



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA

EFEITO DE REVESTIMENTOS MINERAIS E NATURAIS NA
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA E NA REDUÇÃO DA
OVIPOSIÇÃO DE *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) EM
BANANAS

DENILSON CABRAL DOS SANTOS

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA – BRASIL
2026

DENILSON CABRAL DOS SANTOS

**EFEITO DE REVESTIMENTOS MINERAIS E NATURAIS NA
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA E NA REDUÇÃO DA OVIPOSIÇÃO DE
Ceratitis capitata (Diptera: Tephritidae) EM BANANAS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora: *D.Sc.* Cristiane Martins Veloso

Coorientadora: *D.Sc.* Daniela Ribeiro da Costa

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA – BRASIL
2026

S234e

Santos, Denilson Cabral dos.

Efeito de revestimentos minerais e naturais na conservação pós-colheita e na redução da oviposição de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) em bananas / Denilson Cabral dos Santos, 2026.

84 f. ; il., color.

Orientador (a): Dr.^a Cristiane Martins Veloso.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2026.

Inclui referências.

1. *Musa spp.*. 2. Mosca-das-frutas. 3. Filmes de partículas. 4. Biopolímeros. 5. Frutas - Qualidade. I. Veloso, Cristiane Martins. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. T.

CDD: 595.774

Catálogo na fonte: Karolyne Alcântara Profeta – CRB 5/2134

UESB – Campus Vitória da Conquista – BA



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia
Campus de Vitória da Conquista, BA.

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “Efeito de Revestimentos Minerais e Naturais na Conservação Pós-Colheita e na Redução da Oviposição de *Ceratitis capitata* em Bananas)”

AUTOR (A): Denilson Cabral dos Santos

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
gov.br CRISTIANE MARTINS VELOSO
Data: 25/02/2026 18:30:28-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Cristiane Martins Veloso, D.Sc. (UESB)

Documento assinado digitalmente
gov.br CLARICE DINIZ ALVARENGA CORSATO
Data: 05/03/2026 09:50:51-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Clarice Diniz Alvarenga Corsato, D.Sc. (UNIMONTES)

Documento assinado digitalmente
gov.br MAGUINTONTZ CEDNEY JEAN BAPTISTE
Data: 25/02/2026 22:26:15-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Maguintontz Cedney Jean-Baptiste, D.Sc. (PÓS-DOC/UESB)

Data de realização: 25 de fevereiro de 2026.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela vida, pela força e por me conduzir durante toda essa caminhada, especialmente por jamais ter inspirado em meu coração desejos irrealizáveis.

À minha família, base de tudo, pelo apoio incondicional, pelas palavras de incentivo, pelas orações e por sempre acreditarem em mim. Cada conquista minha é também de vocês.

Aos meus amigos, que tornaram essa jornada mais leve. Obrigado pelas conversas, pelas risadas, pelo apoio nos dias difíceis e por compreenderem minhas ausências. Vocês foram essenciais para manter o equilíbrio durante essa fase.

À minha orientadora Cris, pela confiança, pela orientação firme e pelos ensinamentos. Obrigado pelas correções e discussões enriquecedoras e por sempre me incentivar a ir além do óbvio. Sua postura como pesquisadora e educadora é inspiração para minha trajetória.

À minha coorientadora Dani, por não medir esforços em ajudar com os experimentos, pelas conversas, disponibilidade e apoio durante o desenvolvimento desta pesquisa. Sua participação foi essencial para o amadurecimento das ideias e fortalecimento do estudo.

À professora Aldenise Alves Moreira, pela oportunidade de realizar o estágio docência sob sua supervisão, experiência que contribuiu significativamente para minha formação acadêmica. Agradeço também pelas conversas sempre conduzidas com alegria e bom humor, que tornaram essa caminhada mais leve.

Aos amigos e colegas dos laboratórios Lab Química III e Entomolab, pelo companheirismo diário, pela ajuda nos experimentos e pelo apoio mútuo. O ambiente de trabalho colaborativo fez toda a diferença nessa trajetória.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB, pela concessão da bolsa de estudos; e à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, pela estrutura disponibilizada.

Por fim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, meu sincero agradecimento.

“Deus jamais inspirou em meu coração desejos irrealizáveis”.

Santa Teresinha do Menino Jesus

RESUMO GERAL

SANTOS, D. C. EFEITO DE REVESTIMENTOS MINERAIS E NATURAIS NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA E NA REDUÇÃO DA OVIPOSIÇÃO DE *Ceratitis capitata* (DIPTERA: TEPHRITIDAE) EM BANANAS, Vitória da Conquista - BA, UESB, 2026. 84p. (Dissertação: Mestrado em Agronomia, Área de Concentração: Fitotecnia) * ¹

As moscas-das-frutas estão entre as principais pragas da fruticultura mundial, causando perdas econômicas significativas e restrições fitossanitárias ao comércio internacional. Diante da crescente demanda por sistemas de produção mais sustentáveis e da necessidade de reduzir o uso de inseticidas sintéticos, intensificou-se a busca por tecnologias de baixo impacto ambiental. Nesse contexto, o uso de filmes de partículas minerais, especialmente à base de caulim, tem se destacado como uma alternativa promissora no manejo de tefritídeos, podendo atuar tanto na redução da oviposição quanto na modificação de processos fisiológicos pós-colheita. Assim, este trabalho foi estruturado em dois artigos com os seguintes objetivos: 1) avaliar o efeito de diferentes concentrações de revestimentos minerais e biopoliméricos sobre a oviposição de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) em frutas de banana; e 2) investigar a influência dos revestimentos minerais e naturais à base de caulim e amido no prolongamento da vida útil pós-colheita de banana 'Prata'. No primeiro estudo, após a aplicação e secagem dos revestimentos, as frutas foram expostas a 10 casais de moscas por 48 h, sendo posteriormente quantificados o número de puncturas, posturas e ovos por fruta. No segundo estudo, as frutas foram submetidas a quatro tratamentos e, após a aplicação dos revestimentos por imersão, foram armazenadas a 24 ± 2 °C, por 15 dias. Durante o armazenamento, avaliou-se a perda de massa, firmeza da casca e da polpa, parâmetros de cor, pH, sólidos solúveis e acidez titulável nos dias 1, 5, 10 e 15. A aplicação de caulim reduziu significativamente a oviposição de *C. capitata*, sendo a concentração de 5 % a mais eficiente dentre as testadas, com redução de 18,7 vezes o número de ovos em relação ao controle, evidenciando efeito de barreira física e interferência nos estímulos visuais e táteis utilizados pelas fêmeas para seleção do hospedeiro. Além disso, a combinação de caulim Surround[®] WP + amido de milho foi o tratamento mais eficiente na manutenção dos parâmetros físico-químicos das frutas, promovendo maior firmeza da casca e da polpa, menor perda de massa e atraso no amadurecimento, por meio da formação de uma barreira física ao redor da fruta, influenciando processos fisiológicos como respiração e transpiração. De forma integrada, os achados deste estudo evidenciam que o caulim apresenta potencial como ferramenta complementar no manejo integrado de pragas, associando proteção contra a oviposição e a conservação pós-colheita das frutas. Essa abordagem contribui para o desenvolvimento de estratégias mais sustentáveis na cadeia produtiva da banana, alinhadas às exigências atuais do mercado consumidor e às diretrizes de redução de impacto ambiental.

Palavras-chave: *Musa spp.* mosca-das-frutas; filmes de partículas; biopolímeros; qualidade de frutas.

¹Orientadora: Cristiane Martins Veloso, D.Sc., UESB
Coorientadora: Daniela Ribeiro da Costa, D.Sc., UESB.

GENERAL ABSTRACT

SANTOS, D. C. **EFFECT OF MINERAL AND NATURAL COATINGS ON POSTHARVEST CONSERVATION AND THE REDUCTION OF OVIPOSITION BY *Ceratitis capitata* (DIPTERA: TEPHRITIDAE) IN BANANAS.** Vitória da Conquista – BA, UESB, 2026. 84 p. (Dissertation: Master's Degree in Agronomy, Area of Concentration: Crop Science) * ²

Fruit flies are among the main pests of fruit production worldwide, causing significant economic losses and phytosanitary restrictions on international trade. Given the growing demand for more sustainable production systems and the need to reduce the use of synthetic insecticides, the search for low environmental impact technologies has intensified. In this context, the use of mineral particle films, especially those based on kaolin, has emerged as a promising alternative for the management of tephritids, potentially acting both in reducing oviposition and in modifying postharvest physiological processes. Thus, this work was structured into two articles with the following objectives: (1) to evaluate the effect of different concentrations of mineral and biopolymeric coatings on the oviposition of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) on banana fruits; and (2) to investigate the influence of mineral and natural coatings based on kaolin and starch on the extension of the postharvest shelf life of 'Prata' bananas. In the first study, after the application and drying of the coatings, the fruits were exposed to 10 pairs of flies for 48 h, after which the number of punctures, oviposition sites, and eggs per fruit were quantified. In the second study, the fruits were subjected to four treatments and, after the application of the coatings by immersion, were stored at 24 ± 2 °C for 15 days. During storage, weight loss, peel and pulp firmness, color parameters, pH, soluble solids, and titratable acidity were evaluated on days 1, 5, 10, and 15. The application of kaolin significantly reduced the oviposition of *C. capitata*, with the 5% concentration being the most efficient among those tested, resulting in an 18.7-fold reduction in the number of eggs compared to the control. This result indicates a physical barrier effect and interference with the visual and tactile stimuli used by females during host selection. In addition, the combination of kaolin Surround® WP + corn starch was the most effective treatment in maintaining the physicochemical parameters of the fruits, promoting greater peel and pulp firmness, lower weight loss, and delayed ripening through the formation of a physical barrier around the fruit, influencing physiological processes such as respiration and transpiration. Taken together, the findings of this study demonstrate that kaolin has potential as a complementary tool in integrated pest management, combining protection against oviposition with postharvest fruit preservation. This approach contributes to the development of more sustainable strategies in the banana production chain, aligned with current consumer market demands and environmental impact reduction guidelines.

Keywords: *Musa spp*; fruit flies; particle films; biopolymers; fruit quality.

²Advisor: Cristiane Martins Veloso, D.Sc., UESB

Co-advisor: Daniela Ribeiro da Costa, D.Sc., UESB.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I

Figura 1. Número médio (\pm erro-padrão) de puncturas de *Ceratitis capitata* em frutos de banana submetidos a diferentes tratamentos: T1 – amido de araruta (30 g.L⁻¹); T2 – amido de araruta + caulim (100 g.L⁻¹); T3 – amido de araruta + caulim (50 g.L⁻¹); T4 – amido de milho (30 g.L⁻¹); T5 – amido de milho + caulim (100 g.L⁻¹); T6 – amido de milho + caulim (50 g.L⁻¹); T7 – caulim (100 g.L⁻¹); T8 – caulim (50 g.L⁻¹); T9 – controle (água destilada). Médias seguidas por letras diferentes diferem-se estatisticamente entre si (GLM seguido de teste de comparações múltiplas de Tukey, $p < 0,05$)..... 44

Figura 2. Número médio (\pm erro-padrão) de posturas de *Ceratitis capitata* em frutos de banana submetidos a diferentes tratamentos: T1 – amido de araruta (30 g.L⁻¹); T2 – amido de araruta + caulim (100 g.L⁻¹); T3 – amido de araruta + caulim (50 g.L⁻¹); T4 – amido de milho (30 g.L⁻¹); T5 – amido de milho + caulim (100 g.L⁻¹); T6 – amido de milho + caulim (50 g.L⁻¹); T7 – caulim (100 g.L⁻¹); T8 – caulim (50 g.L⁻¹); T9 – controle (água destilada). Médias seguidas por letras diferentes diferem-se estatisticamente entre si (GLM seguido de teste de comparações múltiplas de Tukey, $p < 0,05$)..... 44

Figura 3. Número médio (\pm erro-padrão) de ovos de *Ceratitis capitata* em frutos de banana submetidos a diferentes tratamentos: T1 – amido de araruta (30 g.L⁻¹); T2 – amido de araruta + caulim (100 g.L⁻¹); T3 – amido de araruta + caulim (50 g.L⁻¹); T4 – amido de milho (30 g.L⁻¹); T5 – amido de milho + caulim (100 g.L⁻¹); T6 – amido de milho + caulim (50 g.L⁻¹); T7 – caulim (100 g.L⁻¹); T8 – caulim (50 g.L⁻¹); T9 – controle (água destilada). Médias seguidas por letras diferentes diferem-se estatisticamente entre si (GLM seguido de teste de comparações múltiplas de Tukey, $p < 0,05$)..... 45

Figura 4. Análise de componentes principais (ACP) dos efeitos de nove tratamentos em bananas submetidas à infestação por *Ceratitis capitata*. Variáveis: puncturas, posturas e ovos. Tratamentos: T1 – amido de araruta (30 g.L⁻¹); T2 – amido de araruta + caulim (100 g.L⁻¹); T3 – amido de araruta + caulim (50 g.L⁻¹); T4 – amido de milho (30 g.L⁻¹); T5 – amido de milho + caulim (100 g.L⁻¹); T6 – amido de milho + caulim (50 g.L⁻¹); T7 – caulim (100 g.L⁻¹); T8 – caulim (50 g.L⁻¹); T9 – controle (água destilada). 45

Figura 5. Aspecto visual de frutas de banana submetidas a diferentes revestimentos, sendo: T1 – amido de araruta (30 g L⁻¹); T2 – amido de araruta + caulim Surround® WP (100 g L⁻¹); T3 – amido de araruta + caulim Surround® WP (50 g L⁻¹); T4 – amido de milho (30 g L⁻¹); T5 – amido de milho + caulim Surround® WP (100 g L⁻¹); T6 – amido de milho + caulim Surround® WP (50 g L⁻¹); T7 – caulim Surround® WP (100 g L⁻¹); T8 – caulim Surround® WP (50 g L⁻¹); T9 – controle46

ARTIGO II

Figura 1. Firmeza da casca (N) de bananas submetidas aos tratamentos controle (T1), Surround WP 50 g L⁻¹ (T2), Surround WP 100 g L⁻¹ (T3) e amido de milho 3% + Surround WP 100 g L⁻¹ (T4), ao longo do período de armazenamento. Os valores representam as médias de cada tratamento..... 58

Figura 2. Firmeza da polpa (N) de bananas submetidas aos tratamentos controle (T1), Surround WP 50 g L⁻¹ (T2), Surround WP 100 g L⁻¹ (T3) e amido de milho 3% + Surround WP 100 g L⁻¹ (T4), ao longo do período de armazenamento. Os valores representam as médias de cada tratamento..... 59

Figura 3. Perda de peso (%) de bananas submetidas a diferentes tratamentos: controle (T1); Surround WP 50 g L⁻¹ (T2); Surround WP 100 g L⁻¹ (T3); amido de milho 3% + Surround WP 100 g L⁻¹ (T4), ao longo do período de armazenamento. Os valores representam as médias de cada tratamento..... 60

Figura 4. Valores médios do ângulo hue da casca de bananas submetidas a diferentes tratamentos: controle (T1); Surround[®]WP 50 g.L⁻¹ (T2); Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T3); amido de milho 3% + Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T4), ao longo do período de armazenamento. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças entre tratamentos em cada tempo de armazenamento, e letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre tempos dentro de cada tratamento, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$)..... 62

Figura 5. Ângulo hue da polpa de bananas submetidas a diferentes tratamentos: controle (T1); Surround[®]WP 50 g.L⁻¹ (T2); Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T3); amido de milho 3% + Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T4), ao longo do período de armazenamento. Os valores representam as médias de cada tratamento..... 63

Figura 6. Aparência externa de bananas durante o armazenamento em temperatura ambiente, sob diferentes tratamentos: controle (T1); Surround[®]WP 50 g.L⁻¹ (T2); Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T3); amido de milho 3% + Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T4)..... 63

Figura 7. Valores médios da luminosidade da casca de bananas submetidas a diferentes tratamentos: controle (T1); Surround[®]WP 50 g.L⁻¹ (T2); Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T3); amido de milho 3% + Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T4), ao longo do período de armazenamento. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças entre tratamentos em cada tempo de armazenamento, e letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre tempos dentro de cada tratamento, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$)..... 65

Figura 8. Valores médios da luminosidade da polpa de bananas submetidas a diferentes tratamentos: controle (T1); Surround[®]WP 50 g.L⁻¹ (T2); Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T3); amido de milho 3% + Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T4), ao longo do período de armazenamento. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças entre tratamentos em cada tempo de armazenamento, e letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre tempos dentro de cada tratamento, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$)..... 66

Figura 9. Valores médios do croma da casca de bananas submetidas a diferentes tratamentos: controle (T1); Surround[®]WP 50 g.L⁻¹ (T2); Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T3); amido de milho 3% + Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T4), ao longo do período de armazenamento. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças entre tratamentos em

cada tempo de armazenamento, e letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre tempos dentro de cada tratamento, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$)..... 67

Figura 10. Cromo da polpa de bananas submetidas a diferentes tratamentos: controle (T1); Surround WP 50 g L⁻¹ (T2); Surround WP 100 g L⁻¹ (T3); amido de milho 3% + Surround WP 100 g L⁻¹ (T4), ao longo do período de armazenamento. Os valores representam as médias de cada tratamento..... 68

Figura 11. Valores médios da acidez titulável de bananas submetidas a diferentes tratamentos: controle (T1); Surround[®]WP 50 g.L⁻¹ (T2); Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T3); amido de milho 3% + Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T4), ao longo do período de armazenamento. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças entre tratamentos em cada tempo de armazenamento, e letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre tempos dentro de cada tratamento, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$)..... 69

Figura 12. Valores médios do pH de bananas submetidas a diferentes tratamentos: controle (T1); Surround[®]WP 50 g.L⁻¹ (T2); Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T3); amido de milho 3% + Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T4), ao longo do período de armazenamento. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre tempos dentro de cada tratamento, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$) 70

Figura 13. Teor de Sólidos Solúveis de bananas submetidas a diferentes tratamentos: controle (T1); Surround WP 50 g L⁻¹ (T2); Surround WP 100 g L⁻¹ (T3); amido de milho 3% + Surround WP 100 g L⁻¹ (T4), ao longo do período de armazenamento. Os valores representam as médias de cada tratamento..... 71

Figura 14. Análise de Componentes Principais (ACP) dos atributos físico-químicos de bananas durante o armazenamento. (A) Distribuição das amostras em função do tempo de armazenamento (Dia 0, 5, 10 e 15). (B) Distribuição das amostras em função dos tratamentos aplicados: controle (T1); Surround[®]WP 50 g.L⁻¹ (T2); Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T3); amido de milho 3% + Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T4). Variáveis avaliadas: pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), perda de peso, firmeza da casca, firmeza da polpa, luminosidade da casca, luminosidade da polpa, croma da casca, croma da polpa, hue da casca e hue da polpa..... 73

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

Tabela 1. Médias ajustadas (\pm erro padrão) de luminosidade, croma e ângulo hue de bananas da cultivar Prata, estimadas por modelos lineares generalizados (GLM) com distribuição Gamma, antes e após a imersão nas suspensões. 47

Tabela 2. Médias ajustadas (\pm erro padrão) da firmeza da casca de bananas da cultivar Prata, estimadas por modelos lineares generalizados (GLM) com distribuição Gamma, antes e após a imersão nas suspensões. 48

Tabela 3. Componentes principais, autovalores, proporção da variância explicada e variância acumulada obtidos na análise de componentes principais 48

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AT	Acidez Titulável
ACP	Análise de componentes principais
h°	Ângulo Hue
AOAC	<i>Association Official Analytical Chemists</i>
R^2	Coefficiente de determinação
CP	Componente principal
C	Croma
g	Gramas
L	Litro
GLM	Modelos Lineares Generalizados
pH	Potencial Hidrogeniônico
χ^2	Qui-quadrado
SST	Sólidos Solúveis Totais

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	16
2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
3 ARTIGO I – Baixas concentrações de revestimentos minerais e biopoliméricos reduzem a oviposição de <i>Ceratitis capitata</i> (Diptera: Tephritidae) em frutos de banana.....	23
RESUMO	24
3.1 INTRODUÇÃO	25
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.2.1 Manutenção da colônia de <i>C. capitata</i>	27
3.2.2 Obtenção das frutas	27
3.2.3 Análises destrutivas	27
3.2.4 Avaliação de cor	28
3.2.5 Preparo dos revestimentos.....	28
3.2.6 Revestimento das frutas.....	29
3.2.7 Bioensaio de oviposição de <i>C. capitata</i>	29
3.2.8 Análises estatísticas	29
3.3 RESULTADOS.....	30
3.3.1 Caracterização físico-química das frutas.....	30
3.3.2 Bioensaio de oviposição de <i>C. capitata</i>	31
3.3.3 Análise de componentes principais	32
3.4 DISCUSSÃO.....	32
3.5 REFERÊNCIAS	35
4 ARTIGO II – Aplicação de filmes comestíveis minerais e naturais (caulim–amido) para aumento da vida útil de banana ‘Prata’	49
RESUMO	51
4.1 INTRODUÇÃO	52
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	54
4.2.1 Materiais	54
4.2.2 Preparo dos revestimentos.....	54
4.2.3 Revestimento das frutas e armazenamento.....	55
4.2.4 Determinação dos parâmetros de qualidade pós-colheita de banana	55
4.2.5 Planejamento e análises estatísticas.....	56
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	57

4.3.1 Parâmetros de qualidade de bananas ‘Prata’	57
4.3.1.1 Firmeza de casca, firmeza de polpa e perda de massa.....	57
4.3.1.2 Análise de cor das frutas	61
4.3.1.3 Acidez titulável, pH e Sólidos Solúveis.....	69
4.3.2 Análise de componentes principais	72
4.4 CONCLUSÃO.....	74
4.5 REFERÊNCIAS	75
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	82

1 INTRODUÇÃO GERAL

A bananeira (*Musa* sp.), pertencente à família Musaceae, destaca-se como uma das principais frutíferas tropicais, sendo o seu fruto um dos mais consumidos mundialmente, apresentando, portanto, relevância socioeconômica nos países tropicais (Leonel et al., 2024). O centro de origem da maior parte das variedades de banana é a Ásia Tropical, com centros secundários na África e ilhas do oceano Pacífico, difundindo-se por todas as regiões tropicais e subtropicais do globo (Al-Dairi et al., 2023). O Brasil, terceiro maior produtor mundial de frutas, com produção anual superior a 40 milhões de toneladas, é o maior consumidor global e o sexto maior produtor de bananas, com produção de 7,0 milhões de toneladas em 469 mil hectares, cultivados em 2024 (FAOSTAT, 2024; EMBRAPA, 2025). A Bahia ocupa a terceira posição na produção de bananas, com 839 mil toneladas em 2024 (ABRAFRUTAS, 2024). No estado, o município de Bom Jesus da Lapa, localizado na região oeste, destaca-se como um dos principais polos produtores do país (IBGE, 2024).

Diante da expressiva relevância econômica da cultura, a manutenção da qualidade pós-colheita constitui etapa estratégica na cadeia produtiva. A banana é classificada como fruta climatérica e, após a colheita, apresenta aumento da taxa respiratória associado à síntese de etileno, fenômeno fisiológico natural que desencadeia o amadurecimento. Esse processo envolve intensificação do metabolismo, conversão de amido em açúcares, alterações na firmeza, na coloração e na composição química das frutas (Jung et al., 2020). Embora seja inerente à fisiologia da fruta, a progressão acelerada do amadurecimento pode reduzir o período de comercialização, quando não são adotadas estratégias adequadas de manejo pós-colheita (Fonseca et al., 2019). Assim, práticas que permitam retardar o avanço do climatério e prolongar a fase pré-climatérica são essenciais para minimizar perdas e garantir qualidade ao consumidor final (Chitarra e Chitarra, 1984).

Além dos desafios relacionados à conservação pós-colheita, a produção de bananas enfrenta diversos problemas fitossanitários, causados por pragas e doenças que comprometem o rendimento e a qualidade das frutas. Entre as principais doenças destacam-se: sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), moko da bananeira (*Ralstonia solanacearum* Smith, Raça 2), mal-do-Panamá (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*, Raça 4), BBTV (*Banana bunchy top virus*) e BBrMV (*Banana bract mosaic virus*) (Brandão et al., 2017). No contexto das pragas, a infestação por moscas-das-frutas

causa mudanças bioquímicas que afetam a qualidade e o tempo de vida útil das bananas, levando a perdas econômicas.

