction. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 61, p. 62-70, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2011.09.020>.
- FAVORETO, R.; GILBERT, B. *Acmella oleracea* (L.) R. K. Jansen (Asteraceae) – Jambu. **Revista Fitos**, 5:83-91, 2010.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.4. UFLA. Lavras-MG. 2010.
- GAIA, C. D. C. et al. Crescimento e produção do jambu submetido a lâminas de irrigação. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 1, n. 63, p. 1-8, 2020. Tikinet Edicao Ltda. - EPP. <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2020.3183>.
- GALVÍNCIO, J. D. et al. Correlação linear entre a precipitação e o Índice de Área Foliar do bioma Caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, p. 3304-3314, 2020.
- HAN, D.; et al. The ideal harvest time for seed production in maize (*Zea mays* L.) varieties of different maturity groups. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 102, n. 13, p. 5867-5874, 2022.

- HIND, N.; BIGGS, N. *Acmella oleracea*: Compositae. **Curtis's Botanical Magazine**. v. 20. n.1. p.31-39. 2003.
- HOMMA, A. K. O. et al. Etnocultivo do jambu para abastecimento da cidade de Belém. estado do Pará. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**. v. 6. n. 12. p. 125–142. 2011.
- IDARYANI, et al. Effect of Harvest Time on Soybean Seed Quality of Detap-1 Variety. IOP Conference Series: **Earth and Environmental Science**. v. 828, n. 1, p. 1-6, 2021.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Catálogo de estações automáticas de Gurupi**. 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/paginas/catalogoaut>. Acesso em: 1 ago. 2023.
- KHARKWAL, M. C. A brief history of plant mutagenesis. In: SHU, Q. Y.; FORSTER, B. P.; NAKAGAWA, H. **Plant mutation breeding and biotechnology**, p. 21–30, 2012.
- LIMA, A. F. A. L. et al. Germinação e produção de sementes de jambu (*Acmella oleracea* (L.) R. K. Jansen) em diferentes épocas de colheita na região Amazônica do Brasil. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, Ariquemes, v. 15, n. 1, p. 1-13, 2024.
- LOPES, M. A. P. et al. Caracterização de acessos de pimenta cumari de distribuição natural para fins de melhoramento genético. **Revista Agrogeoambiental**. v. 8. n. 4. p. 105-115. dez. 2016.
- MAJEROWICZ, N. Fotossíntese. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2019.
- MARTINS, C. P. S. et al. Caracterização morfológica e agrônômica de acessos de jambu (*Spilanthes oleracea* L.) nas condições do Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Plantas Medicináveis**, v. 14, p. 410-413, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722012000200023>
- NEVES, D. A. **Caracterização química, determinação da presença de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, e avaliação do efeito do cozimento na composição química, capacidade antioxidante e atividade antimicrobiana do jambu (*Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen)**. 2018. 134 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2018.
- OLADOSU, Y. et al. Principle and application of plant mutagenesis in crop improvement: are view. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, v. 30, n. 1, p. 1-16, 2016.
- PEDÓ, T. et al. Crescimento de plantas e vigor de sementes de feijão em resposta à aplicação exógena de ácido giberélico. **Revista Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p 757-770, 2018.
- PRECZENHAK, A. P. et al. Caracterização agrônômica de genótipos de minitomate. **Horticultura Brasileira**, v. 323, p. 348-356, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000300018>
- PRIORI, D. et al. Caracterização morfológica de variedades crioulas de abóboras (*Cucurbita maxima*) do sul do Brasil. **Revista Ceres**, v. 65, n. 4, p. 337-345, 2018.

SAMPAIO, I. M. G. et al. Pode o uso de mudas agrupadas e a maior densidade de plantio aumentar a produtividade de jambu? **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**. v. 61, 2018.

SANTOS, C. V. B. et al. Avaliação do índice de área foliar e índice de área da planta em floresta seca utilizando modelos simplificados em imagens de alta resolução com o uso de VANT. **Journal Of Hyperspectral Remote Sensing**, Recife, v. 3, n. 12, p. 109-123, 2022.

SOUZA, I. M.; FUNCH, L. S. Synchronization of leafing and reproductive phenological events in *Hymenaea* L. species (*Leguminosae, Caesalpinioideae*): the role of photoperiod as the trigger. **Brazilian Journal of Botany**, v. 40, n. 1, p. 125-136, 2017. Doi: 10.1007/s40415-016-0314-7

TAIZ, L.; et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

### CAPÍTULO III

#### ÓLEO ESSENCIAL DE *Spilanthes oleracea* L. NO BIOCONTROLE IN VITRO DE *Curvularia eragrostidis*

##### RESUMO

O óleo essencial obtido a partir da *Spilanthes oleracea* (Jambu) possui abundância de metabólitos secundários, que não são totalmente investigados no campo de estudo do biocontrole. Com o crescimento de infestações por vários fungos em plantas e alimentos, torna-se urgente a procura por métodos naturais e eficientes que possam proporcionar melhores opções de controle desses microrganismos. Este estudo visa quantificar os componentes e a efetividade do óleo essencial extraído de diferentes partes e variedades de *S. oleracea* no controle *in vitro* de *Curvularia eragrostidis*. O óleo essencial foi extraído por hidrodestilação e sua composição química foi estabelecida por meio de cromatografia gasosa associada à espectrometria de massas (CG-EM). O óleo foi testado em concentrações de 1%, 2,5%, 5%, 7,5% e 10% quanto às suas propriedades antifúngicas contra espécie de *Curvularia*. A análise fitoquímica revelou que os principais compostos eram *Germacrene D*,  $\beta$ -*Caryophyllene*,  $\beta$ -*Pineno*,  $\beta$ -*mirceno* e *Pentadecene, 1*. O óleo provindo das folhas e hastes de ambas as variedades inibiu eficazmente *C. eragrostidis*. Enquanto o óleo extraído das inflorescências houve crescimento micelial em todas as concentrações. A interação molecular indicou que o  $\beta$ -*Caryophyllene* se liga à enzima tirosina-tRNA ligase do fungo, indicando seu modo de ação. Os nossos achados, em conjunto, destacam a eficácia do óleo essencial de jambu extraído das partes vegetativas (folhas e caule) como alternativa eficaz contra *Curvularia eragrostidis*.

**Palavras- Chave:** Docagem molecular. Inibição Micelial. Jambu.  $\beta$ -*Caryophyllene*

**ESSENTIAL OIL OF *Spilanthes oleracea* L. IN THE VITRO BIOCONTROL OF  
*Curvularia eragrostidis***

**ABSTRACT**

The essential oil obtained from *Spilanthes oleracea* (Jambu) is rich in secondary metabolites, which have not been fully explored in the field of biocontrol. With the increasing infestations of various fungi in plants and food, there is an urgent need for natural and efficient methods to control these microorganisms. This study aims to quantify the components and effectiveness of the essential oil extracted from different parts and varieties of *S. oleracea* in the in vitro control of *Curvularia eragrostidis*. The essential oil was extracted by hydrodistillation, and its chemical composition was determined using gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS). The oil was tested at concentrations of 1%, 2,5%, 5%, 7,5%, and 10% for its antifungal properties against *Curvularia* species. Phytochemical analysis revealed that the main compounds were Germacrene D,  $\beta$ -Caryophyllene,  $\beta$ -Pinene,  $\beta$ -Myrcene, and Pentadecene. The oil extracted from the leaves and stems of both varieties effectively inhibited *C. eragrostidis*, whereas the oil extracted from the inflorescences showed mycelial growth at all concentrations. Molecular interaction analysis indicated that  $\beta$ -Caryophyllene binds to the fungal tyrosine-tRNA ligase enzyme, suggesting its mode of action. Overall, our findings highlight the efficacy of the essential oil from jambu extracted from vegetative parts (leaves and stems) as an effective alternative against *Curvularia eragrostidis*.

**Keywords:** Jambu. Molecular docking. Mycelial Inhibition.  $\beta$ -Caryophyllene.

## 1 INTRODUÇÃO

Óleos essenciais (OEs) são líquidos oleosos naturalmente aromáticos produzidos por plantas, que são responsáveis por sua essência ou odor. Os OEs são encontrados em grandes quantidades em sacos de óleo vegetal ou glândulas sebáceas (SATTAYAKHOM, WICHIT e KOOMHIN, 2023). Sua composição varia dependendo das espécies vegetais das quais são extraídos. Estima-se que mais de 200 compostos podem estar presentes nesses óleos (PEZANTES-ORELLANA et al., 2024).

Os principais compostos bioativos dos OEs são os terpenos e terpenoides, que são responsáveis por inúmeras atividades biológicas incluindo suas propriedades antimicrobianas, anti-inflamatórias, analgésicas e antioxidantes (MASYITA ET AL., 2022; AZIZ et al., 2018). Assim, as várias características dos OEs auxiliam na prevenção e controle de doenças fúngicas, microbianas e outras, através dos mais variados mecanismos de ação, por meio de seus metabólitos.

O óleo essencial extraído de *S. oleracea* (Jambu) apresenta riqueza em variedade de metabólitos secundários, dos quais os compostos principalmente responsáveis por sua bioatividade são as alquilamidas, que são descritas como pseudoalcalóides devido à sua similaridade estrutural com essa classe de compostos (SPINOZZI et al., 2022).

Os principais metabólitos secundários extraídos de *S. oleracea* incluem N-alquilamidas, das quais o Espilantol que também é referido como afinina (2 E ,6 Z ,8 E) -N-isobutil-2,6,8-decatrienamida, foi reconhecido como o mais importante (SHARMA et al., 2011). O Espilantol é uma alquilamida olefínica com uma cadeia lateral isobutílica, produzindo efeito sensorial típico de formigamento quando ingerido (BORGES et al., 2012). Também desempenha papel de importância primária, pois é responsável pelos principais efeitos, atividades biológicas e sensoriais que caracterizam o jambu (PRACHAYASITTIKUL et al., 2013).

O aumento da incidência de infestações causadas por diversos fungos em plantas e alimentos faz urgir necessidade pela constante busca por alternativas naturais e eficazes que possam oferecer melhores opções de controle destes microrganismos (SILVA et al., 2023). Dentre estes microrganismos temos alguns que podem exibir modo de ação patogênico e endofítico facultativo como é o caso do gênero *Curvularia* (Pleosporaceae), é um fungo filamentoso demáceo, que contém em torno de 213 espécies, entre as quais *Curvularia lunata*, *C. geniculata*, *C. clavata*, *C. pallescens* e *C. andropogonis* são as mais conhecidas (MEHTA, MEENA e NAGDA, 2022) e outras como *C. eragrostidis* são menos difundidas, mas também podem apresentar hábito patogênico em espécies de plantas.

Em plantas de Jambu o fungo *C. eragrostidis* pode se apresentar de formas distintas, estando em forma endofítica quando presente nas sementes, mas podendo desenvolver hábito saprófito nas folhas desenvolvidas da cultura, mesmo que em pequena proporção de identificação. Segundo Ferreira et al. (2014) e Zhong et al. (2016) o desenvolvimento de infecções causadas por espécies de *Curvularia* inclui lesões irregulares rodeadas por halos amarelos, cloróticos ou necróticos visíveis nas folhas.

