

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CÂMPUS CENTRAL
ANÁPOLIS CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS HENRIQUE SANTILLO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM ENGENHARIA
AGRÍCOLA

THAÍS DE OLIVEIRA CORRÊA

**REVESTIMENTOS DE *Aloe barbadensis* MILLER APLICADOS NA
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA MANGABA E TOMATE CEREJA**

ANÁPOLIS-GO
2022

THAÍS DE OLIVEIRA CORRÊA

**REVESTIMENTOS DE *Aloe barbadensis* MILLER APLICADOS NA
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA MANGABA E TOMATE CEREJA**

Dissertação apresentada como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, pela Universidade Estadual de Goiás – Campus de Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo, sob orientação do Professor Dr. André José de Campos e coorientadora Dr^a. Cristiane Maria Ascari Morgado.

ANÁPOLIS-GO
2022

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL (BDTD)

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Estadual de Goiás a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UEG), regulamentada pela Resolução, **CsA n.1087/2019** sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

Dados do autor (a)

Nome Completo: Thaís de Oliveira Corrêa
E-mail: thaisocorrea@outlook.com

Dados do trabalho

Título: Revestimentos de *Aloe barbadensis* Miller aplicados na conservação pós-colheita da manga e tomate cereja

Data da Defesa: 14/12/2022

Tipo

☐ Tese ☒ Dissertação

Programa de Pós-Graduação *Stricto sensu* em Engenharia Agrícola

Concorda com a liberação documento

☐ SIM

☒ NÃO **Casos de impedimento:** Período de embargo por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo necessita de justificativa junto à coordenação do Programa.

☐ Solicitação de registro de patente;

☒ Submissão de artigo em revista científica;

☐ Publicação como capítulo de livro;

☐ Publicação da dissertação/tese em livro.

Anápolis, 28/12/2022

Documento assinado digitalmente

gov.br

THAIS DE OLIVEIRA CORREA

Data: 13/01/2023 13:31:06-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Thaís de Oliveira Corrêa

Documento assinado digitalmente

gov.br

ANDRE JOSE DE CAMPOS

Data: 09/01/2023 08:33:19-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

André José de Campos

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

dC824

r

de Oiveira Corrêa, Thaís Revestimentos de Aloe
barbadensis Miller aplicados na conservação pós-
colheita da mangaba e tomate cereja / Thaís de
Oiveira Corrêa; orientador André José de Campos; co-
orientador Cristiane Maria Ascari Morgado.
-- Anápolis, 2022.
93 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
Mestrado Acadêmico em Engenharia Agrícola) -- Câmpus
Central - Sede: Anápolis - CET, Universidade Estadual
de Goiás, 2022.

1. Harconia speciosa. 2. Solanum lycopersicum. 3.
Armazenamento. 4. Refrigeração. 5. Tempo de imersão. I.
José de Campos, André , orient. II. Ascari Morgado,
Cristiane Maria , co-orient. III. Título.

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Coordenação do Programa de Pós-graduação *Stricto sensu* em Engenharia Agrícola

ATA DE DEFESA DA DISSERTAÇÃO – M.Sc

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

REALIZADA EM **quatorze de dezembro de dois mil e vinte e dois**

PROGRAMA de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola

CANDIDATO **Thaís de Oliveira Corrêa**

BANCA EXAMINADORA:

1. Prof. Dr. **André José de Campos (Orientador/UEG)**
2. Prof. Dr. **Flávio Alves da Silva (UFG)**
3. Profa. Dra. **Vanessa Cury Galati (UFTM)**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: **“Revestimentos de *Aloe barbadensis* Miller aplicados na conservação pós-colheita da mangaba e tomate cereja”**

LOCAL: Sala 2 – Bloco IV da Pós-Graduação da Universidade Estadual de Goiás, Campus Central – Sede Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas.

HORÁRIO DE INÍCIO: 08:00 horas, em sessão pública, após exposição de cerca de 31 minutos, o(a) candidato(a) foi arguido oralmente, pelos membros da banca, tendo demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema de sua Dissertação, sendo aprovado por unanimidade, com correções.

Na forma regulamentar foi lavrada a presente Ata que é assinada pelos membros da banca, e pelo candidato.

Anápolis, 14 de dezembro de 2022.

Documento assinado digitalmente
 ANDRE JOSE DE CAMPOS
Data: 14/12/2022 15:52:31-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Orientador: _____

Documento assinado digitalmente
 FLAVIO ALVES DA SILVA
Data: 14/12/2022 12:09:16-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Documento assinado digitalmente
 VANESSA CURY GALATI
Data: 14/12/2022 11:40:10-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Documento assinado digitalmente
 THAIS DE OLIVEIRA CORREA
Data: 12/01/2023 15:12:31-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Candidato(a): _____

THAÍS DE OLIVEIRA CORRÊA

**REVESTIMENTOS DE *Aloe barbadensis* MILLER APLICADOS NA
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA MANGABA E TOMATE CEREJA**

Dissertação apresentada como exigência parcial para
obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola,
pela Universidade Estadual de Goiás – Campus de
Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique
Santillo, sob orientação do Professor Dr. André José de
Campos e coorientadora Dr^a. Cristiane Maria Ascari
Morgado.

Aprovada em, 14 de dezembro de 2022, pela banca examinadora constituída pelos professores:

Documento assinado digitalmente
 ANDRE JOSE DE CAMPOS
Data: 14/12/2022 15:54:44-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. André José de Campos
Universidade Estadual de Goiás

Documento assinado digitalmente
 FLAVIO ALVES DA SILVA
Data: 14/12/2022 12:08:12-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Flávio Alves da Silva
Universidade Federal de Goiás

Documento assinado digitalmente
 VANESSA CURY GALATI
Data: 14/12/2022 11:41:43-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr^a. Vanessa Cury Galati
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

ANÁPOLIS-GO
2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, sem o qual nada seria possível.

Aos meus pais, Vânia Maria de Oliveira Corrêa e Natal José Corrêa, vocês são minha maior inspiração de fé, amor e persistência. Palavras nunca serão suficientes para expressar minha gratidão e amor por vocês.

Ao meu amado marido Beethoven Gabriel Xavier Alves, pela paciência, dedicação, companheirismo e apoio em todos os momentos. Você me inspira.

Aos meus queridos, Hugo Henrique Xavier Alves, Maria Aparecida Rodrigues Xavier Alves, Artêmio Barbosa Alves, Caroline Lopes de Freitas, Leandro Diniz Freitas, Pedro Henrique de Oliveira Corrêa, Sabrina Fernandes de Oliveira, Selene de Oliveira Corrêa, por todo auxílio, incentivo, amizade, amor e dedicação.

Ao meu orientador, Prof. Dr. André José de Campos, pelo incentivo, paciência, dedicação, pelos ensinamentos que com certeza perdurarão durante toda minha vida. You rock.

À minha coorientadora, Prof. Dr^a. Cristiane Maria Ascari Morgado, pela amizade, risadas, paciência, dedicação e tanto auxílio nessa jornada.

Aos amigos de laboratório, Geysla Patrícia Rodrigues de Jesus, Yasmin Gomes de Souza, Isabela Evangelista Vieira, Amanda Prager, Nathan Mickael de Bessa Cunha e Laura Cardoso Gonçalves.

A Universidade Federal de Goiás, em especial a Prof. Dr^a. Eli Regina, pela doação das mangabas.

Ao Sr. Elton Fernandes de Sousa, pela doação dos tomates cereja.

Aos Professores do Programa de Mestrado em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Goiás, por toda contribuição para o meu crescimento pessoal e profissional.

Ao Programa de Mestrado Stricto Sensu em Engenharia Agrícola e a Universidade Estadual de Goiás. Em especial ao Sr. José Fernando Batista, técnico da química, pelo auxílio, disposição e paciência.

À Capes pelo auxílio financeiro para a realização desta pesquisa.

A todos que de alguma forma colaboraram para realização deste trabalho.

“Ora, a fé é a certeza de coisas que se esperam, a convicção de fatos que não se veem”

RESUMO

A mangaba *Hancornia Speciosa* var. *speciosa* e o tomate *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* são frutos que apresentam alta taxa de respiração, o que contribui significativamente para a sua deterioração nutricional e microbiológica, resultando em redução da sua vida pós-colheita. Para prolongar o período de armazenamento destes frutos, é necessário utilizar técnicas de conservação que interfiram nos processos fisiológicos, reduzindo as taxas de transpiração e respiração. Desta forma, objetivou-se avaliar diferentes revestimentos de extratos de *Aloe barbadensis* Miller na conservação pós-colheita da mangaba cultivar *H. speciosa* e do tomate (*Solanum lycopersicum* L.) averiguando se há sinergia entre os diferentes revestimentos e tempos de imersão nos parâmetros pós-colheita. Assim, para os dois experimentos foram utilizados o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial triplo 5x3x6, sendo o primeiro fator composto por cinco extratos de *A. barbadensis* ([gel puro (100% gel), 25:75 (gel: água), 50:50 (gel: água), 75:25 (gel: água), e extrato etanólico a 1%]), o segundo fator composto por três tempos de imersão dos frutos nos extratos supracitados de *A. barbadensis* (2 minutos, 5 minutos e 8 minutos), e o terceiro fator composto pelos dias de análise pós-colheita (0, 4, 8, 12, 16, e 20 dias). No primeiro experimento, as mangabas revestidas foram armazenadas em incubadora B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*) à $5\pm0,5^{\circ}\text{C}$ e $65\pm5\%$ de umidade relativa do ar, durante 20 dias de armazenamento. Os frutos foram analisados quanto à: perda de massa fresca, conservação pós-colheita, pH, firmeza de casca (FC), firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), índice de maturação (IM), coloração (L^* , $^{\circ}\text{Hue}$ e Croma), atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH, polifenóis extraíveis totais (PET) e vitamina C para o primeiro experimento. Para o segundo experimento, os frutos foram avaliados quanto à: perda de massa fresca, conservação pós-colheita, firmeza de casca (FC), firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT), índice de maturação (IM), coloração (L^* , $^{\circ}\text{Hue}$ e Croma), atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH, polifenóis extraíveis totais (PET), vitamina C, clorofila (a e b), carotenoides, licopeno e betacaroteno. Os dados de ambos experimentos foram submetidos à análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) ($p\leq0,05$) e, demonstrados por meio de dendrograma de similaridade pelo método de agrupamento e análise de componentes principais (ACP), através do programa R, versão 4.2.0. Houve interação significativa para os três fatores e, assim, foram estudados conjuntamente. Para o primeiro experimento, os tratamentos formaram 6 agrupamentos, conforme as similaridades de seus comportamentos mediante as variáveis. Em relação a ACP, dentre os extratos e tempos de imersão, os extratos com maiores porcentagens do gel de *Aloe barbadensis* Miller combinados com os tempos de imersão de 2 e 8 minutos apresentaram resultados satisfatórios no que tange a conservação da atividade antioxidante. Para o segundo experimento, os tratamentos formaram 5 agrupamentos, conforme as similaridades de seus comportamentos. Em relação a ACP, dentre os extratos e tempos de imersão, as maiores porcentagens do gel de *Aloe barbadensis* Miller combinados com os tempos de imersão de 2 e 8 minutos apresentaram resultados satisfatórios no que tange a conservação da atividade antioxidante e, principalmente, pela firmeza de casca, apresentando característica comercial interessante para frutos destinados ao consumo *in natura*, e ser um dos indicativos de qualidade mais importantes exigidos pelo consumidor.

ABSTRACT

The mangaba *Hancornia speciosa* var. *speciosa* and tomato *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* are fruits that have a high respiration rate, which significantly contributes to their nutritional and microbiological deterioration, resulting in a reduction in their post-harvest life. To prolong the storage period of these fruits, it is necessary to use conservation techniques that interfere with physiological processes, reducing transpiration and respiration rates. Thus, the objective was to evaluate different coatings of extracts of *Aloe barbadensis* Miller in the post-harvest conservation of mangaba cultivar *H. speciosa* and tomato (*Solanum lycopersicum* L.) checking if there is synergy between the different coatings and immersion times in the post-harvest parameters. Thus, for the two experiments, a completely randomized design (DIC) was used, in a 5x3x6 triple factorial scheme, the first factor being composed of five extracts of *A. barbadensis* ([pure gel (100% gel), 25:75 (gel: water), 50:50 (gel: water), 75:25 (gel: water), and 1% ethanolic extract]), the second factor composed of three immersion times of the fruits in the aforementioned extracts of *A. barbadensis* (2 minutes, 5 minutes and 8 minutes), and the third factor composed of the days of post-harvest analysis (0, 4, 8, 12, 16, and 20 days). In the first experiment, the coated mangabas were stored in a B.O.D (Biochemical Oxygen Demand) incubator at $5\pm0.5^{\circ}\text{C}$ and $65\pm5\%$ relative humidity for 20 days of storage. The fruits were analyzed for: mass loss, post-harvest conservation, skin firmness (FC), pulp firmness (FP), soluble solids (SS), titratable acidity (AT), maturation index (IM), color (L^* , $^{\circ}\text{Hue}$ and Chroma), antioxidant activity by ABTS and DPPH methods, total extractable polyphenols (PET) and vitamin C for the first experiment. For the second experiment, the fruits were evaluated for: mass loss, post-harvest conservation, skin firmness (FC), pulp firmness (FP), soluble solids (SS), titratable acidity (AT), maturation index (IM), coloring (L^* , $^{\circ}\text{Hue}$ and Chroma), antioxidant activity by ABTS and DPPH methods, total extractable polyphenols (PET), vitamin C, chlorophyll (a and b), carotenoids, lycopene and beta-carotene. Data from both experiments were submitted to permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA) ($p\leq0.05$) and, demonstrated by means of a similarity dendrogram by the clustering method and principal component analysis (PCA), using the R program, version 4.2.0. There was a significant interaction for the three factors and, therefore, they were studied together. For the first experiment, the treatments formed 6 groups, according to the similarities of their behavior through the variables. In relation to ACP, among the extracts and immersion times, the extracts with the highest percentages of *Aloe barbadensis* Miller gel combined with immersion times of 2 and 8 minutes showed satisfactory results regarding the conservation of antioxidant activity. For the second experiment, the treatments formed 5 groups, according to the similarities in their behavior. In relation to ACP, among the extracts and immersion times, the highest percentages of *Aloe barbadensis* Miller gel combined with immersion times of 2 and 8 minutes showed satisfactory results in terms of conservation of antioxidant activity and, mainly, by the skin firmness, presenting an interesting commercial characteristic for fruits destined for fresh consumption, and being one of the most important quality indicators demanded by the consumer.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Curva do DPPH x absorbâncias (A) e curva do ABTS x absorbâncias (B) para mangabas imersas à diferentes extratos de *Aloe barbadensis* e tempos de imersão distintos. 44
- Figura 2 - Curva de calibração dos polifenóis extraíveis totais (PET) para mangabas imersas à diferentes extratos de *Aloe barbadensis* e tempos de imersão distintos.....45
- Figura 3 - *Scree Plot* dos autovalores dos Componentes Principais das variáveis físicas, físico-químicas e bioativas da mangaba tratada com diferentes revestimentos e tempos de imersão de *A. barbadensis*, armazenadas por 20 dias. 49
- Figura 4 - Correlação entre os atributos físico-químicos e bioativos da mangaba para as duas primeiras componentes principais. PM:Perda de massa; L: Luminosidade; H: °Hue; C: Croma; F.C: Firmeza de casca; F.P: Firmeza de polpa; SS: Sólidos solúveis; AT: Acidez Titulável; IM: Índice de maturação; VITC: Vitamina C; PET: Polifenóis extraíveis totais; DPPH: atividade antioxidante pelo método DPPH; ABTS: atividade antioxidante pelo método ABTS. 50
- Figura 5 - Dendrograma da análise de agrupamento da mangaba tratada com diferentes revestimentos de *A. barbadensis* e tempos de imersão distintos por um período de 20 dias. 53
- Figura 6 - Análise Componentes Principais das variáveis físico-química e bioativa da mangaba tratada com diferentes revestimentos de *Aloe barbadensis* e tempos de imersão distintos por um período de 20 dias. (EE:extrato etanólico; GP:gel puro; G: gel diluído – [(gel puro (100% gel)); [G25- 25:75 (gel: água)]; [G50: 50:50 (gel: água)], [G75: 75:25 (gel: água)] e extrato etanólico a 1%). PM:Perda de massa; L: Luminosidade; H: °Hue; C: Croma; F.C: Firmeza de casca; F.P: Firmeza de polpa; SS: Sólidos solúveis; AT: Acidez titulável; IM: Índice de maturação; Vit.C:Vitamina C; ABTS: Atividade antioxidante ABTS; DPPH: Atividade antioxidante DPPH; PET: Polifenóis extraíveis totais.....56
- Figura 7 – Conservação da mangaba tratada com diferentes revestimentos de *Aloe barbadensis* e tempos de imersão distintos por um período de 20 dias: (A) 2 minutos de imersão; (B) 5 minutos de imersão; (C) 8 minutos de imersão. 58
- Figura 8 - Curva do DPPH x absorbâncias (A) e curva do ABTS x absorbâncias (B) para tomates cereja imersos à diferentes extratos de *Aloe barbadensis* e tempos de imersão.....71