No Brasil, as principais espécies de moscas-das-frutas de importância econômica e quarentenária incluem *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824), conhecida como mosca-do-mediterrâneo, detectada no país no início do século XX; espécies do gênero *Anastrepha*, que compreende cerca de 121 espécies, dentre as quais se destacam as mais polípagas *Anastrepha fraterculus* (Wiedmann, 1830) e *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1835); e *Bactrocera carambolae* (Drew & Hancock, 1994), registrada nos estados do Amapá, Pará e Roraima (Zucchi e Moraes, 2022a, 2022b).

As fêmeas realizam puncturas na casca dos frutos para a oviposição, e essas perfurações servem como porta de entrada para patógenos. Após a eclosão, as larvas alimentam-se da polpa, provocando danos diretos, acelerando a deterioração e tornando os frutos impróprios para comercialização (Marchiori et al., 2007). Além de causar perdas qualitativas e quantitativas, *C. capitata* impõe sérias restrições ao comércio internacional, devido às rigorosas exigências quarentenárias estabelecidas por países importadores de frutos *in natura* (Arouri et al., 2015). É altamente polífaga e pode se desenvolver em ampla variedade de hospedeiros, incluindo a banana, sendo que o primeiro registro de infestação de *C. capitata* em banana, no Brasil, foi observado por Sá et al. (2019), na cultivar Prata-Anã, em pomar do submédio do Vale do São Francisco, em Juazeiro, BA. Em estudo conduzido por Joachim-Bravo et al. (2001), a banana (*Musa paradisiaca* L) foi o segundo fruto preferido por *C. capitata* para oviposição, ficando atrás apenas do mamão (*Carica papaya* L.), seguido pela maçã (*Pyrus malus* L.) e pela laranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck).

O manejo populacional de *C. capitata* envolve, tradicionalmente, o uso de inseticidas, aplicados em iscas tóxicas ou pulverizações, aliado a práticas culturais, como a catação e o enterrio de frutas caídas, e a eliminação de hospedeiros alternativos (Paranhos et al., 2019). No entanto, devido às crescentes exigências por produtos com menor teor de resíduos de defensivos agrícolas, intensificam-se as pesquisas por alternativas sustentáveis para o controle de insetos-praga (Nava e Botton, 2010).

Entre as alternativas para o manejo dessa praga, destaca-se o uso de revestimentos minerais e naturais, os quais têm sido investigados tanto para a conservação pós-colheita de frutas quanto para a redução da oviposição de moscas-das-frutas. Essa abordagem baseia-se principalmente no caulim, um mineral aluminossilicato branco, quimicamente inerte e não abrasivo, formulado para aplicação em plantas e originalmente utilizado para

a proteção contra injúria solar (Puterka et al., 2000). Os filmes de partículas formam uma película refletora sobre a superfície vegetal, diminuindo a temperatura dos frutos (Glenn et al., 2002) e interferindo no comportamento de insetos. Glenn et al. (1999) relataram que insetos podem ser repelidos ou até ter sua infestação suprimida em plantas recobertas com esse material. A eficácia do caulim no manejo de pragas está associada a mecanismos como a interrupção do reconhecimento do hospedeiro, alterações na atratividade visual e propriedades refletivas que modificam a cor e aparência dos frutos (Showler, 2002). O uso de películas de partículas minerais e naturais, visando à proteção de frutos contra o ataque de moscas-das-frutas, tem sido investigado e apresenta resultados promissores, especialmente com o Surround® WP, um formulado comercial à base de caulim (Costa et al., 2021a; Costa et al., 2021b).

Além do caulim, revestimentos à base de biopolímeros têm ganhado destaque por sua baixa toxicidade, biodegradabilidade e capacidade de formar filmes protetores, sendo o amido um dos materiais mais utilizados. O amido é formado por amilose e amilopectina, cujas proporções variam conforme a fonte biológica, podendo ser extraído de cereais, frutas, raízes e tubérculos (Lopez-Polo et al., 2021). Os revestimentos à base de amido são transparentes, regulam a permeabilidade ao oxigênio (O₂) e ao dióxido de carbono (CO₂), retardam o amadurecimento e prolongam a vida útil das frutas, reduzindo a senescência e a deterioração (Hassan et al., 2018).

Revestimentos produzidos com biomateriais têm sido amplamente estudados como ferramentas complementares na conservação pós-colheita de frutas, incluindo revestimentos à base de amido aplicados em mangas (*Mangifera indica* L.) (Almeida et al., 2024; Silva et al., 2024), banana (*Musa spp.*) (Thakur et al., 2019) e acerola (*Malpighia emarginata* DC.) (Galvão et al., 2024). Além disso, esses revestimentos têm sido explorados também no manejo de moscas-das-frutas em diferentes culturas, como nectarina (*Prunus pérsica*), maçã (*Malus domestica* Borkh.) e caqui (*Diospyros kaki* L.) (Mazor e Erez, 2004), uva (*Vitis vinifera* L.) (Costa et al., 2021a), goiaba (*Psidium guajava* L.) (Costa et al., 2021b), pera-de-cacto (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) (D'Aquino et al., 2021) e mirtilo (*Vaccinium myrtillus*) (Lemoine et al., 2008). Nesse contexto, torna-se relevante investigar a aplicação de revestimentos minerais e naturais à base de biopolímeros em bananas, visando não apenas a melhoria da qualidade pós-colheita e a extensão da vida útil das frutas, mas também a redução da oviposição de moscas-das-frutas.

Considerando a demanda por técnicas de controle de infestação por insetos-praga, além da manutenção de parâmetros de qualidade da banana, os objetivos deste estudo foram: (i) verificar o potencial desses revestimentos na redução da oviposição de *Ceratitidis capitata*; e (ii) avaliar o efeito de revestimentos minerais e à base de bioploímeros na conservação pós-colheita de bananas.

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-Dairi, M., Pathare, P. B., Al-Yahyai, R., Jayasuriya, H., & Al-Attabi, Z. Postharvest quality, technologies, and strategies to reduce losses along the supply chain of banana: A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 134, p. 177–191, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.03.003>

Almeida, M.F.; Silva, G.L.; Gondim, G.D.; Alves, C.E.F.; Silva, M.C.; Mendes, B.A.B.; Anjos, D.A.; São José, A.R.; Veloso, C.M. Maintenance of postharvest quality of ‘Palmer’ mango coated with biodegradable coatings based on cassava starch and emulsion of lemongrass essential oil. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 277, p. 134323, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.134323>

Arouri, R.; Goff, G.L.; Hemden, H.; Lopis, V.N.; M’saad, M.; Castañera, P.; Ortego, F. Resistance to lambda-cyhalothrin in Spanish field populations of *Ceratitis capitata* and metabolic resistance mediated by P450 in a resistant strain. **Pest Management Science**, v. 71, n. 4, p. 1281–1291, 2015. <https://doi.org/10.1002/ps.3924>

Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas – ABRAFRUTAS. Painéis de produção. Disponível em: <https://abrafrutas.org/paineis-de-producao/>. Acesso em: dezembro de 2025.

Brandão, S.C.N.; Barbosa, C.D.J.; Oliveira, M.Z.A.; Silva, S.D.B. **Vírus quarentenários para a bananicultura brasileira: Banana Bunchy Top vírus (BBTV) e Banana bract mosaic virus (BBMV)**, Embrapa Mandioca e Fruticultura. Comunicado Técnico, 163, 2017.

Chitarra, A.B.; Chitarra, M.I.F. Manejo pós-colheita e amadurecimento comercial de banana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 6, p. 761–771, 1984.

Costa, D.R.; Leite, S.A.; Moreira, A.A.; Maluf, R.P.; Novaes, Q.S.; Santos, M.P.; Santos, M.M.; Bravo, I.S.J.; Castellani, M.A. Mineral and natural films change the physical–chemical properties of grapes and modulate oviposition behaviour of *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 111, p. 568–578, 2021b. <https://doi.org/10.1017/S0007485321000250>

Costa, D.R.; Leite, S.A.; Santos, M.P.; Coelho, B.S.; Moreira, A.A.; Silva, C.A.D.; Bravo, I.S.J.; Castellani, M.A. Influence of mineral particle films and biomaterials on guava fruits and implications for the oviposition of *Anastrepha obliqua* (Macquart) (Diptera: Tephritidae). **Insects**, v. 12, p. 1–13, 2021a. <https://doi.org/10.3390/insects12050373>

D’Aquino, S.; Palma, A.; Chessa, I.; Satta, D.; Pau, L.; Inglese, P.; Ochoa, J.M.; Glenn, D.M. Effect of Surround WP (a kaolin-based particle film) on *Ceratitis capitata* infestation, quality and postharvest behavior of cactus pear fruit cv. Gialla. **Scientia Horticulturae**, v. 289, p. 110484, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110484>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Produção de banana no Brasil. Disponível em: https://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/banana/b1_banana.pdf. Acesso em: dezembro de 2025.

Fonseca, S.N.A.; Silva, W.B.; Mizobutsi, E.H.; Silva, G.M.C.; Pinheiro, J.M.S.; Jesus, M.O.; Mizobutsi, G.P. The role of ethylene on banana fruit ripening via sugar and starch metabolism. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 32, n. 5, p. 1–12, 2019. <https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v32i530115>

Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. FAOSTAT: Production – Crops and Livestock Products (QCL). Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em: dezembro de 2025.

Galvão, M.B.F.; Stamford, T.C.M.; Melo, F.A.B.R. de; Lima, G.S. de; Oliveira, C.E.V. de; Oliveira, I.L.N. de; Bidô, R.C.A.; Pintado, M.M.E.; Oliveira, M.E.G. de; Stamford, T.L.M. Development of edible coatings based on pineapple peel (*Ananas comosus* L.) and yam starch (*Dioscorea alata*) for application in acerola (*Malpighia emarginata* DC). **Foods**, v. 13, p. 2873, 2024. <https://doi.org/10.3390/foods13182873>

Glenn, D.M.; Prado, E.; Erez, A.; Puterka, G.J. A reflective, processed-kaolin particle film affects fruit temperature, radiation reflection, and solar injury in apple. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 127, p. 188–193, 2002. <https://doi.org/10.21273/JASHS.127.2.188>

Glenn, D.M.; Puterka, G.J.; Vanderzwet, T.; Byers, R.E.; Feldhake, C. Hydrophobic particle films: a new paradigm for suppression of arthropod pests and plant diseases. **Journal of Economic Entomology**, v. 92, p. 759–771, 1999. <https://doi.org/10.1093/jee/92.4.759>

Hassan, B.; Chatha, S.A.S.; Hussain, A.I.; Zia, K.M.; Akhtar, N. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: a review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 109, p. 1095–1107, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Produção de banana no Brasil. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/banana/ba>. Acesso em: dezembro de 2025.

Joachim-Bravo, I.S.; Fernandes, O.A.; Bortoli, S.A.; Zucoloto, F.S. Oviposition preference hierarchy in *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae): influence of female age and experience. **Iheringia**, v. 91, p. 93–100, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212001000200014>

Jung, S.; Cui, Y.; Barnes, M.; Satam, C.; Zhang, S.; Chowdhury, R. A.; Adumbumkulath, A.; Sahin, O.; Miller, C.; Sajadi, S.M.; Sassi, L.M.; Ji, Y.; Bennett, M. R.; Yu, M.; Friguglietti, J.; Merchant, F. A.; Verduzco, R.; Roy, S.; Vajtai, R.; Meredith, J. C.; Youngblood, J.P.; Koratkar, N.; Rahman, M.M.; Ajayan, P.M. Multifunctional bio-nanocomposite coatings for perishable fruits. **Advanced Materials**, v. 32, 2020. <https://doi.org/10.1002/adma.201908291>

Leonel, S.; Leonel, M.; Jesus, P.R.R.; Tecchio, M.A.; Silva, M.S.; Cândido, H.T.; Molha, N.Z.; Ouros, L.F. Achievements of Banana (*Musa* sp.)-Based Intercropping Systems in Improving Crop Sustainability. **Horticulturae**, v. 10, n. 9, p. 956, 2024. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10090956>

Lemoyne, P.; Vincent, C.; Gaul, S.; Mackenzie, K. Kaolin affects blueberry maggot behavior on fruit. **Journal of Economic Entomology**, v. 101, n. 1, p. 118–125, 2008. <https://doi.org/10.1093/jee/101.1.118>

- Lopez-Polo, J.; Monasterio, A.; Cantero-López, P.; Osorio, F.A. Combining edible coatings technology and nanoencapsulation for food application: a brief review with an emphasis on nanoliposomes. **Food Research International**, v. 145, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110402>
- Marchiori, C.H.; Filho, O.M.S. Espécies de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e seus parasitoides em Itumbiara-GO. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 30, n. 2, p. 73–76, 2007.
- Mazor, M.; Erez, A. Processed kaolin protects fruits from Mediterranean fruit fly infestations. **Crop Protection**, v. 23, p. 47–51, 2004. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(03\)00169-8](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(03)00169-8)
- Nava, D.E.; Botton, M. **Bioecologia e controle de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* em pessegueiro**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 29 p, 2010.
- Paranhos, B.J.; Nava, D.E.; Malavasi, A. Biological control of fruit flies in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e26037, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.26037>
- Puterka, G.J.; Glenn, D.M.; Sekutowski, D.G. Method for protecting surfaces from arthropod infestation. U.S. Patent No. 6,027,740, 2000
- Sá, R.F.; Oliveira, A.S.; Santos, R.C.C.; Moreira, J.C.M.; Moreira, A.A.; Castellani, M.A. First record of the association of banana (*Musa* sp.) and *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, p. 1–5, 2019. <https://doi.org/10.1590/0100-29452019091>
- Showler, A.T. Effects of kaolin-based particle film application on boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) injury to cotton. **Journal of Economic Entomology**, v. 95, p. 754–762, 2002. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-95.4.754>
- Silva, G.L.; Almeida, M.F.; Rocha, J.A.; et al. Efficiency of a coating based on cassava starch and encapsulated essential oil in postharvest storage of ‘Palmer’ mango. **Scientia Horticulturae**, v. 334, p. 113288, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113288>
- Thakur, R.; Pristijono, P.; Bowyer, M.; et al. A starch edible surface coating delays banana fruit ripening. **LWT**, v. 100, p. 341–347, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.055>
- Zucchi, R.A.; Moraes, R.C.B. Moscas-das-frutas no Brasil: espécies de *Anastrepha*, suas plantas hospedeiras e parasitoides. Piracicaba: ESALQ/USP, 2022a. Disponível em: <http://www.lea.esalq.usp.br/anastrepha>. Acesso em: 21 dez. 2025.
- Zucchi, R.A.; Moraes, R.C.B. Moscas-das-frutas no Brasil: hospedeiros e parasitoides da mosca-do-mediterrâneo. Piracicaba: ESALQ/USP, 2022b. Disponível em: <http://www.lea.esalq.usp.br/ceratitis>. Acesso em: 21 dez. 2025.

ARTIGO I

Baixas concentrações de revestimentos minerais e biopoliméricos reduzem a oviposição de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) em frutos de banana

***Situação:** Submetido

4 Baixas concentrações de revestimentos minerais e biopoliméricos reduzem a oviposição
5 de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) em frutos de banana

6

7 Denilson C. dos Santos¹, Daniela R. da Costa¹, Cristiane M. Veloso²

8 ¹ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Laboratório de Química III, 45031-300, Vitória
9 da Conquista, BA, Brasil.

10 ² Departamento de Ciências Naturais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), 45031-300,
11 Vitória da Conquista, BA, Brasil

12

13 **Resumo:** A banana (*Musa* sp.) destaca-se como uma das frutas mais produzidas e
14 consumidas mundialmente, apresentando importância econômica e social. Contudo,
15 relatos recentes mostram que a sua produção é impactada por pragas como *Ceratitis*
16 *capitata*, espécie polífaga que compromete a qualidade dos frutos e pode gerar restrições
17 comerciais. Diante da crescente busca por métodos de supressão populacional com baixo
18 impacto ambiental, revestimentos minerais e biopoliméricos têm sido investigados como
19 alternativas sustentáveis no manejo de moscas-das-frutas. Este estudo avaliou o efeito de
20 revestimentos à base de caulim Surround[®] WP, amido de araruta, amido de milho e suas
21 combinações sobre a oviposição de *C. capitata* em frutos de banana. Após a aplicação
22 dos tratamentos e secagem, as frutas foram expostas a 10 casais de moscas por 48 h, sendo
23 quantificados posteriormente o número de puncturas, posturas e ovos por fruta. Os
24 resultados demonstraram que o caulim, especialmente na concentração de 50 g L⁻¹,
25 apresentou elevado potencial na redução da oviposição de *C. capitata* em bananas, sendo
26 observada diminuição de 18,7 vezes no número médio de ovos em relação ao controle,
27 promovendo alterações na firmeza, luminosidade, cor e ângulo hue, reduzindo
28 significativamente o número de ovos. Em contraste, os revestimentos à base de amido
29 não atuaram como repelentes, sendo associados a maiores níveis de oviposição.

30

31 **Palavras-chave:** mosca-das-frutas; puncturas; caulim; amido; *Musa* spp.

32

33

34

35 3.1 INTRODUÇÃO

36 A banana (*Musa* sp.) é uma fruta tropical com alto valor econômico e nutricional,
37 ocupando posição de destaque na produção agrícola mundial. Trata-se da fruta mais
38 produzida globalmente, cultivada em mais de 125 países, com predominância na Ásia,
39 América Latina e África (FAO, 2024). O Brasil é o sexto maior produtor mundial, com
40 aproximadamente 7,0 milhões de toneladas produzidas em 469 mil hectares em 2024
41 (EMBRAPA, 2025). Além de amplamente consumida, devido ao sabor doce e à textura
42 macia, a banana possui elevado teor de carboidratos, vitaminas, minerais (como potássio
43 e magnésio), vitamina C, compostos bioativos e amido, o que a caracteriza como um
44 alimento altamente nutritivo (Bolfarini *et al.*, 2020; Cândido *et al.*, 2022). Do ponto de
45 vista socioeconômico, sua produção contínua ao longo do ano, aliada ao rápido retorno
46 econômico, torna essa cultura uma importante fonte de renda para agricultores de
47 diferentes escalas (Almeida *et al.*, 2019; Napoleão *et al.*, 2021).

48 Apesar de sua relevância, a cultura enfrenta desafios fitossanitários significativos,
49 entre os quais o ataque de insetos-praga, que comprometem a qualidade e a
50 comercialização das frutas. Dentre as pragas associadas a frutíferas, destaca-se *Ceratit*
51 *capitata* Wiedemann, (Diptera:Tephritidae), conhecida como mosca-do-mediterrâneo,
52 considerada uma das pragas mais importantes em âmbito global (Giunti *et al.*, 2023;
53 Boulahia-Kheder, 2021). Trata-se de uma espécie polífaga e multivoltina, registrada em
54 mais de 350 espécies hospedeiras, pertencentes a cerca de 70 famílias botânicas em nível
55 mundial (Eppo, 2021). No Brasil, o primeiro registro da associação entre *Musa* sp. e *C.*
56 *capitata* foi realizado por Sá *et al.* (2019), evidenciando o potencial da praga em infestar
57 bananas e ampliando a lista de hospedeiros conhecidos.

58 Os danos são causados na fase larval, quando as larvas recém eclodidas penetram e
59 consomem a polpa da fruta, acelerando sua deterioração e inviabilizando sua
60 comercialização (Marchiori *et al.*, 2007). As fêmeas, ao realizarem as puncturas para
61 oviposição, também favorecem a entrada de patógenos. Além dos danos diretos, a
62 ocorrência da praga leva à imposição de barreiras quarentenárias impostas por países
63 importadores de frutas (Arouri *et al.*, 2015).

64 O controle químico continua sendo o método mais empregado no manejo dessa praga.
65 Embora seja eficaz, sua utilização intensiva tem resultados no desenvolvimento de
66 resistência, contaminação ambiental e efeitos adversos sobre organismos não-alvo,
67 incluindo inimigos naturais e seres humanos (Abad-Moyano *et al.*, 2009 ; Laudani *et al.*,

68 2022). Nesse contexto, cresce o interesse por estratégias alternativas e ambientalmente
69 seguras, dentre as quais o uso de revestimentos minerais e naturais (à base de
70 biopolímeros), que têm se mostrado promissoras no manejo de insetos-praga (Costa *et*
71 *al.*, 2021a, 2021b; Glenn *et al.*, 1999; Puterka *et al.*, 2000; Mazor e Erez, 2004).

72 Um revestimento mineral que se destaca no controle de infestação é o caulim, um
73 mineral aluminossilicato branco, quimicamente inerte e não abrasivo, amplamente
74 utilizado em plantas (Puterka *et al.*, 2000). Seu efeito no manejo de pragas baseia-se na
75 interrupção do reconhecimento do hospedeiro, devido às propriedades refletivas e à
76 alteração da cor da planta (Showler, 2002). A ação do caulim sobre insetos-praga está
77 relacionada à alteração da coloração e das propriedades visuais da superfície do fruto, o
78 que dificulta o reconhecimento do hospedeiro e reduz sua atratividade para a oviposição
79 (Glenn e Puterka, 2005). Além disso, o caulim atua como agente repelente e irritante,
80 contribuindo para afastar os insetos e limitar seu comportamento de oviposição (Saour e
81 Makee, 2004; Sharma *et al.*, 2015).

82 Além do caulim, biomateriais também são utilizados na proteção de plantas cultivadas,
83 devido à sua alta biodegradabilidade e baixa toxicidade (Kaushik *et al.*, 2016; Gomes *et*
84 *al.*, 2017). Na agricultura, esses biomateriais têm sido amplamente utilizados para o
85 revestimento e a conservação pós-colheita de frutos, destacando-se os filmes formulados
86 à base de amido, que atuam como uma barreira protetora e contribuem para a manutenção
87 da qualidade das frutas (Almeida *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2024). Além dessas aplicações,
88 estudos recentes demonstraram que biomateriais também podem atuar na redução da
89 oviposição de moscas-das-frutas, ao modificar características físicas dos frutos, tornando-
90 os menos atrativos para o reconhecimento e oviposição (Costa *et al.*, 2021a, 2021b).

91 Considerando a ampla gama de hospedeiros e o impacto econômico associado à praga,
92 torna-se necessária a adoção de estratégias sustentáveis capazes de reduzir a
93 suscetibilidade das frutas à oviposição. Revestimentos à base de minerais e biopolímeros
94 têm sido apontados como alternativas promissoras, atuando como barreiras físicas e
95 promovendo modificações nas características superficiais das frutas. Entretanto, ainda
96 são limitadas as informações sobre o uso combinado desses materiais como estratégia
97 para reduzir a oviposição em banana.

98 Nesse sentido, o presente estudo avaliou o efeito de revestimentos minerais e
99 biopoliméricos sobre a oviposição de *C. capitata* em bananas.

100

101

102 **3.2 MATERIAL E MÉTODOS**

103 **3.2.1 Manutenção da colônia de moscas**

104 As moscas utilizadas pertenciam à espécie *Ceratitis capitata*, criadas no Laboratório
105 de Moscas-das-Frutas da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Para obter as
106 larvas, os ovos eram coletados diariamente, esterilizados e submetidos à dieta contendo
107 farelo de aveia, açúcar, levedura de cerveja, farelo de soja e água destilada, além de
108 conservantes, conforme adaptado de Tanaka *et al.* (1969). Aproximadamente dez dias
109 após a eclosão das larvas, as pupas formadas foram coletadas e colocadas em recipientes
110 plásticos com vermiculita até a emergência dos adultos. Os adultos foram transferidos
111 para gaiolas adequadas para reprodução, acasalamento e oviposição, e alimentados com
112 uma dieta à base de açúcar e extrato de levedura (Bionis YE MF) (Silva Neto *et al.*, 2012),
113 oferecida em papel de filtro. As gaiolas foram mantidas em uma sala climatizada a uma
114 temperatura média de 25 ± 2 °C e umidade relativa de 70%.

115

116 **3.2.2 Obtenção das frutas**

117 Neste estudo, foram utilizadas bananas ‘Prata’ (*Musa* sp. AAB, subgrupo Prata)
118 obtidas na Fazenda Fruticultura Kolger, localizada no município de Bom Jesus da Lapa,
119 BA, 13°14’08” de latitude sul e 43°31’08” de longitude oeste. Os cachos foram colhidos
120 e transportados em veículo até o laboratório, onde as frutas foram dispostas sobre papel
121 kraft e mantidas em sala climatizada a 16 °C até a montagem do experimento no dia
122 seguinte. Foram selecionadas bananas no estágio de maturação E2 (verde com traços
123 amarelos), conforme a escala de maturação de Von Loesecke (1950). A escolha da cultivar
124 baseou-se em sua representatividade dentro do grupo genômico Prata, um dos principais
125 grupos de bananas cultivados no Brasil, amplamente utilizado para fins comerciais.