Entre as culturas mais afetadas pela incidência de *C. eragrostidis* estão a do inhame que vem sendo estudada em países como Índia e Brasil (CUPUL et al., 2023; BRITO e NASCIMENTO, 2015; KEE, ZAKARIA e MOHD, 2020) sendo considerada doença de alta severidade, com registros de perdas em cultivos irrigados e de sequeiro. O crescimento da planta é significativamente reduzido e as folhas ficam retorcidas, apresentando quadro típico de nanismo, resultando em perdas significativas de produção (BRITO e NASCIMENTO, 2015). Também em outros países latino-americanos, na cultura do Abacaxi (*Ananas comosus* L.), sendo considerada grande doença fúngica comum em diversos países que incluem o México (GARCÍA-ORDAZ et al. 2021).

Por conta disso e buscando o controle da Mancha Foliar, alguns esforços na procura de compostos com atividade biológica contra *C. eragrostidis* têm-se baseado na análise de extratos vegetais como método de controle biológico (MALDONADO-MICHEL et al. 2021) que podem ser iniciados partir de métodos como teste de sanidade de sementes e avaliações em vitro do patógenos e seu biocontrole a partir do uso de óleos essenciais.

Pensando nisso, e pela escassez de pesquisas relacionadas na literatura, o trabalho tem por finalidade quantificar os componentes e a efetividade do óleo essencial extraído de partes de *S. oleracea* no controle *in vitro* de *Curvularia eragrostidis*.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Condições para avaliação

#### 2.1.1 Coleta do material

As plantas de *S. oleracea* foram coletadas na área experimental de olericultura situadas nas dependências do Campus Universitário de Gurupi – CAUG, da Fundação Universidade Federal do Tocantins, localizada na latitude sul 11°43'45" e longitude oeste 49°04'07" com altitude média de 280 m. Foram instalados 4 canteiros de 20m com densidade de 28 plantas m<sup>2</sup>, cada uma com média de 71g de peso de massa fresca, sendo dois canteiros correspondendo a plantas de inflorescência amarela e dois com inflorescência roxa, as coletas foram realizadas no período de maio a junho de 2023.

#### 2.1.2 Obtenção dos óleos essenciais de *Spilanthes oleracea* L.

Os OEs de *S oleracea* L foram obtidos por meio do processo de hidrodestilação em aparelho tipo Clevenger. Foram utilizadas amostras de 350 g do material vegetativo fresco coletados no mesmo dia da extração, após processados, foram adicionados em balão com capacidade de 2000 mL, contendo 1000 mL de água destilada, por um período de 2 h após o início da ebulição (APENDICE F). Após o término de cada extração, o óleo ficou em descanso por 15 minutos para que houvesse sua estabilização e quantificação mais precisa do rendimento, sendo coletado o sobrenadante com o auxílio de uma pipeta de precisão. Após as extrações os óleos foram armazenados em frascos de vidro, lacrados e armazenados em aparelho refrigerado (~5°) até o momento da realização da análise. A porcentagem dos rendimentos dos OE foi calculada com base na relação entre a massa do OE e a massa fresca do material vegetal (AVILA et al., 2023).

#### 2.1.3 Análise e composição química dos óleos essenciais

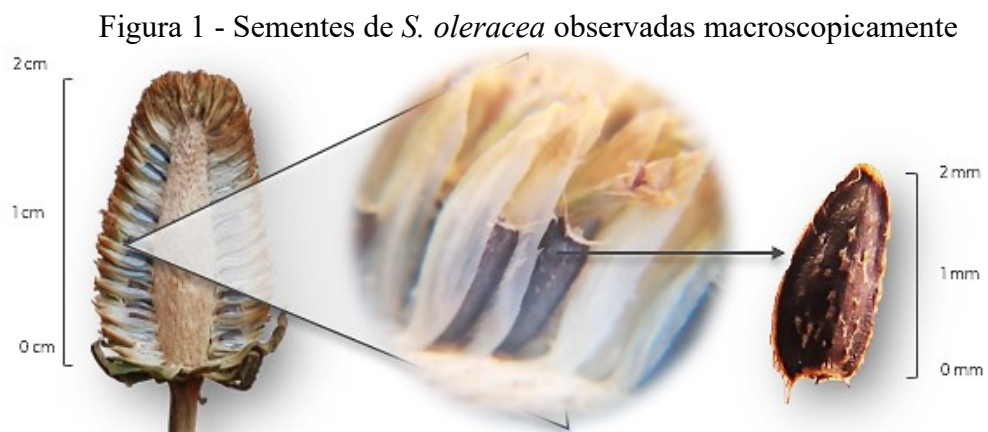
Foi realizada por meio de cromatografia Gasosa acoplada a espectrometria de massas dada uma avaliação inicial do óleo essencial por CG-EM foi conduzida para determinar se a resolução obtida entre os pares de picos do cromatograma, conforme descrito por Adams (2007), seria apropriada. O cromatógrafo utilizado foi o modelo Shimadzu GC-210 equipado com detector seletivo de massa modelo QP2010 Plus. As condições cromatográficas: temperatura do injetor: 240o C, razão de divisão 1/20, hélio como gás de arrasto, gradiente de temperatura: 60 a 246o C (3o C/min), coluna Rtx-5MS (30 m x 0,25 mm de diâmetro interno; 0,25 µm de filme interno).

Os índices de retenção foram calculados para todos os componentes voláteis usando uma série homóloga de C8–C40 *n*-alcanos (Sigma-Aldrich, Milwaukee, WI, EUA) de acordo com o método de Van den Dool e Kratz (1963) que calcula o índice de retenção programado por temperatura (RI) de acordo com a seguinte fórmula:  $RI_x = 100n + 100(t_x - t_n)/(t_{n+1} - t_n)$ ;

onde *n* = número de átomos de carbono do alcano eluindo antes do composto *x*, *t<sub>n</sub>* e *t<sub>n+1</sub>* = tempos de retenção dos alcanos de referência eluindo antes e depois do composto *x*, e *t<sub>x</sub>* = tempo de retenção do composto *x*. O índice de retenção, calculado para cada constituinte, foi comparado com o tabelado, de acordo com Adams (2007), sendo os teores dos compostos expressos em porcentagem.

#### 2.1.4 Teste de sanidade em sementes

As sementes de jambu apresentam cerca de 2mm de comprimento, sendo consideradas muito diminutas para serem trabalhadas individualmente, elas ficam anexadas na base da inflorescência sendo de fácil destacagem, foram escolhidas para o teste aquelas que não apresentavam injúrias ou deformidades conforme a Imagem 1:



Fonte: Dados da pesquisa

Após avaliação das inflorescências, foi realizado um teste para verificar a sanidade das sementes de jambu, considerando apenas as inflorescências amarelas e roxas. Dentre elas, foram apresentadas 200 sementes de cada coloração, que foram acondicionadas em caixas Gerbox® pré-esterilizadas com álcool 70%. Cada caixa continha 50 sementes acondicionadas em duas folhas umedecidas com água destilada, equivalente a 2,5 vezes a massa das sementes, postas sob papel.

O papel não hidratado foi umedecido com água destilada estéril por 5 dias. E incubadas por 24 horas a uma temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  sem luz. Logo após, foram congelados a uma

temperatura de aproximadamente  $-20^{\circ}\text{C}$  por 24 horas e posteriormente submetidos à determinação de DBO a  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  por 5 dias, momento em que o patógeno foi identificado pelo método "Blotter-test". Segundo o Manual de Análise em Saúde (BRASIL, 2009).

A avaliação da incidência microbiana foi realizada no sétimo dia após a instalação do teste, quando as sementes foram observadas individualmente em lupa. Foram preparadas lâminas para observação da estrutura e identificação do fungo. Seguido por levantamento dos organismos presentes, os resultados são expressos como percentagem de sementes infectadas.

As sementes de inflorescências roxas e amarelas foram avaliadas duas vezes: com assepsia e não assepsia. As sementes foram esterilizadas em álcool 70% por 30 segundos, depois tratadas com hipoclorito por 1 minuto e enxaguadas três vezes com água destilada esterilizada em autoclave.

#### 2.1.5 Obtenção dos isolados de *Curvularia eragrostidis*

Após crescimento micelial visualizados no teste de sanidade das sementes de *S. oleracea* o fungo foi extraído e armazenado em placa de Petri contendo Batata-Dextrose-Ágar levados a incubadora para crescimento em placa pelo período de 7 dias, após isso, o procedimento foi feito até que uma cultura pura fosse obtida. Um disco de BDA contendo os micélios do fungo foi transferido para placas de Petri contendo BDA, incubando-se novamente nas mesmas condições descritas anteriormente. Os fungos foram observados em microscópio óptico e identificados por meio das características morfológicas como forma, presença de micélio, presença de esporos e de hifas, características de cada gênero. Estas características observadas foram comparadas com o auxílio de literatura especializada como o Manual de Análises Fitossanitárias de Sementes (BRASIL, 2009; WATANABE, 2010) e posteriormente inoculados novamente em plantas de jambu para identificar e confirmar sua patogenicidade completando os postulados de Koch (APÊNDICE G).

#### 2.1.6 Identificação do fungo e extração de DNA

Para extração do DNA das amostras, empregou-se o kit *Power Soil Pro* (QIAGEN). O DNA obtido foi quantificado e qualificado por meio de leituras por espectrofotometria e fluorimetria. O DNA extraído das amostras foi utilizado nas reações de amplificação por PCR (Polimerase Chain Reaction), utilizando enzimas *high-fidelity* para obtenção das sequências *barcodes* serem sequenciadas.

DNA foi utilizado na construção de uma biblioteca para sequenciamento do DNA em plataforma MinION (Oxford Nanopore Technology – ONT). A biblioteca foi preparada com os kits de barcoding e ligação da ONT e enzimas da New England Biolabs - NEB.

A biblioteca preparada foi aplicada na Flow Cell R10.4.1 (ONT), inserida no dispositivo MinION (ONT) para o sequenciamento de DNA. Parâmetros de leitura e de qualidade de dados foram determinados no software de corrida e de análises MinKNOW (ONT) e, ao final do sequenciamento, os dados gerados seguiram para análises de bioinformática.

Dados brutos do sequenciamento de DNA foram processados no modo “acurado” do software MinKNOW, demultiplexados para individualização de amostras e filtrados com base em índices de qualidade (score > 8) e tamanho de reads. Dados brutos em fastq foram analisados no programa NanoPlot e seqkit para a obtenção dos valores das métricas de sequenciamento, incluindo o tamanho, a qualidade e a quantidade de sequências.

As sequências obtidas após esta etapa foram filtradas de acordo com o tamanho dos fragmentos com o programa seqkit. As amostras em formato de “fastq” foram utilizadas para a criação de sequências consensos e posteriormente classificadas ao banco de dados nucleotídeos (nt) do NCBI utilizando a ferramenta decona (<https://github.com/Saskia-Oosterbroek/decona>). Adicionalmente, para aumento da precisão do resultado, a identificação molecular do isolado fúngico foi feita via análise BLAST (ALTSCHUL et al., 1990). Posteriormente, a sequência de nucleotídeos do organismo alvo (534 pb), bem como outras selecionadas do GenBank (NCBI), foram alinhadas usando *MAFFT* versão 7 (KATO e STANDLEY, 2013).