Figura 9 - Curva de calibração dos polifenóis extraíveis totais (PET) para tomates cereja imersos à diferentes extratos de <i>Aloe barbadensis</i> e tempos de imersão.....	73
Figura 10 - <i>Scree Plot</i> dos autovalores dos Componentes Principais das variáveis físicas, físico-químicas e bioativas do tomate cereja.	77
Figura 11 - Correlação entre os atributos físicos, físico-químicos e bioativos do tomate cereja para as duas primeiras componentes principais. PM: Perda de massa; L: Luminosidade; H: °Hue; C: Croma; FC: Firmeza de casca; FP: Firmeza de polpa; SS: Sólidos solúveis; AT: Acidez Titulável; IM: Índice de maturação; Vitc: Vitamina C; PET: Polifenóis extraíveis totais; DPPH: atividade antioxidante pelo método DPPH; ABTS: atividade antioxidante pelo método ABTS; CA: clorofila A; CB: clorofila B; CT: carotenoides; BC: β -caroteno; LP: licopeno.....	80
Figura 12 - Dendrograma da análise de agrupamento do tomate cereja tratado com diferentes revestimentos de <i>A. barbadensis</i> e tempos de imersão, por um período de 20 dias. Primeiro termo revestimento utilizado: (EE:extrato etanólico; GP:gel puro; G: gel diluído – [(gel puro (100% gel)]; [G25- 25:75 (gel: água)]; [G50: 50:50 (gel: água)], [G75: 75:25 (gel: água)] e extrato etanólico a 1%]; segundo termo tempos de imersão: 2, 5 e 8 minutos; terceiro termo dias de análise: 0, 4, 8, 12, 16 e 20.	82
Figura 13 - Análise Componentes Principais das variáveis físicas, físico-químicas e bioativas do tomate cereja tratado com diferentes revestimentos de <i>Aloe barbadensis</i> e tempos de imersão, por um período de 20 dias. Primeiro termo revestimento utilizado: (EE:extrato etanólico; GP:gel puro; G: gel diluído – [(gel puro (100% gel)]; [G25- 25:75 (gel: água)]; [G50: 50:50 (gel: água)], [G75: 75:25 (gel: água)] e extrato etanólico a 1%]; Segundo termo tempos de imersão: 2, 5 e 8 minutos; terceiro termo dias de análise: 0, 4, 8, 12, 16 e 20. PM: Perda de massa; L: Luminosidade; H: °Hue; C: Croma; F.C: Firmeza de casca; F.P: Firmeza de polpa; SS: Sólidos solúveis; AT: Acidez titulável; IM: Índice de maturação; Vit.C:Vitamina C; ABTS: Atividade antioxidante ABTS; DPPH: Atividade antioxidante DPPH; PET: Polifenóis extraíveis totais; CA: clorofila A; CB: clorofila B; CT: carotenoides; BC: β-caroteno; LP: licopeno.	85
Figura 14 - Conservação do tomate cereja tratado com diferentes revestimentos de <i>Aloe barbadensis</i> e tempos de imersão, por um período de 20 dias: (a) 2 minutos de imersão; (b) 5 minutos de imersão; (c) 8 minutos de imersão.	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Componentes principais (CP's), autovalores, proporção da variância e proporção acumulada para os atributos da mangaba tratada com diferentes revestimentos e tempos de imersão de <i>A. barbadensis</i> , armazenadas por 20 dias.	47
Tabela 2 - Correlação das variáveis físicas, físico-químicas e bioativas da mangaba com as quatro primeiras componentes principais.	48
Tabela 3 - Componentes principais (CP's), autovalores, proporção da variância e proporção acumulada para os atributos do tomate cereja tratado com diferentes revestimentos e tempos de imersão de <i>A. barbadensis</i> , armazenados por um período de 20 dias.....	76
Tabela 4 - Correlação das variáveis físicas, físico-químicas e bioativas do tomate cereja com as cinco primeiras componentes principais.....	78

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	16
1 INTRODUÇÃO.....	16
2 REFERÊNCIAS.....	21
CAPÍTULO I	25
1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
1.1 A MANGABEIRA	25
1.2 COMERCIALIZAÇÃO DA MANGABA	26
1.3 VIDA PÓS-COLHEITA DA MANGABA	26
1.4 O TOMATE CEREJA.....	27
1.5 COMERCIALIZAÇÃO DO TOMATE	28
1.6 VIDA PÓS-COLHEITA DO TOMATE	29
1.7 TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA	29
1.7.1 Resfriamento	29
1.7.2 Revestimentos.....	30
1.7.3 <i>Aloe barbadensis</i> Miller	31
2 REFERÊNCIAS.....	32
CAPÍTULO II.....	36
1 INTRODUÇÃO.....	38
2 MATERIAL E MÉTODOS	39
2.1 ORIGEM, COLHEITA E PREPARO DOS FRUTOS	39
2.2 ORIGEM, COLHEITA E PREPARO DAS FOLHAS DE <i>Aloe barbadensis</i> MILLER..	40
2.3 CARACTERIZAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	40
2.3.1 Extratos de <i>A. barbadensis</i> + Tempos de imersão + Dias de análise	40
2.4 ANÁLISES FÍSICAS, FÍSICO-QUÍMICAS E QUÍMICAS	41
2.4.1 Perda de massa.....	41

2.4.2	Firmeza do fruto	41
2.4.3	Potencial hidrogeniônico (pH)	42
2.4.4	Acidez titulável (AT).....	42
2.4.5	Sólidos solúveis (SS).....	42
2.4.6	Índice de maturação (SS/AT)	42
2.4.7	Coloração	42
2.5	ANÁLISES BIOATIVAS	43
2.5.1	Vitamina C (ácido ascórbico)	43
2.5.2	Atividade antioxidante total (AAT)	43
2.5.3	Polifenóis extraíveis totais (PET)	45
2.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	46
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4	CONCLUSÃO	59
5	REFERÊNCIAS.....	59
CAPÍTULO III		63
1	INTRODUÇÃO.....	65
2	MATERIAL E MÉTODOS	67
2.1	ORIGEM, COLHEITA E PREPARO DOS FRUTOS	67
2.2	ORIGEM, COLHEITA E PREPARO DAS FOLHAS DE <i>Aloe barbadensis</i> MILLER ..	67
2.3	CARACTERIZAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	67
2.3.1	Extratos de <i>A. barbadensis</i> + Tempos de imersão + Dias	67
2.4	ANÁLISES REALIZADAS.....	69
2.4.1	Perda de massa.....	69
2.4.2	Firmeza do fruto	69
2.4.3	Potencial hidrogeniônico (pH)	69
2.4.4	Acidez titulável (AT).....	69
2.4.5	Sólidos solúveis (SS).....	70

2.4.6	Índice de maturação (SS/AT)	70
2.4.7	Coloração	70
2.5	ANÁLISES BIOATIVAS	70
2.5.1	Vitamina C (ácido ascórbico)	70
2.5.2	Atividade antioxidante total (AAT)	71
2.5.3	Polifenóis extraíveis totais (PET)	72
2.5.4	Determinação dos carotenoides (Licopeno e β - caroteno)	74
2.5.5	Determinação das clorofilas (a e b) e carotenoides totais	74
2.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	75
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	75
4	CONCLUSÃO	88
5	REFERÊNCIAS.....	89
	CONCLUSÃO GERAL	93

INTRODUÇÃO GERAL

INTRODUÇÃO

Entre as espécies frutíferas do Cerrado tem-se a mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) variedade *speciosa* que é uma frutífera pertencente à família Apocynaceae, nativa do Brasil e está presente nas regiões Centro-Oeste, Sudeste, Norte, Nordeste e nas áreas do Cerrado e da Caatinga (NASCIMENTO, 2014). Há importância econômica e social na mangaba, pois o seu padrão natural de distribuição agregado facilita o extrativismo, sendo a exploração comercial praticada pelas populações locais e está associada aos pequenos agricultores, constituindo fonte de renda para a família.

A comercialização da mangaba é realizada nas feiras livres, CEASAS e indústrias de processamento, supermercados ou agroindústrias quando destinadas ao processamento (SILVA JUNIOR *et al.*, 2017).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), a Paraíba é o maior produtor de mangaba do país desde 2016, com marco de 733 toneladas contabilizadas em 2018. Na sequência do ranking estão o Sergipe, liderando a produção nacional de 2000 a 2016, a Bahia e o Rio Grande do Norte. Em 2018, foram produzidas nacionalmente cerca de 1.751 toneladas do fruto e o valor total da produção nacional foi de 3,7 milhões de reais. Na região Sudeste, Minas Gerais é referência na produção do fruto com cerca de 5% da produção nacional. E na região Centro-oeste, Goiás produziu 3 toneladas de frutos no ano de 2019.

Estudos científicos têm demonstrado o grande potencial farmacológico da mangaba, visto que esta apresenta grande potencialidade de mercado no segmento de frutas tropicais, com possibilidades de aproveitamento tanto para o mercado consumidor interno, quanto externo, já que seus frutos têm boa aceitação *in natura* ou processados (YOKOMIZO *et al.*, 2017).

Sob o ponto de vista nutricional, a mangaba se destaca como fonte de ferro (2,4 a 4,1 mg 100g⁻¹ de polpa) e zinco (2,3 a 4,4 mg 100g⁻¹ de polpa), além de compostos tânico, fenólicos associados à adstringência da fruta e que apresentam atividade antioxidante na prevenção de doenças degenerativas. O alto teor de polpa da mangaba caracteriza o néctar como um produto encorpado e viscoso. O teor de ácido ascórbico, que pode atingir 274,7 mg 100g⁻¹ de polpa, coloca essa espécie na lista das frutas ricas em vitamina C, superior aos citros, goiaba e manga (VIEIRA *et al.*, 2018).

O ponto de colheita da mangaba é baseado na mudança de tonalidade do fruto, de verde para amarelo claro. Os frutos colhidos no estágio de maturação verde-maturo possuem

coloração da casca (amarela-esverdeada), e firmeza dos frutos (levemente duros), com cerca de 100 dias após o florescimento. Com este estágio de maturação, a vida útil dos frutos pode chegar a quatro dias. Os frutos colhidos maduros (recolhidos no chão no dia da queda) possuem coloração da casca amarela, e estes não resistem ao armazenamento sem refrigeração, precisando ser imediatamente comercializados, por serem extremamente moles, o que dificulta, inclusive, a higienização (NASSER *et al.*, 2015).

O comportamento típico climatérico, à maturação rápida com difícil ponto de determinação de colheita, casca frágil e aos danos e sujeira causados pela queda dos frutos no chão, faz com que os frutos apresentem vida pós-colheita curta, limitando, assim, a exploração da cultura e sua comercialização (MARIANO-NASSER *et al.*, 2016).

Assim como a mangaba, o tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) também apresenta perdas quantitativas e qualitativas, pois são frutos climatéricos e apresentam curta vida pós-colheita. No Brasil, os últimos levantamentos de perdas de tomate evidenciaram que no varejo as perdas podem chegar a 32%, podendo deduzir que aproximadamente um terço do que entra como mercadoria nos pontos de vendas diretos para o consumidor final, como por exemplo os supermercados, não são comercializados (HENZ e MORETTI, 2005).

O ponto de colheita do tomate varia conforme a destinação da produção. Tomates destinados à produção de polpa são colhidos em estágio de completa maturação, já os frutos destinados ao consumo *in natura* podem ser colhidos ainda verde-maturo, para facilitar o manuseio e aumentar o tempo de conservação. A vida útil do tomate após a colheita é considerada curta, em frutos maduros a vida útil média é de uma semana, sendo as perdas pós-colheita de 25-50%. A vida média de prateleira é maior em frutos parcialmente maduros, de uma a duas semanas, com perdas pós-colheita na ordem de 20-40%, ambas sem armazenamento refrigerado (SILVA *et al.*, 2007).

O tomate cereja é uma das hortaliças mais cultivadas do mundo e o Brasil está entre os principais países produtores em termos de produção e exportação juntamente com a China, Índia, Estados Unidos da América, Turquia, Egito, Itália e Espanha (FAO, 2020). No Brasil os destaques são para os estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais, onde ficam as principais indústrias processadoras de tomate. Esses três estados juntos concentram mais da metade da área plantada e produção nacional (CONAB, 2016).

Seja no consumo *in natura* ou em seus derivados, o tomate é sem dúvida uma das hortaliças mais frequente na dieta da maioria da população brasileira. Frente ao volume de produção e geração de empregos, o tomate está entre as espécies mais importantes, dentre as hortaliças, tanto do aspecto econômico quanto do aspecto social. Em 2016, a área plantada no

Brasil alcançou os 64 mil hectares, dos quais cerca de 65% foram destinados para consumo *in natura* e 35% ao cultivo industrial (CONAB, 2016). A área cultivada com tomate totalizou no ano de 2019, 58.088 ha, e a produção totalizou 4.075.890 toneladas (IBGE, 2020). Segundo dados da FAO, o Brasil ocupa a 9ª posição na produção de tomate em nível mundial, com grande potencial para ocupar cada vez mais espaço entre os maiores produtores mundiais (DOSSA e FUCHS, 2017). De acordo com Treichel *et al.* (2016), calcula-se que por ano sejam empregados entre quatro e cinco trabalhadores por hectare do preparo do solo à colheita.

A composição química dos frutos de tomateiro varia de acordo com a cultivar e condições ambientes no período do cultivo. As principais variáveis relacionadas são o teor de sólidos solúveis, acidez titulável, pH, vitaminas, licopeno, carotenoides, fenóis, proteína, fibras, dentre outros (ALVARENGA e COELHO, 2013). Dentre eles, o pigmento carotenoide tem um efeito protetor contra radicais livres, sendo considerado um potente antioxidante da camada celular por reação enzimática com os radicais peróxidos e com o oxigênio molecular (ROSA *et al.*, 2011). Em relação aos carotenoides, o tomate é considerado uma das mais importantes fontes destes na dieta ocidental, principalmente de licopeno e betacaroteno, sendo estes os principais responsáveis pela cor característica do fruto maduro (PINELA *et al.*, 2012). Na área medicinal, o tomate está associado à prevenção de várias doenças, devido às propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, anticancerígenas, cardiovasculares e hepatoprotetoras, além de reduzir a agregação de plaquetas sanguíneas, melhorar a circulação sanguínea e baixar os níveis de colesterol (PINELA *et al.*, 2016).

Considerando a atratividade dos frutos pelo mercado consumidor e sua importância comprovada no agronegócio da fruticultura, pequenos produtores, extensionistas, técnicos e pesquisadores têm buscado melhorias para a atividade, visando o desenvolvimento de técnicas que contribuam para garantir o escoamento e ampliação da comercialização desses frutos (FERRO *et al.*, 2015).

Dessa forma, frente aos desafios pós-colheita para as culturas da mangaba e do tomate, surgem os revestimentos alternativos com o objetivo de proteger os frutos e retardar o amadurecimento e início da senescência. Esses revestimentos, denominados de coberturas, possuem a função de inibir ou reduzir a migração de umidade, oxigênio, dióxido de carbono, lipídios, aromas, dentre outros, pois promovem barreiras semipermeáveis, melhorando também a integridade física e de manuseio do fruto. São aplicados ou formados diretamente sobre a superfície dos frutos, configurando membranas delgadas, imperceptíveis a olho nu e com diversas características estruturais (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Na formulação dos revestimentos, produtos naturais com atividade antimicrobiana de plantas podem ser incorporados como alternativas viáveis ao uso de produtos químicos sintéticos. As mucilagens são compostos naturais com atividade antimicrobiana das plantas e podem ser utilizadas como revestimento de frutos e hortaliças. Esta mucilagem é um gel cristalino extraído da folha da *Aloe barbadensis* Miller e é livre de aroma e sabor (CHACÓN *et al.*, 2013).

A folha de Aloe vera é usada desde as civilizações antigas para fins fitoterápicos e terapêuticos. No mundo existem aproximadamente mais de 300 espécies, porém a mais comercializada é a *A. barbadensis*, que é utilizada como antioxidante devido às atividades biológicas do gel. Este gel possui várias aplicações como ingrediente em alimentos funcionais, como sorvetes, bebidas à base frutas e iogurtes. O gel mucilaginoso é composto de água em uma proporção de 99,5% e os outros 0,5% correspondem a matéria sólida que contém uma série de compostos, como vitaminas solúveis em água e solúveis em gordura, minerais, enzimas, polissacarídeos, compostos fenólicos e orgânicos (BONILLA e JIMÉNEZ, 2016).

Os estudos com gel de *A. barbadensis* como revestimento em frutos têm reforçado seu uso como bastante promissor, pois tem controlado o desenvolvimento microbiano em frutos, como kiwi e uva, sem prejudicar o sabor ou o aroma, diminuindo a respiração, aumentando a vida útil do fruto, além de retardar a perda da firmeza e oxidação em maçãs (SONG *et al.*, 2013).

Os revestimentos podem ser aplicados aos frutos por meio de várias estratégias, como por exemplo, a imersão (HASSAN *et al.*, 2018), mas pode-se observar, com base na literatura, que não há uma definição concreta em relação ao tempo de imersão dos frutos na cobertura de gel de *A. barbadensis*. Giorgio *et al.* (2017) analisaram a imersão de ameixas em cobertura de gel de *A. barbadensis* durante 15 minutos e este proporcionou aparência geral mais agradável, com cor vermelha brilhante mais intensa. Mas Ramirez *et al.* (2014), que estudaram a aplicação do revestimento com gel de *A. barbadensis* nos frutos de amora-preta imersas durante 5 minutos, constataram que este tempo de imersão foi capaz de reduzir a perda de peso em 2,5%, manter a firmeza em 44% e aumentar a vida útil da amora-preta revestida em 3 dias, em comparação com o controle.

O tempo de imersão para um completo revestimento é fortemente dependente da concentração de polímeros em solução, podendo variar de alguns segundos a minutos. Estes tempos de imersão podem ser otimizados, já que a interrupção da deposição ocorrerá quando a densidade de cargas na superfície do fruto se anular, o que acontecerá quando todos os sítios de interação estiverem ocupados, sendo que, após um determinado tempo, não haverá mais

material depositado na superfície do fruto, ou seja, um maior tempo de imersão não resultará em aumento na espessura do filme (ASSIS e BRITO, 2014)

Após o procedimento de imersão, o material aplicado é desidratado à temperatura ambiente, o solvente evapora e forma-se a cobertura sobre o alimento (EMBRAPA, 2017). Como estas coberturas passam a fazer parte do alimento a ser consumido, os materiais empregados em sua formação devem ser considerados como GRAS (Generally Recognized As Safe), ou seja, serem atóxicos e seguros para o uso em alimentos (FDA, 2016).

Além do tempo de imersão, a formação de biofilmes e coberturas é relevante e está baseada na solubilização dos biopolímeros em um solvente, tal como água, etanol ou ácidos orgânicos. Cada um dos constituintes utilizados na elaboração de revestimentos auxilia na criação de diferentes combinações, buscando oferecer características distintas (ASSIS e BRITTO, 2014). Diversos trabalhos comparam diferentes características em relação as concentrações de *A. barbadensis*. Garcia-Figueroa *et al.* (2019) analisaram concentrações do gel de *A. barbadensis* diluído em água destilada como revestimento em morangos e concluíram que as concentrações de 25% e 50% proporcionaram menor perda de massa (7-16%), maior firmeza (entre 1,3 e 2,1 vezes mais), maior retenção de cor e maior acidez titulável que as amostras sem revestimento (controle).