126

127 **3.2.3 Análises destrutivas**

128 Para as análises destrutivas (firmeza, sólidos solúveis totais, pH e acidez titulável),
129 foram utilizadas amostras independentes de frutas do mesmo lote, distintas daquelas
130 empregadas nos bioensaios de oviposição.

131 A firmeza foi determinada antes e após a aplicação dos revestimentos, utilizando-se
132 penetrômetro equipado com sonda de inox de 5 mm de diâmetro (Impact, modelo IP-
133 90DI, Brasil), conforme metodologia adaptada de Li *et al.* (2017). Foram realizadas duas
134 leituras por fruto, em pontos distintos da região equatorial, e os resultados expressos em
135 Newtons (N).

136 A análise dos sólidos solúveis totais foi realizada segundo o método nº 932.12 da
137 AOAC (2016), utilizando-se refratômetro digital, com resultados expressos em °Brix, a
138 25 °C (Lopez-Palestina, 2018). O pH foi determinado em polpa previamente
139 homogeneizada, utilizando-se potenciômetro digital, conforme método nº 981.12 da
140 AOAC (2016). A acidez titulável foi determinada segundo o método nº 942.15 da AOAC
141 (2016). Para isso, 5,0 g de polpa foram macerados com 40 mL de água destilada, e a
142 titulação realizada com NaOH 0,1 mol L⁻¹, utilizando-se fenolftaleína a 1% como
143 indicador. Os resultados foram expressos em g de ácido málico 100 g⁻¹ de polpa.

144

145 **3.2.4 Avaliação de cor**

146 Por se tratar de análise não destrutiva, as medições de cor foram realizadas nas próprias
147 frutas empregadas nos bioensaios, antes e após a aplicação dos tratamentos, utilizando-se
148 colorímetro portátil NR200 (3nh®, Shenzhen, China). Foram determinados os valores de
149 L*, a*, b*, que significam, respectivamente, luminosidade, que varia de zero a 100
150 (preto/branco); intensidade de vermelho/verde (+/-); intensidade de amarelo/azul (+/-).
151 Além dessas coordenadas de cor, parâmetros como o valor de croma [$C = (a^2 + b^2)^{1/2}$],
152 que representa a pureza da cor e a medida do ângulo Hue [$^{\circ}h = \arctan(b/a)$], que
153 representa o tom da cor, foram determinados (Lemoyne *et al.*, 2008).

154

155 **3.2.5 Preparo dos revestimentos**

156 O caulim Surround®WP utilizado no preparo dos revestimentos foi fornecido pela
157 NovaSource (Phoenix, AZ, USA). Os amidos foram adquiridos em estabelecimento
158 comercial de produtos naturais, em Vitória da Conquista, BA, Brasil. Todos os reagentes
159 utilizados no experimento apresentavam, no mínimo, grau analítico.

160 Os tratamentos consistiram em: T1 – amido de araruta (30 g L⁻¹); T2 – amido de araruta
161 (30 g L⁻¹) + caulim Surround®WP (100 g L⁻¹); T3 – amido de araruta (30 g L⁻¹) + caulim
162 Surround®WP (50 g L⁻¹); T4 – amido de milho (30 g L⁻¹); T5 – amido de milho (30 g L⁻¹)
163 + caulim Surround®WP (100 g L⁻¹); T6 – amido de milho (30 g L⁻¹) + caulim Surround®
164 WP (50 g L⁻¹); T7 – caulim Surround®WP (100 g L⁻¹); T8 – caulim Surround®WP (50 g
165 L⁻¹); e T9 – controle (água destilada). As suspensões de caulim foram preparadas pela
166 dispersão do pó em água destilada, seguida de agitação mecânica por 20 minutos para
167 garantir a completa homogeneização das partículas.

168 Os amidos foram igualmente dispersos em água destilada e submetidos à agitação em
169 agitador Turrax (IKA T25, Campinas, SP, Brasil) a 10.000 rpm, até a completa hidratação.

170 Em seguida, as soluções com amido foram aquecidas a 85°C, sob agitação manual suave,
171 por 20 minutos, até a completa gelatinização. Posteriormente, os tratamentos contendo
172 amido e caulim foram combinados, ajustando-se o volume final das soluções para 1000
173 mL. As soluções preparadas foram mantidas em repouso até o dia seguinte, à temperatura
174 ambiente, para posterior aplicação nos frutos.

175

176 **3.2.6 Revestimento das frutas**

177 As bananas, previamente selecionados e padronizados quanto ao grau de maturação
178 E2, foram imersas em solução de hipoclorito de sódio por 10 minutos para higienização.
179 Após a secagem com papel toalha, as frutas foram submersas nas soluções por 5 minutos
180 e, em seguida, foram pendurados pelo pedúnculo, com o auxílio de barbante, em grades,
181 para secagem à temperatura ambiente até a formação completa da película.
182 Posteriormente, as frutas tratadas foram oferecidas às moscas nos bioensaios de
183 oviposição.

184

185 **3.2.7 Bioensaio de oviposição de *C. capitata***

186 Para a avaliação da oviposição, o planejamento estatístico empregado foi o
187 delineamento inteiramente casualizado (DIC), com nove tratamentos e dez repetições,
188 totalizando 90 unidades experimentais. O experimento foi conduzido em sala climatizada,
189 com temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, e umidade relativa de $70 \pm 10\%$. A unidade experimental
190 foi composta de uma gaiola do tipo baleiro (3,5 L), contendo uma fruta de banana. Após
191 as imersões nas soluções e posterior secagem do revestimento, as frutas foram colocadas
192 nas gaiolas, contendo algodão umedecido com água e dieta artificial para adultos à base
193 de açúcar e Biones[®] (3:1). Posteriormente, foram liberados 10 casais de *C. capitata*, com
194 8 a 10 dias de idade em cada gaiola. Após 48 horas, as frutas foram retiradas para posterior
195 contagem do número de puncturas, posturas e ovos. Neste estudo, puncturas foram
196 definidas como orifícios de oviposição sem a presença de ovos, enquanto posturas
197 corresponderam aos orifícios que continham ovos.

198

199 **3.2.8 Análises estatísticas**

200 Os dados referentes à avaliação das propriedades físico-químicas das frutas foram
201 inicialmente submetidos à análise exploratória, seguida da verificação das pressuposições
202 de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk e de homogeneidade das
203 variâncias pelo teste de Levene. As variáveis que não atenderam aos pressupostos de

204 normalidade e/ou homogeneidade (Luminosidade, croma, ângulo hue e firmeza) foram
205 analisadas por meio de modelos lineares generalizados (GLM), assumindo distribuição
206 Gamma com link log. Os modelos foram ajustados usando a função glm do R, e as
207 comparações múltiplas entre médias foram realizadas pelo teste post-hoc de Tukey por
208 meio do pacote emmeans (Lenth, 2022) e multcomp (Hothorn *et al.*, 2008).

209 As análises relacionadas à oviposição (número de puncturas, posturas e ovos) também
210 foram submetidas à análise exploratória, verificando as pressuposições de normalidade
211 dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk e de homogeneidade das variâncias pelo teste de
212 Levene. Para as variáveis que não atenderam aos pressupostos, foram realizadas análise
213 de modelos lineares generalizados (GLM), assumindo distribuição binomial negativa,
214 ajustados por meio da função glm.nb do pacote MASS (Venables & Ripley, 2002). As
215 comparações múltiplas entre médias foram realizadas pelo teste post-hoc de Tukey,
216 utilizando-se o pacote emmeans (Lenth, 2022) e adotando-se o nível de significância de
217 5%.

218 A análise de componentes principais (ACP) foi realizada para agrupar as variáveis
219 puncturas, posturas e ovos usando o pacote factoextra (Kassambara & Mundt, 2017).
220 Todas as análises estatísticas foram realizadas no *software* R (v.4.5.2; R Development
221 Core Team, 2025).

222

223 **3.3 RESULTADOS**

224 **3.3.1 Caracterização físico-química das frutas antes e após a aplicação dos** 225 **revestimentos**

226 Os valores de sólidos solúveis totais, acidez titulável e pH apresentaram médias de
227 7,89 °Brix, 0,16 e 5,43, respectivamente.

228 Antes da aplicação dos revestimentos, diferenças estatísticas foram observadas nos
229 valores de luminosidade entre os grupos experimentais ($\chi^2 = 0,026$; $P = 0,0003$; Tabela
230 1). No entanto, as médias variaram em faixa estreita (61,79–65,00), indicando relativa
231 uniformidade inicial das frutas utilizadas. Após a aplicação dos tratamentos, as diferenças
232 nos valores de luminosidade intensificaram-se ($\chi^2 = 0,490$; $P < 0,001$). O maior valor foi
233 observado no tratamento com amido de milho (30 g L⁻¹) + caulim Surround[®]WP (100 g
234 L⁻¹) (68,68 ± 2,52), diferindo-se significativamente dos demais tratamentos, inclusive do
235 controle (56,14 ± 0,58).

236 Para o croma, diferenças significativas foram observadas entre os grupos
237 experimentais antes da aplicação dos revestimentos ($\chi^2 = 0,145$; $P < 0,001$; Tabela 1).

238 Após a aplicação, diferenças também foram observadas entre os tratamentos ($\chi^2 = 12,85$;
239 $P < 0,001$). De modo geral, os tratamentos contendo caulim apresentaram redução nos
240 valores de croma após a aplicação, enquanto o tratamento com amido de milho 30 g L^{-1}
241 promoveu aumento desse parâmetro. No controle, os valores permaneceram inalterados.

242 O ângulo hue não apresentou diferença significativa entre os grupos experimentais
243 antes da aplicação dos revestimentos ($\chi^2 = 0,002$; $P = 0,441$), indicando coloração inicial
244 semelhante entre as frutas. Entretanto, após a aplicação dos revestimentos, diferenças
245 significativas foram observadas ($\chi^2 = 0,140$; $P < 0,001$), com maiores valores médios nos
246 tratamentos amido de araruta (30 g L^{-1}) + caulim (100 g L^{-1}) ($120,71 \pm 1,86$) e amido de
247 milho (30 g L^{-1}) + caulim (100 g L^{-1}) ($119,88 \pm 2,81$), enquanto o controle manteve
248 valores próximos aos iniciais (Tabela 1).

249 A firmeza da casca não apresentou diferença significativa entre os grupos
250 experimentais antes da aplicação dos revestimentos ($\chi^2 = 0,023$; $P = 0,731$; Tabela 2),
251 indicando uniformidade inicial no grau de maturação das frutas utilizados no bioensaio.
252 Os valores médios variaram entre 6,75 e 7,17 N, sem distinção estatística. Após a
253 aplicação, diferenças significativas foram observadas entre os tratamentos ($\chi^2 = 0,195$; P
254 $= 0,0038$; Tabela 2). O maior valor médio foi registrado no tratamento com amido de
255 milho (30 g L^{-1}) + caulim (100 g L^{-1}) ($8,87 \pm 0,44$), diferindo-se significativamente do
256 controle ($7,05 \pm 0,46$), que apresentou o menor valor após a aplicação.

257

258 **3.3.2 Bioensaio de oviposição de *Ceratitis capitata***

259 A oviposição de *C. capitata* foi significativamente afetada pela aplicação dos
260 revestimentos nas bananas. O número de puncturas diferiu-se significativamente entre os
261 tratamentos ($\chi^2 = 152,42$; $P < 0,001$) (Figura 1). As menores médias foram observadas
262 nos tratamentos com caulim puro, especialmente T7 (caulim 100 g L^{-1}) e T8 (caulim 50
263 g L^{-1}), enquanto os maiores valores ocorreram nos tratamentos com associação de amido
264 e caulim (T6: amido de milho (30 g L^{-1}) + caulim (50 g L^{-1})) e nos tratamentos com amido
265 puro (T1: amido de araruta 30 g L^{-1}). O controle apresentou valor intermediário.

266 O número de posturas também foi significativamente influenciado pelos tratamentos
267 ($\chi^2 = 116,61$; $P < 0,001$) (Figura 2). Novamente, T7 (caulim 100 g L^{-1}) e T8 (caulim 50
268 g L^{-1}) registraram as menores médias, os tratamentos com amido isolado (T1: amido de
269 araruta (30 g L^{-1})) e (T4: amido de milho (30 g L^{-1})) apresentaram as maiores médias, e o
270 controle ficou em posição intermediária.

271 O número de ovos por banana diferiu-se significativamente entre os tratamentos ($\chi^2 =$
272 227,19; $P < 0,001$) (Figura 3), com médias variando de 3,89 a 72,88 ovos. O menor
273 número médio de ovos foi registrado no T8 (caulim 50 g L⁻¹), que apresentou uma redução
274 de aproximadamente 18,7 vezes em relação ao controle (T9). Os tratamentos T1 (amido
275 de araruta 30 g L⁻¹) e T4 (amido de milho 30 g L⁻¹) apresentaram médias estatisticamente
276 semelhantes entre si, ambas superiores a 40 ovos por fruto.

277

278 **3.3.3 Análise de componentes principais**

279 A análise de componentes principais (PCA) evidenciou a relação entre os tratamentos e
280 as variáveis de oviposição (Figura 4). Os dois primeiros componentes explicaram 91,7%
281 da variância total (Tabela 3). O CP 1 foi associado principalmente ao número de ovos e
282 posturas, representando um gradiente de intensidade de oviposição, enquanto o CP 2
283 correlacionou-se com o número de puncturas. Os tratamentos T7 e T8 posicionaram-se
284 opostos às variáveis de oviposição, indicando menor atratividade, ao passo que T1, T3,
285 T4 e T9 agruparam-se próximos às variáveis associadas à oviposição, refletindo maior
286 número de ovos e posturas.

287

288 **3.4 DISCUSSÃO**

289 Os resultados deste estudo demonstram que a aplicação de filmes minerais e naturais
290 alterou significativamente as características físicas das bananas e influenciou a oviposição
291 de *C. capitata* (Figura 5). A similaridade nos valores de luminosidade e ângulo hue da
292 casca entre as frutas utilizadas nos bioensaios, antes da aplicação dos revestimentos,
293 confirmou que estes se encontravam em estágio de maturação semelhante,
294 correspondente ao Estádio 2 da escala de maturação proposta por Von Loesecke (1950),
295 com pequenas variações nos valores de croma. Esse aspecto é relevante, uma vez que a
296 aceitação do hospedeiro e a oviposição por fêmeas de moscas-das-frutas dependem
297 fortemente da qualidade do fruto, incluindo o grau de maturação (Santos, 2023).

298 A localização de hospedeiros por moscas-das-frutas é mediada, principalmente, por
299 estímulos percebidos visualmente, como cor, tamanho e forma das frutas (Lemoyne *et al.*,
300 2008). A luminosidade expressa o grau de claridade da superfície de determinado objeto,
301 variando de 0 (preto) a 100 (branco), e constitui um atributo visual potencialmente
302 envolvido no reconhecimento do hospedeiro por *C. capitata*, embora não atue de forma
303 isolada (Facon *et al.*, 2025). Frutas recobertas com revestimentos minerais à base de
304 caulim tendem a apresentar alterações nos valores de luminosidade em razão da alta

305 reflectância das partículas brancas (Showler, 2002). A cor branca apresenta menor
306 atratividade visual, como já demonstrado para *C. capitata* (Nakagawa *et al.*, 1978;
307 Katsoyannos *et al.*, 1986; Costa *et al.*, 2021a), *Bactrocera dorsalis* (Wu *et al.*, 2007) e
308 *Anastrepha obliqua* (López-Guillén *et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2021b). De acordo com
309 Mazor e Erez (2004), embora frutas tratadas com caulim sejam visualmente reconhecidas
310 como hospedeiras, a coloração resultante do recobrimento não corresponde àquela
311 esperada para um substrato adequado à oviposição. Ainda assim, mesmo diante de
312 hospedeiros considerados inadequados, as moscas-das-frutas podem realizar a oviposição
313 como estratégia para garantir a perpetuação da espécie (Aluja e Mangan, 2008).

314 Neste estudo, o T2: amido de araruta 30 g L⁻¹ + caulim a 100 g L⁻¹ e T5: amido de
315 milho 30 g L⁻¹ + caulim 100 g L⁻¹ apresentaram os maiores valores de luminosidade (68,68
316 ± 2,52 e 67,3 ± 1,55, respectivamente) em decorrência da formação de uma película
317 esbranquiçada sobre a superfície dos frutos. Além dos estímulos visuais, a seleção do
318 hospedeiro para oviposição é influenciada também por atributos físicos das frutas. A
319 aplicação de filmes minerais promove a formação de uma barreira física sobre a superfície
320 das frutas, evidenciada, neste estudo, pelas alterações na firmeza da casca das bananas
321 (Tabela 2) e previamente relatado para tangerinas (*Citrus reticulata*) (Zaghloul *et al.*,
322 2017) e caqui (*Diospyros kaki* Thunb) (Shin *et al.*, 2024). Com exceção do controle e dos
323 tratamentos com amido puro, todos os tratamentos contendo caulim promoveram
324 mudanças na firmeza da casca das bananas, o que pode ter afetado negativamente a
325 oviposição. Fêmeas de *C. capitata* tendem a preferir frutos com menor firmeza de casca,
326 geralmente associados a estádios fisiológicos mais avançados de maturação (Santos,
327 2023).

328 Todas as variáveis de oviposição avaliadas, número de puncturas, número de posturas
329 e número de ovos, foram significativamente influenciadas pelos diferentes tratamentos,
330 evidenciando que os revestimentos minerais e naturais modulam o comportamento de
331 oviposição de *C. capitata*. As reduções mais acentuadas dessas variáveis foram
332 observadas nos tratamentos T7: caulim 50 g L⁻¹ e T8: caulim 100 g L⁻¹, especialmente
333 para número de puncturas e posturas, cujos valores foram inferiores ao controle.
334 Preferencialmente, os revestimentos deveriam reduzir tanto a oviposição quanto a
335 ocorrência de puncturas, visto que as lesões por perfuração podem facilitar a entrada de
336 fungos e bactérias em frutas, conforme demonstrado para maçãs (*Malus domestica*)
337 (Santos *et al.*, 2008). Em todas as variáveis analisadas, o T8 (caulim 50 g L⁻¹) foi o que
338 mais reduziu o número de puncturas, posturas e ovos. Esse padrão sugere que a presença

339 de uma película contínua sobre a superfície dos frutos atua como fator de deterrência à
340 oviposição, conforme descrito em estudos anteriores com filmes minerais à base de
341 caulim (Mazor & Erez, 2004; Glenn & Puterka, 2005; Sharma *et al.*, 2015; Palma *et al.*,
342 2020; Costa *et al.*, 2021a, 2021b). Esse fator pode ser associado, inicialmente, às
343 alterações visuais promovidas pelo revestimento mineral.

344 É possível que o contraste entre as partículas brancas do caulim e a coloração verde
345 natural da casca tenha interferido na identificação adequada do hospedeiro pelas fêmeas.
346 Estudos demonstraram que frutas ou esferas recobertas com revestimento branco reduzem
347 a oviposição de moscas-das-frutas, provavelmente por interferirem nos estímulos visuais
348 utilizados na seleção do hospedeiro (Cytrynowicz *et al.*, 1982; Katsoyannos *et al.*, 1986;
349 López-Guillén *et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2021a, 2021b). Em contrapartida, os tratamentos
350 contendo apenas amido (T1: amido de araruta 30 g L⁻¹ e T4: amido de milho 30 g L⁻¹)
351 estimularam a oviposição de *C. capitata*, possivelmente por não promoverem alterações
352 visuais ou físicas suficientes para reduzir a aceitação do hospedeiro, corroborando
353 resultados descritos para frutos de uva (*Vitis vinifera* L.) (Costa *et al.*, 2021; Costa *et al.*,
354 2023).

355 Além disso, por se tratar de um biopolímero constituído por amilose e amilopectina,
356 que são macromoléculas formadas de glicose, o amido pode aumentar a atratividade às
357 moscas, especialmente quando submetido à gelatinização prévia à aplicação. Durante a
358 gelatinização, ocorre o rompimento dos grânulos de amido, com lixiviação de amilose e
359 maior exposição de cadeias polissacarídicas, o que pode ter intensificado estímulos
360 químicos associados à atratividade das moscas. Estudos demonstram que *C. capitata*
361 apresenta resposta comportamental significativa a diferentes açúcares em bioensaios de
362 olfatômetro, evidenciando a sensibilidade da espécie a compostos que contenham
363 carboidratos (Tiring e Satar, 2022).

364 O revestimento com caulim também modifica a textura da superfície da fruta,
365 tornando-a mais áspera e irregular, o que tem sido associada a efeitos de repelência e
366 irritação em insetos, bem como à redução da adesão à superfície do fruto (Glenn *et al.*,
367 1999; Salerno *et al.*, 2020). Além disso, a aderência das partículas do filme mineral ao
368 corpo dos insetos pode prejudicar o movimento e a alimentação enquanto as fêmeas
369 arrastam sobre a superfície tratada (Glenn & Puterka, 2005), o que também pode ter
370 contribuído para a redução do número de puncturas, posturas e ovos, com efeito relevante
371 no tratamento 8 com caulim 50 g L⁻¹.

372 A análise de componentes principais reforçou de forma integrativa o efeito dos
373 tratamentos na modulação da oviposição de *C. capitata* (Figura 4). Os tratamentos T7:
374 caulim 50 g L⁻¹ e T8: caulim 100 g L⁻¹ posicionaram-se no quadrante oposto aos vetores
375 associados ao número de puncturas, posturas e ovos, indicando correlação negativa com
376 as variáveis de oviposição. Esse padrão evidencia que a redução da oviposição promovida
377 por esses revestimentos não se restringe a um único parâmetro, mas se expressa de
378 maneira consistente em todas as variáveis avaliadas, corroborando os resultados das
379 análises univariadas. Em contraste, os tratamentos constituídos exclusivamente por amido
380 (T1: amido de araruta 30 g L⁻¹ e T4: amido de milho g L⁻¹), assim como o controle (T9),
381 agruparam-se próximos aos vetores de oviposição, indicando correlação positiva e maior
382 aceitação do hospedeiro na ausência do revestimento mineral.

383 Os resultados deste estudo indicam que a aplicação de caulim Surround® WP,
384 especialmente na concentração de 50 g L⁻¹, reduziu de forma consistente a oviposição de
385 *C. capitata*, evidenciando seu potencial como ferramenta complementar no manejo
386 integrado de pragas. Em contraste com estudos anteriores que empregaram concentrações
387 superiores, a concentração utilizada neste estudo mostrou-se igualmente eficaz, indicando
388 que concentrações menores podem ser adotadas sem comprometer a eficiência no
389 controle da praga.

390 Os tratamentos com caulim alteraram a firmeza, a luminosidade, o croma e o ângulo
391 de matiz das bananas. Do ponto de vista prático, a película formada sobre as bananas não
392 constitui limitação à comercialização, uma vez que são comumente submetidas a
393 processos de lavagem antes da venda, quando a camada de caulim é facilmente removida.
394 Assim, este estudo representa um passo inicial para a incorporação do caulim em
395 estratégias sustentáveis de manejo de *C. capitata* em sistemas de produção de bananas.

396 Em contraste, os revestimentos naturais à base de amido não exerceram efeito
397 repelente sobre as fêmeas, tendo inclusive estimulado a oviposição. Nesse contexto,
398 estudos futuros podem explorar a associação de amidos com compostos bioativos, como
399 óleos essenciais ou extratos vegetais, visando potencializar o efeito repelente sem
400 comprometer os benefícios relacionados à qualidade e vida útil das frutas.

401

402 **3.5 REFERÊNCIAS**

403 **Abad-Moyano R, Pina T, Ferragut F and Urbaneja A** (2009) Comparative life-
404 history traits of three phytoseiid mites associated with *Tetranychus urticae* (Acari:

405 Tetranychidae) colonies in clementine orchards in eastern Spain: implications for
406 biological control. *Experimental and Applied Acarology* **47**, 121–132.

407 **Almeida MF, Silva GL, Gondim GD, Alves CEF, Silva MC, Mendes BAB, Anjos**
408 **DA, São José AR and Veloso CM** (2024) Maintenance of postharvest quality of
409 ‘Palmer’ mango coated with biodegradable coatings based on cassava starch and
410 emulsion of lemongrass essential oil. *International Journal of Biological*
411 *Macromolecules* **277**, 134323.