#### 2.1.7 Potencial inibitório (*in vitro*) do óleo essencial *S. oleracea*.

No processo de preparação das soluções do óleo essencial, utilizou-se água estéril e tween 80 (1%) (v/v). Utilizou-se água estéril como testemunhas. Os bioensaios *in vitro* foram instalados em placas de Petri de 70 mm de diâmetro, seguindo um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial com três repetições, com cinco concentrações crescentes de óleo essencial (1%; 2,5%; 5,0%; 7,5%; 10% v/v), e quatro óleos essenciais extraídos de diferentes partes da planta (folhas e inflorescências de planta amarela e folhas e inflorescências de planta roxa). Em seguida, 200 µL das soluções do óleo essencial foi distribuída na superfície do meio de cultura BDA com a ajuda de alça Drigalsky, após, foi colocado um disco de 4 mm de BDA no centro de cada placa de Petri, contendo micélios do fungo (APÊNDICE H), sendo este meio acarretado em maior velocidade de crescimento micelial e a maior esporulação para o fungo *Curvularia eragrostidis* nos esquemas de luz constante e/ou fotoperíodo de 12 horas, à temperatura de 25°C ± 2°C, durante dez dias, segundo protocolo adaptado e descrito por

Barbosa et al. (2015). As análises foram conduzidas por meio de instrumentos apropriados de medidas do diâmetro das colônias (média de duas medidas diametralmente contrárias) sem considerar a dimensão das colônias, usando paquímetro digital ao longo de cinco períodos 2, 4, 6, 8 e 10 dias após a inoculação.

A avaliação foi efetuada quando o agente patogênico colonizou as placas de controle ao final dos 10 dias de avaliação. Utilizando paquímetro digital, foram registradas as medições do crescimento radial das colônias (mm) do agente patogênico em raio transversal e vertical, onde seguiu-se o cálculo da porcentagem de inibição micelial utilizando a equação 1 (ZHANG et al., 2022):

$$I (\%) = \frac{C - T}{C} \times 100 \quad (1)$$

Em que: I (%) = porcentagem de inibição do crescimento micelial (radial), C= média final do crescimento radial do agente patogênico no controle e T= média final do crescimento radial do agente patogênico na presença do biocontrole.

#### 2.1.8 Modelagem de ligamento e alvos

O composto selecionado para o estudo de acoplamento molecular foi o composto principal das folhas de jambu. As estruturas 3D dos compostos de análise estudados na sua forma neutra foram construídas usando Marvin Sketch 18.10, ChemAxon (<http://www.chemaxon.com>). As sequências de aminoácidos da tirosina tRNA Ligase de *Curvularia eragrostidis* foram obtidas no banco de dados do servidor Uniprot (<http://uniprot.org>). As estruturas 3D de ambas as proteínas foram construídas através da abordagem de modelação por homologia com o Swiss Model Workspace (<https://swissmodel.expasy.org/>), após a seleção dos respectivos modelos utilizando a ferramenta BLASTp.

Os modelos foram descarregados do The Protein Databank (<https://www.rcsb.org/>), tendo em conta parâmetros de qualidade como o método experimental, a resolução e o valor R, bem como a sua complexação com um ligando. Para verificar as falhas na estrutura da proteína e o posicionamento dos aminoácidos no sítio ativo, utilizamos o modelo Swiss (WATERHOUSE et al., 2018). A validação dos modelos gerados foi realizada por meio da inspeção dos gráficos de Ramachandran (RAMACHANDRAN e SASISEKHARAN, 1968; HAAS et. al, 2018), nos quais foi possível analisar a distribuição dos ângulos de torção da

espinha dorsal  $\phi$  e  $\psi$  responsáveis pela qualidade estereoquímica da proteína estudada, bem como o fator QMÉDIA (BENKERT et al, 2011).

#### 2.1.9 Cálculos de acoplamento molecular

Os alvos e ligantes foram preparados para o processo de docagem molecular utilizando o programa Autodock Tools 1.5.7 (SANNER, 1999), de acordo com a metodologia proposta por Moura et al. (2020). Utilizando o AutoDock Vina (TROTT e OLSON, 2010) nos cálculos de docagem, foram geradas nove posições de docagem para os ligantes que interagem com os alvos, retornando valores de energia de afinidade (kcal/mol). Os resultados das posições de docagem foram analisados utilizando PyMOL 2.0 (SCHRODINGER, 2018) e Discovery Studio 4.5 (DASSAULT SYSTEMES BIOVIA, 2017) para seleção da melhor posição para cada ligante dentro do alvo proteico utilizando os parâmetros propostos por Moura et al. (2020).

### 2.2 Análise estatística

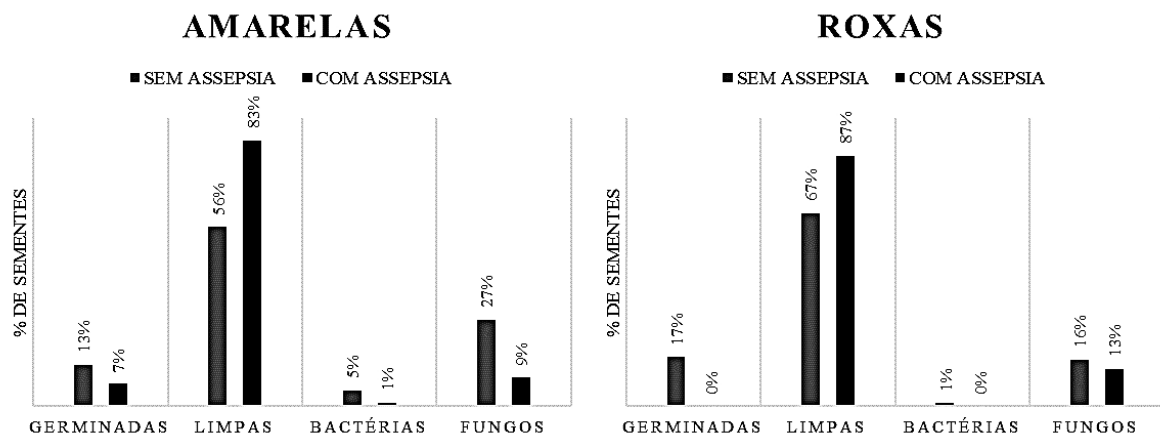
As análises foram feitas através do Sistema de Análise Estatística SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014) e apresentadas em média  $\pm$  desvio padrão para os testes de inibição do crescimento micelial realizados in vitro, foi realizada uma regressão linear. O desenho experimental adotado para o potencial inibitório foi inteiramente casualizados com três repetições para cada tratamento. As médias foram analisadas através do teste de Tukey a 5% de probabilidade de significância. O programa Excel® foi usado para ajustar as equações de regressão.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na verificação obtida a partir do teste de sanidade feito sobre as sementes de *S. oleracea* foi possível identificar porcentagens de sementes limpas, infectadas por bactérias e fungos. Assim como a identificação visual dos patógenos a partir de estruturas visualizadas a partir de literatura especializada (WATANABE, 2010). O teste de germinação é crucial para avaliar a qualidade das sementes produzidas. Além de permitir a avaliação do potencial máximo de germinação das sementes, ele também pode servir como indicador de possíveis falhas no processo produtivo (FIGLIOLIA, 2015).

A partir dos dados obtidos foi possível identificar alta porcentagem de sementes limpas acima de 60% para ambos os tratamentos (com e sem assepsia). Bem como a quantidade de fungos observados variaram entre 9 e 27% para ambos tratamentos, sendo as sementes que expressaram bactéria corresponderam a menos de 5%. A sementes germinadas com ou sem assepsia ficaram em torno de 0 a 17%. Em vista desta observação, é possível inferir que sementes de jambu apresentam grande tolerância ao ataque de patógenos, entretanto não há na literatura dados sobre o assunto.

Figura 2 - Comparativo de sementes de jambu germinadas e microrganismos identificados para plantas de inflorescência amarela e roxa, Gurupi – TO, 2024



Fonte: Dados da pesquisa

As condições de altas temperaturas e umidade durante a armazenagem favorecem o desenvolvimento de diversos fungos que estão ligados externamente às sementes, como os dos gêneros *Aspergillus*, *Alternaria*, *Penicillium* e *Fusarium*, entre outros (BEGUM et al., 2013; STEFANELLO et al., 2015). Os fungos de armazenamento penetram nas sementes durante o processo de armazenamento. Esses fungos podem existir como contaminantes ou como

micélios. gradativamente, uma vez que eles persistem nas sementes, mesmo com baixos níveis de umidade (VECHIATO e PARISI, 2013).

Tabela 1 - Relação de Gêneros fúngicos identificados em sementes de *S. oleracea*, Gurupi-TO, 2024

Inflorescência Amarela		Inflorescência Roxa	
Sem assepsia	Com assepsia	Sem assepsia	Com assepsia
<i>Aspergillus sp.</i>	<i>Aspergillus sp.</i>	<i>Aspergillus sp.</i>	<i>Aspergillus sp.</i>
<i>Penicillium sp.</i>	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Penicillium sp.</i>
<i>Fusarium sp.</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Fusarium sp.</i>
		<i>Curvularia sp.</i>	<i>Alternaria sp.</i>
		<i>Cladosporium sp.</i>	

Fonte: Dados da pesquisa

Os fungos mais recorrentes nas sementes de jambu foram *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.* e *Fusarium sp.* em menor quantidade foram *Curvularia sp.*, *Alternaria sp.* e *Cladosporium sp.* Na literatura, não existem evidências da patogenicidade destes fitopatógenos ligados a sementes de *S. oleracea*. Inúmeros gêneros são bem conhecidos como *Aspergillus*, *Penicillium* entre outros do filo Ascomycota (STEENWYK et al., 2019), eles em sua maioria desempenham papel endofítico quando em contato com sementes de variáveis espécies, estando mais frequentemente associados a armazenagem de sementes e grãos, podendo desempenhar papel simbiótico, sem que haja interferência e nem degradação no material em que se alojam.

No entanto, ainda assim alguns fungos oportunistas de hábito endofítico, podem expressar potencial patogênico quando inseridos em condições adequadas para seu desenvolvimento. Parisi et al. (2019) destacam que Pesquisas recentes acerca da patogenicidade e dos danos provocados por patógenos em plântulas vegetais são essenciais para a compreensão e gestão de doenças, bem como para a preservação de sementes. Fato este que pôde ser comprovado a partir de postulado de Kock feito para um dos fungos selecionados e identificado a partir da sua germinação nas sementes de *S. oleracea*, a *Curvulária sp.*

De acordo com a análise BLAST, o fragmento de DNA do isolado fúngico (534 pb) resultou em 100% de identidade (100% de cobertura) com *Curvularia sp.*, incluindo as espécies *C. eragrostidis*, *C. clavata*, *C. sacchari-officinarum*, e *C. bannonii*. *Curvularia eragrostidis* Y.H. Yeh V0616 (MH141307.1) retornou em primeira posição na análise BLAST (100% de identidade, cobertura 100%).

Filogeneticamente, o organismo alvo também se agrupou com *Curvularia eragrostidis* Y.H. Yeh V0616 (MH141307.1) (83% bootstrap), que é um conhecido fitopatógeno. O clado formado posicionou-se em um clado maior, contendo outros representantes de *Curvularia eragrostidis*, além de *C. clavata* (83% bootstrap). A esse clado encontra-se associado um clado

irmão, contendo representantes de *C. sacchari-officinarum* (91% bootstrap). Sendo assim o material analisado foi considerado como pertencente ao gênero *Curvularia*, sugerindo tratar-se da espécie *Curvularia eragrostidis*.