Ramirez *et al.* (2014), estudando concentrações do gel de *A. barbadensis* diluído em água destilada como revestimento em amora, verificaram que a concentração de 75% foi capaz de atrasar as mudanças nas variáveis físico-químicas, como: perda de massa; aumento de sólidos solúveis; aumento do pH; diminuição da acidez; e crescimento microbiano. Segundo Reis e Fortuna (2016), avaliando os extratos de boldo e *A. barbadensis*: etanólico e metanólico para manutenção da vida pós-colheita da goiaba 'Paluma', nas concentrações de 0,5%, 0,25% e 1%, concluíram que o extrato etanólico apresentou atividade antimicrobiana, e, dentre os extratos estudados, o etanólico foi o mais eficaz, na concentração de 1%, apresentando as melhores médias dos diâmetros dos halos de inibição em relação às outras concentrações.

Esses revestimentos de *A. barbadensis*, oferecem vantagens como a comestibilidade, biocompatibilidade, aparência estética melhorada, não toxicidade, ausência de poluição e baixo custo (FRAZÃO *et al.*, 2017). A *A. barbadensis* é considerada como GRAS (*Generally Recognized As Safe*), ou seja, é atóxica e segura para o uso em alimentos e ao consumo direto, e é regulamentada pela *Food and Drug Administration* (FDA), sendo considerada segura quando usada em alimentos, pois seu material de polissacarídeo não é citotóxico conforme avaliado (BOUDREAU *et al.*, 2006).

Embora seja considerado promissora e segura as propriedades do gel de *A. barbadensis* pelo FDA em muitos países, no Brasil, a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) publicou o Informe Técnico nº. 47, em 16 de novembro de 2011 informando que os produtos à base de Aloe vera de uso tópico estão autorizados como fitoterápico para cicatrização. No entanto, não há registro de medicamento/bebidas à base de Aloe vera para uso oral, devido à falta de pesquisas no país que comprovem sua segurança (CARVALHO *et al.*, 2008). Ademais, produtos à base de Aloe vera não possuem tradição de consumo no país como alimento e, portanto, devem ser avaliados quanto a sua segurança de uso na categoria de novos alimentos.

De acordo com a Resolução n.16/1999, novos alimentos são aqueles sem tradição de consumo no país, aqueles que contenham novos ingredientes, aqueles contendo substâncias já consumidas e que, venham a ser adicionadas ou utilizadas em níveis muito superiores aos atualmente observados nos alimentos que compõem uma dieta regular. Apesar de a Anvisa não registrar ingredientes alimentares, a segurança dos “novos ingredientes” deve ser comprovada com base na Resolução n. 17/1999, por meio do encaminhamento de documentação técnico-científica à Anvisa.

Até o momento, não foram encontrados relatos do uso de extratos de *A. barbadensis* como revestimento para preservação pós-colheita da mangaba e do tomate cereja. Contudo, a literatura apresentada para esse gel, em termos de preservação e extensão da vida útil dos frutos, instiga a investigação da *A. barbadensis*, bem como em relação ao tempo de imersão, que poderá auxiliar no aumento da vida útil dos frutos, contribuindo para garantir o escoamento e ampliação da comercialização desses frutos, instigando também novas pesquisas sobre a *A. barbadensis*, a fim de validar sua segurança e eficácia no Brasil.

Dessa forma, objetivou-se avaliar diferentes revestimentos de extratos de *Aloe barbadensis* Miller na conservação pós-colheita da mangaba (*Harconia speciosa*) e do tomate cereja (*Solanum lycopersicum* L.) averiguando se há sinergia entre os diferentes revestimentos e tempos de imersão nos parâmetros pós-colheita.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, M. A. R. Origem, Botânica e descrição da planta. **In:** ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. 2. ed. rev. e ampl. Lavras-MG: Editora Lavras, 2013. cap.1, p. 11-21.

ASSIS, O. B.; BRITTO, D. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. **Brazilian Journal of food technology**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 87-97, 2014.

BONILLA, J.; JIMÉNEZ, L. Potencial industrial del Aloe vera. **Revista cubana de farmácia**, Costa Rica, v.50, n.1, 2016.

BOUDREAU, M. D.; BELAND, F. A. An Evaluation of the Biological and Toxicological Properties of Aloe Barbadensis (Miller), Aloe Vera. **Journal of Environmental Science and Health**, New York, v.24, n.1, 2006.

CARVALHO, A.C. B.; BALBINO, E.E.; MACIEL, A.; PERFEITO, J.P.S. Situação do registro de medicamentos fitoterápicos no Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. Curitiba, v. 18, n. 2, p. 314-319, 2008.

CHACÓN, R. X.; VEGA, M. R. D.; URDIALES, B. V.; ESQUIVEL, J. C. C.; SAENZ, J. M. C.; SAENZ, A. M. Conservación de Frutas y Hortalizas Frescas y Mínimamente Procesadas con recubrimientos Comestibles. **Acta Química Mexicana**, Coahuila, v.5, n.9, p.31-37, 2013.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Compêndio de Estudos Conab** / Companhia Nacional de Abastecimento. v. 1. Brasília: Conab, 2016.

DOSSA, D.; FUCHS, F. **Tomate**: análise técnico-econômica e os principais indicadores da produção nos mercados mundiais, brasileiro e paranaense. Boletim Técnico 03 Tomate, Curitiba, ago. 2017. Disponível em: http://www.ceasa.pr.gov.br/arquivos/File/BOLETIM/Boletim_Tecnico_Tomate1.pdf. Acesso em: 20 jul. 2022.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças**. Brasília., DF, 1 ed, 2017, 284p.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.

Crop Water Information: Tomato. Disponível em:<

<http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_tomato.html > Acesso em: 20 jul. 2022.

FERRO, J. H. A.; LEMOS, E. E. P.; FROEHLICH, A.; SOUSA, J. S.; FAUSTINO, G. L. Caracterização morfológica dos frutos de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) produzidos em Alagoas. **Ciência Agrícola**, Alagoas, v. 13, n.1, p. 69 - 75, 2015.

FRAZÃO, G.G.S.; BLANK, A.F.; SANTANA, L.C.L.A. Optimisation of edible chitosan coatings formulations incorporating Myrcia ovata Cambessedes essential oil with antimicrobial potential against foodborne bacteria and natural microflora of mangaba fruits. **LWT – Food Science and Technology**, Campinas, v.79, p.1-10, 2017.

GARCÍA-FIGUEROA, A.G.; AYALA-APONTE, A.; SÁNCHEZ-TAMAYO, M.I. Efecto de recubrimientos comestibles de Aloe vera y alginato de sodio sobre la calidad poscosecha de fresa. **Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.** Bogotá, v.22, n.2, 2019.

GIORGIO, L. L.; GUINLE, V.; VENTRERA, N.; CÁNOVAS, L. Gel de Aloe: recubrimiento comestible en ciruelas desecadas. **Revista de Divulgación Científica**, Rio de Janeiro, v.22, n.2, p.37-41, 2017.

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, Faisalabad, v.109, n.1, p.1095 – 1107, 2018.

HENZ, G. P. MORETTI, C. L. **Tomate, Manejo Pós Colheita**. Cultivar HF, Embrapa hortaliças, p 24-28, 2005.

IBGE, **Diretoria de Pesquisas, Coordenação Agropecuária, Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Ago/2020**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 20 jul. 2022.

MARIANO-NASSER, F. A. C.; BOLIANI, A. C.; NASSER, M. D.; PAGLIARINI, M. K.; MENDONÇA, V. Z. Conservação de mangabas submetidas à aplicação de quitosana. **Científica**, Jaboticabal, v.44, n.2, p.279 – 285, 2016.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Informe Técnico nº 47, de 16 de novembro de 2011**. Disponível: < https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/informe-tecnico-no-47-de-16-de-novembro-de-2011_anvisa.pdf/view>. Acesso em: 01 nov. 2022.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Resolução nº 16, de 30 de abril de 1999**. Disponível: < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/resolucao-no-16-de-30-de-abril-de-1999.pdf/view>>. Acesso em: 01 nov. 2022.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Resolução nº 17, de 30 de abril de 1999**. Disponível:<[google.com/search?q=Resolução+n.16%2F1999&oeq=Resolução+n.16%2F1999&aqs=chrome..69i57j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=Resolu%C3%A7%C3%A3o+n.16%2F1999&oeq=Resolu%C3%A7%C3%A3o+n.16%2F1999&aqs=chrome..69i57j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8)>. Acesso em: 01 nov. 2022.

NASCIMENTO, R. S. M.; CARDOSO, J. A.; COCOZZA, F. D. M. Caracterização física e físicoquímica de frutos de mangabeira (*Harconia speciosa* Gomes) no oeste da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.8, p. 856-860, 2014.

NASSER, F. A. C. M.; BOLIANI, A. C.; NASSER, M. D.; PAGLIARINI, M. K.; MENDONÇA, V. Z. Uso de sachê de permanganato de potássio na pós-colheita de mangabas. **Nativa Sinop**, Cuiabá, v.3, n.4, p.246-251, 2015.

OLIVEIRA, C. M.; CONEGLIAN, R. C. C.; CARMO, M. G. F. Conservação pós-colheita de tomate cereja revestidos com película de fécula de mandioca. **Horticultura Brasileira** [online], v. 33, n. 4, 2015.

PINELA, J.; BARROS, L.; CARVALHO, A.M.; FERREIRA I.C.F.R. Nutritional composition and antioxidant activity of four tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) farmer varieties in Northeastern Portugal homegardens. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 50, p. 829-834, 2012.

PINELA, J., Beatriz, M. P. P. O., Ferreira, I.C.F.R. (2016). Bioactive compounds of tomatoes as health promoters. **In** L. R. Silva & B. M. Silva (2016). Natural Bioactive Compounds from Fruits and Vegetables, Vol 2, Chapter 3, 48-91. Bentham Science Publishers.

RAMÍREZ, Q. J. D.; ARISTIZÁBAL, T.; IVÁN, D.; RESTREPO, F.; JORGE, I. Conservación de mora de castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílado de penca de sábila. **Vitae**, v. 20, p. 172 - 183, 2014.

REIS, S. F.; FORTUNA, J. L. Atividade antimicrobiana de extratos de *Plectranthus grandis* (L. H. Cramer) R. Willems (Boldo) e *Aloe vera* (Linnaeus) Burm (Babosa) sobre *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*. **Revista Biociências**, Taubaté, v.22, n.1, p.39 - 47, 2016.

ROSA, C. L. S.; SOARES, A. G.; FREITAS, D. D. G. C.; ROCHA, M. C.; FERREIRA, J. C. S.; GODOY, R. L. O. Caracterização físico-química, nutricional e instrumental de quatro acessos de tomate italiano (*Lycopersicum esculentum* Mill) do tipo „heirloom“ produzido sob manejo orgânico para elaboração de polpa concentrada. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 4, p. 649-656, 2011.

SILVA, D. J. H. da.; VALE, F. X. R. do. **TOMATE: Tecnologia e Produção**. Viçosa: UFV, 2007. 355 p.

SILVA JUNIOR, J. F.; MOTA, D. M.; LÉDO, A. S.; SCHMITZ, H.; MUNIZ, A. V. C. S.; RODRIGUES, R. F. A. **Hancornia speciosa** Gomes Mangaba. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2017.

SONG, H. Y.; JO, W. S.; SONG, N-B.; MIN, S. C. SONG, K. B. Quality change of apple slices coated with Aloe vera gel during storage. **Journal of Food Science**, Illinois, v.78, n.6, p.817-822, 2013.

TREICHEL, M.; CARVALHO, C. de.; FILTER, C. F.; BELING, R. R. **Anuário brasileiro do tomate 2016**. Rio Grande do Sul, 2016. 84 p.

VIEIRA, R. F.; *et al.* **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2018, 320p.

YOKOMIZO, G. K. I.; SANTOS, I. C.; FREITAS, A. C. Comparação de características produtivas entre progênies de meios irmãos de mangabeiras de populações do Amapá e da Paraíba. **Revista Agro@mbiente On-line**, Roraima, v.11, n.1, p.63-70, 2017.

CAPÍTULO I

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 A mangabeira

Certas áreas do Brasil possibilitam o cultivo de diferentes tipos de frutas e espécies nativas pouco estudadas com potencial para se tornarem “superfrutas”. O mais proeminente dessas regiões é o bioma Cerrado, segunda maior área de vegetação com ampla variedade de frutas conhecidas por seu sabor único e alto valor nutricional (MORGADO *et al.*, 2020).

A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) é uma frutífera nativa do Brasil e está presente em áreas do Cerrado e Caatinga. Devido às características sensoriais como aroma e sabor, esse fruto tem elevado potencial para a exploração agroindustrial (SIQUEIRA *et al.*, 2018).

A mangabeira é uma árvore de porte médio, variando de 2 a 10 metros de altura, podendo atingir até 15 metros de copa irregular, tronco torcido, muito ramificado e rugoso; ramos lisos e avermelhados. Apresenta folhas alternadas simples, pecioladas, glabras, brilhantes e coriáceas. Os solos em que a planta se desenvolve são arenosos, predominantes na região do Cerrado e do planalto. Na região do Cerrado, a floração ocorre no período de agosto a novembro, com pico em outubro. A frutificação pode ocorrer em qualquer época do ano, mas ocorre principalmente de julho a outubro e de janeiro a abril (NARAIN *et al.*, 2018).

A mangaba pertence à classe Dicotyledoneae, ordem Gentianales, família Apocynaceae, subfamília Rauvolfioideae. O seu fruto é do tipo baga, de tamanho, formato e cores variados, normalmente, elipsoidais ou arredondados, amarelados ou esverdeados, com pigmentação vermelha ou sem pigmentação, polpa amarela adocicada, rica em vitaminas, ferro, fósforo, cálcio e proteínas (AGUIAR FILHO e BOSCO, 1998). Suas sementes são achatadas e discoides, com coloração castanho-claro (LEDERMAN *et al.*, 2000). Ganga *et al.* (2010) observaram a existência de grande variação morfológica entre frutos de mangaba, tanto entre variedades botânicas quanto entre populações.

O fruto da mangabeira consiste em polpa (77%), casca (11%) e semente (12%). No entanto, apenas a polpa ocupa um lugar de posição destaque nos aspectos comerciais. Apresenta um bom valor nutricional, com teor de proteína (0,7 g 100 g⁻¹ de polpa), rica em vitaminas A, B₁, B₂ e C, além de ferro, fósforo e cálcio. O alto teor de ferro (28 mg 100 g⁻¹ de polpa) da fruta faz com que a mangaba seja uma das mais ricas em nutriente, além de ser fonte de ácido

ascórbico. Possui alto teor de sólidos solúveis e acidez, conferindo sabor exótico e maior valorização do fruto da mangaba pelos consumidores (NARAIN *et al.*, 2018). O teor de taninos, que são compostos fenólicos de natureza química polimerizada bastante variada, também é considerado alto (COUTO e CANNIATTI-BRAZACA, 2010). A polpa da mangaba possui baixo teor de lipídios (0,3% 1,5%) e estes são ricos em palmítico (29%); ácidos oleicos (12%), linoleico (18%) e linolênico (8%) (PEREIRA *et al.*, 2006).

As características físicas e físico-químicas dos frutos são influenciadas pelas condições edafoclimáticas, cultivo, época de colheita, constituição genética, estágio de maturação e tratamento pós-colheita, entre outros (NASCIMENTO *et al.*, 2014). Tais características são fatores de qualidade fundamental para o uso e a comercialização da polpa de frutas e preparação de produtos industrializados.

Além disso, o consumo de frutas com propriedades funcionais aumentou, devido à presença de compostos bioativos que apresentam efeitos fisiológicos adicionais, mesmo em pequenos valores (LIMA *et al.*, 2004; MELO *et al.*, 2008). Assim, a mangaba tem potencial para ser classificada como uma “superfruta” e seu consumo pode proporcionar uma variedade de benefícios para a saúde, incluindo menor incidência de doenças degenerativas e cardiovasculares (XIAO, 2016), demonstrando assim o seu potencial para o mercado consumidor.

1.2 Comercialização da mangaba

Segundo a Conab (2017) a quantidade de frutos de mangaba ofertada no mercado é menor que a demanda, razão pela qual o preço é alto. No Nordeste, durante o pico da safra, o quilo da fruta custa em torno de R\$ 2,29, quando a safra diminui é vendido a R\$ 5,00. A comercialização é feita tanto por catadoras, quanto por intermediários.

Geralmente, as catadoras vendem diretamente aos feirantes dos municípios, em mercados e nas Ceasas. Além disso, existem muitas catadoras vendendo os frutos da mangaba em barracas às margens das rodovias.

1.3 Vida pós-colheita da mangaba

A qualidade dos frutos colhidos depende das condições de desenvolvimento, as quais influenciam a vida útil pós-colheita. Colheitas realizadas antes dos frutos atingirem completa maturação fisiológica prejudicam o seu processo de amadurecimento, afetando a sua qualidade. Por outro lado, a colheita de frutos totalmente maduros reduz sua vida útil, dificulta o seu

manuseio e transporte, devido à sua baixa resistência física, causando perdas quantitativas e qualitativas (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A mangaba é um fruto sazonal e apresenta alta taxa de respiração, o que contribui significativamente para a sua deterioração nutricional e microbiológica, resultando em redução da sua vida pós-colheita (SIQUEIRA *et al.*, 2018). O manuseio de frutos requer cuidados especiais em todas as etapas da cadeia de comercialização (desde o produtor até o consumidor). Para prolongar o período de armazenamento dos frutos, é necessário utilizar técnicas de conservação que interfiram nos processos fisiológicos, reduzindo as taxas de transpiração e respiração, por meio da diminuição da temperatura, elevação da umidade relativa do ar, uso de aditivos na superfície e de embalagens adequadas, uma vez que a aparência é o critério mais utilizado pelo consumidor para avaliar a qualidade de frutas e hortaliças (MENDONÇA *et al.*, 2015).

1.4 O tomate cereja

O tomate cereja pertence a classe Magnoliopsida (Dicotiledoneae); ordem das Sonanales; Família das Solanaceae; Gênero *Solanum* e espécie *Solanum lycopersicum* L. Por ser uma planta herbácea de caule redondo, flexível e com pilosidade, a forma natural do tomateiro se assemelha a uma moita com diversas ramificações laterais podendo ser amplamente modificada por meio de podas (MOURA *et al.*, 2014).