412 **Almeida UO, Neto RDCA, Lunz AMP, Cades FN, Da Costa DA, De Araújo JM,**
413 **Júnior DLT and Rodrigues MJS** (2019) Production of banana, cultivar D’Angola,
414 intercropped with açaí single in different planting arrangements. *Revista Brasileira*
415 *de Agropecuária Sustentável* **9**, 80–89.

416 **Aluja M and Mangan RL** (2008) Fruit fly (Diptera: Tephritidae) host status
417 determination: critical conceptual, methodological, and regulatory considerations.
418 *Annual Review Entomology* **53**, 473–502.

419 **Arouri R, Le Goff G, Hemden H, Navarro-Llopis V, M’saad M, Castañera P and**
420 **Ortego F** (2015) Resistance to lambda-cyhalothrin in Spanish field populations of
421 *Ceratitis capitata* and metabolic resistance mediated by P450 in a resistant strain.
422 *Pest Management Science* **71**, 1281–1291.

423 **Association of Official Analytical Chemists (AOAC)** (2016) Official Methods of
424 Analysis of AOAC International. 20th edition. Gaithersburg, USA.

425 **Bolfarini ACB, Putti FF, Souza JMA, Silva MDS, Ferreira RB, Leonel M, Tecchio**
426 **MA and Leonel S** (2020) Application of phosphate fertilization on banana hybrid
427 ‘FHIA 18’ and its impact on production performance. *Australian Journal of Crop*
428 *Science* **14**, 744–750.

429 **Boulahia-Kheder S** (2021) Advancements in management of major fruit flies (Diptera:
430 Tephritidae) in North Africa and future challenges: A review. *Journal of Applied*
431 *Entomology* **145**, 939–957.

432 **Cândido HT, Marzullo YOT and Leonel M** (2022) Green banana flour technology:
433 From raw material to sensory acceptance of products made with green banana flour
434 in the Brazilian scenario. *Brazilian Archives of Biology and Technology* **66**,
435 e23210543.

436 **Costa DR, Leite SA, Moreira AA, Perez-Maluf R, Novaes QS, Santos MP, Santos**
437 **MM, Joachim-Bravo IS and Castellani MA** (2021a) Mineral and natural films
438 change the physical–chemical properties of grapes and modulate oviposition

439 behaviour of *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae). *Bulletin of*
440 *Entomological Research* **111**, 568–578.

441 **Costa DR, Leite SA, Santos MP, Coelho BS, Moreira AA, Silva CAD, Joachim-**
442 **Bravo IS and Castellani MA** (2021b) Influence of mineral particle films and
443 biomaterials on guava fruits and implications for the oviposition of *Anastrepha*
444 *obliqua* (Macquart) (Diptera: Tephritidae). *Insects* **12**, 1–13.

445 **Cytrynowicz M, Morgante JS and De Souza HML** (1982) Respostas visuais de
446 moscas-das-frutas sul-americanas *Anastrepha fraterculus* e moscas-das-frutas
447 mediterrâneas *Ceratitis capitata* a retângulos e esferas coloridas. *Environmental*
448 *Entomology* **11**, 1202–1210.

449 **Dias NP, Ongaratto S, Garcia MS and Nava DE** (2017) Oviposition of *Anastrepha*
450 *fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in citrus fruits, and
451 development in relation to maturity of orange fruits. *Florida Entomologist* **100**, 468–
452 473.

453 **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)** (2025) Produção de
454 banana no Brasil. Available at
455 [https://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/banana/b1_b](https://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/banana/b1_banana.pdf)
456 [anana.pdf](https://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/banana/b1_banana.pdf). Accessed 27 December 2025.

457 **EPPO** (2021) *Ceratitis capitata*. EPPO Global Database. Disponível em
458 <https://gd.eppo.int/taxon/CERTCA>.

459 **Equipe Central de Desenvolvimento do R** (2025) R: Uma linguagem e ambiente para
460 computação estatística. Available at <http://www.R-project.org>. Accessed 27
461 December 2025.

462 **Facon B, Chauve M, Ravigné V, Serrate B, Robejean M, Fraimout A and Foucaud**
463 **J** (2025) Predictability of preference from acceptance: influence of visual and
464 olfactory stimuli in the Mediterranean fruit fly. Available at
465 <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2025.06.20.660717v1.full>. Accessed 6
466 January 2026.

467 **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)** (2025) Production
468 – Crops and Livestock Products (QCL). Available at
469 <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Accessed 27 December 2025.

470 **Giunti G, Benelli G, Campolo O, Canale A, Kapranas A, Liedo B, Meyer M, Nestel**
471 **D, Ruiu L, Scolari F, Wang X and Papadopoulos NT** (2023) Biology, ecology and

472 invasiveness of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*: a review. *Entomologia*
473 *Generalis* **43**, 1221–1239.

474 **Glenn DM and Puterka GJ** (2005) Particle films: a new technology for agriculture.
475 *Horticultural Reviews* **31**, 1–44.

476 **Glenn DM, Puterka GJ, Venderzwet T, Byers RE and Feldhake C** (1999)
477 Hydrophobic particle films: a new paradigm for suppression of arthropod pests and
478 plant diseases. *Journal of Economic Entomology* **92**, 759–771.

479 **Gomes LP, Paschoalin VMF and Del Aguila EM** (2017) Chitosan nanoparticles:
480 Production, physicochemical characteristics and nutraceutical applications. *Revista*
481 *Virtual de Química* **9**, 387–409.

482 **Gómez M, Paranhos BAJ, Silva JG, De Lima MAC, Silva MA, Macedo AT,**
483 **Virgínio JF and Walder JMM** (2019) Preferência de oviposição de *Ceratitis*
484 *capitata* (Diptera: Tephritidae) em diferentes épocas após poda de uvas de mesa
485 ‘Italia’ cultivadas no Brasil. *Journal of Insect Science* **19**, 1–7.

486 **Hothorn T, Bretz F and Westfall P** (2008) Simultaneous inference in general
487 parametric models. *Biometrical Journal* **50**, 346–363.

488 **Kassambara A and Mundt F** (2020) factoextra: extract and visualize the results of
489 multivariate data analyses. Available at [https://CRAN.R-](https://CRAN.R-project.org/package=factoextra)
490 project.org/package=factoextra. Accessed 27 December 2025.

491 **Katsoyannos BI, Panagiotidou K and Kechagia I** (1986) Effect of color properties on
492 the selection of oviposition site by *Ceratitis capitata*. *Entomologia Experimentalis et*
493 *Applicata* **42**, 187–193.

494 **Kaushik K, Sharma RB and Agarwal S** (2016) Natural polymers and their
495 applications. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*
496 **37**, 30–36.

497 **Kulkarni VS, Butte KD and Rathod SS** (2012) Natural polymers – A comprehensive
498 review. *International Journal of Pharmaceutical and Biomedical Research* **3**, 1597–
499 1613.

500 **Laudani F, Campolo O, Caridi R, Latella I, Modafferi A, Palmeri V, Sorgona A,**
501 **Zoccali P and Giunti G** (2022) Aphicidal activity and phytotoxicity of *Citrus*
502 *sinensis* essential-oil-based nano-insecticide. *Insects* **13**, 1150.

503 **Lemoyne P, Vincent C, Gaul S and Mackenzie K** (2008) Kaolin affects blueberry
504 maggot behavior on fruit. *Journal of Economic Entomology* **101**, 118–125.

505 **Lenth RV** (2022) emmeans: Estimated marginal means, aka least-squares means. *R*
506 *package version 1.9.5*.

507 **Li L, Sun J, Gao H, Shen Y, Li C, Yi P and Tang Y** (2017) Effects of polysaccharide-
508 based edible coatings on quality and antioxidant enzyme system of strawberry during
509 cold storage. *International Journal of Polymer Science* **2017**, 1–8.

510 **Liquido NJ, Shinoda LA and Cunningham RT** (1991) Host plants of the
511 Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae): an annotated world review. *Annals of*
512 *the Entomological Society of America* **83**, 1863–1878.

513 **López-Guillén G, Valle-Mora J, Llanderal Cazares C and Rojas JC** (2009)
514 Response of *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae) to visual and chemical cues
515 under seminatural conditions. *Journal of Economic Entomology* **102**, 954–959.

516 **Lopez-Palestina UC, Aguirre-Mancilla LC, Raya-Pérez CJC, Ramírez Pimentel**
517 **GJ, Gutiérrez-Tlahque J and Hernandez-Fuentes DAD** (2018) The effect of an
518 edible coating with tomato oily extract on the physicochemical and antioxidant
519 properties of garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) fruits. *Agronomy* **8**, 1–14.

520 **Marchiori CH and Silva Filho OM** (2007) Espécies de moscas-da-fruta (Diptera:
521 Tephritidae) e seus parasitoides em Itumbiara-GO. *Pesquisa Agropecuária Tropical*
522 **30**, 73–76.

523 **Mazor M and Erez A** (2004) Processed kaolin protectant fruits from Mediterranean
524 fruit fly infestations. *Crop Protection* **23**, 47–51.

525 **Nakagawa S, Prokopy RJ, Wong TTY, Ziegler JR, Mitchell SM, Urago T and**
526 **Harris EJ** (1978) Visual orientation of *Ceratitis capitata* flies to fruit models.
527 *Entomologia et Experimentalis Applicata* **24**, 193–198

528 **Napoleão GM, Jesus PRR and Leonel S** (2021) Cultivar diversification of banana
529 production in Brazil. *Agronomy Science and Biotechnology* **7**, 1–14.

530 **Palma A, Cicilloni AM, Satta D, De Pau L and D’Aquino S** (2020) Effects of kaolin-
531 based particle film on physiological, nutritional and nutraceutical parameters and
532 *Ceratitis capitata* infestations in peach fruit at harvest and after storage. *Advances in*
533 *Horticultural Science* **34**, 81–88.

534 **Papadopoulos NT, Katsoyannos BI, Carey JR and Kouloussis NA** (2001) Seasonal
535 and annual occurrence of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in
536 northern Greece. *Annals of the Entomological Society of America* **94**, 41–50.

537 **Puterka GJ, Glenn DM and Sekutowski DG** (2000) Method for protecting surfaces
538 from arthropod infestation. U.S. Patent 6,027,740.

539 **Sá RF, Oliveira AS, Santos RCC, Moreira JCM, Moreira AA and Castellani MA**
540 (2019) First record of the association of banana (*Musa* sp.) and *Ceratitidis capitata*
541 (Wiedemann, 1824) in Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura* **41**, 1–5.

542 **Salerno G, Reborá M, Kovalev A, Gorb E and Gorb S** (2020) Kaolin nano-powder
543 effect on insect attachment ability. *Journal of Pest Science* **93**, 315–327.

544 **Santos JP, Corrent AR, Berton O, Schwarz LL and Denardi F** (2008) Incidência de
545 podridão-branca em frutos de macieira com e sem ferimentos. *Revista Brasileira de*
546 *Fruticultura* **30**, 118–121.

547 **Santos MM.** Oviposição de tefritídeos (diptera: tephritidae) e biologia de *Ceratitidis*
548 *capitata* em banana (2023) Dissertação (Mestrado em Agronomia). *Universidade*
549 *Estadual do Sudoeste da Bahia*, 72p.

550 **Saour G e Makee HA** (2004) Kaolin-based particle film for suppression of the olive
551 fruit fly *Bactrocera oleae* Gmelin (Diptera: Tephritidae) in olive groves. *Journal of*
552 *Applied Entomology* **128**, 28–31.

553 **Sharma RR, Reddy SVR and Datta SC** (2015) Particle films and their applications in
554 horticultural crops. *Applied Clay Science* **116**, 54–68.

555 **Shin Y, Muthuramalingam P, Park Y, Kim J, Jung S, Kim T, Ahn G and Shin H**
556 (2024) Temperature and light impacts on sunburn, and mitigation by chemical
557 suppressants in ‘Fuyu’ sweet persimmons. *Scientia Horticulturae* **334**, 113285.

558 **Showler AT** (2002) Effects of kaolin-based particle film application on boll weevil
559 (Coleoptera: Curculionidae) injury to cotton. *Journal of Economic Entomology* **95**,
560 754–762.

561 **Silva GL, Almeida MF, Rocha JA, Anjos DA, Mendes BB, Gondim GD, Silva MC,**
562 **Alves CEF, Castellani MA, Cardoso AD and Veloso CM** (2024) Efficiency of a
563 coating based on cassava starch and encapsulated essential oil in postharvest storage
564 of ‘Palmer’ mango. *Scientia Horticulturae* **334**, 113288.

565 **Silva Neto AM, Santos TRO, Dias VS, Joachim-Bravo IS, Benevides LJ, Benevides**
566 **CMJ, Silva MVL, Santos DCC, Virgínio J, Oliveira GB, Walder JMM,**
567 **Paranhos BAJ and Nascimento AS** (2012) Mass-rearing of Mediterranean fruit fly
568 using low-cost yeast products produced in Brazil. *Scientia Agricola* **69**, 364–369.

569 **Tanaka N, Steiner LF, Ohinata K e Okamoto R** (1969) Low-cost larval rearing
570 medium for mass production of oriental and Mediterranean fruit flies. *Journal of*
571 *Economic Entomology* **62**, 967–968.

572 **Tiring G e Satar S** (2022) Behavioral responses of *Ceratitis capitata* (Wiedemann,
573 1824) (Diptera: Tephritidae) to hydrolyzed yeast and different types of sugars.
574 *Turkish Journal of Entomology* **46**, 315–322.

575 **Venables WN and Ripley BD** (2002) *Modern Applied Statistics with S*. 4th edition.
576 New York, Springer.

577 **Von Loesecke HW** (1950) *Bananas: Chemistry, Physiology, Technology*. New York,
578 USA, 189 pp.

579 **Wu WY, Chen YP and Yang EC** (2007) Chromatic cues to trap the oriental fruit fly,
580 *Bactrocera dorsalis*. *Journal of Insect Physiology* **53**, 509–516.

581 **Zaghloul AE, Ennab HA and El-Shemy MA** (2017) Influence of kaolin sprays on fruit
582 quality and storability of Balady mandarin. *Alexandria Science Exchange Journal*
583 **38**, 661–670.

584

585

586

587

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597 **Legendas das figuras**

598 **Figura 1.** Número médio (\pm erro-padrão) de puncturas de *Ceratitis capitata* em frutos de
599 banana submetidos a diferentes tratamentos, sendo: T1 – amido de araruta (30 g L⁻¹); T2
600 – amido de araruta + caulim Surround® WP (100 g L⁻¹); T3 – amido de araruta + caulim
601 Surround® WP (50 g L⁻¹); T4 – amido de milho (30 g L⁻¹); T5 – amido de milho + caulim
602 Surround® WP (100 g L⁻¹); T6 – amido de milho + caulim Surround® WP (50 g L⁻¹); T7
603 – caulim Surround® WP (100 g L⁻¹); T8 – caulim Surround® WP (50 g L⁻¹); T9 – controle
604 (água destilada). Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente entre si
605 (GLM seguido de teste de comparações múltiplas de Tukey, $p < 0,05$).

606

607 **Figura 2.** Número médio (\pm erro-padrão) de posturas de *Ceratitis capitata* em frutos de
608 banana submetidos a diferentes tratamentos, sendo: T1 – amido de araruta (30 g L⁻¹); T2
609 – amido de araruta + caulim Surround® WP (100 g L⁻¹); T3 – amido de araruta + caulim
610 Surround® WP (50 g L⁻¹); T4 – amido de milho (30 g L⁻¹); T5 – amido de milho + caulim
611 Surround® WP (100 g L⁻¹); T6 – amido de milho + caulim Surround® WP (50 g L⁻¹); T7
612 – caulim Surround® WP (100 g L⁻¹); T8 – caulim Surround® WP (50 g L⁻¹); T9 – controle
613 (água destilada). Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente entre si
614 (GLM seguido de teste de comparações múltiplas de Tukey, $p < 0,05$).

615

616 **Figura 3.** Número médio (\pm erro-padrão) de ovos de *Ceratitis capitata* em frutos de
617 banana submetidos a diferentes tratamentos, sendo: T1 – amido de araruta (30 g L⁻¹); T2
618 – amido de araruta + caulim Surround® WP (100 g L⁻¹); T3 – amido de araruta + caulim
619 Surround® WP (50 g L⁻¹); T4 – amido de milho (30 g L⁻¹); T5 – amido de milho + caulim
620 Surround® WP (100 g L⁻¹); T6 – amido de milho + caulim Surround® WP (50 g L⁻¹); T7
621 – caulim Surround® WP (100 g L⁻¹); T8 – caulim Surround® WP (50 g L⁻¹); T9 – controle
622 (água destilada). Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente entre si
623 (GLM seguido de teste de comparações múltiplas de Tukey, $p < 0,05$).

624

625 **Figura 4.** Análise de componentes principais (ACP) dos efeitos de nove tratamentos em
626 bananas submetidas à infestação por *Ceratitis capitata*. Variáveis: puncturas, posturas e
627 ovos. Tratamentos: T1 – amido de araruta (30 g L⁻¹); T2 – amido de araruta + caulim

628 Surround® WP (100 g L⁻¹); T3 – amido de araruta + caulim Surround® WP (50 g L⁻¹);
629 T4 – amido de milho (30 g L⁻¹); T5 – amido de milho + caulim Surround® WP (100 g
630 L⁻¹); T6 – amido de milho + caulim Surround® WP (50 g L⁻¹); T7 – caulim Surround®
631 WP (100 g L⁻¹); T8 – caulim Surround® WP (50 g L⁻¹); T9 – controle (água destilada).

632

633 **Figura 5.** Aspecto visual de frutas de banana submetidas a diferentes tratamentos de
634 revestimento, sendo: T1 – amido de araruta (30 g L⁻¹); T2 – amido de araruta + caulim
635 Surround® WP (100 g L⁻¹); T3 – amido de araruta + caulim Surround® WP (50 g L⁻¹);
636 T4 – amido de milho (30 g L⁻¹); T5 – amido de milho + caulim Surround® WP (100 g
637 L⁻¹); T6 – amido de milho + caulim Surround® WP (50 g L⁻¹); T7 – caulim Surround®
638 WP (100 g L⁻¹); T8 – caulim Surround® WP (50 g L⁻¹); T9 – controle (água destilada).

639

640

641

642

643

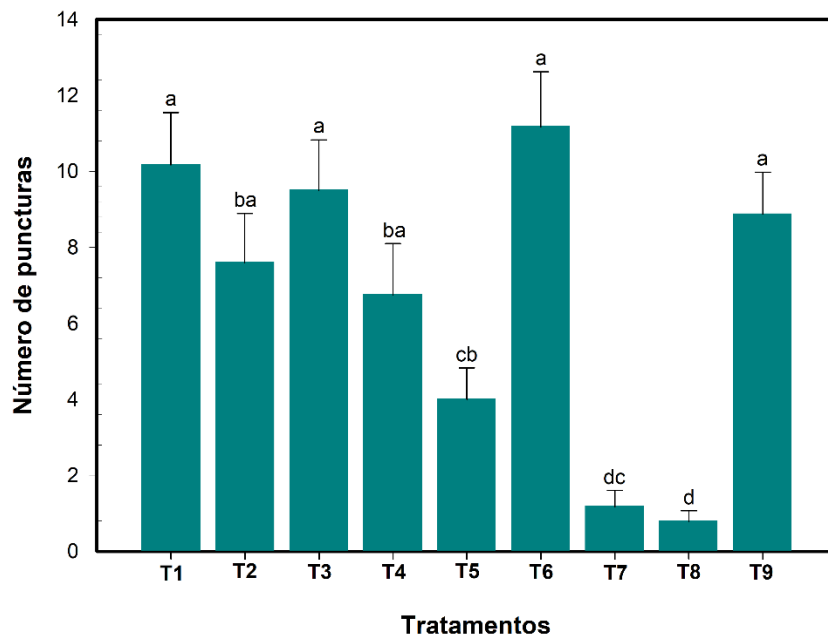
644

645

646

647

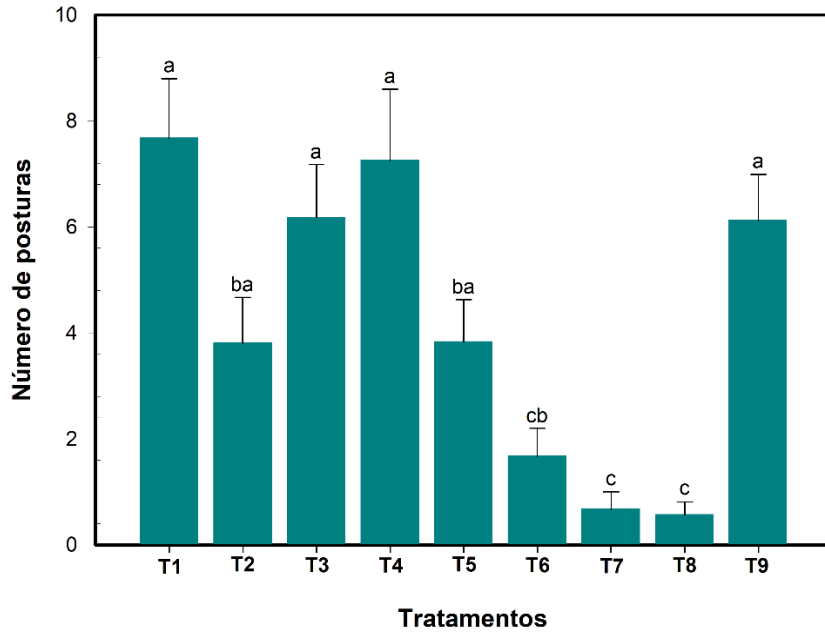
648



649

650

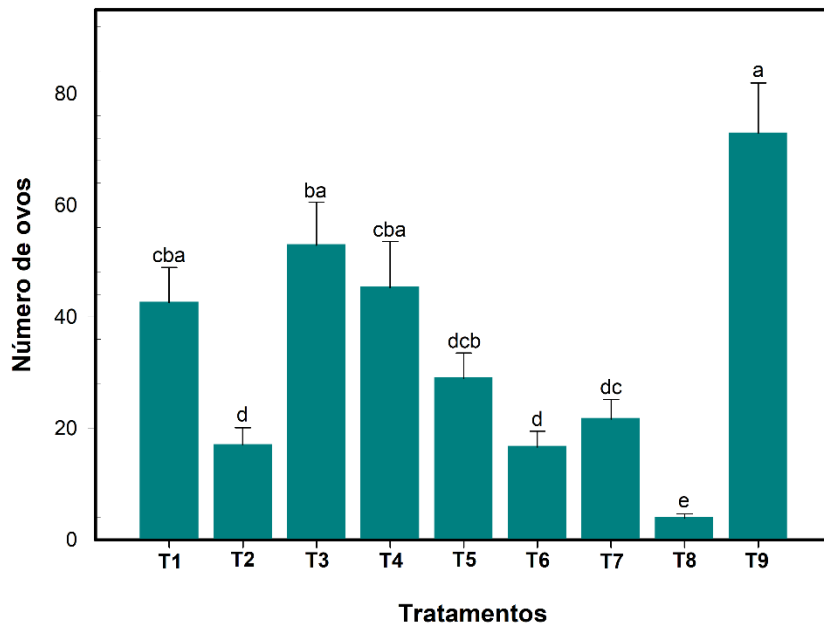
Figura 1



651

652

Figura 2



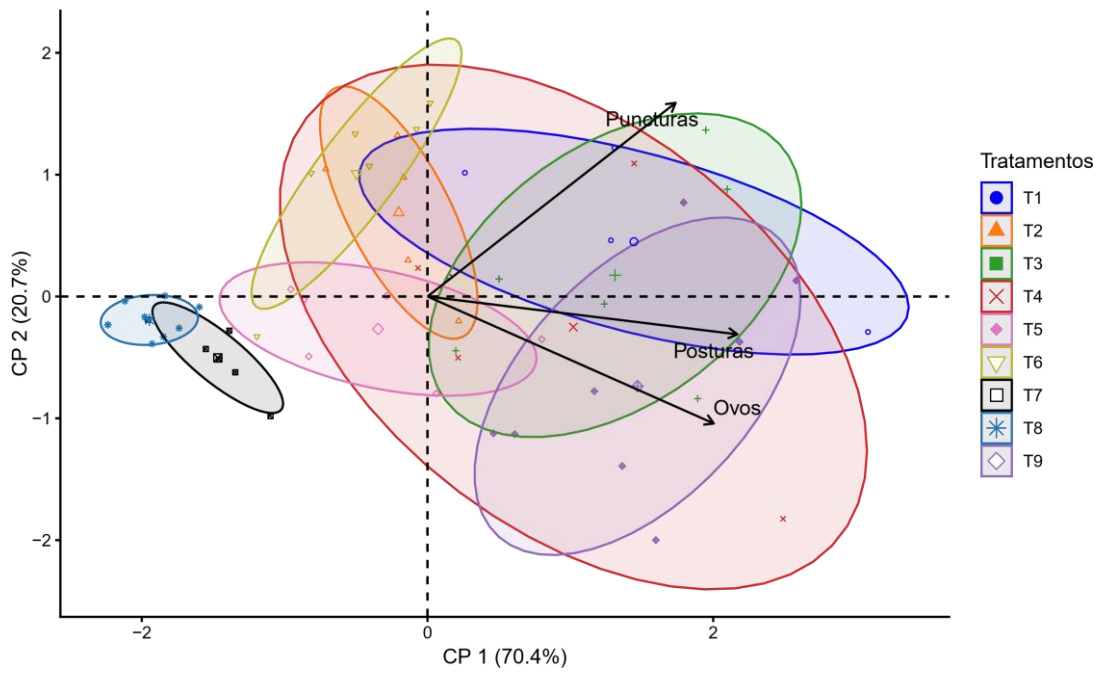
653

654

Figura 3

655

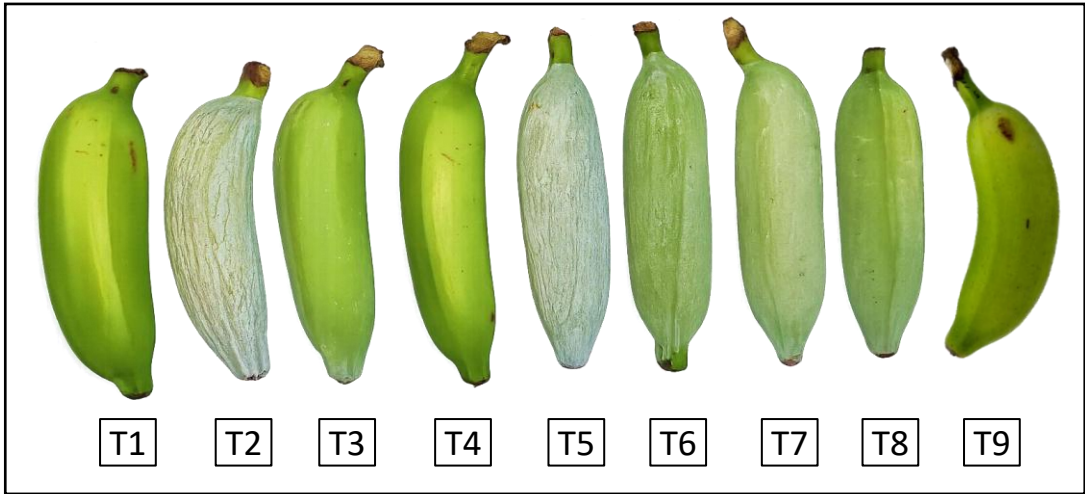
656



657

658

Figura 4



659

660

Figura 5

661

662 **Tabela 1.** Médias ajustadas (\pm erro padrão) de luminosidade, croma e ângulo hue de bananas da cultivar Prata, estimadas por modelos lineares
 663 generalizados (GLM) com distribuição Gamma, antes e após a aplicação dos revestimentos