Tabela 2 - Identificação baseada em Blast com o banco de dados do NCBI, Gurupi-TO, 2024

Amostra	Tamanho do consenso	Espécie	Total Score	Cobertura	Identidade	Acesso GenBank
Fungo_a ml	534 pb	<i>Curvularia eragrostidis</i> <i>Curvularia clavata</i> <i>Curvularia sp.</i> <i>Curvularia sacchari-officinarum</i> (e outros)	987	100%	100%	MH141307.1

Fonte: Dados da pesquisa

Em plantas de *S. oleracea* não existem registros de ocorrência de enfermidades provocadas pelo fungo *C. eragrostidis*, no entanto pesquisas acerca de doenças que acometem a cultura são poucas ou escassas, porém há relatos que o patógeno já foi encontrado em cana-de-açúcar, *Sorghum vulgare* e *Zea mays*, além de também ser relatado como associado à mancha foliar de plantas de arroz na Malásia (KUSAI et al., 2016).

*Curvularia sp.*, trata-se de patógeno que provoca manchas foliares em milho, trigo, grama, arroz, chá e sorgo, entre outros. (DEY et al. 2016; GARCIA-AROCA et al. 2018; SEEPHUEAK et al. 2019). Também se sabe que a *Curvularia sp.*, responsável pela doença da mancha foliar, representa uma das principais desvantagens na produção de arroz, uma vez que impede a germinação das sementes. A enfermidade é identificada pelos sintomas de uma mancha branca acinzentada de grande extensão e largura (Figura 3), circundada por uma coloração marrom e de formato irregular (BAWA et al. 2018).

Figura 3 - Mancha foliar causada por *Curvularia eragrostidis* em folha de jambu, seguido pela identificação do fungo por lâmina em microscópio óptico, Gurupi – TO, 2024



Fonte: Dados da pesquisa

Em relação aos óleos essenciais extraídos da planta de *S. oleracea*, foi possível obter das partes vegetativas (inclui folhas e caule) e reprodutivas (inflorescências), retirados de

plantas que apresentavam dois tipos de inflorescências (Amarelas e roxas), com isso quatro frascos de óleos foram extraídos e analisados para fins de avaliação de teste inibitório no fungo *Curvularia eragrostidis*. Para a extração de óleo essencial da parte vegetativa de *S. oleracea* foi necessário o montante de respectivamente 18,819 kg de material fresco (plantas de inflorescência amarela), 7,47 kg (plantas de inflorescência roxa), 5,579 kg (inflorescências amarelas) e 2,374 kg (inflorescências roxas).

Figura 4 - Óleos extraídos de *S. oleracea*, Folhas e inflorescências amarelas e roxas, Gurupi – TO, 2024



Fonte: Dados da pesquisa

A análise cromatográfica dos óleos revelou a quantidade que variou de 20 a 21 compostos que compõem os óleos essenciais das distintas partes da planta. Conforme Tabela 3 mostrada a seguir:

Tabela 3 - Compostos encontrados nas partes vegetativas e reprodutivas de *S. oleracea*. IR- índice de retenção, TR- tempo de retenção e % do composto, Gurupi-TO, 2024

CONSTITUINTE	RENDIMENTO DE ÓLEO (%)		FA	FR	IA	IR
	IR	TR	0,04 %	0,04 %	0,10 %	0,12 %
<i>2-Hexenal</i>	814	4.067	1.38	1,86	-	-
<i>α-Pineno</i>	948	5.826	1.21	1,11	1,10	0,87
<i>β-Pineno</i>	943	6.886	8.81	8,00	8,43	7,68
<b><i>β-mirceno</i></b>	<b>958</b>	<b>7.258</b>	<b>11.49</b>	<b>8,91</b>	<b>23,09</b>	<b>25,78</b>
<i>p-Mentha-1(7)</i>	1013	8.252	2.00	2,01	8,68	-
<i>β-Ocimeno</i>	976	8.500	5.53	5,56	0,82	0,89
<i>Trans-Aloocimeno</i>	993	11.049	1.44	1,40	-	-
<i>σ-Elemene</i>	1377	16.829	1.53	2,83	0,94	1,03
<i>β-Elemeno</i>	1398	18.258	1.10	1,25	-	-
<b><i>β-Caryophyllene</i></b>	<b>1494</b>	<b>18.990</b>	<b>18.37</b>	<b>13,42</b>	<b>20,79</b>	<b>18,12</b>
<i>α-Copaen-4-ol</i>	1435	19.212	1.57	1,79	-	-
<i>γ-Elemeno</i>	1431	19.307	2.07	2,19	-	-
<i>α-humuleno</i>	1579	19.824	1.98	-	1,61	1,43
<i>9-Tetradecen-1-ol</i>	1664	20.250	1.36	1,84	2,10	-
<b><i>Germacrene D</i></b>	<b>1515</b>	<b>20.540</b>	<b>24.69</b>	<b>28,07</b>	<b>14,30</b>	<b>13,54</b>
<i>Pentadecene,1-</i>	1502	20.728	9.20	11,64	5,89	5,85
<i>Kessane</i>	1530	21.788	1.46	1,06	-	-
<b><i>Espilantol</i></b>	<b>1773</b>	<b>29.442</b>	<b>2.75</b>	<b>1,69</b>	<b>4,33</b>	<b>4,58</b>
<i>Pivalato</i>	1560	29.981	1.02	-	-	-
<i>Ácido 3-metil-2-butenóico</i>	1980	31.616	1.02	1,45	1,16	1,46
<i>Trans-α-Bisabolene</i>	1518	19,824	-	1,68	-	-

<i>α-farneseno</i>	1458	21,129	-	1,00	-	-
<i>2,6-Dimetil-8-(tetra-hidropirano-2-iloxi)-octa-2,6-dien-1-ol</i>	1953	29,980	-	1,22	1,53	1,91
<i>α-Sabineno</i>	897	6,807	-	-	2,39	2,23
<i>β-copaene</i>	1216	19,212	-	-	0,74	0,67
<i>Germacrene B</i>	1603	19,306	-	-	0,54	0,52
<i>acetato de cis-3-decenil</i>	1389	20,175	-	-	0,40	0,99
<i>Diidro-aplotaxeno</i>	1817	24,692	-	-	0,46	
<i>1-acetil-2-metilciclopenteno</i>	952	26,427	-	-	0,68	0,58
<i>β-Sabineno</i>	897	8,256	-	-	-	9,04
<i>Terpinen-4-ol</i>	1137	12,405	-	-	-	0,55
<i>Tetradecadieno-1,13</i>	1393	20,247	-	-	-	2,26

IR = Índice de retenção calculado usando as equações de Van den Dool e Kratz; FA- folha amarela; FR- folha roxa; IA- inflorescência amarela e IR- inflorescência roxa.

Fonte: Dados da pesquisa

Os óleos essenciais de *S. oleracea* pertencentes as partes vegetativas de ambas variedades apresentam cor amarelo ouro enquanto os óleos extraídos das inflorescências amarelas e roxas apresentaram-se transparentes e límpidas sem qualquer coloração. Isso pode estar relacionado a pigmentação dessas áreas, visto que nas inflorescências após análise cromatográfica é possível identificar uma diferença com relação aos constituintes que compõem cada óleo (Tabela 3).

Para os óleos extraídos das partes vegetativas foi possível observar um quantitativo de 20 compostos constituintes do óleo essencial para as plantas que detinham capítulos florais amarelos e 21 compostos para o óleo essencial das plantas com coloração de capítulos florais roxos (Tabela 3). Sendo que destes houve uma maior incidência do composto *Germacrene D* em ambos os materiais com percentuais de 24,69% para plantas de inflorescência com coloração amarela e 28,07% de coloração roxa. Seguido ainda para ambos materiais do composto *β-Caryophyllene* (18,37% plantas com coloração amarela e 13,42% com coloração roxa). Os compostos *β-Pineno*, *β-mirceno* e *Pentadecene,1-* apresentaram valores expressivos também, no entanto em menor atividade que os demais citados acima. Em menor proporção tem-se o Espilantol nesta pesquisa com (2,75%) e (1,69%) respectivamente, retratado na literatura com um dos componentes principais na composição do óleo essencial do jambu.

Os sesquiterpenos constituem um vasto grupo de terpenos com uma vasta variedade de usos. Possuem pelo menos 121 estruturas distintas, incluindo acíclicos, monocíclicos, bicíclicos, tricíclicos e tetracíclicos, e já foram detectados em plantas, bactérias, fungos e outros seres vivos (KLAPSCHINSKI et al., 2016; LIU et al., 2022a). O *Germacrene D* é um sesquiterpeno monocíclico, é um produto de alto valor devido à sua variabilidade estrutural e atividade inseticida (LIU et al., 2022b). *Germacrene A* e *D* foram sugeridos para proteger plantas contra microrganismos patogênicos, também tem uma variedade de bioatividades,

incluindo ação repelente contra mosquitos, anticarrapatos e antipulgões (SHARMA et al., 2024; BIRKETT et al., 2008).

*$\beta$ -Caryophyllene* ou *Trans-Caryophyllene* é um sesquiterpeno bicíclico que na literatura é citado como um mosquitocida promissor contra *A. aegypti*. Bem como também é possível averiguar com as descobertas de diversos autores, sendo o  *$\beta$ -Caryophyllene* veridicamente comprovado como inseticida e repelente contra insetos-praga. Alguns relatos na literatura discutem que a atividade de OEs vegetais pode estar correlacionada à presença de vários componentes com atividades antipatológicas (ELGUEA-CULEBRAS et al., 2017; FRANCOMANO et al., 2019). Apesar da importância do sinergismo com outros componentes menores, já que cada parte do óleo pode ter um papel na penetração, afinidade e distribuição dentro das células vivas (ALMADIY, 2020).

O espilantol (2 E ,6 Z ,8 E) -N-isobutil-2,6,8-decatrienamida) é o componente principal responsável pelo senso de formigamento e anestesia na língua produzido pelas folhas e inflorescências do jambu, um composto biativo do grupo químico das alquilamidas com diversas propriedades farmacológicas (BARBOSA et al., 2016). É um composto encontrado em todas as partes da planta de *S. oleracea*, no entanto sua proporção é maior quando obtido da extração das inflorescências, sendo este órgão responsável pelo maior rendimento de óleo essencial do vegetal.

Quando analisado os constituintes dos óleos essenciais extraídos das inflorescências é possível verificar um total de 20 constituintes (Tabela 3), sendo que destes há poucos compostos que diferem dos encontrados nos óleos das partes vegetativas. No entanto um detalhe chama atenção para o fato de que o constituinte  *$\beta$ -mirceno* (23,09 e 25,78% respectivamente), desempenha-se como sendo o composto principal de ambos os óleos, seguidos dos compostos  *$\beta$ -Caryophyllene* (20,79 e 18,12%) e *Germacrene D* (14,30 e 13,54%) como mais abundantes nas suas composições. Valores de Espilantol variaram entre 4,33 e 4,58%.