Apresenta ciclo relativamente curto e altos rendimentos, que apesar de ser originário da América do Sul, floresce e frutifica em condições climáticas bastante distintas e variadas comparado ao seu local de origem, permitindo ser cultivada em várias regiões do mundo. Apesar de se tratar de uma planta perene, o tomateiro se comporta como cultura anual. A duração do seu ciclo biológico, da sementeira à produção de novas sementes, fica próximo de 4 a 7 meses, englobando de 1 a 3 meses de colheita. As plantas desse grupo são caracteristicamente cultivares destinadas ao consumo *in natura*, as quais são adequadamente tutoradas e podadas, podendo seu caule atingir mais de 2,5 metros (FILGUEIRA, 2012).

Diversos fatores podem influenciar no desenvolvimento do tomate, dentre eles, estão os fatores ambientais, ou seja, climáticos, edáficos e relacionados ao terreno, como a genética da cultura e as técnicas de manejo utilizadas (AFFONSO *et al.*, 2016).

O fruto é do tipo baga, carnoso, suculento e possui dois ou mais lóculos com sementes pequenas imersas na mucilagem placentária. Sua forma difere de acordo com a variedade cultivada e a coloração varia entre o amarelo e vermelho. Seu peso quando maduro varia entre 5 e 500 g, dependendo da cultivar e das condições ambientais. O sabor do tomate é conferido,

sobretudo, pelos açúcares e ácidos orgânicos do fruto maduro, como também pelo balanço entre seus teores (EMBRAPA, 2018).

Possui propriedades como alta atividade antioxidante, teor de sólidos solúveis, vitamina A, B e C, potássio, ácido fólico, magnésio, baixa acidez e elevado teor de licopeno. O fruto é responsável pela redução do risco de certos tipos de câncer e contém substâncias antioxidantes que exercem papel preventivo, especialmente contra as doenças crônicas não transmissíveis (SILVA *et al.*, 2018).

Na área medicinal, o tomate está associado à prevenção de várias doenças, devido às propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, anticancerígenas, cardiovasculares e hepatoprotetoras, além de reduzir a agregação de plaquetas sanguíneas, melhorar a circulação sanguínea e baixar os níveis de colesterol. A nível nutricional contém, mas em poucas quantidades, proteínas, gorduras e hidratos de carbono (PINELA *et al.*, 2016).

1.5 Comercialização do tomate

Segundo a FAO (2019) a produção mundial de tomate foi de 179.508,4 milhões de toneladas, em 2019. A China continua sendo o maior produtor mundial com 34.532,4 milhões de toneladas. No Brasil, a safra brasileira em 2018 foi de 4,5 milhões de toneladas. Os maiores produtores são Goiás com 32,4%, São Paulo com 21,1%, Minas Gerais com 16,7%, Bahia com 4,5%, Santa Catarina com 4,4% e Rio Grande do Sul 2,4%. A produção de tomate aumentou nos últimos anos, segundo o IBGE (2019), em 1990, a produção mundial era de 76,33 milhões de toneladas, em 2014, alcançou-se uma produção de 171 milhões de toneladas numa área cultivada de aproximadamente 5 milhões de hectares, uma expansão de 124% nos últimos 25 anos.

A produção de tomate está dividida em tomate rasteiro, utilizado geralmente no processamento industrial para a fabricação de molhos e extratos e o tomate estaqueado, relacionado ao tipo de fruto, formato, tamanho, cor e sabor para consumo *in natura* (IBGE, 2021). O Brasil é o maior mercado consumidor de derivados industrializados deste fruto na América do Sul e destina apenas 5,5% da produção de tomate para processamento industrial (MELO; VILELA, 2004).

Segundo o IBGE (2021), a produção brasileira em 2020 atingiu 3.753.595 toneladas de tomate, sendo a região Centro-Oeste responsável pela maior produção, 1.132.028 toneladas, destacando-se o estado de Goiás, em que a produção foi de 1.098.311 toneladas de tomate.

1.6 Vida pós-colheita do tomate

Por ser um fruto climatérico e altamente perecível, tais características tornam as técnicas de conservação pós-colheita essenciais, pelo fato de prolongar a vida de prateleira e de minimizar as perdas. Em síntese, as perdas podem ocorrer por fatores físicos durante o manuseio e transporte, por fatores fisiológicos durante a maturação e patológicos como as deteriorações causadas por fungos, bactérias e lesões na casca dos tomates (RANIERI *et al.*, 2015).

Por isso, algumas técnicas são utilizadas visando a manutenção da qualidade dos frutos, aumentando sua vida útil (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Vários estudos têm proposto técnicas que visem a preservação da qualidade de frutos na pós-colheita, como atmosferas modificadas, resfriamento com ar forçado ou outros processos de resfriamento, choque térmico, tratamentos osmóticos, irradiação e revestimentos (CASTILHO *et al.*, 2016).

1.7 Técnicas de conservação pós-colheita

1.7.1 Resfriamento

Dentre as várias técnicas empregadas na conservação de frutas, o resfriamento é um dos métodos mais populares para conservar frutas perecíveis, e tem sido recomendado como uma forma de agregar valor (CURI *et al.*, 2018).

A refrigeração, associada a uma elevada umidade relativa, é uma das tecnologias mais apropriadas para prolongar o período de vida útil de um fruto, já que as baixas temperaturas diminuem as reações bioquímicas, a atividade microbiana e minimizam as perdas de umidade, reduzindo a transpiração (VASCONCELOS, 2019).

Siqueira *et al.* (2014) em estudo com goiaba ‘Paluma’ verificaram que o tempo entre a colheita e início do resfriamento rápido aumentou significativamente a vida útil pós-colheita das frutas. O tempo de resfriamento depende de vários fatores, entre eles, coeficiente de transferência de calor, diferença de temperatura entre o produto e o meio, propriedades termofísicas, tamanho da geometria dos produtos, tipo de meio de resfriamento, tipo de embalagem e arranjo dos produtos dentro da mesma, além do calor vital do fruto.

A refrigeração como ferramenta única para manter a qualidade dos frutos, pode ser insuficiente, além de ocasionar alguns distúrbios fisiológicos. Posto isto, outras técnicas pós-colheita podem e devem ser empregadas em conjunto, complementando e/ou melhorando o sistema de conservação já existente, tais como tratamentos químicos, atmosfera modificada e

entre outros (LIMA *et al.*, 2015). O uso de biofilmes em frutas, à base de coberturas comestíveis, proporciona atratividade para os consumidores, devido a característica destas matérias-primas formarem coberturas transparentes. Além de uma boa aparência ao produto, as coberturas comestíveis aumentam a vida útil e mantêm as propriedades funcionais e enzimáticas do fruto (GOMES *et al.*, 2016).

1.7.2 Revestimentos

A utilização de revestimentos de polímeros biodegradáveis oferece um sistema de embalagem alternativo e sem custos ambientais, quando comparado com os polímeros sintéticos, nomeadamente os plásticos. Porém, o uso desses materiais traz impactos ambientais devido ao acúmulo de resíduos (ASSIS e BRITO, 2019). Diante dessa perspectiva, o uso de revestimentos comestíveis corresponde a uma alternativa inovadora de conservação de frutas, reduzindo parcialmente sua taxa de respiração e processos de maturação sem alterar a qualidade organoléptica e composicional do material vegetal. Este método de conservação corresponde basicamente à modificação da micro atmosfera do fruto, elevando a concentração de CO₂ e reduzindo o O₂, o que permite uma troca gasosa, bem como a diminuição da taxa metabólica e da umidade. Os revestimentos comestíveis possuem uma ampla gama de aplicabilidade e facilitam a inclusão de ingredientes, como compostos antimicrobianos, antioxidantes, minerais, vitaminas, proteínas e outros compostos de interesse funcional (GARCÍA-FUGUEIROA *et al.*, 2019).

De acordo com Azeredo *et al.* (2012), para ser comestível os revestimentos devem ser elaborados com matérias-primas seguras perante o GRAS (*Generally Recognized as Safe*) determinado pelo FDA (*Food and Drug Administration*), não apresentando, portanto, riscos após serem ingeridos. Entre as atribuições dos revestimentos, pode-se ressaltar uma excelente alternativa aos conservantes químicos, graças ao fator e longevidade sobre refrigeração, além de reduzir o uso excessivo do plástico mundialmente (NARAIN *et al.*, 2018).

Os termos película (filme) e revestimento são usados com frequência como semelhança em relação à nomenclatura, mas apresentam diferenças entre si, especificamente considera-se película comestível quando a mesma é pré-formada antes da sua aplicação no alimento como embalagem, podendo ser utilizada para conter ou separar superfícies distintas (SILVA-WEISS *et al.*, 2013).

Já os revestimentos podem ser aplicados na face exterior ou como finas camadas entre diferentes partes do produto, normalmente por imersão deste numa solução líquida (FALGUERA *et al.*, 2011). Após a aplicação do revestimento no produto, em geral, realiza-se

uma pequena secagem para que se dê uma adesão mais eficaz do revestimento, sendo conceituado elemento complementar do produto final (RAMOS *et al.*, 2012).

Esses revestimentos, ou também chamados de coberturas, possuem a função de inibir ou reduzir a migração de umidade, oxigênio, dióxido de carbono, lipídios, aromas, dentre outros, pois promovem barreiras semipermeáveis, melhorando também a integridade física e de manuseio do fruto. São aplicados ou formados diretamente sobre a superfície dos frutos, configurando membranas delgadas, imperceptíveis a olho nu e com diversas características estruturais (MELO, 2016).

O tempo de imersão para um completo revestimento é fortemente dependente da concentração de polímeros em solução, podendo variar de alguns segundos a minutos. Estes tempos de imersão podem ser otimizados, já que a interrupção da deposição ocorrerá quando a densidade de cargas na superfície do fruto se anular, o que acontecerá quando todos os sítios de interação estiverem ocupados, sendo que, após um determinado tempo, não haverá mais material depositado na superfície do fruto, ou seja, um maior tempo de imersão não resultará em aumento na espessura do filme (ASSIS e BRITO, 2014).

1.7.3 *Aloe barbadensis* Miller

Nesse contexto, a *A. barbadensis* se torna uma boa opção para a elaboração de revestimentos comestíveis, pois, além de ser segura para o consumo humano, apresenta inúmeros benefícios para a saúde, principalmente por apresentar substâncias bioativas.

A *Aloe barbadensis* Miller é uma planta herbácea que nasce em qualquer tipo de solo, preferencialmente em terreno arenoso, não necessita de muita água para se desenvolver. Possui folhas grossas e verdes que medem de 30 a 60 cm, suculentas, com flores brancas amareladas. Quando cortadas suas folhas escorrem uma seiva amarela com forte odor e gosto amargo, tipicamente conhecido como aloína, e, depois de escoada a aloína, é possível fazer a extração de um gel mucilaginoso, viscoso e incolor, um tecido de armazenamento de água no interior das folhas (FREITAS *et al.*, 2014).

Segundo Freitas *et al.* (2014) esse gel mucilaginoso possui ação anti-inflamatória e cicatrizante, antineoplásica frente a diversas linhagens de câncer. Promove a estimulação do sistema imune, além de marcante atividade antioxidante, o que resultaria em efeito antiproliferativo em diversos tipos de tumores. Possui amplo espectro antimicrobiano atuando em fungos, vírus e em bactérias Gram positivas e Gram negativas e ainda tem ação bactericida ou bacteriostática em *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*,

Helicobacter pylori, *Salmonella typhi*, *Bacillus cereus*, *Candida albicans*, *Shigella flexneri*, *Streptococcus pyogenes*, *Mycobacterium tuberculosis* entre outros.

A *A. barbadensis* é muito utilizada em vários países e é considerada como GRAS (Generally Recognized as Safe), ou seja, é atóxica e segura para o uso em alimentos e ao consumo direto, e é regulamentada pela Food and Drug Administration (FDA), sendo considerada segura quando usada em alimentos (BOUDREAU *et al.*, 2006).

Embora seja considerado promissora e segura as propriedades do gel da *A. barbadensis* pelo FDA em muitos países, no Brasil, suas propriedades ainda são pouco exploradas. Sendo necessário novas pesquisas, para que produtos à base de *A. barbadensis* passem a ser utilizados no país como alimento e, para isso, devem ser avaliados quanto a sua segurança de uso na categoria de novos alimentos pela ANVISA.

2 REFERÊNCIAS

AFFONSO, G. S.; BASSETTO, P.; SANTO, R. S. E. **Fatores de produção que influenciam na produtividade e na qualidade do tomate**. 2016. X EEPA –X Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial. 28 a 30 de set. 2016.

AGUIAR FILHO, S. P.; BOSCO, J. **A mangabeira (*Hancornia speciosa*): domesticação e técnicas de cultivo**. João Pessoa-PB: EMEPA-PB, 1998. 26 p. (Documentos, 24).

AZEREDO, H. M. C.; BRITO, E. S.; GARRUTI, D. S. **Alterações químicas durante a estocagem**. Fundamentos de estabilidade de alimentos. Brasília: Embrapa, 2012. p. 59p.

ASSIS, O. B.; BRITTO, D. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. **Brazilian Journal of food technology**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 87-97, 2014.

BOUDREAU, M. D.; BELAND, F. A. An Evaluation of the Biological and Toxicological Properties of Aloe Barbadensis (Miller), Aloe Vera. **Journal of Environmental Science and Health**, New York, v.24, n.1, 2006.

CASTILHO, T.G.; BRANDANI, M.T.; DEZIDERIO, M.A.; AGUIAR-OLIVEIRA, E.; KAMIMURA, E.S.; MALDONADO, R.R. Aplicação de biofilme comestível em maçãs minimamente processadas armazenadas sob refrigeração. **Foco**, Mogi Guaçu, n. 10, p.60-80, 2016.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutos e Hortalças: Fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CONAB- Companhia Nacional e Abastecimento. **Conjuntura Mangaba**. Brasília, DF, janeiro de 2017. 5 p. Disponível em:<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_02_21_09_01_36_conjuntura_mangaba_-_jan-_1__2017.pdf>. Acesso: 17 mai. 2022.

CURI, P. N.; CARVALHO, S.; SALGADO, D. L.; PIO, R., FERNANDES, D.; CARLA, A.; DE SOUZA, V. R. Characterization of different native american physalis species and valuation of their processing potential as jelly in combination with brie-type cheese. **Food Science and Technology**, Campinas, v.26, n.1, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **A cultura do tomate**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicas/tomate-de-mesa/cultivares2>. Acesso em: 22 jul. 2022. FALGUERA, V.; QUINTERO, J.P.; JIMENEZ, A; MUNOS, J.A.; IBARZ, A. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. **Food Science and Technology**, Campinas, v.22, p.293-303, 2011.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **FAO e Confederação Nacional da Agricultura lançam estudo sobre a agricultura irrigada brasileira**. 2018. Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/fao-e-confederacao-nacional-da-agriculturalancam-estudo-sobre-agricultura-irrigada-brasileira/>>. Acesso em: 25 jul. 2022.

FILGUEIRA; F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3Ed. rev. e ampli. - Viçosa. MG. Ed UFV, 2012. 421 p

FREITAS, V. S.; RODRIGUES, R. A. F.; GASPI, F. O. G. Propriedades farmacológicas da Aloe vera (L.) Burm. f. **Revista brasileira plantas medicinais**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 299-307, 2014.

GANGA, R. M. D.; FERREIRA, G. A.; CHAVES, L. J.; NAVES, R. V.; NASCIMENTO, J.L. Caracterização de frutos e árvores de populações naturais de *Hancornia speciosa* Gomes do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 101-113, 2010.

GARCÍA-FIGUEROA, A.G.; AYALA-APONTE, A.; SÁNCHEZ-TAMAYO, M.I. 2019. Efecto de recubrimientos comestibles de Aloe vera y alginato de sodio sobre la calidad poscosecha de fresa. **Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient**, Bogotá, v.22, n.2, 2019.

GOMES, M. A; RAMIREZ ASCHERI, D. P.; DE CAMPOS, A. J. Characterization of edible films of *Swartzia burchelli* phosphated starches and development of coatings for post-harvest application to cherry tomatoes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, jul/ ago, p. 1897-1909, 2016.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Boletim da sociobiodiversidade**. Brasília, v.3, n.4, p. 1-67, 2019.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. Brasília, v.2, n.5, p. 1-150, 2021.

LEDERMAN, I. E.; SILVA JÚNIOR, J. F.; BEZERRA, J. E. F.; ESPÍNDOLA, A.C.M. Mangaba (***Hancornia speciosa* Gomes**). Jaboticabal: Funep, 2000. 35 p.

- LIMA, A. C.; GARCIA, N. H. P.; LIMA, J. R. Obtenção e caracterização dos principais produtos do caju. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 22, n. 1, p. 133-144, 2004.
- MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 193-201, 2008.
- MELO, P. C. T.; VILELA, N. J. **Importância da cadeia produtiva brasileira de hortaliças**. Associação Brasileira de Horticultura (ABH) com parceria com Embrapa Hortaliças. 2007. 13ª Reunião Ordinária da Câmara Setorial da Cadeia Produtiva de Hortaliças / MAPA.
- MENDONÇA, V.Z.; DAIUTO, E.R.; FURLANETO, K.A.; RAMOS, J.A.; FUJITA, E.; VIEITES, R.L.; TECCHIO, M.A.; CARVALHO, L.R. Aspectos físico-químicos e bioquímicos durante o armazenamento refrigerado do caqui em atmosfera modificada passiva. **Nativa**, Sinop, v.03, n.01, p.16-21, jan./mar. 2015.
- MORGADO, C. M. A.; LIMA, A. C. S.; SIQUEIRA, A. P.; SOUZA, E. R. B.; JUNIOR, L. C. C. Bioactive Compounds and antioxidant activity of mangaba. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 36, n. 2, 2020.
- MOURA, A. P.; MICHEREFF FILHO, M.; GUIMARÃES, J. A.; LIZ, R. S. **Manejo integrado de pragas do tomateiro para processamento industrial**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2014. 24 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 129).
- MELO, C. L. DE.; SPOHR, G. M.; QUADROS, C. S.; FIDALSKI, G.; JUNIOR, F. R. DA. S. M.; MELLO, J. M. M. DE.; DALCANTON, F. Aplicação de recobrimento de fécula de batata para a conservação de tomates. **Revista Tecnológica Maringá**, v. 25, n. 1, p. 103-117, 2016.
- NARAIN, N.; FRANC, F.; NETA, M. T. Mangaba- *Hancornia speciosa*. In: NARAIN, N.; FRANC, F.; NETA, M. T. **Frutas Exóticas**. 1ed. Sergipe: Universidade Federal do Sergipe, 2018, p. 305-318.
- NASCIMENTO, R. S. M.; CARDOSO, J. A.; COCOZZA, F. D. M. Caracterização física e físico-química de frutos de mangabeira (*Harconia speciosa* Gomes) no oeste da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.8, p. 856-860, 2014.
- OLIVEIRA, C.M; CONEGLIAN, R.C.C; CARMO, M.G.F. Conservação pós-colheita de tomate cereja revestidos com película de fécula de mandioca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.33, n. 4, p. 471-479, 2015.
- PEREIRA, V. A.; PEREIRA, E. B. C.; SILVA JÚNIOR, J. F. da; SILVA, D. B. da Mangaba. In: VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. S.; SILVA, D. B.; SANO, S. M.; FERREIRA, F. R. **Frutas nativas da região Centro-Oeste**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. Cap. 12, p. 188-213.
- PINELA, J., BEATRIZ, M. P. P. O., FERREIRA, I.C.F.R. (2016). Bioactive compounds of tomatoes as health promoters. In L. R. Silva & B. M. Silva (2016). *Natural Bioactive Compounds from Fruits and Vegetables*, Vol 2, Chapter 3, 48-91. Bentham Science Publishers.