Tratamentos	Antes da aplicação			Após a aplicação dos tratamentos		
	Luminosidade	Croma	°h	Luminosidade	Croma	°h
T1 Amido de araruta 3%	65,00 \pm 2,94 a	45,48 \pm 3,36 a	111,5 \pm 1,17 a	57,39 \pm 4,99 d	39,06 \pm 1,07 a	110,25 \pm 1,53 d
T2 Amido de araruta+caulim 10%	63,40 \pm 1,35 ab	44,33 \pm 2,63 a	111,18 \pm 1,73 a	67,3 \pm 1,55 ab	17,9 \pm 1,61 d	120,71 \pm 1,86 a
T3 Amido de araruta+caulim 5%	62,68 \pm 1,23 ab	38,76 \pm 0,91 b	111,45 \pm 1,03 a	64,26 \pm 2,44 bc	15,57 \pm 1,73 d	118,21 \pm 1,27 ab
T4 Amido de milho 3%	61,79 \pm 1,41 b	36,63 \pm 1,82 b	111,56 \pm 1,55 a	55,08 \pm 1,81 d	38,19 \pm 0,71 a	106,70 \pm 1,78 e
T5 Amido de milho+caulim 10%	64,20 \pm 2,05 ab	45,25 \pm 1,97 a	112,27 \pm 1,77 a	68,68 \pm 2,52 a	16,6 \pm 2,68 d	119,88 \pm 2,81 a
T6 Amido de milho+caulim 5%	64,40 \pm 2,53 ab	43,05 \pm 1,35 a	111,74 \pm 1,63 a	63,08 \pm 2,04 c	15,43 \pm 1,89 d	119,16 \pm 1,33 ab
T7 Caulim 10 %	64,45 \pm 1,96 ab	45,99 \pm 1,82 a	111,54 \pm 1,83 a	63,67 \pm 2,37 c	26,55 \pm 2,64 c	116,34 \pm 2,98 bc
T8 Caulim 5%	65,00 \pm 1,58 a	43,08 \pm 1,55 a	112,17 \pm 1,07 a	62,53 \pm 1,99 c	29,61 \pm 2,82 b	113,33 \pm 2,03 cd
T9 Controle	62,60 \pm 1,66 ab	37,71 \pm 0,98 b	113,02 \pm 3,29 a	56,14 \pm 0,58 d	37,71 \pm 0,97 a	113,01 \pm 3,30 d
Coefficiente de variação (%)	1,81	8,51	0,51	7,76	39,0	4,15

664 Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 2. Médias \pm erro padrão da firmeza da casca de bananas da cultivar Prata, estimadas por modelos lineares generalizados (GLM) com distribuição Gamma, antes e após a aplicação dos revestimentos

Tratamentos	Antes	Depois
	Firmeza (N)	Firmeza (N)
T1 Amido de araruta 3%	6,97 \pm 0,55 a	7,76 \pm 0,30 ab
T2 Amido de araruta+caulim 10%	7,05 \pm 0,45 a	8,12 \pm 1,23 ab
T3 Amido de araruta+caulim 5%	6,94 \pm 0,39 a	8,56 \pm 0,96 a
T4 Amido de milho 3%	6,85 \pm 0,57 a	7,84 \pm 0,79 ab
T5 Amido de milho+caulim 10%	6,75 \pm 0,51 a	8,87 \pm 0,44 a
T6 Amido de milho+caulim 5%	7,17 \pm 0,22 a	8,25 \pm 0,44 ab
T7 Caulim 10 %	6,89 \pm 0,59 a	8,17 \pm 0,60 ab
T8 Caulim 5%	7,02 \pm 0,31 a	7,96 \pm 0,85 ab
T9 Controle	6,96 \pm 0,44 a	7,05 \pm 0,46 b
Coefficiente de variação (%)	1,74	6,39

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 3. Componentes principais, autovalores, proporção da variância explicada e variância acumulada obtidos na análise de componentes principais

Componente	Autovalor	Proporção da variância (%)	Variância acumulada (%)
CP 1	2.08	70.40	70.40
CP 2	0.66	20.70	91.10
CP 3	0.26	8.90	100.00

ARTIGO II

Aplicação de filmes comestíveis minerais e naturais (caulim–amido) para aumento da vida útil de banana ‘Prata’

***Situação:** Não submetido

1 *Food Bioscience*

2 *Original Research Paper*

3

4

5

6 Aplicação de filmes comestíveis minerais e naturais (caulim–amido) para aumento da

7 vida útil de banana ‘Prata’

8

9

10

11 Denilson C. dos Santos¹, Daniela R. da Costa¹, Cristiane M. Veloso^{2*}

12

13 ¹ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Laboratório de Química III, 45031-300, Vitória
14 da Conquista, BA, Brasil.

15 ² Departamento de Ciências Naturais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), 45031-300,
16 Vitória da Conquista, BA, Brasil

17

18

19

20

21

22

23

24

25 *Autor Correspondente: Cristiane Martins Veloso

26 Departamento de Ciências Naturais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

27 (UESB)

28 Vitória da Conquista, BA, 45083-300, Brasil

29 Phone: +557798125-3686

30 E-mail: denilsoncabral7@outlook.com

31 **Resumo:** A banana (*Musa* sp.) destaca-se como uma das frutas mais consumidas
32 mundialmente, porém apresenta elevadas perdas pós-colheita, devido ao amadurecimento
33 rápido. O uso de revestimentos minerais e biopoliméricos é uma estratégia promissora
34 para retardar alterações fisiológicas e preservar a qualidade durante o armazenamento. O
35 presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de revestimentos à base de caulim
36 (Surround® WP) e sua combinação com amido de milho na redução do amadurecimento
37 e na manutenção da qualidade pós-colheita de bananas ‘Prata’. Frutas no estágio de
38 maturação E2 foram submetidas a quatro tratamentos: controle; Surround® WP (50
39 g.L⁻¹); Surround®WP (100 g.L⁻¹); e amido de milho (3% m/v) combinado com
40 Surround®WP (100 g.L⁻¹). Após a aplicação dos revestimentos por imersão, as frutas
41 foram armazenadas a 24 ± 2 °C por 15 dias. Avaliou-se perda de massa, firmeza da casca
42 e da polpa, parâmetros de cor, pH, sólidos solúveis e acidez titulável nos dias 1, 5, 10 e
43 15 de armazenamento. O tratamento contendo amido de milho associado ao caulim
44 apresentou melhor desempenho, promovendo menor perda de massa, maior estabilidade
45 da coloração e menor aumento no teor de sólidos solúveis totais ao longo do
46 armazenamento. Os resultados indicam que o revestimento atuou como barreira
47 semipermeável, reduzindo as trocas gasosas e a atividade metabólica das frutas,
48 contribuindo para o retardo do amadurecimento. A combinação amido + caulim
49 demonstra potencial como estratégia sustentável e de baixo custo para ampliar a vida útil
50 e reduzir perdas pós-colheita de bananas.

51

52 **Palavras-chave:** *Musa* spp; frutos climatéricos; filmes de partículas; qualidade físico-
53 química; tempo de prateleira.

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63 4.1 INTRODUÇÃO

64 A banana (*Musa* sp.) é a fruta mais consumida mundialmente na forma *in natura*, em
65 razão de suas propriedades nutricionais e sensoriais, contribuindo para o desenvolvimento
66 socioeconômico de diversos países (Hu et al., 2022). Apesar da sua importância, as perdas
67 e o desperdício pós-colheita são elevados, variando de 25 a 50% da produção total (Bancal
68 & Ray, 2022). Esse cenário está associado, principalmente, ao fato de a banana ser um
69 fruto climatérico, o que a torna altamente suscetível à ocorrência de doenças, danos
70 mecânicos e desordens fisiológicas após a colheita, transporte e armazenamento (Yang &
71 Ge, 2021). Nessas etapas, as frutas mantêm elevada atividade fisiológica, o que intensifica
72 o consumo de reservas e acelera os processos de amadurecimento e senescência,
73 culminando na deterioração da qualidade com redução da sua vida útil, levando a perdas
74 econômicas ao longo da cadeia produtiva (Nguyen et al., 2021).

75 O amadurecimento configura-se como um dos principais fatores determinantes das
76 perdas pós-colheita, uma vez que sua progressão rápida compromete atributos de
77 qualidade importantes e limita o período de comercialização. O amadurecimento,
78 intensificado pela elevada atividade fisiológica característica de frutos climatéricos,
79 constitui um evento biológico complexo e altamente integrado, marcado por alterações
80 fisiológicas e bioquímicas que afetam diretamente a qualidade pós-colheita das frutas.
81 Entre essas alterações destacam-se a produção de compostos aromáticos, modificações
82 na textura, mudanças na coloração e no metabolismo de açúcares (Guo et al., 2016;
83 Mukherjee, 2019). Em frutos carnosos, como a banana, esse processo ocorre de forma
84 contínua e predominantemente oxidativa, envolvendo a degradação da clorofila, o
85 acúmulo de carotenoides, o amolecimento dos tecidos, variações na acidez e a conversão
86 do amido em açúcares, concomitantemente à liberação de compostos voláteis
87 responsáveis pelo aroma característico (Giovannoni et al., 2017; Moreno et al., 2021;
88 Wang et al., 2024).

89 A intensificação dessas transformações metabólicas ao longo do amadurecimento
90 compromete progressivamente a estabilidade fisiológica das frutas, resultando em
91 redução da vida útil e aumento das perdas pós-colheita. Desta forma, a extensão da vida útil
92 e a preservação da qualidade de bananas têm sido investigadas por pesquisadores da área
93 de ciência e tecnologia de alimentos, com foco no desenvolvimento e na aplicação de
94 estratégias capazes de retardar o amadurecimento e minimizar as perdas. Entre as
95 abordagens mais empregadas destacam-se a conservação em atmosfera modificada, o

96 armazenamento em baixas temperaturas ou sob baixa pressão, o uso de tratamentos
97 químicos e a aplicação de revestimentos à base de filmes comestíveis (Mendoza et al.,
98 2016; Othman et al., 2021). Nas últimas décadas, polissacarídeos, proteínas, lipídios e
99 seus derivados têm sido utilizados na preparação de revestimentos naturais devido à
100 crescente conscientização dos consumidores sobre saúde e meio ambiente (Wu et al.,
101 2021; Martins et al., 2024; Singh et al., 2024).

102 Dentre os biopolímeros utilizados em revestimentos comestíveis, o amido destaca-se
103 pelo potencial de aplicação na conservação pós-colheita, em função de seu baixo custo,
104 ampla disponibilidade, boa biocompatibilidade e elevada biodegradabilidade (Dai et al.,
105 2024). Além disso, revestimentos à base de amido têm demonstrado eficiência na
106 manutenção da qualidade de frutas climatéricos, como relatado para manga (Almeida et
107 al., 2024; Silva et al., 2024), banana (Thakur et al., 2019a; Vélez-Erazo et al., 2022), maçã
108 (Thakur et al., 2019b) e ameixa (Thakur et al., 2018).

109 Além dos biopolímeros, os revestimentos a base de compostos inorgânicos também
110 têm se destacado na proteção de frutas. O Surround[®]WP forma um filme de partículas
111 branco, altamente refletivo, hidrofílico e não tóxico, formulado à base de caulim
112 ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), muito utilizado como mineral comestível em cremes dentais e alimentos
113 processados, além de atuar como agente antiaglomerante (Glenn & Puterka, 2005). Após
114 a aplicação, forma um revestimento branco protetor e contínuo sobre a superfície das
115 frutas, atuando como uma barreira física parcial às trocas gasosas e à perda de água, o
116 que pode reduzir a taxa respiratória e a transpiração dos frutos durante o armazenamento
117 pós-colheita (Glenn, 2009). Além disso, ao modificar as propriedades físicas da
118 superfície, pode contribuir para a redução do aquecimento e do estresse oxidativo,
119 favorecendo a manutenção da integridade celular e o retardo do amadurecimento. O
120 caulim tem sido empregado com sucesso tanto na mitigação de estresses abióticos quanto
121 no manejo de pragas em diferentes culturas (Melgarejo et al., 2004; Saour & Makee,
122 2004; Glenn & Puterka, 2005; Gindaba & Wand, 2007). Estudos têm demonstrado que
123 revestimentos à base de caulim podem influenciar processos fisiológicos relacionados ao
124 comportamento pós-colheita, sugerindo benefícios adicionais na conservação de frutas
125 durante o armazenamento (D'Aquino et al., 2011; D'Aquino et al., 2021).

126 Considerando o efeito do caulim na regulação das trocas gasosas, na sua interação com
127 a luz e na redução da perda de água, aliado à capacidade do amido de formar filmes
128 comestíveis que atuam como barreira seletiva à difusão de gases e vapor, justifica-se a
129 avaliação combinada desses materiais no desenvolvimento de revestimento comestíveis

130 para conservação pós-colheita. Em frutos climatéricos como a banana, nos quais o
131 amadurecimento é regulado pela respiração e produção de etileno, a combinação desses
132 materiais pode controlar esses processos e retardar a senescência. Assim, o presente
133 estudo teve como objetivo avaliar o efeito de revestimentos à base de caulim e amido no
134 controle dos processos fisiológicos e bioquímicos associados ao amadurecimento de
135 bananas ‘Prata’, bem como seus efeitos na manutenção da qualidade pós-colheita e no
136 aumento de tempo de prateleira.

137

138 **4.2 MATERIAL E MÉTODOS**

139 **4.2.1 Materiais**

140 Foram utilizadas, neste estudo, bananas ‘Prata’ (*Musa* sp. AAB, subgrupo Prata),
141 obtidas na Fazenda Fruticultura Kolger, localizada no município de Bom Jesus da Lapa-
142 BA, Brasil, situada nas coordenadas 13°14’08” de latitude sul e 43°31’08” de longitude
143 oeste. Foram selecionadas bananas no estágio de maturação E2 (verde com traços
144 amarelos), conforme a escala de maturação de Von Loesecke (1950). A escolha da cultivar
145 baseou-se em sua representatividade dentro do grupo genômico Prata, um dos principais
146 grupos de bananas cultivados no Brasil, muito utilizado para fins comerciais. O caulim
147 Surround®WP utilizado no preparo dos revestimentos foi fornecido pela NovaSource
148 (Phoenix, AZ, USA). O amido de milho foi adquirido em estabelecimento comercial de
149 produtos naturais, em Vitória da Conquista-BA, Brasil. Todos os reagentes utilizados no
150 experimento apresentavam, no mínimo, grau analítico.

151

152 **4.2.2 Preparo dos revestimentos**

153 Os revestimentos à base de Surround®WP foram preparados pela dispersão do pó em
154 água destilada, em duas concentrações distintas (50 e 100 g.L⁻¹). Para cada concentração,
155 a quantidade correspondente de produto foi dispersa separadamente em 1000 mL de água
156 destilada, seguida de agitação mecânica por 20 min, a fim de garantir a completa
157 homogeneização das partículas.

158 Para os revestimentos a base de biopolímero, o amido de milho (3% m/v) foi disperso
159 em água destilada, com adição de glicerol a 40% (m/m do amido), sob agitação em
160 agitador mecânico a 3200 rpm (Novatecnica, NT137, Piracicaba, Brasil) até a completa
161 hidratação do amido. Em seguida, a solução foi aquecida em banho termostático
162 (SolidSteel SSDc-10 L, São Paulo, Brasil) a 90 °C por 20 min, sob agitação suave, para
163 promover a gelatinização do amido.

164 Para o tratamento contendo a combinação de amido e Surround®WP, 500 mL da
165 solução de caulim (Surround®WP, 100 g.L⁻¹) foram misturados em 500 mL da solução do
166 revestimento à base de amido de milho e agitadas até completa homogeneização,
167 originando a formulação final.

168 Os tratamentos utilizando as diferentes formulações consistiram em: T1: controle; T2:
169 Surround®WP (50 g.L⁻¹); T3: Surround®WP (100 g.L⁻¹); T4: Amido de milho (3% m/v)
170 + Surround®WP (100 g.L⁻¹).

171

172 **4.2.3 Revestimento das frutas e armazenamento**

173 As bananas, previamente selecionados e padronizados quanto ao grau de maturação
174 E2 (verde com traços amarelos), foram sanitizadas pela imersão em solução de hipoclorito
175 de sódio 10 mL L⁻¹, por 10 min. Após a secagem, as frutas foram imersas nos
176 revestimentos por 15 min e, em seguida, foram penduradas pelo pedúnculo, com o auxílio
177 de barbante, em grades, para secagem à temperatura ambiente (24 °C) por 12 h, até a
178 completa formação da película sobre a superfície das frutas. Posteriormente, as bananas
179 foram armazenadas em temperatura ambiente (24 ± 2 °C), acondicionadas em bandejas
180 de plástico, por até 15 dias, para posteriores análises.

181

182 **4.2.4 Determinação dos parâmetros de qualidade pós-colheita de banana**

183 Os parâmetros físicos, químicos e de qualidade pós-colheita avaliados foram perda de
184 peso, firmeza da polpa e da casca, análises de cor, pH, sólidos solúveis e acidez titulável,
185 em quatro tempos de avaliação (1, 5, 10 e 15 dias após a aplicação do revestimento).

186 Para determinação da perda de peso, as bananas foram pesadas em balança analítica
187 (Bel S2202H, Piracicaba, São Paulo) nos dias de avaliação. A Equação 1 foi empregada
188 para determinar o percentual de perda de massa ao longo do período de armazenamento,
189 conforme descrito por Chiumarelli et al. (2010).

190

$$191 \quad \text{WL (\%)} = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100 \quad (1)$$

192

193 Em que M_i corresponde à massa inicial do fruto e M_f à massa final, em cada período de
194 avaliação.

195 Para a determinação da firmeza, utilizou-se o texturômetro (Stable Micro Systems,
196 modelo TA.XT Plus, UK), equipado com sonda cilíndrica de 2 mm de diâmetro (Probe

197 P/2), com penetração de 4 mm na casca e 40 mm na polpa, à velocidade de 1,0 mm s⁻¹.
198 As medições foram realizadas em três pontos distintos da casca e da polpa de cada fruta.

199 A cor da casca e da polpa das frutas foi determinada usando-se o colorímetro portátil
200 NR200 (3nh®, Shenzhen, China). Utilizou-se o sistema CIElab para medir a
201 luminosidade (L* 0: escuro, 100: branco), a* (valor negativo: verde, valor positivo:
202 vermelho) e b* (valor negativo: azul, valor positivo: amarelo). Os valores de L*, a* e b*
203 foram obtidos com três leituras, em regiões equidistantes da casca da fruta e da polpa, e
204 foram utilizados para calcular o valor de croma (C), ângulo Hue (°h), utilizando as
205 Equações 2, 3 e 4 respectivamente (Resende et al., 2018; Hernández-Guerrero et al.,
206 2020).

207

$$208 \quad \textcircled{h} = \arctan \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \text{ quando } a > 0 \text{ e } b \geq 0 \quad (2)$$

$$209 \quad \textcircled{h} = 180 + \arctan \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \text{ quando } a < 0 \quad (3)$$

$$210 \quad C = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (4)$$

211

212 A análise dos sólidos solúveis totais foi realizada seguindo o método da AOAC nº
213 932.12 (AOAC, 2016) com refratômetro digital Soonda (Official Store, Xangai, China) e
214 os resultados foram expressos como °Brix a 25 °C.

215 A acidez titulável foi determinada seguindo o método nº 942.15 da AOAC (2016).
216 Macerou-se 5,0 gramas da polpa com adição de 40 mL de água destilada, e em seguida,
217 realizou-se a titulação da amostra com hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol.L⁻¹, e o
218 indicador fenolftaleína a 1%. Os resultados foram expressos em grama de ácido
219 málico/100g de polpa.

220 Para a determinação do pH das amostras, a polpa das frutas trituradas foi separada em
221 recipientes menores e medido com um potenciômetro digital (Método 981.12) (AOAC,
222 2016).

223

224 **4.2.5 Planejamento e análise estatística**

225 O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC),
226 arranjado em esquema fatorial 4 x 4, sendo quatro tipos de revestimento e quatro tempos
227 de avaliação (1, 5, 10 e 15 dias após a aplicação dos revestimentos), totalizando dezesseis
228 tratamentos e quatro repetições, com cada repetição contendo dez bananas, selecionados
229 conforme descrito no item 4.2.1.

230 Os dados foram submetidos à análise de regressão, visando avaliar o efeito dos
231 tratamentos ao longo do tempo de armazenamento. Os coeficientes de regressão foram
232 estimados com base nos dados experimentais por meio de modelos lineares e
233 logarítmicos. Para as variáveis em que o ajuste por regressão não foi adequado, as médias
234 foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, sendo os resultados
235 apresentados em gráficos de barras acompanhados do erro padrão da média.