Quanto ao índice de retenção (Tabela 3) é possível identificar que para *Germacrene D* o valor encontrado através da análise técnica de GC-MS é obtido valor de 1515, na literatura é encontrado valores de referência que estão em concordância com o encontrado de 1485. Assim como para  *$\beta$ -Caryophyllene* (1417)  *$\beta$ -Pino* (974),  *$\beta$ -mirceno* (988) e *Pentadecene, I* (1500) (ADAMS, 2007). O índice de retenção de um componente é um valor numérico, obtido através de uma fórmula. Através de interpolação, compara-se o tempo de retenção do componente em análise ao tempo de retenção de dois padrões (normalmente hidrocarbonetos) eluídos antes e depois do pico do composto em questão. O índice de retenção pode auxiliar neste propósito,

evitando-se assim uma identificação equivocada de cada composto (VIEGAS e BASSOLI, 2007; INCZEDY et al., 1998).

Através da avaliação do rendimento do óleo essencial, notou-se que a proporção de óleo extraído em relação à massa vegetal é extremamente reduzida, sendo as plantas de jambu formadas principalmente por tecido vegetal e água, correspondendo a mais de 98% da planta. A quantidade de óleo extraída flutuou entre 0,04 e 0,12% do total de material usado. Dados podem ser corroborados a partir de estudo feito por Gomes et al. (2022) que indicou o rendimento do óleo essencial provindo de inflorescências de jambu de 0,08%. Caracterizando assim o baixo rendimento obtido de óleo essencial da cultura por meio do método de extração via hidrodestilação.

Por via de observação, a partir da Tabela 4 fica notável que houveram diferenças significativas dos óleos essenciais analisados sobre o fungo *Curvularia eragrostidis*. Fato este que fica evidente através do crescimento micelial ao longo dos dias de avaliação, dando maior ênfase nos óleos extraídos das partes vegetativas sobre os óleos extraídos da massa de ambas colorações de inflorescência.

Tabela 4 - Ação do óleo essencial de *Spilanthes oleracea* sobre o crescimento micelial (mm) in vitro de *Curvularia eragrostidis*, Gurupi-TO, 2024

Material	C%	Dias de avaliação					ICM %
		2	4	6	8	10	
PLANTA AMARELA	0	19,94±1,82	36,47±6,42	50,16±8,61	61,54±9,41	70	0
	1	-	-	-	-	-	100
	2,5	-	-	-	-	-	100
	5	-	-	-	-	-	100
	7,5	-	-	-	-	-	100
	10	-	-	-	-	-	100
INFLOR AMARELA	0	18,1±2,40	27,58±0,98	35,77±2,05	43,77±5,33	55,03±13,90	21,39
	1	3,72±6,44	12,35±11,13	27,57±5,61	38,99±10,24	46,16±10,78	34,06
	2,5	-	4,36±7,55	12,76±7,08	19,3±10,18	24,67±9,23	64,76
	5	-	-	11,85±2,61	18,15±3,39	23,33±3,29	66,67
	7,5	-	-	-	8,68±0,20	11,39±1,40	83,73
	10	-	-	4,84±8,38	7,21±12,47	15,33±13,04	78,10
PLANTA ROXA	0	18,5±1,48	36,04±6,65	48,67±7,18	65,39±7,98	70	0
	1	-	-	-	-	-	100
	2,5	-	-	-	-	-	100
	5	-	-	-	-	-	100
	7,5	-	-	-	-	-	100
	10	-	-	-	-	-	100
INFLOR ROXA	0	17,25±0,46	30,04±1,19	39,98±2,63	51,24±4,43	60,08±4,08	14,17
	1	-	8,51±7,53	19,24±7,52	25,51±7,98	31,69±8,03	54,73
	2,5	-	-	-	7,46±6,46	10,59±9,17	84,87
	5	-	-	3,69±6,40	5,08±8,79	14,06±8,24	79,91
	7,5	-	-	4,39±7,60	9,45±8,47	19,21±7,35	72,56
	10	-	-	8,83±7,76	12,78±11,16	20,27±9,02	71,04

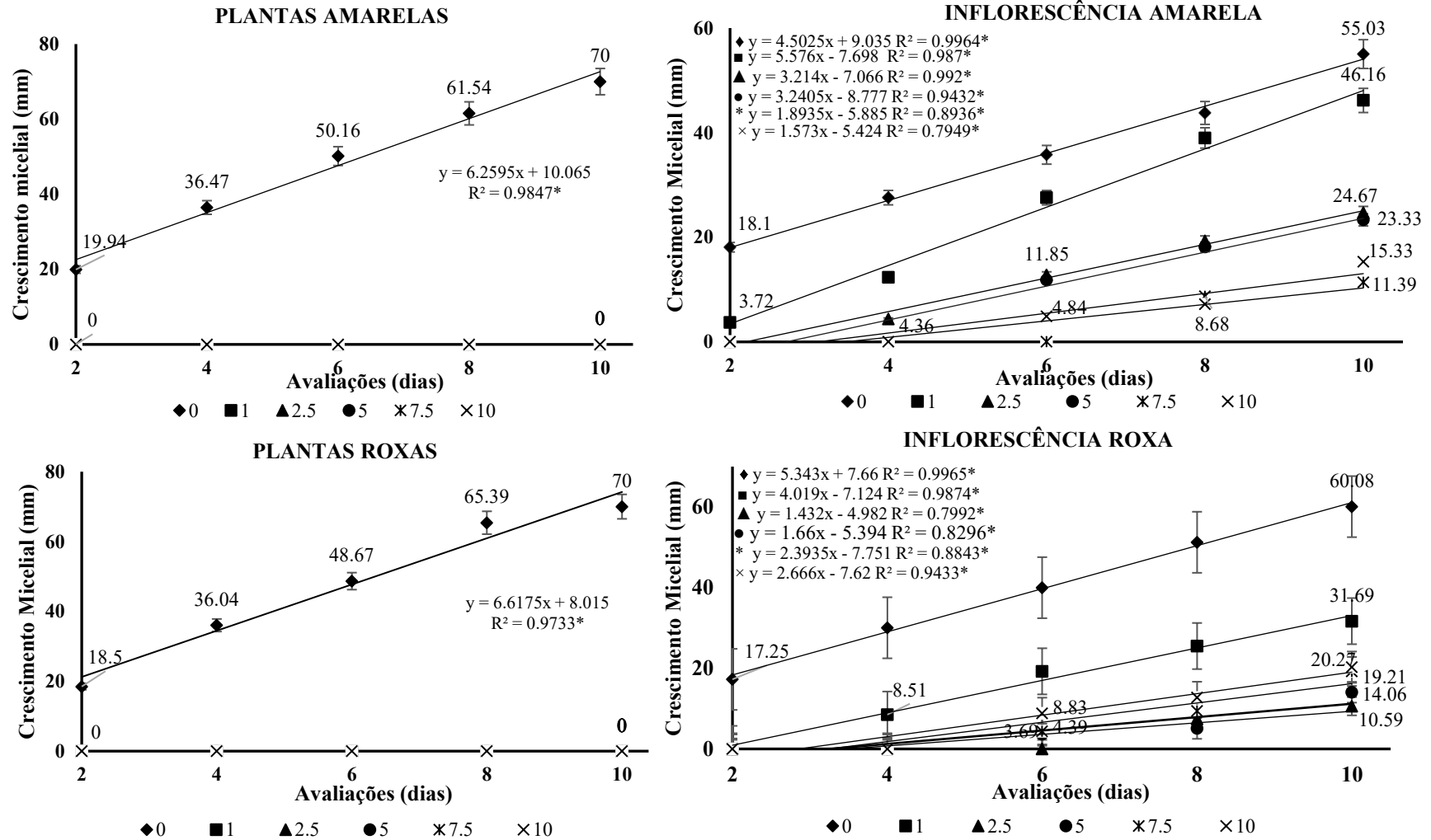
Onde: (C%) – Concentração; (ICM) – Índice de crescimento Micelial; (-) – Não apresentou crescimento de micélios fúngicos. Fonte: Dados da pesquisa

Os óleos essenciais extraídos de plantas e inflorescências de *S. oleracea* e suas concentrações influenciaram o crescimento micelial e o índice de crescimento de *C. eragrostidis*, apresentando uma interação significativa ( $p \leq 0,05$ ). Dessa forma ajustaram-se equações de regressão aos níveis do fator concentração de cada óleo essencial.

A classificação baseada na composição dos EOs prevaleceu sobre a atividade antifúngica, indicando que a presença de *Germacrene D*,  $\beta$ -*Caryophyllene*,  $\beta$ -*Pineno*,  $\beta$ -*mirreno*, *Pentadecene, 1* entre outros compostos em menor proporção podem ser a causa de efeitos antifúngicos relevantes diretos, visto que os óleos essenciais extraídos das partes vegetativas inibiram completamente o crescimento do fungo em vitro (Gráfico 1).

Tendo isso em vista é possível nota através da análise de constituintes dos OE'S que houve uma drástica mudança nos percentuais de alguns compostos majoritários como no caso de *Germacrene D* que se sobressaiu com 24,69% (Planta amarela) e 28,07% (Planta roxa) respectivamente. E  $\beta$ -*mirreno* com 23,09% (Inflor. amarela) e 25,78 (Inflor. roxa). Os fatores extrínsecos influenciam a biossíntese e o acúmulo de metabólitos secundários em uma planta, como luz, temperatura e condições do solo, bem como fatores intrínsecos relacionados a aspectos genéticos, como a expressão gênica em uma determinada espécie (LI et al., 2020). Demonstrando assim, que tais compostos apesar de contrastarem nos percentuais nos diferentes materiais e partes, podem ter atuado na melhor inibição do fungo.

Gráfico 1 - Análise de crescimento micelial do fungo *C. eragrostidis* nos diferentes óleos essenciais de *S. oleracea*, Gurupi – TO, 2024

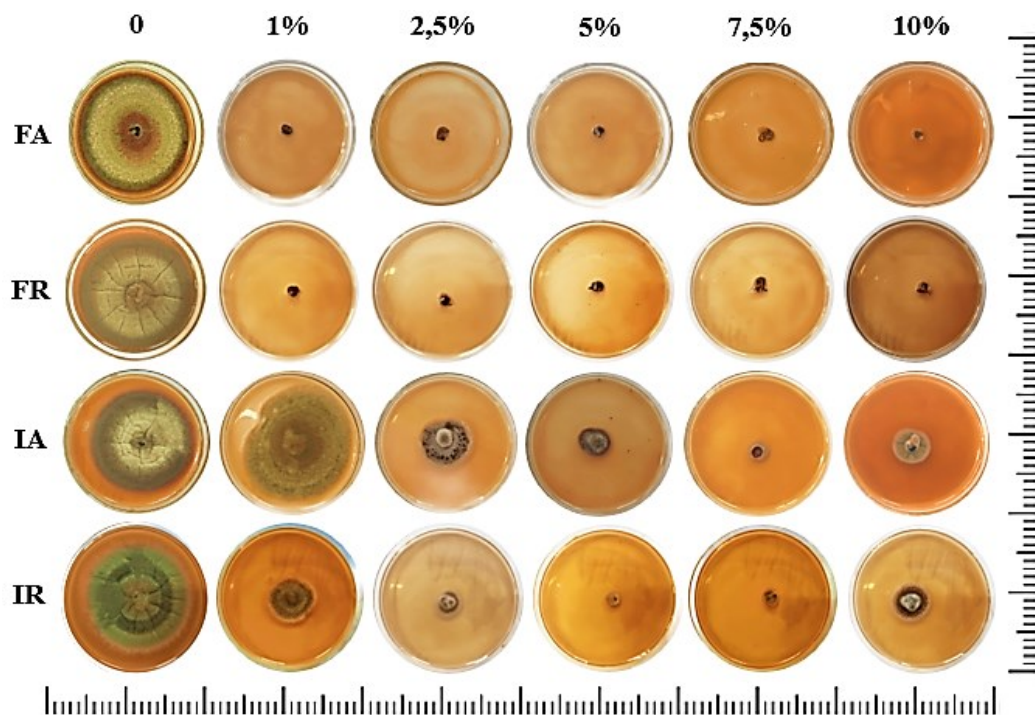


\*Dados diferem significativamente ao nível de ( $p \leq 0,05$ ). Fonte: Dados da pesquisa

Apesar dos OE's extraídos das inflorescências terem apresentado menor eficiência, fica evidente a partir da análise dos Gráficos (Gráfico 1) que mesmo em menor proporção ainda sim os OE's provindos das inflorescências causaram uma inibição de até 84% de crescimento do fungo (Tabela 4), com crescimento abaixo do observado nas concentrações 0%, (testemunhas).