PINZON, M.I.; SANCHEZ, L.T.; GARCIA, O.R.; GUTIERREZ, R.; LUNA, J.C.; VILLA, C.C. Increasing shelf life of strawberries (*Fragaria ssp*) by using a banana starch-chitosan-Aloe vera gel composite edible coating. **Int J Food Sci Technol**, v.55, p.92–98, 2020.

RAMOS, O., FERNANDES, J., SILVA, S., PINTADO, M., MALCATA, F.
Edible films and coatings from whey proteins: a review on formulation, and on mechanical and bioactive properties. **food science and nutrition**, v.52, n.6, p.533–52, 2012.

RANIERI, E.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; OLIVEIRA, J. S. B.; MESQUINI, R. M.; CLEMENTE, E.; DA SILVA CRUZ, M. E. Utilização de compostos bioativos de plantas medicinais na pós-colheita de tomate. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.14, n.3, p.160-165, 2015.

SILVA, A.I.; SÁ-FILHO, G.; OLIVEIRA, L.; GUZEN, F.; CAVALCANTI, J.; CAVALCANTE, J. Perfil fitoquímico de extratos etanólicos e metanólicos do *Croton blanchetianus*. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v.24, n.1, 2021.

SILVA, D. A.; NIK, C. **A cultura**. In: NIK, C.; SILVA, D.; BORÉM, A. Tomate: do plantio à colheita. Viçosa (MG): UFV, 2018. 237 p.: il.

SILVA-WEISS, A.; IHL, M.; SOBRAL, P. J. A. Aditivos Naturais em Filmes e revestimentos Comestíveis Bioativos: Funcionalidade e Aplicações em Alimentos. **Food Eng Ver**, Curitiba, v.5, p.200-216, 2013.

SIQUEIRA, A. P. S.; MORGADO, C. M. A.; CAVALCANTE, K. A.; CUNHA JUNIOR, C.; SOUZA, E. R. B. Vida útil de mangaba do cerrado em diferentes estádios de maturação. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 3, 2018.

SIQUEIRA, A. N. A.; SANTOS, S. M. L.; LIMA, B. S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Vida útil pós-colheita de goiaba cv. "Paluma" submetida ao resfriamento rápido por ar forçado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 45-51, 2014.

VASCONCELOS, H.C.V. **Aplicação de técnicas pré e pós-colheita em tangerina 'Dekopon'**. 2019. 152 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.

XIAO, J. B. Phytochemicals in food and nutrition. **Food Science and Nutrition**, v. 56, n.1, 2016.

CAPÍTULO II

REVESTIMENTOS DE EXTRATOS DE *ALOE BARBADENSIS* MILLER NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA MANGABA

RESUMO: A mangaba é um fruto tropical, nativo do Cerrado e, apesar de apresentar alta produtividade e contribuir com nutrientes em uma dieta saudável, o fruto ainda não é comercializado em larga escala por ser climatérico e perecível, reduzindo consideravelmente a vida útil desse fruto. As mucilagens presentes no gel da *Aloe barbadensis* Miller tem gerado grande interesse como material de revestimento comestível, devido às suas conhecidas propriedades antimicrobianas, antifúngicas e por formar uma barreira semipermeável no fruto, podendo ser usadas para prolongar a vida de prateleira de frutos. Nesse aspecto, o objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes revestimentos a base de *Aloe barbadensis* Miller na conservação pós-colheita de mangaba (*Harconia speciosa*). Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial triplo 5x3x6, com 5 repetições, sendo o primeiro fator composto por cinco extratos de *A. barbadensis* [gel puro (100% gel), 25:75 (gel: água), 50:50 (gel: água), 75:25 (gel: água), e extrato etanólico a 1%], o segundo fator composto por três tempos de imersão da mangaba nos extratos supracitados de *A. barbadensis* (2 minutos, 5 minutos e 8 minutos) e o terceiro fator composto pelos dias de armazenamento pós-colheita (0, 4, 8, 12, 16, e 20 dias). As mangabas revestidas foram armazenadas em incubadora B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*) à $5\pm0,5^{\circ}\text{C}$ e $65\pm5\%$ de umidade relativa do ar, durante 20 dias. Os frutos foram analisados quanto: perda de massa, conservação pós-colheita, firmeza de casca, firmeza de polpa, sólidos solúveis, pH, acidez titulável, índice de maturação, coloração (L^* , $^{\circ}\text{Hue}$ e Croma), atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH, compostos fenólicos e vitamina C. Os dados foram submetidos à análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) ($p\leq0,05$) e, quando significativos, foram demonstrados por meio de dendrograma de similaridade pelo método de agrupamento de UPGMA e análise de componentes principais (ACP), utilizando matriz de distância euclidiana através do programa R, versão 4.2.0. Houve interação significativa para os três fatores e, assim, foram estudados conjuntamente. De acordo com o dendrograma, os tratamentos formaram 6 agrupamentos, conforme as similaridades de seus comportamentos mediante as variáveis. Já em relação a ACP, dentre os extratos e tempos de imersão, os extratos com maiores porcentagens do gel de *Aloe barbadensis* combinados com os tempos de imersão de 2 e 8 minutos apresentaram resultados satisfatórios no que tange a conservação da atividade antioxidante.

Palavras-chave: *Harconia speciosa*. Armazenamento. Refrigeração. Tempo de imersão.

ABSTRACT: Mangaba is a tropical fruit, native to the Cerrado and, despite having high productivity and contributing nutrients to a healthy diet, the fruit is still not commercialized on a large scale because it is climacteric and perishable, considerably reducing the shelf life of this fruit. In this aspect, the objective of this work was to evaluate different coatings based on *Aloe barbadensis* Miller (*A. barbadensis*) in post-harvest conservation of mangaba (*Harconia speciosa*). The mucilages present in *Aloe barbadensis* Miller gel have generated great interest as an edible coating material, due to their known antimicrobial and antifungal properties and for forming a semi-permeable barrier in the fruit, which can be used to prolong the shelf life of fruits. A completely randomized design was used, in a 5x3x8 triple factorial scheme, with 5 replications, the first factor being composed of five extracts of *A. barbadensis* (pure gel, gel with 25% dilution, gel with 50% dilution, gel with 75 % dilution, and 1% ethanol extract, the second factor composed of three immersion times of mangaba in the aforementioned extracts of *A. barbadensis* (2 minutes, 5 minutes and 8 minutes), and the third factor composed of days of storage post-harvest (0, 4, 8, 12, 16, and 20 days). The coated mangabas were stored in a B.O.D (Biochemical Oxygen Demand) incubator at $5\pm0.5^{\circ}\text{C}$ and $65\pm5\%$ % relative humidity for 20 days. The post-harvest parameters were analyzed: mass loss, post-harvest conservation, skin firmness (SF), pulp firmness (PF), soluble solids (SS), titratable acidity (TA), maturation index (MI) , color (L^* , $^{\circ}\text{Hue}$ and Chroma), antioxidant activity by ABTS and DPPH method, phenolic compounds (PC) and vitamin C. Data were submitted to permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA) ($p\leq0.05$) and, when significant , were demonstrated using a similarity dendrogram using the UPGMA clustering method and principal component analysis (PCA), using the Euclidean distance matrix through the R program, version 4.2.0. There was a significant interaction for the three factors and, therefore, they were studied together. According to the dendrogram, the treatments formed 6 groups, according to the similarities of their behavior through the variables. In relation to PCA, among the extracts and immersion times, the extracts with the highest percentages of *Aloe barbadensis* Miller gel combined with immersion times of 2 and 8 minutes showed satisfactory results regarding the conservation of antioxidant activity and.

Keywords: *Harconia speciosa*, Storage. Refrigeration. Immersion time.

1 INTRODUÇÃO

Certas áreas do Brasil possibilitam o cultivo de diferentes tipos de frutas e de espécies nativas pouco estudadas com potencial para se tornarem “superfrutas”. O mais proeminente dessas regiões é o bioma Cerrado, segunda maior área de vegetação com ampla variedade de frutas conhecidas por seu sabor único e alto valor nutricional (MORGADO *et al.*, 2020). A mangaba é um fruto sazonal e apresenta alta taxa de respiração que contribui significativamente para a sua deterioração nutricional e microbiológica, à maturação rápida com difícil ponto de determinação de colheita, casca frágil e aos danos e sujeira causados pela queda dos frutos no chão, ocorrendo alta perecibilidade, limitando, assim, a exploração da cultura e sua comercialização resultando em redução da sua vida pós-colheita (SIQUEIRA *et al.*, 2018; MARIANO-NASSER *et al.*, 2016).

Para prolongar o período de armazenamento dos frutos, é necessário utilizar técnicas de conservação que interfiram nos processos fisiológicos, reduzindo as taxas de transpiração e respiração, por meio da diminuição da temperatura, elevação da umidade relativa do ar, uso de aditivos na superfície e de embalagens adequadas (CHITARRA e CHITARRA, 2005). A redução no metabolismo da fruta pode ser obtida por diminuição na taxa respiratória, sendo esta a principal forma de aumentar a vida útil. Para tanto, isto pode ser feito utilizando algumas tecnologias pós-colheita, como a refrigeração. A refrigeração é a tecnologia mais utilizada na pós-colheita de frutas *in natura*, pois a redução da temperatura diminui o metabolismo e, consequentemente, prolonga a vida pós-colheita do fruto (BÁRBARA *et al.*, 2020).

A baixa temperatura de armazenamento pode ser ainda mais vantajosa com a associação de revestimentos. Os revestimentos são comumente utilizados com a finalidade de disponibilizar ao consumidor frutos com qualidade e boa aparência. Essa aplicação atua favorecendo o brilho, reduzindo a perda de massa e são aplicados sobre a superfície dos frutos, configurando membranas delgadas, imperceptíveis a olho nu e com diversas características estruturais, prolongando a vida pós-colheita (VEIGA *et al.*, 2019).

Na formulação dos revestimentos, produtos naturais com atividade antimicrobiana de plantas podem ser incorporados como alternativas viáveis ao uso de produtos químicos sintéticos. As mucilagens são compostos naturais com atividade antimicrobiana normais das plantas e podem ser utilizadas como revestimento de frutos e hortaliças. Esta mucilagem é um gel cristalino extraído da folha da *Aloe barbadensis* Miller (*A. barbadensis*) e é livre de aroma e sabor. A *A. barbadensis* tem gerado grande interesse como material de revestimento comestível, devido às suas conhecidas propriedades antimicrobianas e antifúngicas que podem

ser usadas para prolongar a vida de prateleira de frutas (MONZON-ORTEGA *et al.*, 2018; RASOULI *et al.*, 2019). Pizzon *et al.* (2019) utilizaram revestimentos feitos de amido, quitosana e gel de *A. barbadensis* em diferentes concentrações, e os resultados mostraram que a inclusão do gel pode reduzir significativamente a decomposição fúngica, aumentando a vida útil dos morangos em até 15 dias de armazenamento na maior concentração testada (20%). Garcia-Mera *et al.* (2017) utilizou revestimentos com diferentes concentrações de *A. barbadensis* e glicerol na goiaba, os resultados demonstraram que a associação da concentração de 30% de gel e 1,5% de glicerol atingiu um atraso no tempo de maturação da goiaba, preservando-a e registrando o fruto em bom estado, sem perder suas características organolépticas. Lazzaris *et al.* (2020) aplicaram o revestimento comestível ativo à base de gel de *A. barbadensis* (40%) e goma de semente de feno-grego 0,5% em maçã minimamente processada, e obtiveram como resultado que o revestimento impediu o crescimento de bolores e leveduras e também, efeitos positivos dos revestimentos na qualidade pós-colheita da maçã.

Até o momento, não foram encontrados relatos do uso de extratos de *A. barbadensis* como revestimento para preservação pós-colheita da mangaba. Contudo, a literatura apresentada para esse gel, em termos de preservação e extensão da vida útil dos frutos, instiga a investigação da *A. barbadensis* para a mangaba. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes extratos de *A. barbadensis* aplicados em forma de revestimentos na mangaba cultivar *H. speciosa*, com tempos de imersão distintos, que poderá auxiliar no aumento da vida pós-colheita dos frutos, contribuindo para garantir o escoamento e ampliação da comercialização desse fruto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Origem, colheita e preparo dos frutos

As mangabas foram colhidas manualmente no estágio verde-maturo, caracterizado, na maior parte dos frutos, por manchas avermelhadas sobre a pigmentação verde amarelada (FERRO *et al.*, 2015), em outubro de 2021 na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO, latitude 16°35'12" S, longitude 49°21'14" O e altitude média de 730 metros.

Após a colheita, os frutos foram transportados em veículo refrigerado, em caixas de poliestireno expandido (EPS) até o laboratório de pós-colheita do Campus Central – Henrique Santillo, da Universidade Estadual de Goiás, Anápolis/GO. No laboratório, as mangabas foram selecionadas, manualmente e visualmente, em relação a ausência de defeitos e uniformidade de

tamanho, visando à uniformidade do lote. Posteriormente, os frutos selecionados foram submetidos a sanitização com hipoclorito de sódio (NaClO) 200 mg L⁻¹, por 5 minutos, com posterior enxague em água potável, e colocados em temperatura ambiente média de 28±0,5°C para secagem.

2.2 Origem, colheita e preparo das folhas de *Aloe barbadensis* Miller

As folhas de *A. barbadensis* foram colhidas manualmente em outubro de 2021 na cidade de Orizónia-GO, latitude 17° 1' 49" S, longitude 48° 17' 27" O e altitude média de 800 metros, sendo padronizadas em relação ao tamanho de 25 a 30 centímetros, túrgidas (entumecidas) e sem manchas ou pontos secos. Após a colheita, as folhas foram acondicionadas em caixas de poliestireno expandido (EPS), na posição vertical, para propiciar a drenagem do látex, e, em seguida, foram sanitizadas com hipoclorito de sódio (NaClO) 50 mg L⁻¹, por 5 minutos, com posterior enxague em água potável, e processadas para obtenção do gel de *A. barbadensis* (PARVEN *et al*, 2020)

2.3 Caracterização e condução do experimento

2.3.1 Extratos de *A. barbadensis* + Tempos de imersão + Dias de análise

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial triplo 5x3x6, com 5 repetições e 1 fruto por repetição, sendo o primeiro fator composto por cinco extratos de *A. barbadensis* ([gel puro (100% gel), 25:75 (gel: água), 50:50 (gel: água), 75:25 (gel: água), e extrato etanólico a 1%]), o segundo fator composto por três tempos de imersão da mangaba nos extratos de *A. barbadensis* (2 minutos, 5 minutos e 8 minutos), e o terceiro fator composto pelos dias de análise pós-colheita (0, 4, 8, 12, 16 e 20 dias). No total foram utilizados 675 frutos, 600 para as análises destrutivas (firmeza de casca e polpa, sólidos solúveis, pH, acidez titulável, vitamina c, polifenóis e atividade antioxidante por ABTS e DPPH) e 75 frutos para as análises não destrutivas (perda de massa e coloração).

Para o preparo dos extratos de *A. barbadensis*, a camada externa do córtex das folhas foi separada da matriz do gel. A matriz do gel (hidro-parênquima incolor) foi homogeneizada por meio de um liquidificador elétrico. O gel de *A. barbadensis* foi pasteurizado a 70°C por 45 minutos, com o auxílio de um protótipo de pasteurizador. Finalmente, o gel de *A. barbadensis* foi armazenado em garrafas âmbar de 1 L a 4°C para prevenir a oxidação (PARVEN *et al.*, 2020).

O protótipo de pasteurizador é constituído por um forno elétrico medindo 0,20:0,39:0,24 m (altura, largura e profundidade). Para o controle automatizado da temperatura interna do pasteurizador é empregado um sensor termo-higrômetro, modelo AM2301, com 0,5°C e 3% de precisão na temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente, que é controlado por meio de um micro controlador do tipo Arduino®, que por sua vez transmite os dados a um computador com processador Intel® Core™ i7-4510U 2GHz, 8GB de RAM e HD 500. O micro controlador permite também acionar a resistência de aquecimento.

Os extratos etanólico e aquoso de *A. barbadensis* foram produzidos pelo método proposto por Silva (2021). Para o extrato etanólico, o gel de *A. barbadensis* foi adicionado em álcool etílico 96°GL e feito o processo de maceração constante por 15 dias, após, este período, o líquido foi colocado em frasco âmbar até o momento de uso. Para o extrato aquoso, o gel de *A. barbadensis* foi adicionado em água destilada e feito as diluições de acordo com cada tratamento (25:75, 50:50, 75:25).

As mangabas foram revestidas por imersão nos diferentes extratos de *A. barbadensis* e diferentes períodos de imersão. Posteriormente à secagem do revestimento em temperatura ambiente média de 28±0,5°C as mangabas foram armazenadas em incubadora B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*) à 5±0,5°C e 65±5% de umidade relativa do ar, durante 20 dias de armazenamento, sendo avaliadas a cada 4 dias.