236 Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R (v.4.5.2; R Development
237 Core Team, 2025).5

238

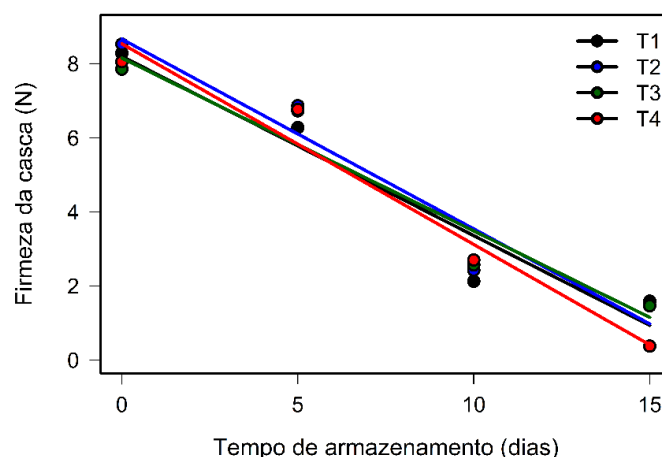
239 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

240 4.3.1 Parâmetros de qualidade de bananas ‘Prata’

241 4.3.1.1 Firmeza de casca, firmeza de polpa e perda de massa

242 A firmeza da casca e da polpa reduziu ao longo do armazenamento, independentemente
243 do tratamento aplicado (Figuras 1 e 2). Para a firmeza da casca, observou-se redução
244 progressiva durante o armazenamento, sem muitas diferenças entre os tratamentos. Ao
245 final do armazenamento, T4 apresentou os menores valores de firmeza, enquanto T3
246 demonstrou maior manutenção desse parâmetro. As equações de regressão linear para
247 cada tratamento estão apresentadas nas Equações 5–12.

248 Para a firmeza da polpa, a perda foi mais acentuada nos primeiros dias de
249 armazenamento, seguida de estabilização a partir do 10º dia, comportamento descrito por
250 modelo logarítmico ajustado para todos os tratamentos (Equações 9–12). De modo geral,
251 os tratamentos apresentaram comportamento semelhante para ambas as variáveis ao
252 longo do período avaliado. Ainda assim, o T3 apresentou maior manutenção da firmeza
253 da polpa, enquanto T4 exibiu maior intensidade de amolecimento.



254

255 **Figura 1.** Firmeza da casca (N) de bananas submetidas aos tratamentos controle (T1),
 256 Surround[®]WP 50 g.L⁻¹ (T2), Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T3) e amido de milho 3% +
 257 Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T4), ao longo do período de armazenamento. Os valores
 258 representam as médias de cada tratamento.

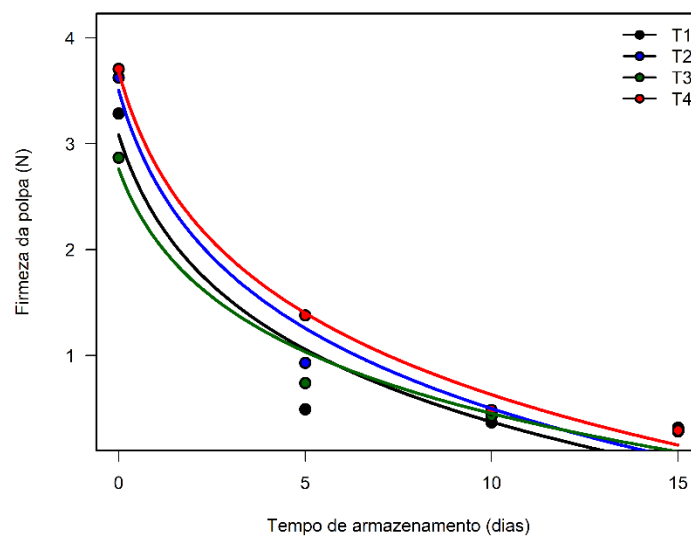
259
$$FC_{T1}: 8,197 - 0,4842t \quad (R^2: 0,93) \quad (5)$$

260
$$FC_{T2}: 8,662 - 0,5125t \quad (R^2: 0,94) \quad (6)$$

261
$$FC_{T3}: 8,149 - 0,4665t \quad (R^2: 0,93) \quad (7)$$

262
$$FC_{T4}: 8,535 - 0,5418t \quad (R^2: 0,97) \quad (8)$$

263



264

265 **Figura 2.** Firmeza da polpa (N) de bananas submetidas aos tratamentos controle (T1),
 266 Surround[®]WP 50 g.L⁻¹ (T2), Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T3) e amido de milho 3% +
 267 Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T4), ao longo do período de armazenamento. Os valores
 268 representam as médias de cada tratamento.

269

270
$$FP_{T1}: 3.084 - 1.1307 \ln(x) \quad (R^2: 0.92) \quad (9)$$

271
$$FP_{T2}: 3.503 - 1.2528 \ln(x) \quad (R^2: 0.97) \quad (10)$$

272
$$FP_{T3}: 2.761 - 0.9629 \ln(x) \quad (R^2: 0.96) \quad (11)$$

273
$$FP_{T4}: 3.679 - 1.2714 \ln(x) \quad (R^2: 0.99) \quad (12)$$

274

275 A redução da firmeza ao longo do armazenamento é um processo natural do
 276 amadurecimento, associado à perda da integridade estrutural dos tecidos e à degradação
 277 da parede celular, resultando em maior fragilidade mecânica das frutas (Deng et al., 2017).
 278 Esse amolecimento está relacionado à desestruturação da parede celular, decorrente da

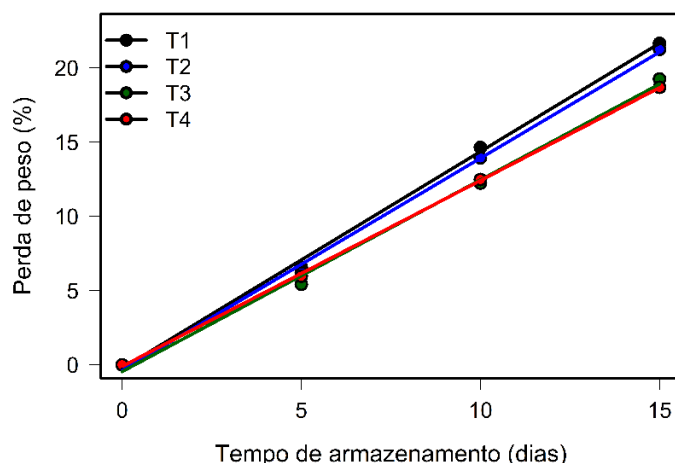
279 despolimerização de seus polissacarídeos estruturais, bem como à redução do turgor
280 celular, fenômenos intensificados pelo aumento da atividade metabólica característico de
281 frutas climatéricas (Wigati et al., 2023).

282 A banana apresenta um padrão de amadurecimento climatérico, caracterizado por
283 aumento acentuado da taxa respiratória, conhecido como pico climatérico (Paul &
284 Pandey, 2014). Esse aumento é acompanhado por elevada produção de etileno, que atua
285 na ativação de enzimas responsáveis pela degradação da parede celular e pela aceleração
286 dos processos metabólicos associados à senescência (Yadav et al., 2022).

287 A desestruturação da parede celular ocorre pela ação coordenada de enzimas
288 hidrolíticas, como pectina metilesterase, poligalacturonase, β -glucosidase e celulase, que
289 promovem modificações e solubilização das pectinas e de outros componentes da matriz
290 celular (Ali et al., 2022). Shinga e Fawole (2023), destacam que a protopectina,
291 responsável pela rigidez dos tecidos, é convertida em pectina solúvel em água durante o
292 amadurecimento, processo acelerado pela atividade da pectinesterase e diretamente
293 associado à perda de firmeza, constituindo um padrão fisiológico esperado para bananas
294 em amadurecimento.

295 Revestimentos à base de amido também têm sido associados à maior manutenção da
296 firmeza em bananas, em função da formação de uma película contínua que reduz a
297 atividade fisiológica da fruta (Thakur et al., 2019a). Entretanto, no presente estudo, a
298 combinação amido + Surround[®]WP (T4) não resultou em manutenção da firmeza,
299 sugerindo que a interação entre os componentes pode ter alterado as propriedades do
300 revestimento e reduzido sua eficiência como barreira em comparação ao uso isolado do
301 amido.

302 Para a perda de massa, observa-se aumento linear durante o armazenamento em
303 todos os tratamentos (Figura 3; Equações 13–16). As frutas submetidas aos revestimentos
304 apresentaram menores perdas de massa em comparação ao controle, indicando efeito
305 positivo dos tratamentos durante o período de armazenamento. Entre os tratamentos
306 avaliados, o T3 e T4 apresentaram menores perda de massa, enquanto que o T1 e T2,
307 maiores perdas, principalmente a partir do 10^o dia de armazenamento.



308

309 **Figura 3.** Perda de peso (%) de bananas submetidas a diferentes tratamentos: controle
 310 (T1); Surround®WP 50 g.L⁻¹ (T2); Surround®WP 100 g.L⁻¹ (T3); amido de milho 3% +
 311 Surround®WP 100 g.L⁻¹ (T4), ao longo do período de armazenamento. Os valores
 312 representam as médias de cada tratamento.

313

314
$$PP_{T1}: -0.234 + 1.4602t \quad (R^2: 0.99) \quad (13)$$

315
$$PP_{T2}: -0.380 + 1.4300t \quad (R^2: 0.99) \quad (14)$$

316
$$PP_{T3}: -0.454 + 1.2912t \quad (R^2: 0.99) \quad (15)$$

317
$$PP_{T4}: -0.102 + 1.2516t \quad (R^2: 0.99) \quad (16)$$

318

319 A perda de massa constitui um fenômeno comum durante o armazenamento pós-
 320 colheita de frutas, sendo atribuída principalmente à transpiração e à respiração do tecido
 321 vegetal (Hu et al., 2022). O aumento da perda de massa ao longo do armazenamento está
 322 diretamente relacionado à perda de água por transpiração, especialmente através das
 323 células estomáticas da fruta. De modo geral, a perda de umidade corresponde à
 324 evaporação da água dos tecidos para o ar durante o armazenamento (Han et al., 2021).
 325 Esse processo é determinado pelo gradiente de pressão de vapor de água entre a superfície
 326 da fruta e o ambiente de armazenamento, sendo influenciado pelas variações de
 327 temperatura e pela umidade relativa do ar. Quanto maior a diferença de pressão de vapor,
 328 maior a taxa de perda de água por unidade de tempo (Chen et al., 2024).

329 O acúmulo de solutos osmóticos no apoplasto e a perda de água das frutas causam uma
 330 diminuição na pressão de turgor celular. Além disso, a desagregação dos polissacarídeos

331 da parede celular reduz a adesão intercelular, o que, em combinação com a diminuição
332 do turgor celular, leva ao amolecimento da fruta (Brummell, 2006).

333 Entre os tratamentos, as frutas revestidas com o T4 (Amido de milho (3% m/v) +
334 Surround[®]WP (100 g.L⁻¹) apresentou a menor perda de massa, com comportamento
335 semelhante ao T3 (Surround[®]WP 100 g.L⁻¹), enquanto o controle (T1) e T2
336 (Surround[®]WP 50 g.L⁻¹) exibiram as maiores perdas. Esses resultados mostram que os
337 revestimentos à base de amido e caulim, nas maiores concentrações, atuaram como
338 barreira parcial à difusão de vapor d'água, reduzindo a transpiração e respiração,
339 retardando a desidratação das frutas. Efeito semelhante foi relatado por Thakur et al.
340 (2018, 2019a, 2019b) em ameixas, bananas e maçãs revestidas com formulações à base
341 de amido. Embora Brito et al. (2019) não tenham avaliado diretamente a perda de massa
342 pós-colheita, os autores demonstraram que a aplicação de caulim reduz a transpiração e
343 altera o balanço hídrico do tecido vegetal, mecanismo compatível com a menor perda de
344 massa observada nas frutas tratadas com Surround[®]WP 100 g.L⁻¹.

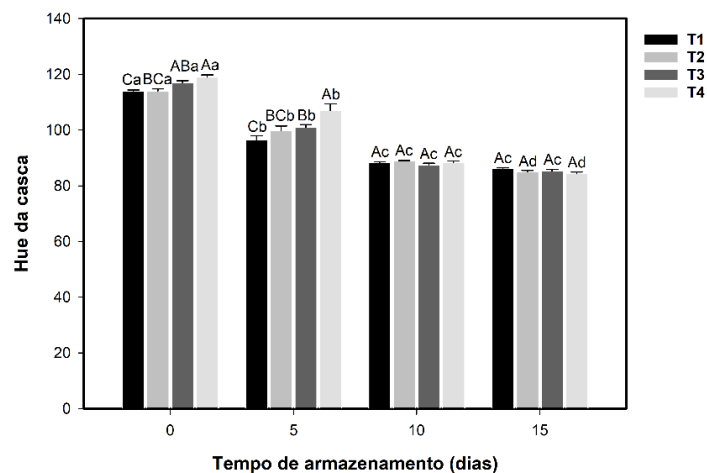
345

346 **4.3.1.2 Análise de cor das frutas**

347 O ângulo hue da casca reduziu ao longo do armazenamento, refletindo a evolução
348 natural do amadurecimento das frutas (Figura 4). A redução ocorreu em todos os
349 tratamentos, mas com respostas distintas ao longo do período de armazenamento. Nos
350 tempos 0 e 5 dias, T4 apresentou maiores valores de hue em comparação aos demais
351 tratamentos, indicando maior manutenção da coloração verde da casca. A partir do 10^o
352 dia, as médias tornaram-se semelhantes entre os tratamentos, demonstrando
353 comportamento mais uniforme e estabilidade na coloração amarela das frutas durante a
354 fase final de armazenamento.

355 Na polpa das frutas, a variação do ângulo hue foi menos acentuada em comparação à
356 casca, com maior redução nos primeiros dias e tendência de estabilização da coloração a
357 partir do quinto dia de armazenamento (Figura 5). Entre os tratamentos, T2 e T3
358 apresentaram maior alteração da coloração da polpa, enquanto T4 exibiu maior
359 estabilidade ao longo do período avaliado. As equações de regressão para cada tratamento
360 estão apresentadas nas Equações 17–20.

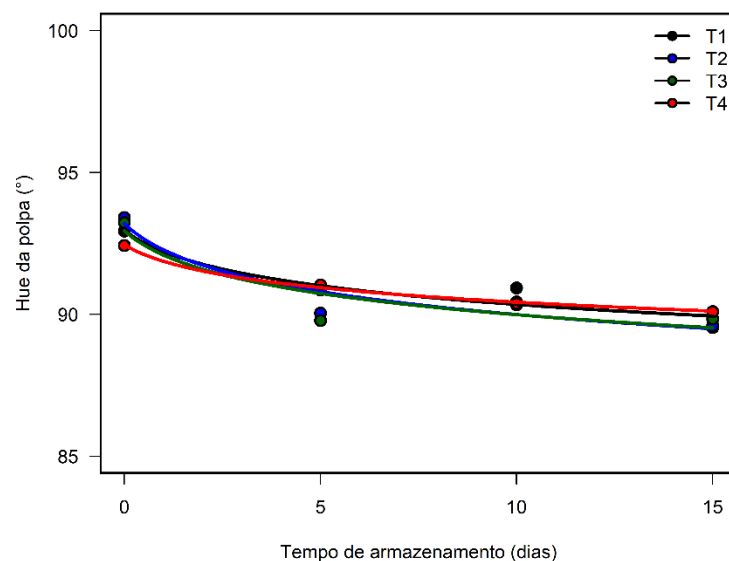
361



362

363 **Figura 4.** Valores médios do ângulo hue da casca de bananas submetidas a diferentes
 364 tratamentos: controle (T1); Surround®WP 50 g.L⁻¹ (T2); Surround®WP 100 g.L⁻¹ (T3);
 365 amido de milho 3% + Surround®WP 100 g.L⁻¹ (T4), ao longo do período de
 366 armazenamento. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças entre tratamentos em
 367 cada tempo de armazenamento, e letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre
 368 tempos dentro de cada tratamento, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

369



370

371 **Figura 5.** Ângulo hue da polpa de bananas submetidas a diferentes tratamentos: controle
 372 (T1); Surround®WP 50 g.L⁻¹ (T2); Surround®WP 100 g.L⁻¹ (T3); amido de milho 3% +
 373 Surround®WP 100 g.L⁻¹ (T4), ao longo do período de armazenamento. Os valores
 374 representam as médias de cada tratamento.

375

376
$$HP_{T1}: 92.966 - 1.0909 \ln(x) \quad (R^2: 0.91) \quad (17)$$

377
$$HP_{T2}: 93.201 - 1.3374 \ln(x) \quad (R^2: 0.90) \quad (18)$$

378
$$HP_{T3}: 92.945 - 1.2325 \ln(x) \quad (R^2: 0.85) \quad (19)$$

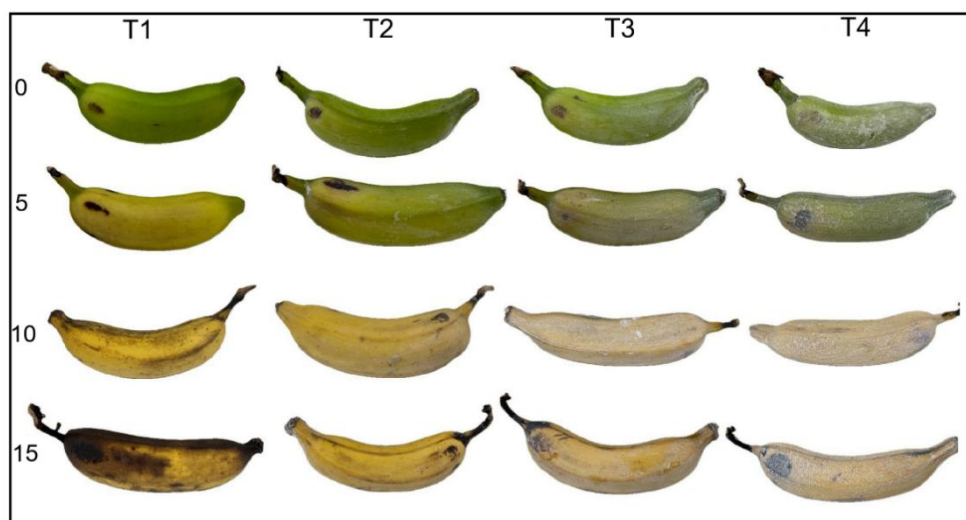
379 $HP_{T4}: 92.456 - 0.8445 \ln(x)$ ($R^2: 0.99$) (20)

380

381 A cor da casca da banana é um dos principais atributos de qualidade percebidos pelo
382 consumidor e está diretamente associada à aceitação da fruta (Adi et al., 2019). Durante
383 o amadurecimento, a transição do verde para o amarelo ocorre principalmente em função
384 da degradação da clorofila, tornando os carotenoides mais evidentes na casca (Gol &
385 Ramana Rao, 2011) (Figura 6).

386 Neste estudo, o tratamento T4 (amido de milho 3% + Surround®WP 100 g.L⁻¹)
387 proporcionou a menor redução do ângulo hue ao longo do armazenamento, indicando
388 maior manutenção da coloração verde-amarelada da casca em comparação aos demais
389 tratamentos e ao controle.

390



391

392 **Figura 6.** Aparência externa de bananas durante o armazenamento em temperatura
393 ambiente, sob diferentes tratamentos: controle (T1); Surround®WP 50 g.L⁻¹ (T2);
394 Surround®WP 100 g.L⁻¹ (T3); amido de milho 3% + Surround®WP 100 g.L⁻¹ (T4).

395

396 Esse comportamento pode estar relacionado à formação de uma barreira
397 semipermeável pelos revestimentos aplicados no pericarpo das frutas, formando uma
398 barreira semipermeável que sela estômatos, lenticelas, poros e fissuras da superfície da
399 fruta (Aaqil et al., 2024). Essa barreira regula a movimentação de gases, umidade e solutos
400 (Priya et al., 2023), modificando a atmosfera interna da fruta. A redução na
401 disponibilidade de O₂ e o aumento relativo de CO₂ contribuem para a diminuição da taxa
402 respiratória e, conseqüentemente, para a limitação da biossíntese de etileno, retardando o
403 amadurecimento (Patil et al., 2023).

404 Esse comportamento está de acordo com os resultados descritos por Deng et al. (2017),
405 que associaram alterações na composição gasosa interna ao retardamento da degradação
406 da clorofila em bananas. De forma semelhante, Song et al. (2015) observaram redução
407 progressiva do ângulo hue durante o armazenamento de bananas, relacionando essa
408 resposta ao avanço do amadurecimento e às alterações no metabolismo respiratório e na
409 produção de etileno.

410 O aumento da atividade respiratória durante esse processo também favorece a
411 formação de espécies reativas de oxigênio (EROs), que, quando acumuladas em níveis
412 elevados, podem exceder a capacidade de eliminação do sistema antioxidante celular e
413 induzir estresse oxidativo nas frutas (Xi et al., 2017; Mamat et al., 2021). Como
414 consequência, ocorre comprometimento da integridade das membranas celulares,
415 desorganização metabólica e aceleração do escurecimento das frutas (Zhu et al., 2023).

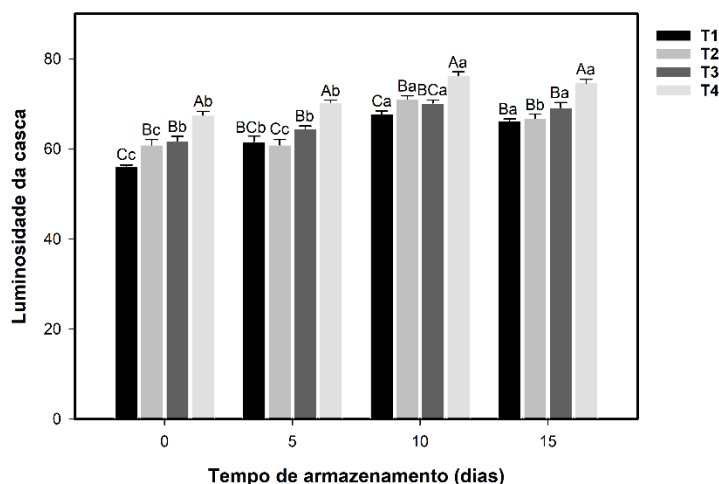
416 Por outro lado, a polpa apresentou variação menores do ângulo hue ao longo do
417 armazenamento, o que era esperado, uma vez que esse tecido possui baixa concentração
418 de clorofila. A menor faixa de alteração observada indica que as alterações de cor interna
419 ocorrem de forma mais lenta e gradual. Esse padrão está de acordo com os resultados de
420 Oliveira et al. (2018), que relataram pequenas variações do hue da polpa de bananas
421 durante o amadurecimento.

422 A luminosidade da casca (L^*) aumentou ao longo do armazenamento (Figura 7), sendo
423 observados maiores valores nas frutas submetidas aos tratamentos contendo caulim em
424 comparação ao controle. Entre os tratamentos, T4 apresentou os maiores valores de L^* ,
425 enquanto T1 manteve a menor luminosidade durante o período avaliado. Esse efeito é
426 atribuído à elevada refletância do caulim, cujas partículas brancas aumentam a
427 luminosidade superficial das frutas (Showler, 2002), indicando que as diferenças
428 observadas estiveram associadas principalmente ao efeito dos revestimentos.

429 Para a polpa, observou-se redução da luminosidade ao longo do armazenamento em
430 todos os tratamentos (Figura 8). No tempo inicial, não foram observadas diferenças entre
431 os tratamentos. Entretanto, aos 15 dias de armazenamento, T1 apresentou os menores
432 valores de L^* , enquanto T3 e T4 mantiveram maior luminosidade da polpa, indicando
433 maior preservação da coloração interna das frutas.