Tendo em vista os dados revelados a partir da Tabela 4 é possível então inferir nas superioridades dos OE'S extraídos das partes vegetativas sobre os OE'S das inflorescências, visto que inibiram em 100% o crescimento micelial do fungo *C. eragrostidis*. Bem como a variedade de *S. oleracea* que apresenta coloração roxa foi superior a variedade de planta de coloração amarela na utilização dos seus OE'S, assim como pode ser comprovado através dos Gráficos e visualmente através da Figura 5, ficando claro que tantos os OE'S da parte vegetativa quanto reprodutiva (inibição acima de 54% para 1% de óleo) foram adequados na inibição de crescimento micelial.

Figura 5 - Teste in vitro de inibição micelial de *C. eragrostidis* por concentrações de óleos essenciais de *S. oleracea* extraído de partes vegetativas e reprodutivas de duas variedades de jambu, Gurupi – TO, 2024



Fonte: Dados da pesquisa

Trabalhos com a espécie *S. oleracea* no que se refere aos efeitos sobre fungos são bastante escassos e/ou não publicados até o presente. No entanto, Nakasone et al. (2021) observaram que o extrato de flor de jambu amarelo no controle e inibição sobre o crescimento micelial de *Lasiodiplodia. pseudotheobromae* pode apresentar até 38,55% de eficácia, seguido também do extrato de folha de jambu com inibição de 18,42%. Raad et al. (2021) incitam que

o extrato vegetal de Jambu mostra grande efetividade em altas doses no combate à *Rhizoctonia solani*, sugerindo um vasto potencial para o manejo fitossanitário de plantas.

Os modelos selecionados para a modelação da homologia foram apresentados, destacando as identidades e os resultados da validação com os correspondentes valores favoráveis de Ramachandran (1968) e QMÉDIO (Tabela 5).

Tabela 5 - Modelo de ligase t-RNA de *Curvularia eragrostidis* utilizado para analisar o encaixe molecular com os principais compostos do OE das folhas de *S. oleracea*, Gurupi-TO, 2024

Organismo	Alvo (Base de dados Unipot)	Modelo	Identidade (%)	Ramachandran Favorecido (%)	QMÉDIO
<i>Curvularia eragrostidis</i>	Tirosina – tRNA ligase (M2TAQ3)	4Q93	52,89%	95,04%	-0,73

Fonte: Dados da pesquisa

Os principais compostos presentes nas folhas do OE de jambu complexaram com o receptor e formaram vários tipos de interações com energias de afinidade variáveis, conforme indicado pelos ensaios de acoplamento realizados (Tabela 6). O acoplamento molecular para o complexo formado entre os compostos  $\beta$ -Caryophyllene e Germacrene D a ligase de tirosina-tRNA fúngica (TyrRS) demonstrou que a energia de afinidade com o sítio ativo das enzimas relacionadas a *C. eragrostidis* foi de  $-7,2$  Kcal/mol e  $6,8$  Kcal/mol respectivamente. Os valores de energia de afinidade dos outros componentes do óleo essencial são expressos na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados do Docking Molecular para complexos entre os compostos principais do OE das plantas de *S. oleracea* e a ligase t-RNA de *C. eragrostidis*, Gurupi-TO, 2024

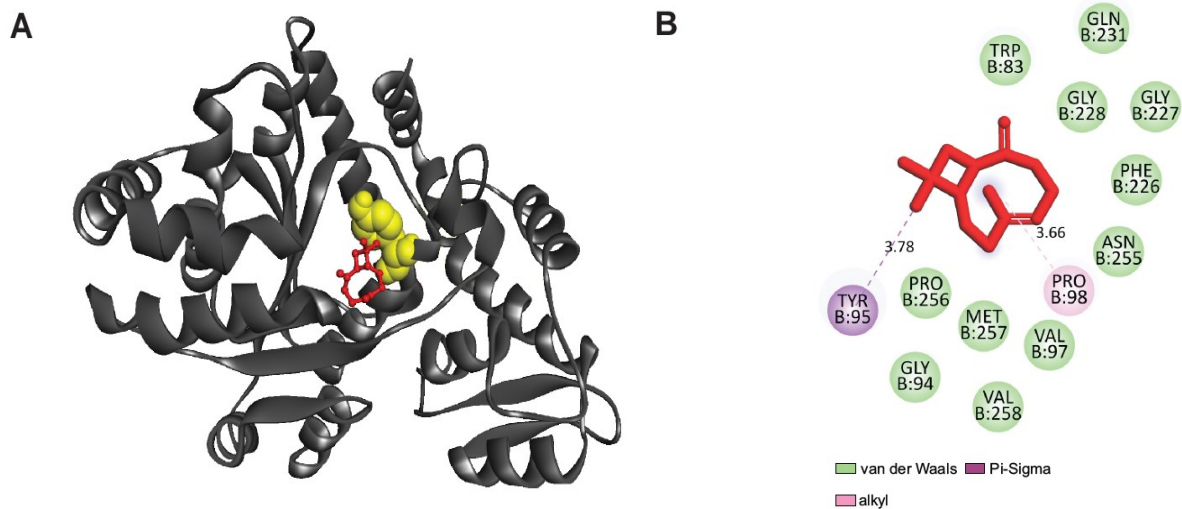
Ligante	Organismo
	<i>Curvularia eragrostidis</i> Kcal/mol*
$\beta$ -Pinene	-4,8
$\beta$ -Myrcene	-4,1
$\beta$ -Ocimene	-4,3
$\beta$ -Caryophyllene	-7,2
Germacrene D	-6,8
Pentadecen, 1-	-4,6

\*Energia de afinidade

Fonte: Dados da pesquisa

O complexo formado entre o ligante  $\beta$ -cariofileno e o receptor alvo Tyrosine tRNA ligase apresentou uma ligação muito estreita com os aminoácidos do sítio ativo do organismo *C. eragrostidis* (Figura 6). Este complexo apresentou interações entre o sítio ativo do alvo e o ligante do tipo: interações alquilo (PRO98); interações van der Waals (TRP83, GLY94, VAL97, PRO98, PHE226, GLY227, GLY228, GLN231, ASN255, PRO256, MET257, VAL258); Pi-Sigma (TYR95). Os resultados das interações com outras moléculas são mostrados na Figura 6.

Figura 6 -  $\beta$ -cariofileno (vermelho) complexado com tirosina tRNA ligase (A) e mapas 2D das interações moleculares com aminoácidos no sítio ativo (amarelo) dos alvos relacionados com *C. eragrostidis* (B), Gurupi – TO, 2024



A análise de Docking molecular revelou que  $\beta$ -cariofileno apresentou alta afinidade para interação com o sítio ativo da enzima tirosina-tRNA ligase (TyrRS), sugerindo-se que este sesquiterpeno possa atuar como um mecanismo de ação para o óleo essencial de Jambu. Embora TyrRS seja uma enzima essencial para o metabolismo de proteínas celulares, a sua inibição pode afetar a produção de proteínas associadas à virulência, tornando-a um alvo significativo para agentes antimicrobianos (HADDAJI et al., 2021, PANG et al., 2021). Existem evidências de que o  $\beta$ -cariofileno apresenta diversos efeitos farmacológicos. Por exemplo, apresenta atividade contra microrganismos (ASTANI e SCHNITZLER, 2011) além de ser analgésica, possui uma atividade anti-inflamatória amplamente comprovada (FERNANDES et al., 2007).

Para apoiar conclusões sólidas sobre a análise de encaixe molecular, é necessário levar em conta a atividade das ligases de tirosina-tRNA de algumas espécies de fungos. A forte afinidade energética e estabilidades moleculares entre ações sinérgicas dos compostos  $\beta$ -cariofileno e *Germacrene D* e o sítio ativo de TyrRS associado ao *C. eragrostidis* fazem do óleo essencial de Jambu um candidato promissor para inibidores de enzimas fúngicas para diversos organismos ainda não testados.

Por mais que ainda não existam pesquisas que evidenciem a interação e mecanismo de ação entre  $\beta$ -cariofileno e potenciais alvos celulares de fungos em especial *C. eragrostidis*. Os resultados, de maneira geral, corroboram a suposição de que o possível mecanismo de ação do óleo essencial de *S. oleracea* está majoritariamente ligado à interação de  $\beta$ -cariofileno e *Germacrene D* e dos demais compostos analisados com a enzima ligase tirosina-tRNA,

propondo um possível prejuízo na produção da proteína fúngica como um mecanismo de toxicidade fúngica produzida pelos compostos, esses bioativos funcionam através do contato, impedindo a respiração e interferindo nas funções da membrana celular (TEODORO et al., 2019).

#### 4 CONCLUSÕES

Óleos essenciais extraídos das partes vegetativas dos acessos de jambu apresenta crescimento inibitório de micélios fúngicos em todas as concentrações do óleo com inibição de 100%.

Óleo essencial de *S. oleracea* L. contém uma composição predominante de sesquiterpenos.

O óleo essencial de Jambu mostrou grande potencial para ser usado como um recurso biológico, apresentando altas propriedades fungicidas.

Os principais constituintes dos óleos essenciais,  $\beta$ -cariofileno e Germacrene D, desempenham papéis relevantes no modo de ação e seletividade contra o fungo *C. eragrostidis*.