2.4 Análises físicas, físico-químicas e químicas

2.4.1 Perda de massa

Para a perda de massa, as pesagens foram realizadas utilizando-se balança digital de precisão (Shimadzu, BL 3200H, Kyoto, Japão), precisão de 0,5 g, com carga máxima de 3200g, considerando a massa inicial de cada fruto, sendo calculada a porcentagem de perda a partir da Equação (1):

$$PM (\%) = \frac{(M_i - M_d)}{M_i} * 100 \quad (1)$$

Em que: PM (%) = Perda de Massa; M_i = Massa inicial do fruto (g); M_d = Massa do fruto no dia de análise (g).

2.4.2 Firmeza do fruto

A firmeza dos frutos foi determinada com o auxílio de um texturômetro da marca Brookfield (*Texture Analyser* CT3 - 50K), com velocidade de 7 mm s⁻¹, sendo utilizado a

ponteira de prova cilíndrica, com 2 mm de diâmetro e 20 mm de altura. Para essa análise, os frutos foram posicionados no sentido longitudinal, sendo realizadas duas leituras por fruto. Os resultados foram expressos em Newton (N).

2.4.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

Foi obtido utilizando-se um potenciômetro portátil (pH 0-14 K39-0014P-Kasvi), com precisão de $\pm 0,06$ e compensação automática de temperatura (AOAC, 2012).

2.4.4 Acidez titulável (AT)

A determinação da acidez titulável se deu por titulação, utilizando-se 5 g de polpa homogeneizada e diluída até o volume total de 100 mL de água destilada. A titulação foi feita com solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) a $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, tendo como indicador fenolftaleína a 1%. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de ácido cítrico, Equação (2), conforme recomendação da AOAC (2012).

$$AT (\%) = \frac{V \cdot F_c \cdot C \cdot E_q}{P_a} \quad (2)$$

Em que: V: Volume da solução de NaOH gasto na titulação (mL); Fc: Fator de Correção da solução de NaOH; C: Concentração da solução de NaOH (mol L^{-1}); Eq: Equivalente-grama do ácido cítrico (g); Pa: Peso da amostra adicionado no Erlenmeyer (g).

2.4.5 Sólidos solúveis (SS)

Foi determinado por leitura refratométrica, com refratômetro digital portátil da marca Reichert (Brix/RI-Chek), medindo de 0 a 62 °Brix, seguindo a recomendação da AOAC (2012), e os resultados foram expressos em °Brix.

2.4.6 Índice de maturação (SS/AT)

Foi determinado pela relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável (TRESSLER e JOSLYN, 1961).

2.4.7 Coloração

A coloração da casca foi obtida por refletância, utilizando-se colorímetro portátil da Konica Minolta (CR-400), com escala CIELAB (L^* , a^* e b^*). A coordenada L^* indica quão escuro (0) e quão claro (100) é o produto, a coordenada a^* está relacionada à intensidade de

verde (-a) a vermelho (+a) e a coordenada b^* está relacionada à intensidade de azul (-b) a amarelo (+b). A partir das coordenadas a^* e b^* , calculou-se o croma (pureza da cor), Equação (3), e o $^{\circ}\text{Hue}$ (tonalidade da cor), Equação (4):

$$\text{Croma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3)$$

$$^{\circ}\text{Hue} = \arctan g\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (4)$$

2.5 Análises bioativas

2.5.1 Vitamina C (ácido ascórbico)

O teor de ácido ascórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) foi quantificado pela adição de 5 mL de amostra do suco da mangaba em um balão volumétrico de 50 mL, o qual foi completado com solução extratora de ácido oxálico a 2% ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$). Após a filtragem da amostra diluída, uma alíquota de 10 mL foi usada para a determinação quantitativa da vitamina C, por meio de titulação oxidativa, com 2,6-diclorofenolindofenol a 0,02%, sendo o ponto de viragem detectado visualmente pela coloração rósea claro (BENASSI e ANTUNES, 1988). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 mg de polpa.

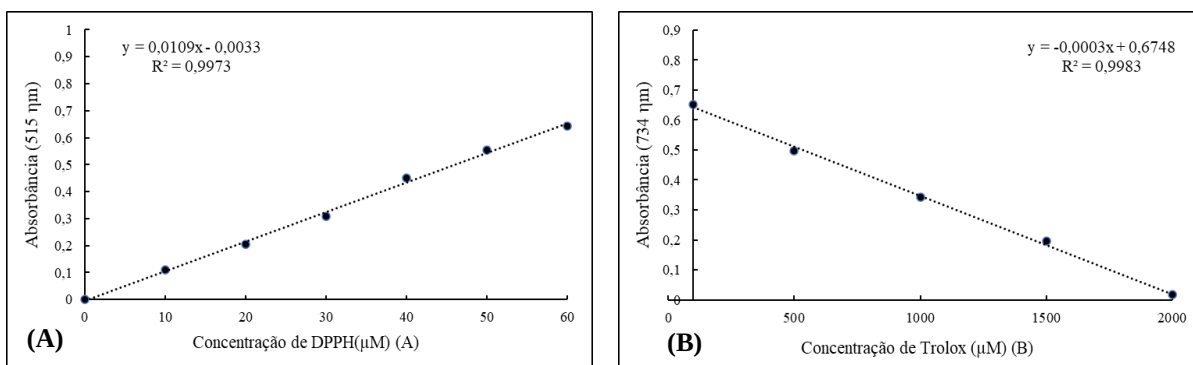
2.5.2 Atividade antioxidante total (AAT)

A obtenção dos extratos da fruta foi realizada conforme metodologia adaptada de Rufino *et al.* (2010). Pesou-se 2,5 g de amostra em um erlenmeyer, onde foi adicionado 10 mL de metanol 50%, que foi homogeneizado e deixado em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente. A solução contendo amostra e metanol 50% foi transferida para um tubo de ensaio e centrifugada (5.000 rpm) durante 30 minutos, após transferindo-se o sobrenadante para um balão volumétrico de 25 mL. A partir do resíduo da primeira extração, adicionou-se 10 mL de acetona 70%, homogeneizando-se e deixando em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente. Centrifugou-se novamente a solução (5.000 rpm) durante 30 minutos, transferindo o sobrenadante para o balão volumétrico contendo o primeiro sobrenadante e completando-o para um balão de 25 mL com água destilada.

A atividade antioxidante total foi determinada usando-se os métodos de captura do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), conforme Rufino *et al.* (2010), com curva padrão apresentada na Figura 1A, e os resultados expressos em EC_{50} g mangaba g^{-1} DPPH, utilizou-se álcool metílico como branco, para calibrar o espectrofotômetro. E captura do radical

ABTS (2,2'-AZINO-BIS (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt), também de acordo com Rufino *et al.* (2010) com curva padrão apresentada na Figura 1B, e os resultados foram expressos em μmol de trolox g^{-1} de mangaba, utilizou-se álcool etílico como branco, para calibrar o espectrofotômetro. A absorbância foi medida em espectrofotômetro (Instrutherm, UV-2000A Visível, São Paulo, Brasil) a 515 nm para DPPH e 734 nm para ABTS, no tempo de 35 e 6 minutos, respectivamente, após a adição da amostra.

Figura 1- Curva do DPPH x absorbâncias (A) e curva do ABTS x absorbâncias (B) para mangabas imersas à diferentes extratos de *Aloe barbadensis* e tempos de imersão distintos.



Fonte: Autor.

Os resultados obtidos da atividade antioxidante pelo método DPPH foram calculados pelas Equações (5, 6, 7 e 8) e expressos $\text{EC}_{50} \text{g mangaba g}^{-1} \text{ DPPH}$.

$$X = \frac{\left(\frac{A_c}{2} + a_1\right)}{b_1} \quad (5)$$

$$Y = \frac{X}{1.000.000} * 394,3 \quad (6)$$

$$X' = \frac{\left(\frac{A_c}{2} - a_2\right)}{-b_2} * 1000 \quad (7)$$

$$A = \frac{X'}{Y} \quad (8)$$

Em que: X= atividade antioxidante ($\mu\text{mol L}^{-1} \text{ DPPH}$); A_c = absorbância inicial do controle (515 nm); a_1 = valor do intercepto da curva padrão; b_1 = valor do coeficiente angular da curva padrão; Y= atividade antioxidante (g DPPH); 394,3= peso molecular do DPPH; X'= atividade antioxidante ($\text{EC}_{50} \text{g mangaba g}^{-1} \text{ DPPH}$); a_2 = valor do intercepto da curva obtida a partir das absorbâncias das diferentes diluições dos extratos; b_2 = valor do coeficiente angular da curva obtida a partir das absorbâncias das diferentes diluições dos extratos; A= atividade antioxidante ($\text{EC}_{50} \text{g mangaba g}^{-1} \text{ DPPH}$).

Já os resultados obtidos da atividade antioxidante pelo método ABTS foram calculados pelas Equações (9, 10 e 11) e expressos em μM trolox g^{-1} :

$$y = -ax + b \quad (9)$$

$$X_{(g)} = x/1000 \quad (10)$$

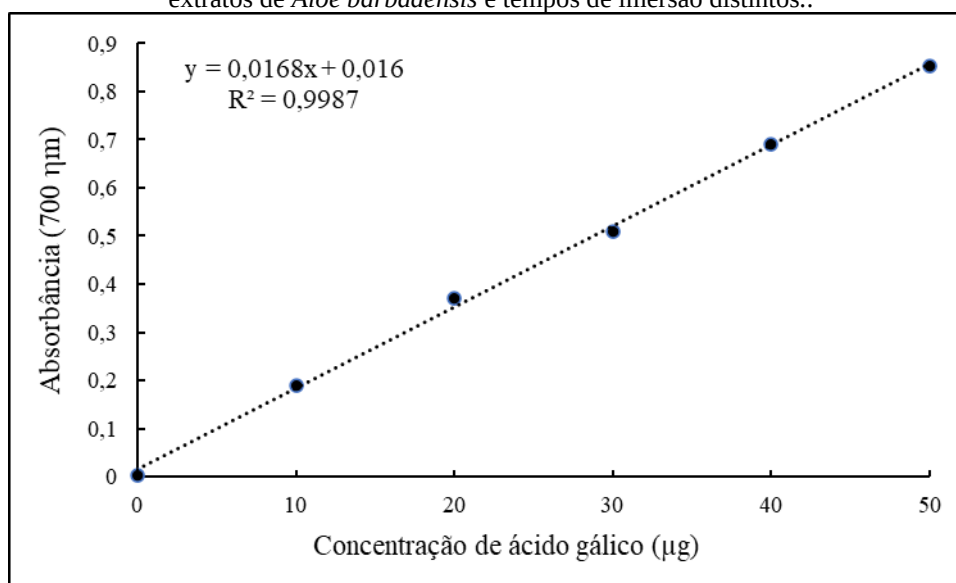
$$Z = \frac{1000}{X_{(g)}} * 1 \quad (11)$$

Em que: y = Absorbância correspondente a 1.000 μM de trolox; a_1 = valor do intercepto da curva padrão; b_1 = valor do coeficiente angular da curva padrão; x = diluição da amostra (mg L^{-1}) equivalente a 1.000 μM de trolox; Z = expresso em μM trolox g^{-1} de fruta (porção comestível).

2.5.3 Polifenóis extraíveis totais (PET)

A obtenção dos extratos da fruta foi realizada conforme metodologia utilizada para determinação da atividade antioxidante total. A determinação dos polifenóis extraíveis totais dos extratos foi efetuada por espectrofotômetro, utilizando o reagente Folin Ciocalteu (reativo para fenol), de acordo com a metodologia adaptada por Rufino *et al.* (2007). Para elaborar a curva de calibração utilizou-se solução padrão de ácido gálico (GAE - *gallic acid equivalent*), variando de 10 a 50 $\mu\text{mol L}^{-1}$ (Figura 2).

Figura 2 - Curva de calibração dos polifenóis extraíveis totais (PET) para mangabas imersas à diferentes extratos de *Aloe barbadensis* e tempos de imersão distintos..



Fonte: Autor.

O método consistiu em adicionar 0,1 mL do extrato para tubos de ensaios com 1 mL de Folin Ciocalteu, 2 mL de carbonato de sódio (20%) e 2,9 mL de água destilada. As leituras

das absorvâncias foram lidas em espectrofotômetro UV-2000A Visível Instrutherm a 700 nm, realizadas 30 minutos após a adição dos reagentes. Para calibrar o espectrofotômetro, utilizou-se como branco 1 mL de água destilada, acrescentando todos os reagentes anteriormente citados.

Os resultados obtidos foram expressos em mg de ácido gálico 100 g⁻¹ de polpa e calculados por meio das Equações (12, 13 e 14):

$$C = \frac{(A_{abs} * a)}{b} \quad (12)$$

$$PET_1 = \frac{(P_a * V_a)}{V_b} * 1000 \quad (13)$$

$$PET_2 = \frac{(100 * C)}{X} \quad (14)$$

Em que: C = concentração (µg); A_{abs} = Absorvância (700 nm); a = valor do intercepto da curva padrão; b = valor do coeficiente angular da curva padrão; PET₁ = teores dos polifenóis extraíveis totais (mg); P_a = peso da amostra obtida antes da extração (g); V_a = volume da amostra (extrato) obtido após a extração (mL⁻¹); V_b = volume do balão volumétrico usado na extração (mL⁻¹); PET₂ = teores dos polifenóis extraíveis totais (mg GAE 100 g⁻¹). PET₂ = teores dos polifenóis extraíveis totais (mg GAE 100 g⁻¹).

2.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) (p≤0,05) e, quando significativos, foi realizado análise de agrupamento hierárquica (dendrograma), com a finalidade de definir grupos de tratamentos similares para verificar a influência dos atributos físico-químicos e bioativos no armazenamento da mangaba, utilizando-se o método de agrupamento das médias das distâncias UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages*) e como medida de dissimilaridade a distância euclidiana. Para a validação do método utilizado na execução da análise de agrupamento foi calculado o coeficiente de correlação cofenético (r) o qual determina o grau de deformação provocado pela construção do dendrograma, sendo que se o coeficiente de correlação cofenético for maior que 0,7 o método então empregado, bem como o agrupamento, é válido (GOBO *et al.*, 2018).

A ideia central da Análise de *Cluster* (agrupamentos) é a possibilidade de efetuar a classificação dos objetos em grupos, de forma que os objetos dentro do mesmo grupo sejam mais similares quanto possível e, de forma análoga, que os diversos grupos (*clusters*) sejam

mais diferentes o possível em sua constituição (KASSAMBARA, 2017). A análise de *Cluster* (agrupamentos) objetiva agregar objetos (e não variáveis), fazendo a agregação baseada na distância (proximidade) (HAIR *et al.*, 2009).

Foi utilizado, também, a análise de componentes principais (ACP) para diferentes grupos de variáveis, e baseada na matriz de correlação dessas variáveis foi construído o círculo de autovetores das variáveis e o diagrama de ordenação das amostras, para os dois primeiros componentes. Para as análises foi utilizado o Software R 4.2.0 (R CORE TEAM, 2022).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a permanova, a 5% de probabilidade, verificou-se efeito significativo da interação entre os diferentes revestimentos de gel de *A. barbadensis*, tempos de imersão e dias de análise pós-colheita sobre as variáveis analisadas. Desta forma, os três fatores foram estudados conjuntamente.

As 14 variáveis (*loads*) avaliadas geraram 14 componentes principais, propiciando a obtenção de informações que contribuíram para explicar as variáveis em relação aos tratamentos analisados. Observou-se, na Tabela 1, os autovalores, proporção da variância e a proporção acumulada da variância explicada por cada uma das componentes principais. A proporção acumulada da variância explicada é de extrema utilidade na identificação das componentes consideradas importantes, pois o número de componentes principais, que é necessário para descrever adequadamente o sistema em estudo, pode ser determinado considerando todas as componentes principais necessárias para descrever entre 70% e 90% da informação original dos dados (FERREIRA, 2015). Desta forma, foram utilizadas as 4 primeiras componentes principais para as próximas análises.

Tabela 1- Componentes principais (CP's), autovalores, proporção da variância e proporção acumulada para os atributos da mangaba tratada com diferentes revestimentos e tempos de imersão de *A. barbadensis*, armazenadas por 20 dias.

Componente Principal	Autovalor	Proporção da variância (%)	Proporção acumulada (%)
CP 1	5,98	42,69	42,69
CP 2	2,10	15,01	57,70
CP 3	1,06	7,59	65,28
CP 4	1,01	7,23	72,51
CP 5	0,83	5,89	78,41
CP 6	0,72	5,14	83,55
CP 7	0,58	4,12	87,66
CP 8	0,51	3,61	91,27
CP 9	0,39	2,77	94,05
CP 10	0,30	2,11	96,16

Cont... **Tabela 2-** Componentes principais (CP's), autovalores, proporção da variância e proporção acumulada para os atributos da mangaba tratada com diferentes revestimentos e tempos de imersão de *A. barbadensis*, armazenadas por 20 dias.

CP 11	0,20	1,45	97,61
CP 12	0,19	1,36	98,97
CP 13	0,08	0,60	99,56
CP 14	0,06	0,44	100,00

Números em negrito destacam as CP's com maior contribuição. Fonte: Autor

Os atributos que mais contribuíram para a formação do primeiro componente, com valores positivos de correlação (Tabela 2), foram perda de massa e pH, enquanto que luminosidade, croma, °hue, firmeza de casca, firmeza de polpa, acidez titulável, vitamina C, ABTS e PET apresentaram valores negativos de correlação. Essa relação inversa indica que a medida que aumenta a perda de massa e o pH da mangaba durante o armazenamento, os frutos apresentam perda nos parâmetros de coloração como luminosidade, croma, hue e, também, nos parâmetros físicos-químicos firmeza de casca, firmeza de polpa, acidez titulável e parâmetros bioativos vitamina C, ABTS e PET.

Já para o segundo componente principal, o atributo que apresentou correlação positivamente maior foi o índice de maturação, porém não foi possível constatar correlação do índice de maturação com os demais parâmetros analisados.

Para o terceiro componente principal, a variável que apresentou maior correlação positiva com esse componente foi o teor de sólidos solúveis, não sendo possível constatar correlação deste teor com os demais parâmetros analisados.