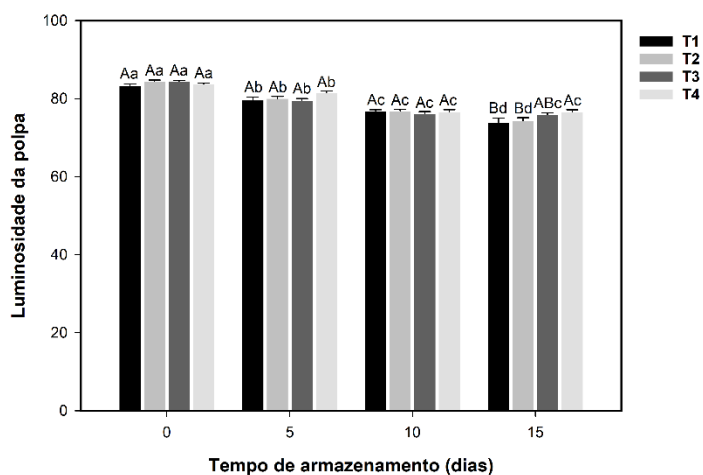
434

435



436

437 **Figura 7.** Valores médios da luminosidade da casca de bananas submetidas a diferentes
 438 tratamentos: controle (T1); Surround® WP 50 g.L⁻¹ (T2); Surround® WP 100 g.L⁻¹ (T3);
 439 amido de milho 3% + Surround® WP 100 g.L⁻¹ (T4), ao longo do período de
 440 armazenamento. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças entre tratamentos em
 441 cada tempo de armazenamento, e letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre
 442 tempos dentro de cada tratamento, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).
 443



444

445 **Figura 8.** Valores médios da luminosidade da polpa de bananas submetidas a diferentes
 446 tratamentos: controle (T1); Surround® WP 50 g.L⁻¹ (T2); Surround® WP 100 g.L⁻¹ (T3);
 447 amido de milho 3% + Surround® WP 100 g.L⁻¹ (T4), ao longo do período de
 448 armazenamento. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças entre tratamentos em
 449 cada tempo de armazenamento, e letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre
 450 tempos dentro de cada tratamento, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).
 451

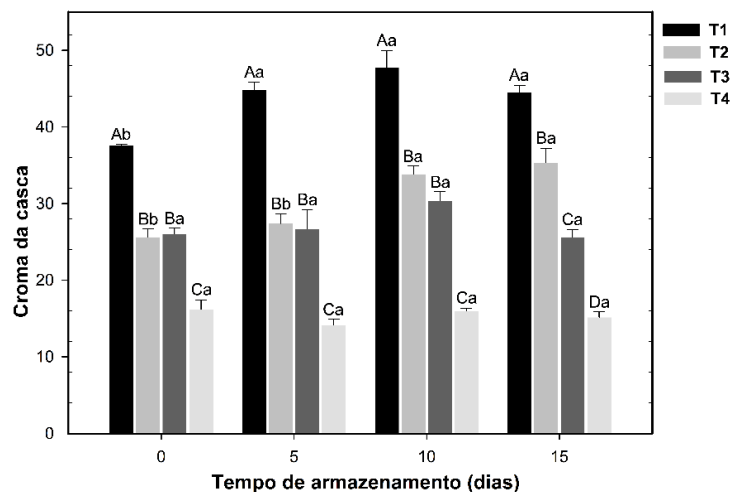
451

452 A maior estabilidade da luminosidade observada no T4 pode estar relacionada ao efeito
 453 dos revestimentos atuando como barreira às trocas gasosas, retardando os processos
 454 metabólicos relacionados às mudanças de cor das frutas, em concordância com resultados

455 reportados por Thakur et al. (2019). Durante o amadurecimento, a polpa apresenta
456 alterações no perfil de carotenoides, caracterizadas pelo aumento no teor de luteína e pela
457 redução nos teores de α -caroteno e β -caroteno, modificações que contribuem diretamente
458 para a variação da tonalidade do tecido (Aquino et al., 2018).

459 O croma da casca aumentou ao longo do armazenamento com valores mais elevados
460 nas frutas sem revestimento, especialmente entre o 5º e o 15º dia. Em contraste, as frutas
461 submetidas aos tratamentos contendo caulim, isolado ou associado ao amido,
462 apresentaram menores valores de croma durante todo o período de avaliação (Figura 9).

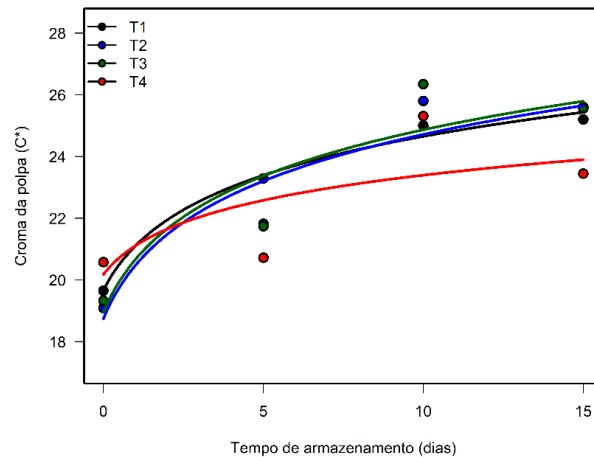
463 Na polpa, o aumento do croma foi mais acentuado nos primeiros 10 dias de
464 armazenamento, seguido por tendência de estabilização nos períodos subsequentes. Ao
465 final do armazenamento, T1, T2 e T3 apresentaram maiores valores de croma, enquanto
466 T4 manteve os menores valores, indicando maior preservação da coloração interna das
467 frutas (Figura 10, Equações 21–24).



468

469 **Figura 9.** Valores médios do croma da casca de bananas submetidas a diferentes
470 tratamentos: controle (T1); Surround® WP 50 g.L⁻¹ (T2); Surround® WP 100 g.L⁻¹ (T3);
471 amido de milho 3% + Surround® WP 100 g.L⁻¹ (T4), ao longo do período de
472 armazenamento. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças entre tratamentos em
473 cada tempo de armazenamento, e letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre
474 tempos dentro de cada tratamento, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

475



476

477 **Figura 10.** Cromo da polpa de bananas submetidas a diferentes tratamentos: controle
 478 (T1); Surround® WP 50 g.L⁻¹ (T2); Surround® WP 100 g.L⁻¹ (T3); amido de milho 3% +
 479 Surround® WP 100 g.L⁻¹ (T4), ao longo do período de armazenamento. Os valores
 480 representam as médias de cada tratamento.

481

482 $CP_{T1}: 19.664 + 2.0817 \ln(x) \quad (R^2: 0.99) \quad (21)$

483 $CP_{T2}: 18.745 + 2.4909 \ln(x) \quad (R^2: 0.90) \quad (22)$

484 $CP_{T3}: 18.953 + 2.4666 \ln(x) \quad (R^2: 0.85) \quad (23)$

485 $CP_{T4}: 20.179 + 1.3421 \ln(x) \quad (R^2: 0.61) \quad (24)$

486

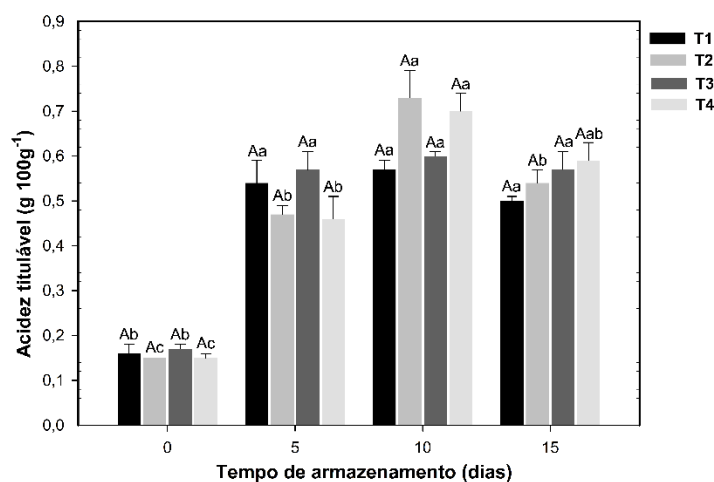
487 O croma expressa a saturação da cor e está diretamente associado à concentração de
 488 pigmentos nos tecidos da fruta. Assim, valores mais elevados de croma indicam maior
 489 intensidade de cores percebida visualmente. Esse comportamento foi mais evidente no
 490 tratamento controle, em que não houve aplicação de revestimentos, enquanto as frutas
 491 revestidas apresentaram menores valores ao longo do armazenamento.

492 Durante o amadurecimento da banana, as alterações na coloração externa tendem a
 493 refletir mudanças na coloração da polpa, que evolui de um branco opaco, típico de frutas
 494 ricas em amido, para tons amarelados à medida que ocorre a conversão de amido em
 495 açúcares (Al-Dairi et al., 2023). Neste estudo, observou-se redução nos valores de croma
 496 da casca nas frutas revestidas, mostrando um efeito atribuído principalmente à presença
 497 da película esbranquiçada formada pelos revestimentos, que interfere na expressão visual
 498 da cor. Ao longo do armazenamento, esse parâmetro também apresentou tendência de
 499 diminuição, sendo mais visível no T4. A maior estabilidade do croma da polpa para o T4,
 500 indica manutenção da coloração branco-opaca por um período mais prolongado em
 501 relação aos outros tratamentos. A atuação do revestimento como barreira às trocas gasosas

502 pode explicar esse fenômeno, uma vez que contribui para o retardamento dos processos
503 metabólicos envolvidos na degradação de amido, na modificação de pigmentos e no
504 avanço da senescência, em concordância com os resultados observados para os
505 parâmetros de luminosidade e ângulo hue.

506 4.3.1.3 Acidez titulável, pH e Sólidos Solúveis

507 A acidez titulável (AT) variou ao longo do armazenamento, com aumento até o
508 10º dia, seguido de redução nos períodos subsequentes (Figura 11). O comportamento da
509 AT diferiu entre os tratamentos ao longo do armazenamento, embora não tenham sido
510 observadas diferenças isoladas entre os revestimentos.



511

512 **Figura 11.** Valores médios da acidez titulável de bananas submetidas a diferentes
513 tratamentos: controle (T1); Surround[®] WP 50 g.L⁻¹ (T2); Surround[®] WP 100 g.L⁻¹ (T3);
514 amido de milho 3% + Surround[®] WP 100 g.L⁻¹ (T4), ao longo do período de
515 armazenamento. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças entre tratamentos em
516 cada tempo de armazenamento, e letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre
517 tempos dentro de cada tratamento, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

518

519 Diversos ácidos orgânicos estão presentes na polpa da banana, incluindo os ácidos
520 cítrico, málico, tartárico e oxálico, sendo o ácido málico o predominante. Nos primeiros
521 dias de avaliação, quando as frutas ainda se encontravam em estágio verde, os ácidos
522 cítrico e málico presentes são os que mais contribuem para a acidez característica da
523 polpa.

524 A acidez titulável da polpa da banana aumenta até atingir um pico durante o processo
525 de amadurecimento e depois diminui (Maduwanthi & Marapana, 2017), comportamento
526 semelhante ao observado neste estudo. O aumento da AT, decorrente do maior teor de

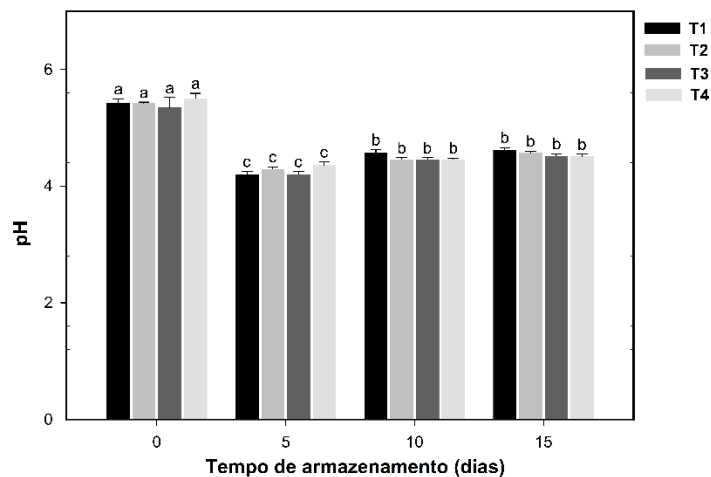
527 ácidos orgânicos, promove redução nos valores de pH da polpa, evidenciando a relação
528 inversa entre esses parâmetros (Adi et al., 2019).

529 Durante o amadurecimento pós-colheita, ocorre redução da contribuição do ácido
530 oxálico, enquanto os ácidos málico e cítrico passam a predominar, tornando-se os
531 principais responsáveis pela acidez da polpa (Etienne et al., 2013).

532 A ausência de efeito isolado dos tratamentos indica que os revestimentos não alteraram
533 de forma significativa a acidez das frutas, sendo a variação predominantemente
534 dependente do tempo de armazenamento. Comportamento semelhante foi relatado por
535 Thakur et al. (2019) e Sweet et al. (2025), que comprovaram que o aumento da acidez em
536 bananas esteve principalmente relacionado ao processo de amadurecimento.

537 O pH das bananas variou ao longo do armazenamento (tempo: $p < 0,05$), enquanto os
538 tratamentos não exerceram efeito significativo sobre esse parâmetro ($p > 0,05$). Observa-
539 se redução do pH nos primeiros dias de armazenamento, seguido de estabilização a partir
540 do 10º dia (Figura 12), o que pode indicar redução da atividade metabólica da fruta ao
541 longo do amadurecimento.

542 O pH das bananas variou ao longo do armazenamento, com redução no 5º dia, seguida
543 de estabilização a partir do 10º dia (Figura 12). Os tratamentos não influenciaram esse
544 parâmetro, indicando comportamento semelhante entre os revestimentos ao longo do
545 período avaliado. A diminuição inicial do pH pode estar associada ao aumento da
546 atividade metabólica durante o amadurecimento das frutas.



547

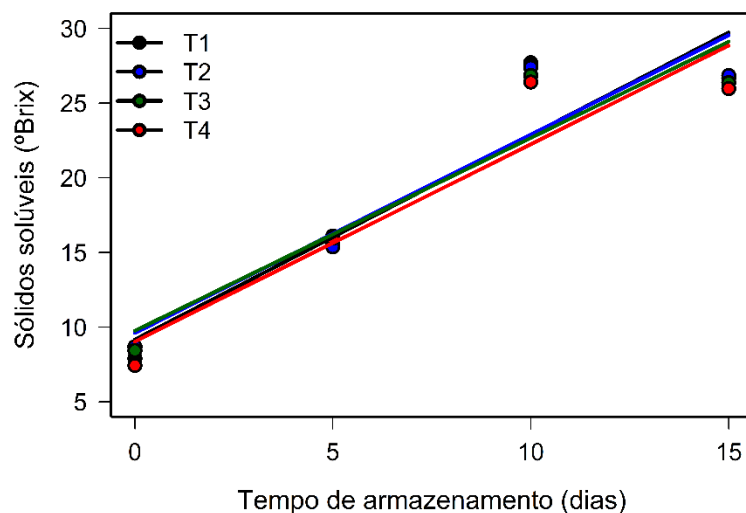
548 **Figura 12.** Valores médios do pH de bananas submetidas a diferentes tratamentos:
549 controle (T1); Surround® WP 50 g.L⁻¹ (T2); Surround® WP 100 g.L⁻¹ (T3); amido de milho
550 3% + Surround® WP 100 g.L⁻¹ (T4), ao longo do período de armazenamento. Letras
551 minúsculas diferentes indicam diferenças entre tempos dentro de cada tratamento, de
552 acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

553

554 O pH mais elevado no estágio inicial de maturação, seguido de redução ao longo do
555 amadurecimento, provavelmente foi resultado de um aumento no teor de ácidos orgânicos
556 nas frutas (Arvanitoyannis & Mavromatis, 2009). Esse comportamento é inversamente
557 proporcional ao observado para a acidez titulável (AT), uma vez que o aumento na
558 concentração de ácidos orgânicos promove elevação da AT e, conseqüentemente, redução
559 dos valores de pH.

560 Resultados semelhantes foram relatados por Anyasi et al. (2015), que observaram
561 redução do pH de 6,1 para 5,3 ao longo dos estágios de maturação 2 a 6. Esses achados
562 corroboram os resultados deste estudo, reforçando que as variações em pH e AT estão
563 diretamente relacionadas às modificações bioquímicas que ocorrem durante o
564 amadurecimento, especialmente aquelas ligadas as reações e degradação com formação
565 de ácidos orgânicos.

566 Os sólidos solúveis totais (SST) aumentaram ao longo do armazenamento em todos os
567 tratamentos, apresentando comportamento linear durante o período avaliado (Figura 13).
568 Embora as retas tenham apresentado tendência semelhante e valores visualmente
569 próximos, a taxa de incremento diferiu entre os tratamentos. O maior aumento foi
570 observado em T1, seguido por T2 e T3, enquanto T4 apresentou o menor incremento dos
571 SST ao longo do armazenamento (Equações 25–28).



572

573 **Figura 13.** Teor de Sólidos Solúveis de bananas submetidas a diferentes tratamentos:
574 controle (T1); Surround[®] WP 50 g.L⁻¹ (T2); Surround[®] WP 100 g.L⁻¹ (T3); amido de milho
575 3% + Surround[®] WP 100 g.L⁻¹ (T4), ao longo do período de armazenamento. Os valores
576 representam as médias de cada tratamento.

577

578 $SS_{T1} 7.8900 + 12.6425t \quad (R^2: 0.95) \quad (25)$

579 $SS_{T2} 7.0425 + 8.3225t \quad (R^2:0.99) \quad (26)$

580 $SS_{T3} 8.4400 + 8.6600t \quad (R^2: 0.97) \quad (27)$

581 $SS_{T4} 7.4250 + 7.5225t \quad (R^2: 0.99) \quad (28)$

582

583 O composto bioquímico que mais sofre alterações durante o amadurecimento é o
584 amido, abundante na banana. No estágio verde, as frutas apresentam elevados teores desse
585 polissacarídeo, os quais diminuem ao longo do amadurecimento em decorrência de sua
586 conversão em açúcares solúveis (Sugianti et al., 2022), promovendo o aumento dos
587 sólidos solúveis totais (SST), conforme observado em todos os tratamentos deste estudo
588 (Figura 13). Esse comportamento é característico de frutas climatéricas e está associado
589 à hidrólise de carboidratos estruturais em açúcares simples (Gang et al., 2024).

590 Devido ao fato de os revestimentos minerais e biopoliméricos inibirem parcialmente a
591 respiração da fruta e a atividade metabólica, a degradação do amido e a formação de
592 ácidos orgânicos ocorre mais lentamente, pelo fato de modificar a atmosfera interna,
593 elevando o CO² e reduzindo o O², retardando assim a taxa de respiração e suprimindo a
594 produção de etileno (Chavan et al., 2023). Embora a taxa respiratória não tenha sido
595 avaliada neste estudo, a menor taxa de incremento dos sólidos solúveis nos tratamentos
596 com revestimentos (T2, T3 e T4) indica atraso na conversão de amido em açúcares,
597 retardando assim o processo de amadurecimento. Resultados semelhantes, caracterizados
598 por aumento mais lento de SST em bananas revestidas com biopolímeros, foram relatados
599 por Soradech et al. (2017) e Thakur et al. (2019).

600

601 **4.3.2 Análise de componentes principais**

602 Essa abordagem multivariada exploratória permitiu integrar as variáveis físico-
603 químicas avaliadas e identificar padrões de associação entre os tratamentos e os períodos
604 de armazenamento das bananas. Os dois primeiros componentes principais explicaram
605 77,7% da variabilidade total dos dados, sendo 65,6% representados pelo CP1 e 12,1%
606 pelo CP2 (Figuras 14A e B), demonstrando boa capacidade de representação da
607 variabilidade experimental.

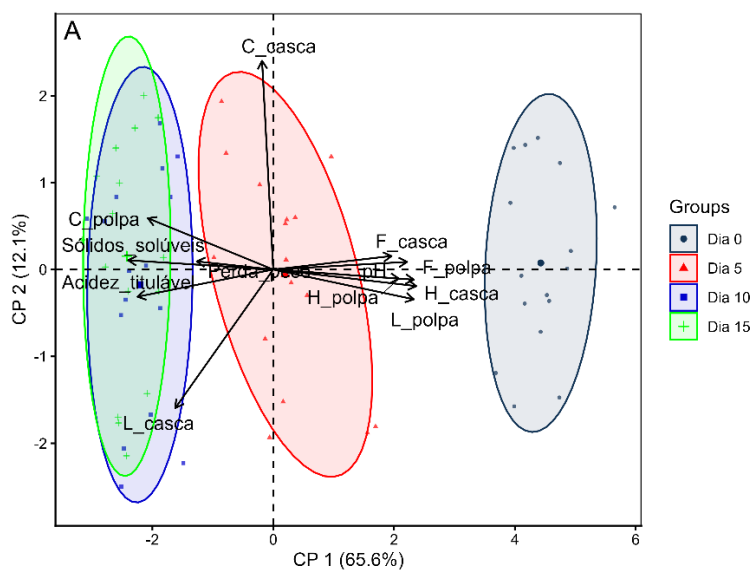
608 O CP1 representou principalmente um gradiente associado ao avanço do
609 amadurecimento. As variáveis firmeza da casca, firmeza da polpa, pH, luminosidade da
610 polpa e os ângulos hue da casca e da polpa apresentaram associação positiva com esse

611 componente, caracterizando frutas com maior integridade estrutural e manutenção das
612 características visuais. Em oposição, sólidos solúveis, perda de peso, acidez titulável e
613 coroma da polpa apresentaram associação negativa com o CPI, mostrando alterações
614 metabólicas relacionadas à conversão de amido em açúcares, aumento da taxa
615 respiratória, perda de água e mudança da coloração durante o amadurecimento.

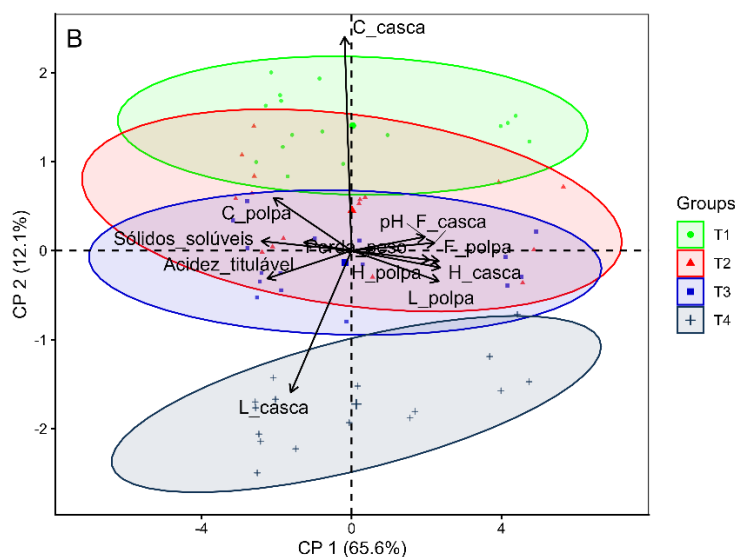
616 A separação temporal observada ao longo do CPI demonstrou a progressão fisiológica
617 das bananas durante o armazenamento (Figura 14A). As amostras do dia 0 permaneceram
618 associadas às variáveis relacionadas à maior firmeza e manutenção da coloração,
619 características típicas de frutos menos maduros. Em contrapartida, os dias 10 e 15
620 apresentaram maior associação com sólidos solúveis, acidez titulável, perda de peso e
621 cromaticidade, indicando maior intensidade metabólica e avanço do amadurecimento. O
622 posicionamento intermediário do dia 5 indica uma fase de transição fisiológica, marcada
623 pelo início das alterações bioquímicas e estruturais associadas ao climatério das bananas.

624 Na distribuição dos tratamentos (Figura 14B), observou-se tendência de distinção entre
625 os revestimentos ao longo dos dois primeiros componentes principais. O tratamento T4
626 (amido de milho 3% + Surround®WP 100 g.L⁻¹) apresentou maior associação com a
627 luminosidade da casca e posicionamento mais distante das variáveis avaliadas,
628 demonstrando maior estabilidade fisiológica das frutas ao longo do armazenamento. Esse
629 comportamento indica que a associação entre amido e caulim contribuiu para retardar
630 alterações metabólicas associadas à senescência, favorecendo a manutenção dos atributos
631 de qualidade pós-colheita das bananas, como já citado anteriormente.

632 Em contraste, os tratamentos T2 (Surround®WP 50 g.L⁻¹) e T3 (Surround®WP 100
633 g.L⁻¹) apresentaram comportamento intermediário, com maior sobreposição na região
634 central do gráfico, indicando respostas fisiológicas menos contrastantes entre si. Em
635 síntese, a ACP demonstrou que os revestimentos contendo caulim, especialmente quando
636 associados ao amido, contribuíram para retardar as alterações físico-químicas
637 relacionadas ao amadurecimento das bananas, promovendo maior conservação da
638 qualidade das frutas durante o armazenamento.