O óleo essencial de *S. oleácea* demonstrou ser um recurso biológico promissor para o controle de *Curvularia eragrostidis*, devido à sua alta eficiência fungicida e à presença de sesquiterpenos bioativos que atuam seletivamente contra o fungo. Esse potencial pode ser explorado no desenvolvimento de biofungicidas naturais, uma alternativa sustentável aos fungicidas sintéticos convencionais.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O período mais indicado de cultivo das plantas de jambu foi o Período seco. Os acessos coletados em Paragominas e Benevides foram superiores para maioria das características avaliadas morfológicas e fisiológicas. Para as análises de inflorescência o período que demonstrou melhor desempenho para as inflorescências de *S. oleracea* foi o período de chuvas com melhores índices morfofisiológicos para maioria das variáveis analisadas. A análise fitoquímica do óleo essencial revelou que os principais compostos da sua composição são *Germacrene D*,  *$\beta$ -Caryophyllene*,  *$\beta$ -Pineno*,  *$\beta$ -mirceno* e *Pentadecene, 1*. O óleo provindo das folhas e hastes de ambas as variedades (de inflorescência amarela e roxa) inibiu eficazmente *Curvulária eragrostidis*. Evidenciando o potencial produtivo da cultura e sua eficácia no controle de fitopatógenos indicando ser altamente indicadas para cultivo e posterior incremento em programas de melhoramento genético.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 4th ed. **Carol Stream: Allured Publishing Corporation; 2007.**
- ALMADIY, A. A. Chemical composition, insecticidal and biochemical effects of two plant oils and their major fractions against *Aedes aegypti*, the common vector of dengue fever. **Heliyon**, v. 6, n. 9, p. e04915, 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04915>.
- ALTSCHUL, S. F. et al. Basic local alignment search tool. **J. Mol. Biol.** v. 215, p. 403410, 1990.
- ASTANI, A.; SCHNITZLER, P. Triagem para atividades antivirais de compostos isolados de óleos essenciais. Complemento baseado em evidências **Alternat. Med.** 2011.
- AVILA, L. M. et al. Análise da composição química do óleo essencial de *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook) Tronc. coletada no verão em dois sítios geomorfológicos distintos. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 15, n. 9, p. 9711-9730, 2023. Brazilian Journals. <http://dx.doi.org/10.55905/cuadv15n9-091>.
- AZIZ, Z.A. et al. Essential oils: extraction techniques, pharmaceutical and therapeutic potential - a review. **Current Drug Metabolism**, v. 19, n. 13, p. 1100-1110, 2018. Bentham Science Publishers Ltd. <http://dx.doi.org/10.2174/1389200219666180723144850>.
- BAWA, G. A. G. et al. Primeiro relato de *Curvularia specifera* como causa de doença de manchas foliares em arroz em Bali, Indonésia. **J. Biol. Agric. Health**, v. 8, p. 21–26, 2018.
- BARBOSA, A. F. et al. Spilanthal: occurrence, extraction, chemistry and biological activities. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 26, p. 128-133, 2016. doi: 10.1016/j.bjp.2015.07.024
- BARBOSA, M. S.; VIEIRA, G. H. C.; TEIXEIRA, A. V. Atividade biológica in vitro de própolis e óleos essenciais sobre o fungo *Colletotrichum musae* isolado de bananeira (*Musa* spp.). **Rev. Bras. Pl. Med.**, v. 17, p. 254-261, 2015.
- BEGUM, M. A. J. et al. Storage fungi in groundnut and the associate seed quality deterioration-a review. **Plant Pathology Journal (Faisalabad)**, v. 12, n. 3, p. 127134, 2013.
- BENKERT, P.; BIASINI, M.; SCHWEDE, T. Toward the estimation of the absolute quality of individual protein structure models. **Bioinformatics**, v. 27, p. 343–350, 2011.
- BIRKETT, M. A. et al. Atividade antiectoparasitária da resina de goma, gum haggard, da planta da África Oriental, *Commiphora holtziana*, **Fitoquímica**, v. 69, p. 1710–1715, 2008. <https://doi-org.ez6.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.phytochem.2008.02.017>
- BORGES, L. S. et al. Influência da fertilização orgânica e mineral do solo no óleo essencial de *Spilanthes oleracea* cv. Jambuarana. **J. Fisio. Vegetal**, v. 7, p. 135 – 142, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de análises sanitária de sementes**. 1ª Edição, Brasília, 2009.

BRITO, N. M.; NASCIMENTO, L. C. Potencial fungitóxico de extratos vegetais sobre *Curvularia eragrostidis* (P. Henn.) Meyer *in vitro*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, São Paulo, v.17, n.2, p.230-238, 2015.

CUPUL, W. C. et al. Antagonismo *in vitro*, actividad ligninolítica y de hidrolasas de pared celular en la interacción de especies de Trichoderma con *Curvularia eragrostidis* aislado de piña. **Scientia Fungorum**, v. 53, p. e1430, 2023. Asociacion Mexicana para el Estudio de los Hongos AC. <http://dx.doi.org/10.33885/sf.2022.53.1430>.

DASSAULT SYSTEMES BIOVIA, 2017. Discovery Studio Modeling Environment, Release 2017. Dassault Systemes, San Diego.

DEY, D. et al. Identificação baseada em espectrometria de massa de alérgenos de *Curvularia pallescens*, um aerosporo prevalente na Índia. **Biochim. Biophys. Acta**, v. 1864, p. 869–879, 2016.

ELGUEA-CULEBRAS, G. O. et al. Efeitos antialimentares de terpenos comuns de plantas aromáticas do Mediterrâneo em *Leptinotarsa decemlineata*, **J. Soil Sci. Plant Nutr.**, v. 17, n. 2, p. 475 – 485, 2017.

FERNANDES, E. S. et al. Efeitos antiinflamatórios dos compostos alfa-humuleno e trans - cariofileno isolados do óleo essencial de *Cordia verbenacea*. **EUR. J. Farmacol.** v. 569, p. 228–236, 2007.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-114, 2014.

FERREIRA, A. P. S. et al. First report of *Curvularia eragrostidis* causing postharvest rot on pineapple in Brazil. **Plant disease**, v. 98, p. 1277-1277, 2014.

FIGLIOLIA, M. B. Análise de sementes. In: PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B.; SILVA, A. **Sementes Florestais Tropicais: da ecologia à produção**. Londrina: ABRATES, p. 286-359, 2015.

FRANCOMANO, F. et al.  $\beta$ -cariofileno: um sesquiterpeno com inúmeras propriedades biológicas. **Ciência da aplicação**, v. 9, p. 5420, 2019.

GARCIA-AROCA, T. et al. Primeiro Relato de *Curvularia* Leaf Spot do Milho, Causada por *Curvularia lunata*, nos Estados Unidos. **Plant Health Prog.** v. 19, p. 140–142, 2018.

GARCÍA-ORDAZ, H. A. et al. Efectividad *in vitro* de fungicidas químicos contra *Curvularia eragrostidis* (Henn) J. A. Mey, agente causal de la mancha foliar en piña. **Scientia Agropecuaria**, v. 12, p. 429-434, 2021. [ht-tps://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.047](https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.047)

GOMES, J. T. et al. Perfil fitoquímico do extrato etanólico e composição química do óleo essencial das flores de *Acmella oleracea* (Asteracea). **Sociedade Brasileira de Plantas Mediciniais**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-3, 2022.

HAAS, J. et al. Continuous automated model evaluation (CAMEO) complementing the critical assessment of structure prediction in CASP12. **Proteins**, v. 86, p. 387–398, 2018.

HADDAJI, F. et al. Bioactivities and in silico study of *Pergularia tomentosa* L. phytochemicals as potent antimicrobial agents targeting type IIA topoisomerase, TyrRS, and Sap1 virulence proteins, **Environ. Sci. Pollut. Res.**, v. 28 p. 25349-25367, 2021.  
10.1007/s11356-020-11946-y

INCZEDY, J.; LENGYEL, T.; URE, A. M. **Compendium of Analytical Nomenclature**. Definitive Rules 1997, “The Orange Book”, 3rd ed., Blackwell Science: Oxford, 1998.

KATOH, K.; STANDLEY, D. M. MAFFT Multiple Sequence Alignment Software Version 7: Improvements in Performance and Usability. **Molecular Biology and Evolution**, v. 30, n. 4, p. 772–780, 2013. doi:10.1093/molbev/mst010

KEE, Y. J.; ZAKARIA, L.; MOHD, M. H. *Curvularia asianensis* e *Curvularia eragrostidis* associadas à mancha foliar de *Sansevieria trifasciata* na Malásia. **Journal Of Phytopathology**, v. 168, n. 5, p. 290-296, 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jph.12890>.

KLAPSCHINSKI, T. A.; RABE, P.; DICKSCHAT, J. S. Pristinol a sesquiterpene alcohol with an unusual skeleton from *Streptomyces pristinaespiralis*. **Angew Chem Int Ed Engl**. v. 55, p. 10141–4, 2016. <https://doi-org.ez6.periodicos.capes.gov.br/10.1002/anie.201605425>.

KUSAI, N. A. et al. Caracterização morfológica e molecular de *Curvularia* e espécies relacionadas associadas à mancha foliar do arroz na Península da Malásia. **Rendiconti Lincei**, n. 27, p. 205-214, 2016.

LI, Y. et al. O efeito de fatores ambientais e de desenvolvimento em metabólitos secundários em plantas medicinais. **Fisiol. Bioquímica**. v. 148, p. 80–89. 2020.

LIU, C. L. et al. Metabolic engineering strategies for sesquiterpene production in microorganism. **Crit Rev Biotechnol**. v. 42, p. 73–92, 2022a. <https://doi-org.ez6.periodicos.capes.gov.br/10.1080/07388551.2021.1924112>.

LIU, J.; CHEN, C.; WAN, X. et al. Identification of the sesquiterpene synthase AcTPS1 and high production of (–)-germacrene D in metabolically engineered *Saccharomyces cerevisiae*. **Microb Cell Fact**, v. 21, n. 1, p. 89, 2022b. <https://doi-org.ez6.periodicos.capes.gov.br/10.1186/s12934-022-01814-4>

MALDONADO-MICHEL, M. A. et al. Antifungal activity of *Swietenia humilis* (Meliaceae: Sapindales) seed extracts against *Curvularia eragrostidis* (Ascomycota: Dothideomycetes). **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 128, p. 471-479, 2021.  
<https://doi.org/10.1007/s41348-020-00410-1>

MASYITA, A. et al. Terpenes and Terpenoids as Main bioactive compounds of essential oils, their roles in human health and potential application as natural food preservatives. **Food Chemistry**: X, v. 13, p. 100217, 2022. Elsevier BV.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100217>.

MEHTA, T.; MEENA, M.; NAGDA, A. Bioactive compounds of *Curvularia* species as a source of various biological activities and biotechnological applications. **Frontiers In Microbiology**, v. 13, p. 1069095, 2022. Frontiers Media SA.

<http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2022.1069095>.

MOURA, W. S. et al. Antibacterial activity of *Siparuna guianensis* essential oil mediated by impairment of membrane permeability and replication of pathogenic bacteria. **Industrial Crops And Products**, v. 146, p. 112142, 2020. Elsevier BV.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112142>.

NAKASONE, A. K. et al. **Efeito de extratos vegetais na inibição do crescimento micelial de *Lasiodiplodia pseudotheobromae* e *Cylindrocladium* sp.:** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 145. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2021. 24 p.

PANG, L.; WEEKS, S. D.; VAN AERSCHOT, A. Aminoacyl-tRNA synthetases as valuable targets for antimicrobial drug discovery, **Int. J. Mol. Sci.**, v. 22, p. 1750, 2021.

[10.3390/ijms22041750](https://doi.org/10.3390/ijms22041750)

PARISI, J. J. D. et al. Patologia de Sementes Florestais: Danos, Detecção e Controle, uma revisão. **Summa Phytopathologica**, v.45, n.2, p.129-133, 2019.

PRACHAYASITTIKUL, V. et al. Alto potencial terapêutico de *Spilanthes acmella*: Uma revisão. **EXCLI J.** v. 12, p. 291, 2013.

PEZANTES-ORELLANA, C. et al. Essential oils: a systematic review on revolutionizing health, nutrition, and omics for optimal well-being. **Frontiers In Medicine**, v. 11, p. 1-17, 2024. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fmed.2024.1337785>.