E para o quarto componente principal, o atributo que apresentou maior contribuição positiva na sua formação foi a atividade antioxidante total pelo método do DPPH, porém, também, não foi possível constatar correlação da atividade antioxidante com os demais parâmetros analisados.

Tabela 3 - Correlação das variáveis físicas, físico-químicas e bioativas da mangaba com as quatro primeiras componentes principais.

Variável	CP1	CP2	CP3	CP4
Perda de massa (P)	0,87	-0,28	-0,03	0,07
Luminosidade (L)	-0,84	-0,16	-0,17	0,22
Croma (C)	-0,71	-0,21	0,18	0,22
°Hue (H)	-0,68	-0,21	-0,28	0,31
Firmeza de polpa (F.polpa)	-0,88	-0,06	-0,11	-0,05
Firmeza de casca (F. casca)	-0,59	0,53	0,18	0,27
pH	0,61	0,37	-0,03	0,36
Sólidos solúveis (SS)	-0,22	0,49	0,67	-0,26
Acidez Titulável (AT)	-0,64	-0,55	0,34	-0,19
Índice de Maturação (IM)	0,45	0,74	-0,16	0,14
Vitamina C (VITC)	-0,66	0,39	0,20	0,03

Cont... **Tabela 4** - Correlação das variáveis físicas, físico-químicas e bioativas da mangaba com as quatro primeiras componentes principais.

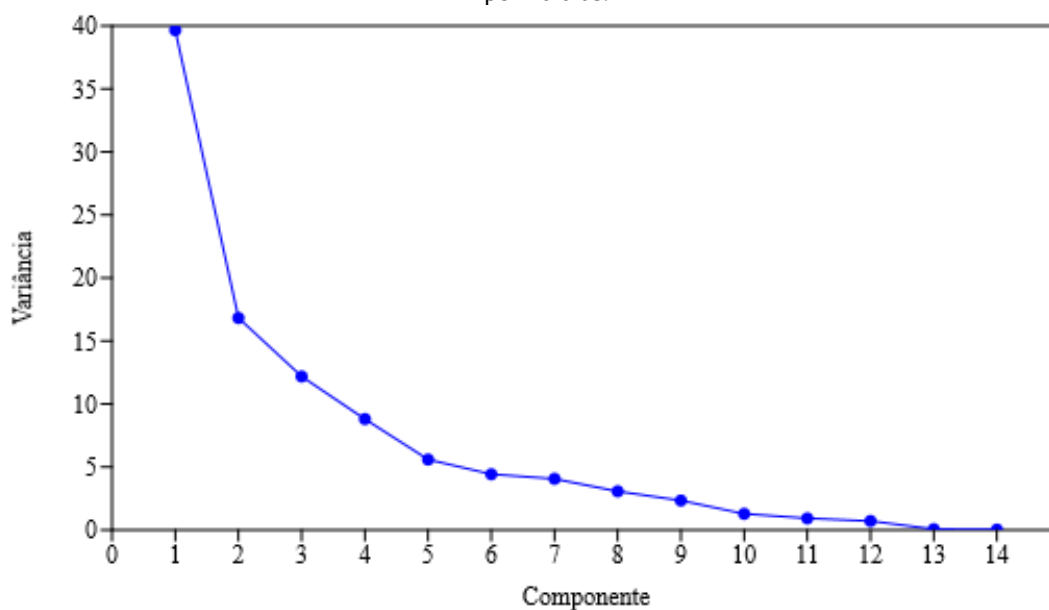
AA (DPPH)	0,31	-0,28	0,40	0,69
AA (ABTS)	-0,52	0,37	-0,24	-0,14
Polifenóis extraíveis totais (PET)	-0,76	0,24	-0,22	0,07

Números em negrito destacam variáveis com maior contribuição para a variância observada. Fonte: Autor

O diagrama de autovalores (*scree plot*) é representado por meio gráfico com o intuito de relacionar a ordem do autovalor com seu respectivo valor numérico. É possível confirmar que o CP1 possui a maior variabilidade e é altamente explicativo (Figura 3), visto que os pontos no gráfico estão associados aos autovalores e que o decréscimo desses autovalores passa a se estabilizar a partir do ponto relacionado ao CP2, sendo um indício de que os componentes a serem retidos são os dois primeiros (NEISSE e HONGYU, 2016).

Dessa forma, para a determinação do número de componentes principais que permaneceram em estudo, verificou-se que como os dois primeiros CPs gerados a partir desta análise tem autovalores > 1 (KAISER, 1958; FRAGA, *et al.*, 2015) e foram responsáveis por 57,70% da variância total no conjunto de dados, esses foram retidos, com o auxílio do *scree plot* (Figura 3). Portanto, os dois primeiros componentes principais resumem efetivamente a variância amostral total, podendo ser adotados na explicação do resultado sem perda significativa de informação.

.Figura 3 - *Scree Plot* dos autovalores dos Componentes Principais das variáveis físicas, físico-químicas e bioativas da mangaba tratada com diferentes revestimentos e tempos de imersão de *A. barbadensis*, armazenadas por 20 dias.

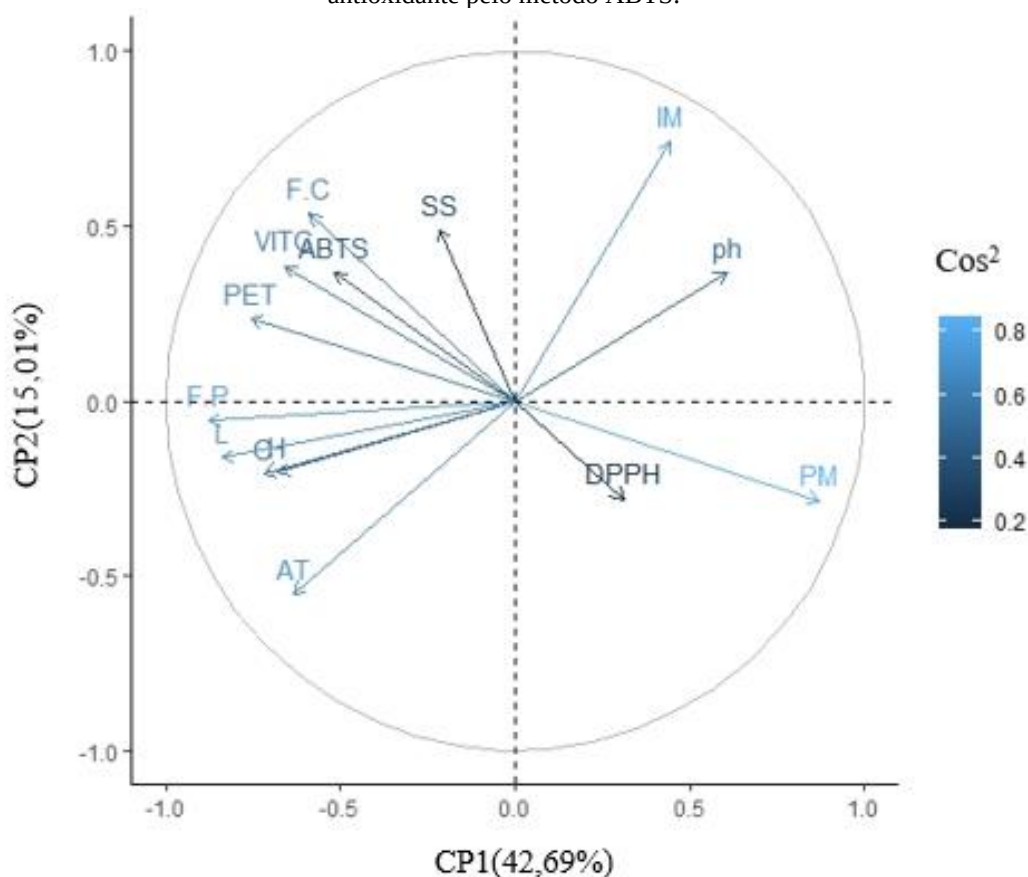


Fonte: autor.

Na Figura 4 é possível observar o círculo de correlação unitária com o gradiente de correlação das variáveis do armazenamento pós-colheita da mangaba para as componentes principais CP1 e CP2, representado por vetores, que indicam o sentido do aumento dos valores das 14 variáveis analisadas durante o experimento. O sentido e a intensidade da associação existente entre as variáveis podem ser avaliados através da correlação, sendo salientado que quanto mais próximo de 1 for o valor deste coeficiente mais forte é a relação entre as variáveis. Sendo possível, alinhar e reduzir, dentre as variáveis analisadas, aquelas que devem ser levadas em consideração para uma análise posterior.

Desta forma, observou-se que as variáveis com correlação mais próximas de 1, ou seja, que mais influenciaram nas CP's e que devem ser levadas em consideração dentre todas as analisadas foram: perda de massa, acidez titulável, luminosidade, firmeza de polpa, compostos fenólicos, vitamina C, firmeza de casca e índice de maturação (Figura 4).

Figura 4 - Correlação entre os atributos físico-químicos e bioativos da mangaba para as duas primeiras componentes principais. PM: Perda de massa; L: Luminosidade; H: °Hue; C: Croma; F.C: Firmeza de casca; F.P: Firmeza de polpa; SS: Sólidos solúveis; AT: Acidez Titulável; IM: Índice de maturação; VITC: Vitamina C; PET: Polifenóis extraíveis totais; DPPH: atividade antioxidante pelo método DPPH; ABTS: atividade antioxidante pelo método ABTS.



Fonte: Autor.

A atividade antioxidante total pelo método de ABTS apresentou correlação positiva, já a atividade pelo método de DPPH, por estar em sentido oposto, apresenta relação inversa. Portanto, à medida que o parâmetro ABTS aumenta o inverso ocorre com a atividade antioxidante por DPPH, o que é desejável visto que, para se atingir maior atividade antioxidante, o valor de captura do radical DPPH tem que ser menor, pois indica que é necessário menor quantidade de amostra para reduzir em 50% a quantidade inicial do radical DPPH (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

A alteração na coloração da casca e polpa das mangabas se torna relevante na avaliação do estágio de amadurecimento das mesmas, principalmente pelo fato dos vetores de coloração, como croma e ^ohue, se correlacionarem negativamente ao parâmetro ligado ao amadurecimento dos frutos, para a CP1, como o índice de maturação. Dessa forma, a degradação desses compostos influencia diretamente na perda de coloração dos mesmos, justificando a relação inversa entre esses parâmetros.

Com base nas características físicas, físico-químicas e biotivas das mangabas avaliadas durante o armazenamento, realizou-se o agrupamento hierárquico dos tratamentos com base na UPGMA e pelo método de agrupamento da distância euclidiana, o qual permitiu classificá-los em 6 grupos. Uma forma de validação do agrupamento é através da comparação da matriz de proximidade original com a matriz de proximidade derivada. O coeficiente de correlação assim definido, recebe o nome de correlação cofenético, e a matriz obtida, matriz cofenética. O coeficiente cofenético do presente estudo apresentou valor de 0,83, uma vez que a alta correlação cofenética mostra a consistência da análise de agrupamento em relação à matriz de dissimilaridade (YIM e RAMDEEN, 2015).

No dendrograma (Figura 5) observou-se que o grupo 1 foi formado pelos frutos analisados com 16 e 20 dias de armazenamento. Tendo prevalência dos tratamentos 25:75 (gel: água) com 2 e 8 minutos de imersão.

O grupo 2 foi formado pelos frutos analisados com 16 dias de armazenamento. Prevalecendo os tratamentos gel puro de *A. barbadensis* e 50:50 (gel: água) imersos com 5 e 8 minutos.

O grupo 3 foi formado pelos frutos analisados com 12 e 16 dias de armazenamento. Sendo constituído principalmente pelo tratamento extrato etanólico com 5 minutos de imersão.

O grupo 4 foi formado pelos frutos analisados com 4 dias de armazenamento, tendo prevalecimentos dos tratamentos 25:75 (gel: água) e 50:50 (gel: água) imersos com 5 e 8 minutos respectivamente.

O grupo 5 foi formado pelos frutos analisados no dia zero, ou seja, dia inicial da instalação do experimento. Sendo possível observar a presença de todos os tratamentos.

E o grupo 6 foi formado pelos frutos analisados com 8 e 12 dias de armazenamento, prevalecendo o tratamento gel puro de *A. barbadensis* e 75:25 (gel: água) com os frutos imersos em 2 e 8 minutos.

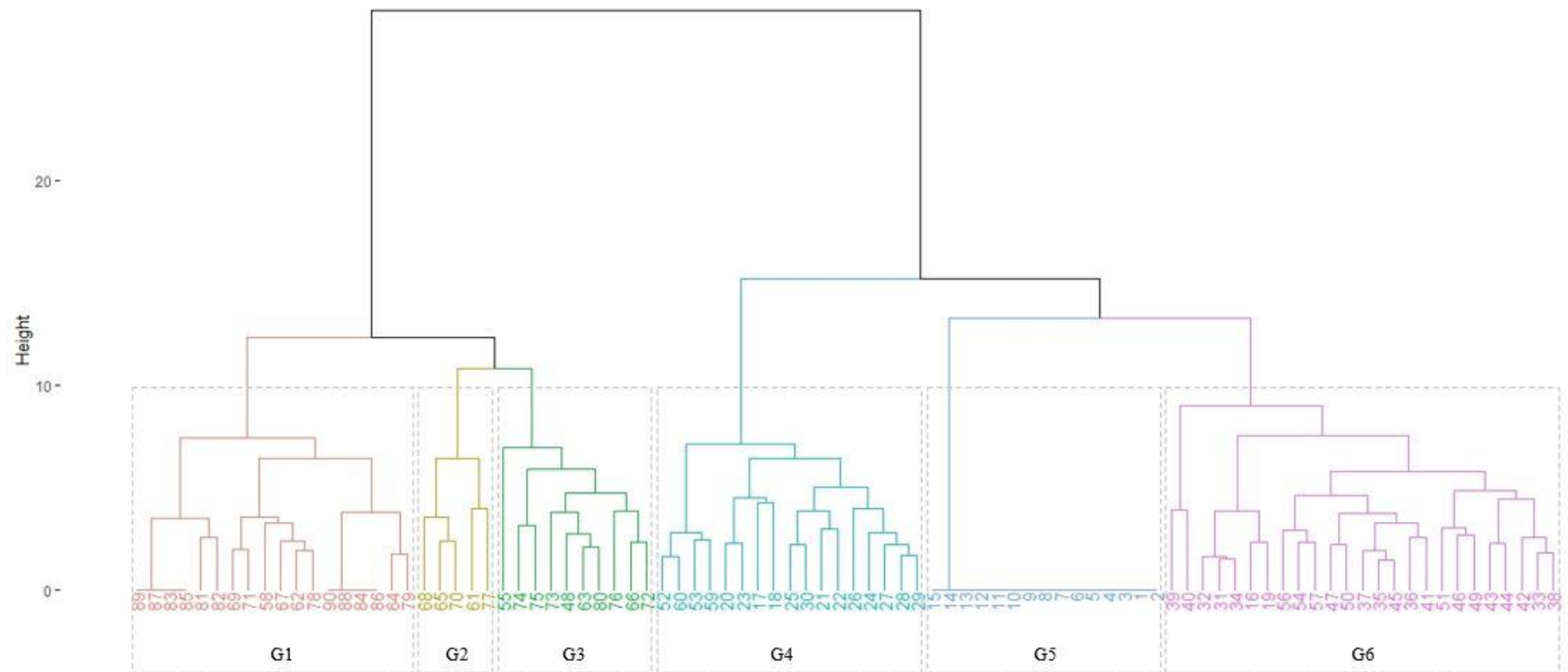
É importante ainda verificar a similaridade dos grupos dos tratamentos calculados no dendrograma de forma visual. Para isto, uma sugestão elencada por Kassambara (2017) é a utilização da *clusterização*. Esta função utiliza os dados originais e os *clusters* encontrados para plotar os resultados em um gráfico utilizando a técnica de componentes principais (Figura 6). Desta forma, é possível observar a separação dos grupos através dos dias de análises e tratamentos aplicados na mangaba. A Figura 6 apresenta o gráfico *biplot* dos Componentes Principais 1 e 2, relacionando as variáveis pós-colheita da mangaba aos tratamentos analisados, em que os tratamentos similares ocupam regiões próximas no gráfico e são caracterizadas pelos vetores (atributos) que se apresentam mais próximos a eles.

Dessa forma, constatou-se a existência de grupos formados principalmente pela separação dos dias de armazenamento e tratamentos aplicados. Observou-se ainda que a maioria dos parâmetros avaliados atuaram positivamente do lado esquerdo da figura e, esses parâmetros, são constituídos principalmente pelos tratamentos com maiores concentrações de *A. barbadensis* com os frutos imersos em 2 e 8 minutos, que auxiliaram na manutenção da atividade antioxidante pelo método ABTS e DPPH, compostos fenólicos e vitamina C, e também, pela redução da acidez e manutenção dos parâmetros de coloração (luminosidade, croma e °hue).

O grupo 6 foi responsável pelo aumento dos parâmetros caracterizados pelo aumento da atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH, compostos fenólicos e vitamina C, esse grupo é formado pelos tratamentos do quarto dia de armazenamento. Os tratamentos que mais contribuíram foram gel puro de *A. barbadensis* com 8 minutos de imersão, 75:25 e 50:50, ambos com 2 e 8 minutos de imersão.

Rufino *et al.* (2010) compararam a capacidade antioxidante de 18 frutas nativas pelas metodologias polifenóis, vitamina C, ABTS e DPPH e concluíram que a mangaba apresentou atividade antioxidante maior do que muitas frutas, incluindo jabuticaba, jambolão, juçara, camu-camu, uvaia e até acerola, que é conhecida por sua alta capacidade antioxidante. Corroborando com os resultados apresentados neste estudo que demonstraram alta atividade antioxidante da mangaba.

Figura 5 - Dendrograma da análise de agrupamento da mangaba tratada com diferentes revestimentos de *A. barbadensis* e tempos de imersão distintos por um período de 20 dias.