639



640

641 **Figura 14.** Análise de Componentes Principais (ACP) dos atributos físico-químicos de
 642 bananas durante o armazenamento. (A) Distribuição das amostras em função do tempo
 643 de armazenamento (Dia 0, 5, 10 e 15). (B) Distribuição das amostras em função dos
 644 tratamentos aplicados: controle (T1); Surround[®]WP 50 g.L⁻¹ (T2); Surround[®]WP 100
 645 g.L⁻¹ (T3); amido de milho 3% + Surround[®]WP 100 g.L⁻¹ (T4). Variáveis avaliadas: pH,
 646 sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), perda de peso, firmeza da casca, firmeza da
 647 polpa, luminosidade da casca, luminosidade da polpa, croma da casca, croma da polpa,
 648 hue da casca e hue da polpa.

649

650 4.4 CONCLUSÃO

651 A aplicação de revestimentos comestíveis à base de amido de milho combinado com
 652 caulim Surround[®]WP mostrou-se uma alternativa promissora para reduzir os processos
 653 fisiológicos associados ao amadurecimento de bananas ‘Prata’. Entre os tratamentos
 654 avaliados, o T4 (amido de milho 3% + Surround[®]WP 100 g.L⁻¹) destacou-se por

655 proporcionar menor perda de massa, maior estabilidade da coloração da casca e menor
656 aumento no teor de sólidos solúveis ao longo do armazenamento das bananas. Esses
657 resultados indicam que o revestimento atuou como uma barreira semipermeável,
658 reduzindo as trocas gasosas e a atividade metabólica das frutas, o que contribuiu para o
659 retardo do amadurecimento e para a manutenção da qualidade pós-colheita. Assim, a
660 combinação amido + caulim constitui-se uma estratégia promissora para prolongar a vida
661 útil de bananas durante o armazenamento, contribuindo para o desenvolvimento de
662 alternativas sustentáveis e de baixo custo voltadas à redução de perdas ao longo da cadeia
663 produtiva. A partir destes resultados recomenda-se o estudo de revestimentos produzidos
664 com amido de outras fontes vegetais, como banana e mandioca, com incorporação de
665 nanopartículas de caulim em diferentes concentrações.

666

667

668

669

670

671

672

673

674

675

676

677

678

679

680

681

682

683

684

685

686 **4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 687 Aaqil, M., Peng, C., Kamal, A., Nawaz, T., & Gong, J (2024). Recent approaches to the
688 formulation, uses, and impact of edible coatings on fresh peach fruit. *Foods*, *13*, 267.
689 <https://doi.org/10.3390/foods13020267>
- 690 Adi, D. D., Oduro, I. N., & Tortoe, C (2019). Physicochemical changes in plantain
691 during normal storage ripening. *Scientific African*, *6*, e00164.
692 <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00164>
- 693 Al Dairi, M., Pathare, P. B., Al Yahyai, R., Jayasuriya, H., & Al Attabi, Z (2023).
694 Postharvest quality, technologies, and strategies to reduce losses along the supply chain
695 of banana: A review. *Trends in Food Science & Technology*, *134*, 177–191.
696 <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.03.003>
- 697 Ali, S., Ullah, M. A., Nawaz, A., Naz, S., Shah, A. A., Gohari, G., Razavi, F., Khalik,
698 G., & Razzaq, K (2022). Carboxymethyl cellulose coating regulates cell wall
699 polysaccharides disassembly and delays ripening of harvested banana fruit. *Postharvest*
700 *Biology and Technology*, *191*, 111978.
701 <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.111978>
- 702 Almeida, M. F., Silva, G. L., Gondim, G. D., Alves, C. E. F., Silva, M. C., Mendes, B.
703 A. B., Anjos, D. A., São José, A. R., & Veloso, C. M (2024). Maintenance of postharvest
704 quality of ‘Palmer’ mango coated with biodegradable coatings based on cassava starch
705 and emulsion of lemongrass essential oil. *International Journal of Biological*
706 *Macromolecules*, *277*, 134323. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.134323>
- 707 Anyasi, T. A., Jideani, A. I. O., & Mchau, G. R. A (2015). Morphological,
708 physicochemical, and antioxidant profile of noncommercial banana cultivars. *Food*
709 *Science & Nutrition*, *3*, 221–232. <https://doi.org/10.1002/fsn3.208>
- 710 AOAC International (2016). *Official methods of analysis of AOAC International* (20th
711 ed.). Gaithersburg, MD, USA.
- 712 Aquino, C. F., Salomão, L. C. C., Pinheiro-Sant’Ana, H. M., Rocha Ribeiro, S. M.,
713 Siqueira, D. L., & Cecon, P. R (2018). Carotenoids in the pulp and peel of bananas from
714 15 cultivars in two ripening stages. *Revista Ceres*, *65*, 217–226.
715 <https://doi.org/10.1590/0034-737X201865030001>

716 Arvanitoyannis, I., & Mavromatis, A (2009). Banana cultivars, cultivation practices, and
717 physicochemical properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49, 113–
718 135. <https://doi.org/10.1080/10408390701764344>

719 Bancal, V., & Ray, R. C (2022). Overview of food loss and waste in fruits and
720 vegetables: From issue to resources. In R. C. Ray & V. Bancal (Eds.), *Fruits and*
721 *vegetable wastes: Valorization to bioproducts and platform chemicals* (pp. 3–29).
722 Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-9527-8_1

723 Brito, C., Dinis, L. T., Moutinho-Pereira, J., & Correia, C (2019). Kaolin, an emerging
724 tool to alleviate the effects of abiotic stresses on crop performance. *Scientia*
725 *Horticulturae*, 250, 310–316. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.070>

726 Brummell, D. A (2006). Cell-wall disassembly in ripening fruit. *Functional Plant*
727 *Biology*, 33, 103–119. <https://doi.org/10.1071/FP05234>

728 Chavan, P., Lata, K., Kaur, T., Jambrak, A. R., Sharma, S., Roy, S., Sinhmar, A., Thory,
729 R., Singh, G. P., Aayush, K., & Rout, A (2023). Recent advances in the preservation of
730 postharvest fruits using edible films and coatings: A comprehensive review. *Food*
731 *Chemistry*, 418, 135916. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135916>

732 Chen, K., Tian, R., Jiang, J., Xiao, M., Wu, K., Kuang, Y., Deng, P., Zhao, X., & Jiang,
733 F (2024). Moisture loss inhibition with biopolymer films for preservation of fruits and
734 vegetables: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 246,
735 127966. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.127966>

736 Chiumarelli, M., Pereira, L. M., Ferrari, C. C., Sarantópoulos, C. I. G. L., & Hubinger,
737 M. D (2010). Cassava starch coating and citric acid to preserve quality parameters of
738 fresh-cut “Tommy Atkins” mango. *Journal of Food Science*, 75.
739 <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01636.x>

740 D’Aquino, S., Cocco, A., Ortu, S., & Schirra, M (2011). Effects of kaolin-based particle
741 film to control *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) infestations and postharvest
742 decay in citrus and stone fruit. *Crop Protection*, 30(8), 1079–1086.
743 <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.03.019>

744 D’Aquino, S., Palma, A., Chessa, I., Satta, D., Pau, L., Inglese, P., Ochoa, J. M., &
745 Glenn, D. M (2021). Effect of Surround® WP (a kaolin-based particle film) on *Ceratitis*

746 *capitata* infestation, quality and postharvest behavior of cactus pear fruit cv. Gialla.
747 *Scientia Horticulturae*, 289, 110484. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110484>

748 Dai, L., Wang, X., Mao, X., He, L., Li, C., Zhang, J., & Chen, Y (2024). Recent
749 advances in starch-based coatings for the postharvest preservation of fruits and
750 vegetables. *Carbohydrate Polymers*, 328, 121736.
751 <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2023.121736>

752 Deng, Z., Jung, J., Simonsen, J., & Zhao, Y (2017). Cellulose nanomaterials emulsion
753 coatings for controlling physiological activity, modifying surface morphology, and
754 enhancing storability of postharvest bananas (*Musa acuminata*). *Food Chemistry*, 232,
755 359–368. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.028>

756 Etienne, A., Génard, M., Bancel, D., Benoit, S., & Bugaud, C. (2013). A model
757 approach revealed the relationship between banana pulp acidity and composition during
758 growth and post harvest ripening. *Scientia Horticulturae*, 162, 125–134.
759 <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.08.011>

760 Gang, F., Xu, M., Zhang, S., Zhang, C., He, J., Xiao, Y., Wang, H., Liu, Z., Sun, X., &
761 Zhang, J (2024). Biodegradable active composite hydrogel packaging for postharvest
762 climacteric bananas preservation. *Food Chemistry*, 442, 138494.
763 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138494>

764 Gindba, J., & Wand, S. J. E (2007). Do fruit sunburn control measures affect leaf
765 photosynthetic rate and stomatal conductance in ‘Royal Gala’ apple? *Environmental and*
766 *Experimental Botany*, 59, 160–165. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.11.001>

767 Giovannoni, J., Nguyen, C., Ampofo, B., Zhong, S., & Fei, Z (2017). The epigenome
768 and transcriptional dynamics of fruit ripening. *Annual Review of Plant Biology*, 68, 61–
769 84. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042916-040906>

770 Glenn, D. M (2009). Particle film mechanisms of action that reduce the effect of
771 environmental stress in ‘Empire’ apple. *Journal of the American Society for*
772 *Horticultural Science*, 134, 314–321. <https://doi.org/10.21273/JASHS.134.3.314>

773 Glenn, D. M., & Puterka, G. J (2005). Particle films: A new technology for agriculture.
774 *Horticultural Reviews*, 31, 1–44.

775 Gol, N. B., & Ramana-Rao, T. V (2011). Banana fruit ripening as influenced by edible
776 coatings. *International Journal of Fruit Science*, *11*, 119–135.
777 <https://doi.org/10.1080/15538362.2011.578512>

778 Guo, D. L., Xi, F. F., Yu, Y. H., Zhang, X. Y., Zhang, G. H., Zhong, G. Y (2016).
779 Comparative RNA-Seq profiling of berry development between table grape ‘Kyoho’
780 and its early-ripening mutant ‘Fengzao’. *BMC Genomics*, *17*, 795.
781 <https://doi.org/10.1186/s12864-016-3051->

782 Han, J. W., Zuo, M., Zhu, W. Y., Zuo, J. H., Lü, E. L., & Yang, X. T (2021). A
783 comprehensive review of cold chain logistics for fresh agricultural products: Current
784 status, challenges, and future trends. *Trends in Food Science & Technology*, *109*, 536–
785 551. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.066>

786 Hernández-Guerrero, S. E., Balois-Morales, R., Palomino-Hermosillo, Y. A., López-
787 Guzmán, G. G., Berumen-Varela, G., Bautista-Rosales, P. U., & Alejo-Santiago, G
788 (2020). Novel edible coating of starch-based stenospermocarpic mango prolongs the
789 shelf life of mango “Ataulfo” fruit. *Journal of Food Quality*.
790 <https://doi.org/10.1155/2020/1320357>

791 Hu, D., Liu, X., Qin, Y., Yan, J., Li, J., & Yang, Q (2022). A novel edible packaging film
792 based on chitosan incorporated with persimmon peel extract for the postharvest
793 preservation of banana. *Food Quality and Safety*, *6*, fyac028.
794 <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyac028>

795 Maduwanthi, S., & Marapana, R (2017). Biochemical changes during ripening of
796 banana: A review. *International Journal of Food Sciences & Nutrition*, *2*, 166–169.
797 <http://www.dr.lib.sjp.ac.lk/handle/123456789/7777>

798 Mamat, A., Tusong, K., Xu, J., Yan, P., Mei, C., Wang, J. (2021). Integrated
799 transcriptomic and proteomic analysis reveals the complex molecular mechanisms
800 underlying stone cell formation in Korla pear. *Scientific Reports*, *11*, 7688.
801 <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87262-3>

802 Martins, V. F. R., Pintado, M. E., Morais, R. M. S. C., & Morais, A. M. M. B. (2024).
803 Recent highlights in sustainable bio-based edible films and coatings for fruit and
804 vegetable applications. *Foods*, *13*(2), 318. <https://doi.org/10.3390/foods13020318>

805 Melgarejo, P., Martinez, J. J., Hernandez, F. C. A., Martinez-Font, R., Barrows, P., &
806 Erez, A (2004). Kaolin treatment to reduce pomegranate sunburn. *Scientia*
807 *Horticulturae*, 100, 349–353. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2003.09.006>

808 Mendoza, R., Castellanos, D. A., García, J. C., Vargas, J. C., & Herrera, A. O (2016).
809 Ethylene production, respiration and gas exchange modelling in modified atmosphere
810 packaging for banana fruits. *International Journal of Food Science & Technology*, 51,
811 777–788. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13037>

812 Moreno, J. L., Tran, T., Cantero-Tubilla, B., López-López, K., Becerra Lopez Lavalle,
813 L. A., & Dufour, D. (2021). Physicochemical and physiological changes during the
814 ripening of banana (Musaceae) fruit grown in Colombia. *International Journal of Food*
815 *Science & Technology*, 56(3), 1171–1183. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14851>

816 Mukherjee, S (2019). Recent advancements in the mechanism of nitric oxide signaling
817 associated with hydrogen sulfide and melatonin crosstalk during ethylene-induced fruit
818 ripening in plants. *Nitric Oxide*, 82, 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2018.11.003>

819 Nguyen, T. T., Nguyen, T.-T. H., Pham, B.-T. T., Tran, T. V., Bach, L. G., Bui, T. P. Q.,
820 & Ha, C. N. T (2021). Development of poly (vinyl alcohol)/agar/maltodextrin coating
821 containing silver nanoparticles for banana (*Musa acuminata*) preservation. *Food*
822 *Packaging and Shelf Life*, 29, 100740. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100740>

823 Oliveira, A. M. F., Araújo, R. H. C. R., Teodósio, A. E. M. M., Lima, J. F., Freitas, E. F.
824 Q., Santos, J. J. F., Lima Santos, B. G. F., Onias, E. A., Rodrigue, M. H. B. S., Araújo
825 Alves, K., & Oliveira, L. M (2018). Postharvest quality of ‘Prata Anã’ bananas treated
826 with microalgae coating. *Journal of Experimental Agriculture International*, 27(2), 1–
827 11. <https://doi.org/10.9734/JEAI/2018/44059>

828 Othman, S. H., Abdullah, N. A., Nordin, N., Shah, N. N. A. K., Mohd, M. Z., & Md
829 Yunos, K. F (2021). Shelf life extension of Saba banana: Effect of preparation, vacuum
830 packaging, and storage temperature. *Food Packaging and Shelf Life*, 28, 100667.
831 <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100667>

832 Patil, V., Shams, R., & Dash, K. K (2023). Techno-functional characteristics and
833 potential applications of edible coatings: A comprehensive review. *Journal of*
834 *Agriculture and Food Research*, 14, 100886. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100886>

835 Paul, V., & Pandey, R (2014). Role of internal atmosphere on fruit ripening and
836 storability—A review. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 1223–1250.
837 <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0583-X>

838 Priya, K., Thirunavookarasu, N., & Chidanand, D. V (2023). Recent advances in edible
839 coating of food products and its legislations: A review. *Journal of Agriculture and Food*
840 *Research*, 12, 100623. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100623>

841 R Core Team, 2025. R: A language and environment for statistical computing. R
842 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available at: [https://www.R-](https://www.R-project.org/)
843 [project.org/](https://www.R-project.org/)

844 Resende, N. S., Gonçalves, G. A. S., Reis, K. C., Tonoli, G. H. D., & Boas, E. V. B. V
845 (2018). Chitosan/cellulose nanofibril nanocomposite and its effect on quality of coated
846 strawberries. *Journal of Food Quality*. <https://doi.org/10.1155/2018/1727426>

847 Saour, G., & Makee, H. A (2004). Kaolin-based particle film for suppression of the
848 olive fruit fly *Bactrocera oleae* Gmelin (Dip., Tephritidae) in olive groves. *Journal of*
849 *Applied Entomology*, 128, 28–31. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2003.00803.x>

850 Shinga, M. H., & Fawole, O. A (2023). *Opuntia ficus-indica* mucilage coatings regulate
851 cell wall softening enzymes and delay the ripening of banana fruit stored at retail
852 conditions. *International Journal of Biological Macromolecules*, 245, 125550.
853 <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125550>

854 Showler, A. T (2002). Effects of kaolin-based particle film application on boll weevil
855 (Coleoptera: Curculionidae) injury to cotton. *Journal of Economic Entomology*, 95(4),
856 754–762. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-95.4.754>

857 Silva, G. L., Almeida, M. F., Rocha, J. A., Anjos, D. A., Mendes, B. B., Gondim, G. D.,
858 Silva, M. C., Alves, C. E. F., Castellani, M. A., Cardoso, A. D., & Veloso, C. M (2024).
859 Efficiency of a coating based on cassava starch and encapsulated essential oil in
860 postharvest storage of ‘Palmer’ mango. *Scientia Horticulturae*, 334, 113288.
861 <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113288>

862 Singh, A. K. (2024). Recent advancements in polysaccharides, proteins and lipids based
863 edible coatings to enhance guava fruit shelf-life: A review. *International Journal of*
864 *Biological Macromolecules*, 262, 129826.
865 <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.129826>

866 Song, M.B., Tang, L.P., Zhang, X.L., Bai, M., Pang, X.Q., & Zhang, Z.Q (2015). Effects
867 of high CO₂ treatment on green-ripening and peel senescence in banana and plantain
868 fruits. *Journal of Integrative Agriculture*, *14*, 875–887. [https://doi.org/10.1016/S2095-](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60851-0)
869 [3119\(14\)60851-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60851-0)

870 Soradech, S., Nunthanid, J., Limmatvapirat, S., & Luangtana-Anan, M (2017).
871 Utilization of shellac and gelatin composite film for coating to extend the shelf life of
872 banana. *Food Control*, *73*, 1310–1317. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.10.059>

873 Suginati, C., Imaizumi, T., Thammawong, M., Nakano, K (2022). Recent Postharvest
874 Technologies in the Banana Supply Chain. *Reviews in Agricultural Science*, *10*, 123–
875 137. https://doi.org/10.7831/ras.10.0_123

876 Sweet, S. R., Khaled, B. M., Al Naeem, M. A., Rana, M. S., Sina, A. A., Shahriar, A.,
877 Shetu, T. N., Khan, M. M., Jony, M. E., Rahman, M., Hossain, M. M., & Hasan, M
878 (2025). Sustainable shelf-life extension of *Musa acuminata* using starch-based coatings
879 infused with pomelo peel essential oil. *Applied Food Research*, *5*, 101231.
880 <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.101231>

881 Thakur, R., Pristijono, P., Bowyer, M., Singh, S. P., Scarlett, C. J., Stathopoulos, C. E.,
882 & Vuong, Q. V (2019a). A starch edible surface coating delays banana fruit ripening.
883 *LWT – Food Science and Technology*, *100*, 341–347.
884 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.055>

885 Thakur, R., Pristijono, P., Golding, J. B., Stathopoulos, C. E., Scarlett, C. J., Bowyer,
886 M., Singh, S. P., & Vuong, Q. V (2018). Development and application of rice starch
887 based edible coating to improve the postharvest storage potential and quality of plum
888 fruit (*Prunus salicina*). *Scientia Horticulturae*, *237*, 59–66.
889 <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.005>

890 Thakur, R., Pristijono, P., Scarlett, C. J., Bowyer, M., Singh, S. P., & Vuong, Q. V
891 (2019b). Starch-based edible coating formulation: Optimization and its application to
892 improve the postharvest quality of “Cripps Pink” apple under different temperature
893 regimes. *Food Packaging and Shelf Life*, *22*, 100409.
894 <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100409>

895 Vélez-Eraza, E. M., Carbajal-Sandoval, M. S., Sanchez-Pizarro, A. L., Peña, F.,
896 Martínez, P., & Velezmoro, C (2022). Peruvian biopolymers (sapota gum, tunta and

897 potato starch) as suitable coating material to extend the shelf life of bananas. *Food and*
898 *Bioprocess Technology*, 15, 2562–2572. <https://doi.org/10.1007/s11947-022-02902-4>

899 Von Loesecke, H. W. (1950). *Bananas: Chemistry, physiology and technology*.

900 Wang, T., Song, Y., Lai, L., Fang, D., Li, W., Cao, F., & Su, E. (2024). Sustaining
901 freshness: Critical review of physiological and biochemical transformations and storage
902 techniques in postharvest bananas. *Food Packaging and Shelf Life*, 45, 101386.
903 <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2024.101386>

904 Wigati, L. P., Wardana, A. A., Jothi, J. S., Leonard, S., Van, T. T., Yan, X. e Tanaka, F
905 (2023). Preserving mandarin quality during ambient storage using edible coatings of
906 pregelatinized corn starch Pickering emulsions and essential oil. *Food Bioscience*, 53,
907 102710. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102710>

908 Wu, Y. J., Tang, P. Q., Quan, S. P., Zhang, H., Wang, K., & Liu, J (2021). Preparation,
909 characterization and application of smart packaging films based on locust bean
910 gum/polyvinyl alcohol blend and betacyanins from cockscomb (*Celosia cristata* L.)
911 flower. *International Journal of Biological Macromolecules*, 191, 679–688.

912 Xi, Y., Jiao, W., Cao, J., Jiang, W. (2017). Effects of chlorogenic acid on capacity of free
913 radicals scavenging and proteomic changes in postharvest fruit of nectarine. *PLOS*
914 *ONE*, 12(8), e0182494. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182494>

915 Yadav, A., Kumar, N., Upadhyay, A., Sethi, S., & Singh, A. (2022). Edible coating as
916 postharvest management strategy for shelf-life extension of fresh tomato (*Solanum*
917 *lycopersicum* L.): An overview. *Journal of Food Science*, 87, 2256–2290.
918 <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16145>

919 Yang, Y. F., & Ge, L. P (2021). Sensor coating employed to preliminarily evaluate the
920 banana ripeness. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*,
921 616, 126057. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.126057>

922 Zhu, L., Chen, L., Wu, C., Shan, W., Cai, D., Lin, Z., Wei, W., Chen, J., Lu, W., Kuang,
923 J. (2023). Methionine oxidation and reduction of the ethylene signaling component
924 MaEIL9 are involved in banana fruit ripening. *Journal of Integrative Plant Biology*,
925 65(1), 150–166. <https://doi.org/10.1111/jipb.13363>

926

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A demanda por produtos naturais e sustentáveis tem crescido de forma expressiva nas últimas décadas, impulsionada por consumidores cada vez mais conscientes quanto à saúde, segurança alimentar e impacto ambiental. Nesse contexto, estratégias que utilizam produtos naturais para proteção e conservação de alimentos tornam-se cada vez mais relevantes, especialmente na fruticultura, cujas perdas por pragas e deterioração pós-colheita podem comprometer a produtividade e a qualidade das frutas.

Neste estudo, o uso de caulim Surround® WP demonstrou ser eficaz na redução da oviposição de *Ceratitis capitata* em frutas de banana, mesmo em concentrações inferiores às tradicionalmente testadas. A concentração de 5% reduziu significativamente a infestação, indicando que concentrações nessa faixa podem ser utilizadas sem comprometer o efeito sobre a praga, representando vantagem econômica e ambiental. Dessa forma, o caulim mostra-se como uma ferramenta promissora no manejo integrado de pragas, podendo ser combinado a outras estratégias de controle para potencializar a proteção das frutas.

Além do efeito sobre a praga, o revestimento com caulim contribuiu para a redução no amadurecimento das frutas. Esse efeito está intimamente relacionado aos revestimentos minerais e biopolímeros que criou uma atmosfera modificada ao redor da fruta, diminuindo as taxas de respiração e transpiração, evidenciando o potencial do caulim e amido como estratégia pós-colheita para prolongar a vida útil das bananas. Essas alterações na qualidade fisiológica podem refletir em maior valor comercial e melhor aceitação pelo mercado, reforçando a relevância prática da aplicação.

Os resultados obtidos indicam que a aplicação de caulim é viável em condições de campo e pode ser incorporada às práticas de manejo existentes, oferecendo um efeito duplo de proteção contra pragas e preservação da qualidade da fruta. A combinação desses efeitos proporciona benefícios tanto para os produtores, na redução de perdas, quanto para a cadeia de comercialização, ao garantir frutas com maior durabilidade e menor necessidade de intervenções químicas.

Entretanto, futuras pesquisas são recomendadas para avaliar a eficácia do caulim em diferentes frutas, sob variadas condições climáticas e períodos de armazenamento, bem como sua interação com outros agentes de controle ou revestimentos naturais. Estudos sobre a aceitabilidade sensorial e possíveis impactos na qualidade organoléptica

das frutas são essenciais para consolidar o caulim como alternativa sustentável e economicamente viável na produção e pós-colheita de bananas.