RAAD, S. M. et al. Atividade antifúngica do extrato de jambu (*Acmella oleracea*) sobre o crescimento de micelial *Rhizoctonia solani*. **Natural Resources**, v.11, n.1, p. 21-24, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2237-9290.2021.001.0003>

RAMACHANDRAN, G. N.; SASISEKHARAN, V. Conformation of polypeptides and proteins. **Adv. Prot. Chem.**, v. 23, p. 283-437, 1968. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065323308604027>. Acesso em: 21 jan. 2021.

SANNER, M. F. Python: Uma Linguagem de Programação para Integração e Desenvolvimento de Software. **Journal of Molecular Graphics and Modelling**, v. 17, p. 57-61, 1999.

SATTAYAKHOM, A.; WICHIT, S.; KOOMHIN, P. The Effects of Essential Oils on the Nervous System: a scoping review. **Molecules**, v. 28, n. 9, p. 3771, 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules28093771>.

SCHRODINGER, L. L. C. **The PyMOL Molecular Graphics System**, Version 2.0. 2018.

SEEPHUEAK, P.; PREECHA, C.; SEEPHUEAK, W. A. diversidade de fungos associados ao arroz (*Oryza sativa* L.) de Nakhon Si Thammarat, Tailândia. **Int. J. Agric. Technol.** v. 15, p. 485–500, 2019

SHARMA, S. et al. Biossíntese de alto nível de germacreno D enantiopuro em levedura. **Appl Microbiol Biotechnol**, v. 108, p. 50, 2024. <https://doi.org/10.1007/s00253-023-12885-7>

SHARMA, V. et al. Extrato etanólico da flor de *Spilanthes acmella*: perfil de alquilamida por LC-MS e seus efeitos no comportamento sexual em ratos machos. **Fitomedicina**, v. 18, p. 1161 – 1169, 2011.

SILVA, L. A. L. et al. Potencial da extração de óleo essencial assistida por enzimas a partir do Jambu (*Spilanthes Oleracea* L.). **Brazilian Journal Of Development**, v. 9, n. 3, p. 11373-11389, 2023. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv9n3-162>.

SPINOZZI, E. et al. A Review of the Chemistry and Biological Activities of *Acmella oleracea* (“jambù”, Asteraceae), with a View to the Development of Bioinsecticides and Acaricides. **Plants**, v. 11, n. 20, p. 2721, 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/plants11202721>.

STEENWYK, J.L. et al. A robust phylogenomic time tree for biotechnologically and medically important fungi in the genera *Aspergillus* and *Penicillium*. **MBio**, v. 10, n. 4, p. e00925-19, 2019.

STEFANELLO, R. et al. Physiological and sanitary qualities of maize landrace seeds stored under two conditions. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 39, n. 4, p. 339-347, 2015.

TEODORO, A. V. et al. Uso de óleos vegetais no controle de pragas em plantas de jardins, hortas e pomares domésticos: **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 224. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2019. 19 p.

TROTT, O.; OLSON, A. J. AutoDock Vina: improving the speed and accuracy of docking with a new scoring function, efficient optimization, and multithreading. **Journal Of Computational Chemistry**, v. 31, n. 2, p. 455-461, 2010. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jcc.21334>.

VAN DEN DOOL, H.; KRATZ, P. D. Uma generalização do sistema de índice de retenção incluindo cromatografia de partição gás-líquido programada com temperatura linear. **J. Cromatogr. A.**, v. 11, p. 463 – 471, 1963.

VECHIATO, M. H; PARISI, J.J.D. Importância da qualidade sanitária de sementes de florestais na produção de mudas. **Divulgação Técnica. Biológico**, v.75, n.1, p.27-32, 2013.

VIEGAS, M. C.; BASSOLI, D. G. Utilização do índice de retenção linear para caracterização de compostos voláteis em café solúvel utilizando gc-ms e coluna hp-innowax. **Quim. Nova**, v. 30, n. 8, p. 2031-2034, 2007.

WATANABE, T. **Pictorial atlas of soil and seed fungi: morphologies of cultured fungi and key to species**. Boca Raton: Crc Press, 2010. 426 p.

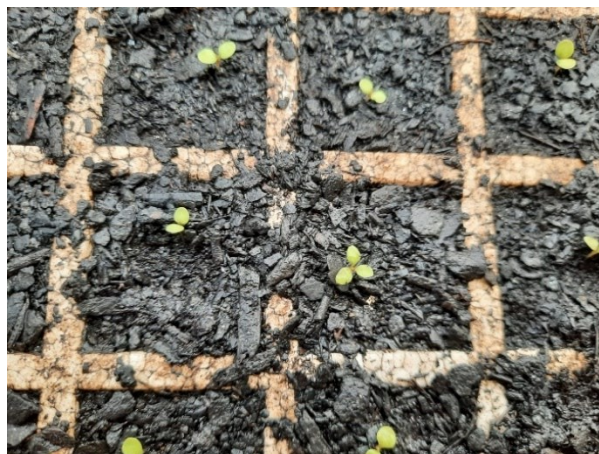
WATERHOUSE, A. et al. SWISS-MODEL: homology modelling of protein structures and complexes. **Nucleic Acids Research**, v. 46, n. 1, p. 296-303, 2018. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/nar/gky427>.

ZHANG, J. et al. Evaluation of *Aspergillus aculeatus* GC-09 for the biological control of citrus blue mold caused by *Penicillium italicum*. **Fungal Biology**, v. 126, n. 3, p. 201–212, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2021.12.006>

ZHONG, L. C. et al. Identification of *Curvularia clavata* causing leaf spot on pineapple (*Ananas comosus*) in China. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 38, p. 250-253, 2016. <https://doi.org/10.1080/07060661.2016.1158743>

## APÊNDICE

### APÊNDICE A - Mudanças de jambu em bandeja de poliestireno em condição de cultivo protegido



Fonte: a própria autora

## APÊNDICE B - Transplante das mudas de jambu para os canteiros



Fonte: a própria autora

## APÊNDICE C - Plantas de jambu em diferentes fases de desenvolvimentos em campo



Fonte: a própria autora

## APÊNDICE D – Alterações fenológicas nas inflorescências de jambu observadas em campo



Fonte: a própria autora

## APÊNDICE E - Colheita e análises morfológicas do jambu



Fonte: a própria autora

## APÊNDICE F – Extração do óleo essencial



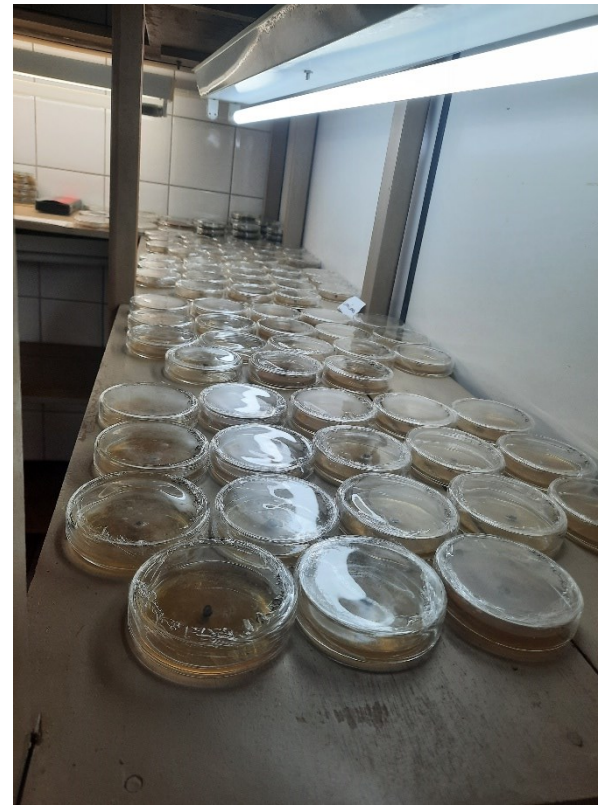
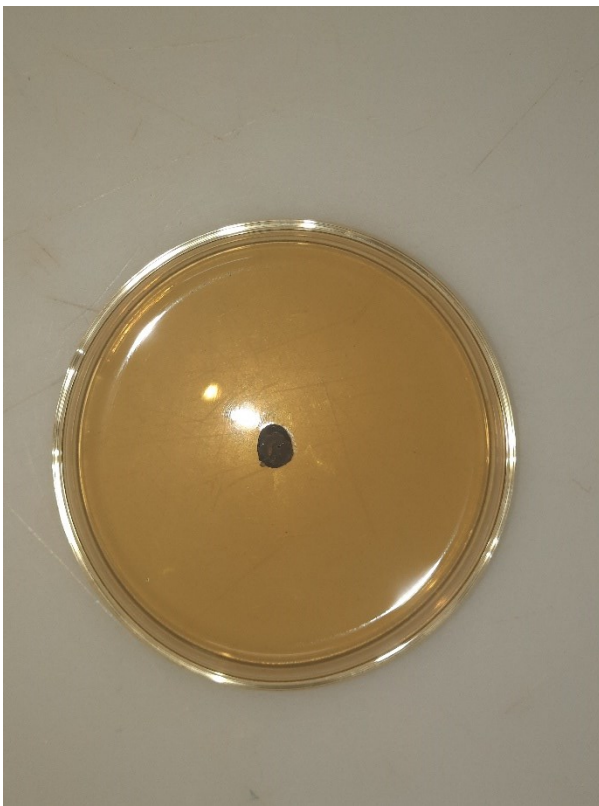
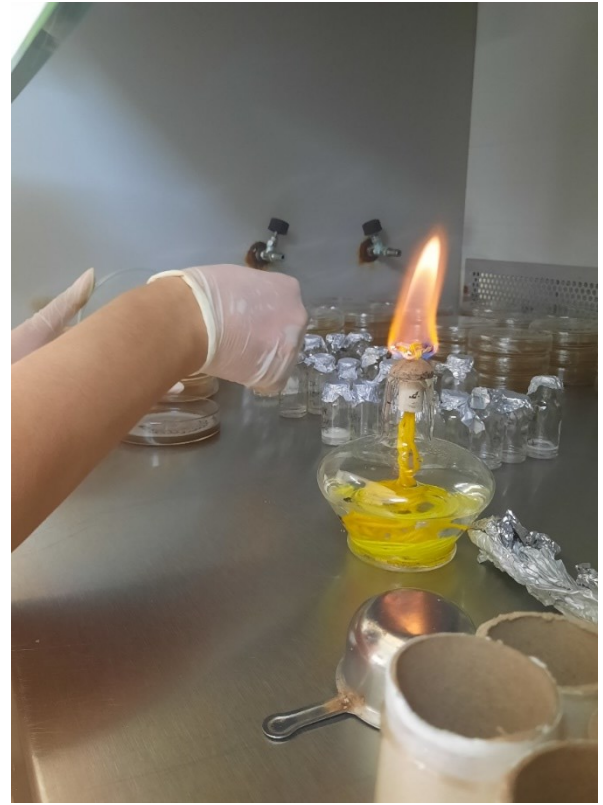
Fonte: a própria autora

## APÊNDICE G – Postulados de Koch



Fonte: a própria autora

## APÊNDICE H – Bioensaio em vitro de inibição fúngica



Fonte: a própria autora