1: EE-2-0; 2: G75-2-0; 3: G25-2-0; 4: GP-8-0; 5: G50-5-0; 6: G75-8-0; 7: G50-8-0; 8: G25-5-0; 9: GP-5-0; 10: EE-5-0; 11: GP-2-0; 12: G25-8-0; 13: G50-2-0; 14: G75-5-0; 15: EE-8-0; 16: G75-2-4; 17: EE-2-4; 18: G75-8-4; 19: GP-8-4; 20: G25-2-4; 21: G50-5-4; 22: G50-8-4; 23: GP-5-4; 24: G25-5-4; 25: EE-5-4; 26: G25-8-4; 27: GP-2-4; 28: G50-2-4; 29: EE-8-4; 30: G75-5-4; 31: G75-2-8; 32: G25-2-8; 33: EE-2-8; 34: G50-5-8; 35: GP-8-8; 36: G75-8-8; 37: G50-8-8; 38: GP-5-2; 39: GP-5-8; 40: EE-5-8; 41: G25-5-8; 42: G25-8-8; 43: G50-2-8; 44: G75-5-8; 45: EE-8-8; 46: EE-2-12; 47: G75-2-12; 48: G25-2-12; 49: GP-8-12; 50: G50-5-12; 51: G75-8-12; 52: G50-8-12; 53: G25-5-12; 54: GP-5-12; 55: EE-5-12; 56: GP-2-12; 57: G25-8-12; 58: G50-2-12; 59: G75-5-12; 60: EE-8-12; 61: GP-8-16; 62: G25-2-16; 63: G75-2-16; 64: EE-2-16; 65: G50-5-16; 66: G25-5-16; 67: G75-8-16; 68: G50-8-16; 69: EE-5-16; 70: GP-5-16; 71: G25-8-16; 72: GP-2-16; 73: G50-2-16; 74: G75-5-16; 75: EE-8-16; 76: EE-2-20; 77: G75-2-20; 78: G25-2-20; 79: G25-5-20; 80: EE-5-20; 81: G75-8-20; 82: G50-8-20; 83: GP-8-20; 84: GP-5-20; 85: G50-5-20; 86: GP-2-20; 87: G25-8-20; 88: G50-2-20; 89: G75-5-20; 90: EE-8-20. Fonte: Autor.

Os teores de vitamina C e compostos fenólicos da mangaba aumentaram durante o armazenamento, sendo este um comportamento incomum para frutas, que normalmente mostram declínio após a colheita. No entanto, o ácido ascórbico pode permanecer constante ou aumentar durante o armazenamento para alguns tipos de frutas (CUNHA *et al.*, 2014). O aumento de vitamina C em frutas também pode estar relacionado à ação da vitamina C às reações oxidativas que ocorrem durante o amadurecimento (CARNELOSSI *et al.*, 2004), como por ser observado no trabalho de Morgado *et al.* (2020), que constataram aumento nos teores de ácido ascórbico e fenólicos de mangabas das variedades *Cuyabensis* e *Gardneri*.

O aumento nos teores de compostos fenólicos e vitamina C também pode ter ocorrido pois os revestimentos de *A. barbadensis* atrasam a senescência e mantém maior potencial da capacidade antioxidante em produtos tratados, além de possuir boa capacidade de inibir a oxidação de fenólicos, pois a concentração de fenólicos também contribui no potencial antioxidante geral (SOGVAR *et al.*, 2016).

Dessa forma, a caracterização dos compostos bioativos, como os compostos fenólicos, atividade antioxidante e vitamina c, em frutos do Cerrado tal como a mangaba, é de grande relevância para a busca de fontes alternativas e que possam agrupar atributos desejáveis (propriedades antioxidantes, antimicrobianas, anticarcinogênicas, antidegenerativas e retardadoras de envelhecimento). Este incremento pode ocorrer na formulação de novos produtos, ou mesmo na ingestão *in natura*, uma vez que tais compostos são de interesse tanto para a indústria de alimentos quanto para a de fármacos e de cosméticos (REIS e SCHMIELE, 2019).

Os resultados obtidos demonstraram o potencial da aplicação de revestimentos de extratos de *A. barbadensis* na mangaba, auxiliando na diversificação dos hábitos alimentares e nutricionais dos consumidores, complementando uma alimentação saudável, pois os métodos de preservação aplicados neste estudo gel puro de *A. barbadensis*, 75:25 e 50:50 ambos com 2 e 8 minutos de imersão contribuíram positivamente para o aumento dos níveis de compostos antioxidantes.

O grupo 5 foi formado principalmente pelos tratamentos caracterizados pela redução da acidez e manutenção dos parâmetros de coloração, que são luminosidade, croma e °hue. Os tratamentos desse grupo estão relacionados ao dia da implantação do experimento.

O grupo 4 foi formado principalmente pelo tratamento 25:75, extrato etanólico e os tempos de imersão de 2, 5 e 8 minutos apresentaram aumento do teor de sólidos solúveis. Os tratamentos desse grupo estão relacionados ao quarto e décimo segundo dia de armazenamento.

O aumento do teor de sólidos solúveis durante o amadurecimento pode ser atribuído à conversão de sólidos, como reservas de carboidratos, em açúcares simples, como glicose, frutose e sacarose, resultando em maior concentração do teor de sólidos solúveis (CHITARRA e CHITARRA, 2005). À medida que os frutos amadurecem, ocorre a diminuição da acidez e aumento do teor de sólidos solúveis, esse aumento no teor de sólidos solúveis pode estar ocorrendo devido a hidrólise e marca o início da senescência nos frutos (SAPELLI *et al.*, 2020). Isso sugere que os frutos aqui estudados, provavelmente, estavam entrando em senescência no final do período de armazenamento.

Constatou-se que, os frutos armazenados a partir do décimo sexto dia apresentaram aumento nos valores de perda de massa em relação aos do início do armazenamento, com destaque para o grupo 3. Os tratamentos que mais contribuíram correspondem ao extrato etanólico com 5 minutos de imersão.

Ramirez *et al.* (2014), estudando a aplicação do revestimento com gel de *A. barbadensis* nas amoras-preta imersas durante 8 minutos, constataram que este tempo de imersão foi capaz de reduzir a perda de massa em 2,5%, manter a firmeza em 44% e aumentar a vida útil da amora-preta em 3 dias, em comparação com o controle. Resultados semelhantes podem ser vistos no presente estudo, onde maiores concentrações de gel de *A. barbadensis* e os tempos de 2 e 8 minutos auxiliaram na redução da perda de massa, manutenção dos parâmetros de coloração e inibição dos processos de oxidação das mangabas.

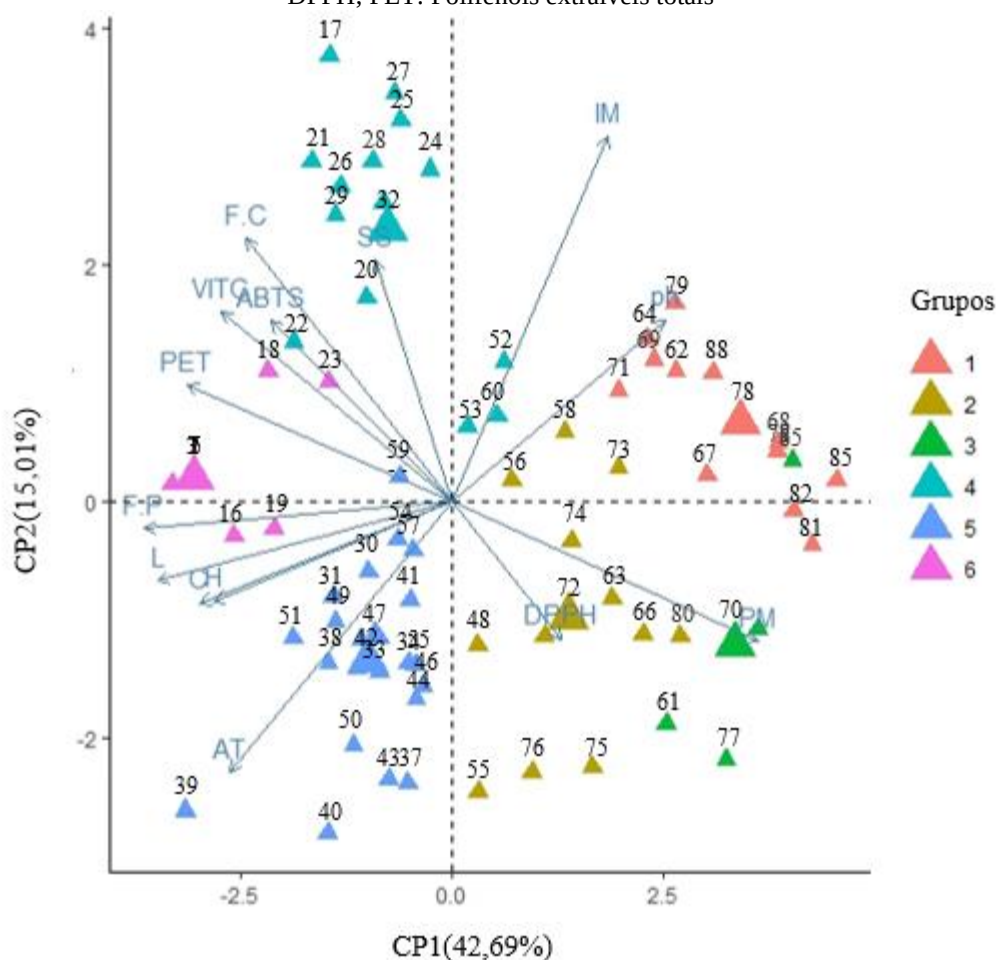
O grupo 1 foi formado principalmente pelos tratamentos 25:75 e 50:50 com 2 minutos de imersão que apresentaram aumento do pH, esse grupo foi formado pelos tratamentos do décimo sexto e vigésimo dia de armazenamento.

Sendo assim, pode-se verificar que menores concentrações de *A. barbadensis* propiciaram elevação dos parâmetros, como perda de massa, teor de sólidos solúveis e pH. Isso sugere que os frutos, aqui estudados, provavelmente estavam entrando em senescência primeiro que os frutos revestidos com as maiores concentrações. Logo, as concentrações de 25% e extrato etanólico a 1% não apresentaram resultados satisfatórios no que tange ao aumento da vida pós-colheita das mangabas.

A evolução das mangabas submetidas à diferentes extratos de *A. barbadensis* e tempos de imersão distintos, sendo armazenadas à $5\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $65\pm 5\%$ de umidade relativa do ar, por 20 dias, estão apresentadas na Figura 7. De acordo com o observado, o grupo 6 foi eficiente na conservação da atividade antioxidante, compostos fenólicos e vitamina C. Este grupo corresponde aos tratamentos gel de *Aloe barbadensis* com 75:25 (gel: água) com 2 e 8 minutos de imersão e gel puro de *Aloe barbadensis* com 8 minutos de imersão. Dessa forma, maiores

concentrações do gel de *A. barbadensis* auxiliariam na manutenção dos parâmetros físicos, físico-químicos e bioativos da mangaba.

Figura 6 - Análise Componentes Principais das variáveis físico-química e bioativa da mangaba tratada com diferentes revestimentos de *Aloe barbadensis* e tempos de imersão distintos por um período de 20 dias. (EE:extrato etanólico; GP:gel puro; G: gel diluído – [(gel puro (100% gel)); [G25- 25:75 (gel: água)]; [G50: 50:50 (gel: água)], [G75: 75:25 (gel: água)] e extrato etanólico a 1%). PM:Perda de massa; L: Luminosidade; H: °Hue; C: Croma; F.C: Firmeza de casca; F.P: Firmeza de polpa; SS: Sólidos solúveis; AT: Acidez titulável; IM: Índice de maturação; Vit.C:Vitamina C; ABTS: Atividade antioxidante ABTS; DPPH: Atividade antioxidante DPPH; PET: Polifenóis extraíveis totais

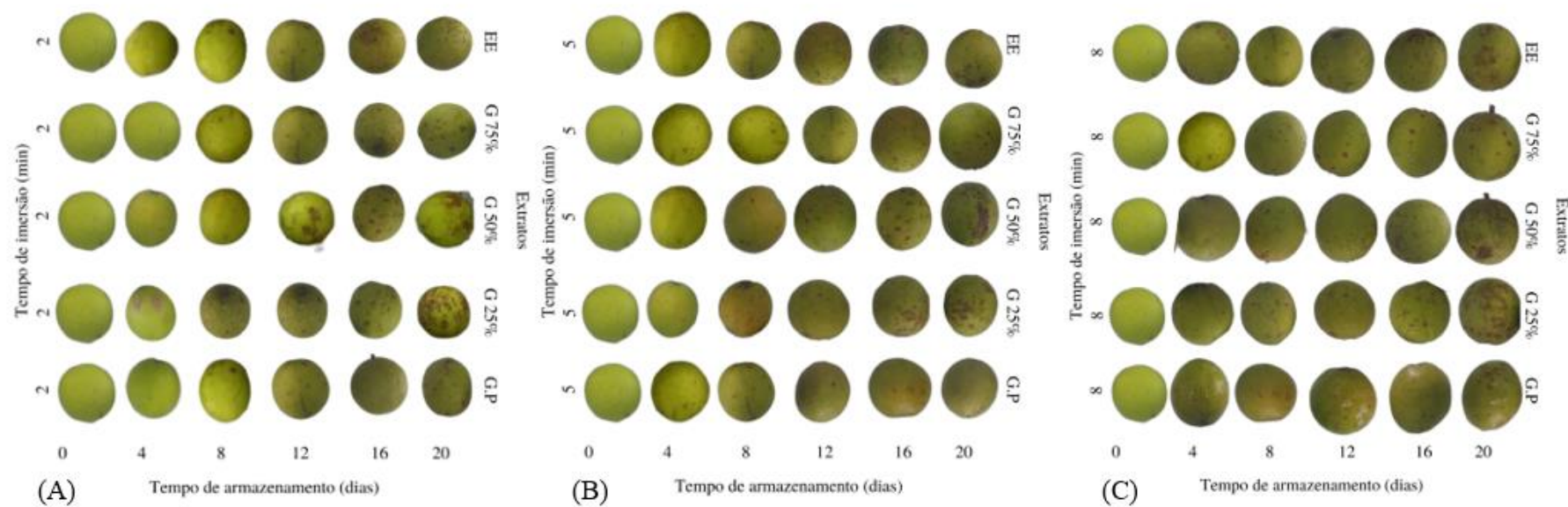


1: EE-2-0; 2: G75-2-0; 3: G25-2-0; 4: GP-8-0; 5: G50-5-0; 6: G75-8-0; 7: G50-8-0; 8: G25-5-0; 9: GP-5-0; 10: EE-5-0; 11: GP-2-0; 12: G25-8-0; 13: G50-2-0; 14: G75-5-0; 15: EE-8-0; 16: G75-2-4; 17: EE-2-4; 18: G75-8-4; 19: GP-8-4; 20: G25-2-4; 21: G50-5-4; 22: G50-8-4; 23: GP-5-4; 24: G25-5-4; 25: EE-5-4; 26: G25-8-4; 27: GP-2-4; 28: G50-2-4; 29: EE-8-4; 30: G75-5-4; 31: G75-2-8; 32: G25-2-8; 33: EE-2-8; 34: G50-5-8; 35: GP-8-8; 36: G75-8-8; 37: G50-8-8; 38: GP-5-2; 39: GP-5-8; 40: EE-5-8; 41: G25-5-8; 42: G25-8-8; 43: G50-2-8; 44: G75-5-8; 45: EE-8-8; 46: EE-2-12; 47: G75-2-12; 48: G25-2-12; 49: GP-8-12; 50: G50-5-12; 51: G75-8-12; 52: G50-8-12; 53: G25-5-12; 54: GP-5-12; 55: EE-5-12; 56: GP-2-12; 57: G25-8-12; 58: G50-2-12; 59: G75-5-12; 60: EE-8-12; 61: GP-8-16; 62: G25-2-16; 63: G75-2-16; 64: EE-2-16; 65: G50-5-16; 66: G25-5-16; 67: G75-8-16; 68: G50-8-16; 69: EE-5-16; 70: GP-5-16; 71: G25-8-16; 72: GP-2-16; 73: G50-2-16; 74: G75-5-16; 75: EE-8-16; 76: EE-2-20; 77: G75-2-20; 78: G25-2-20; 79: G25-5-20; 80: EE-5-20; 81: G75-8-20; 82: G50-8-20; 83: GP-8-20; 84: GP-5-20; 85: G50-5-20; 86: GP-2-20; 87: G25-8-20; 88: G50-2-20; 89: G75-5-20; 90: EE-8-20.

Fonte: Autor.

Os extratos utilizados juntamente com os tempos de imersão auxiliaram a mangaba a aumentar a sua vida útil até o decimo segundo dia de armazenamento pós-colheita. Corroborando com os resultados apresentados no trabalho de García-Mera *et al.* (2017), do ponto de vista organoléptico, em que durante o armazenamento pós-colheita de goiabas foi possível observar que maiores concentrações do revestimento de *A. barbadensis* retardou o amadurecimento, auxiliou na manutenção da coloração e textura, sem alterar o sabor. Mendy *et al.* (2019) observaram que o revestimento com (50%) de gel de *A. barbadensis* pode ser usado como substituto para o controle de patógenos de doenças em frutos de mamão, atraso no amadurecimento e previne eficazmente a perda dos compostos bioativos, possivelmente inibindo sua oxidação durante o armazenamento.

Figura 7 – Conservação da mangaba tratada com diferentes revestimentos de *Aloe barbadensis* e tempos de imersão distintos por um período de 20 dias: (A) 2 minutos de imersão; (B) 5 minutos de imersão; (C) 8 minutos de imersão.



Fonte: Autor.

4 CONCLUSÃO

Dentre os extratos utilizados, os extratos com maiores porcentagens do gel de *Aloe barbadensis* Miller, combinados com os tempos de imersão de 2 e 8 minutos, apresentaram resultados satisfatórios no que tange a conservação dos compostos bioativos.

Os resultados obtidos demonstraram o potencial da aplicação de revestimentos de extratos de *A. barbadensis* na mangaba em termos de extensão da vida útil e retenção dos compostos bioativos do fruto, auxiliando na diversificação dos hábitos alimentares e nutricionais dos consumidores, trazendo bem-estar aos hábitos alimentares e nutricionais dos consumidores.

5 REFERÊNCIAS

- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. Official Methods of Analysis. 19. ed. Gaithersburg: AOAC, 2012. 3000 p.
- BARBARÁ, M. A.; VEIGA, J. C.; SILVA, B. M. P.; VALENTINI, S. R. T.; CIA, P.; BRON, I. R. Refrigeração e cera na qualidade pós-colheita da tangerina ‘Fremont’ IAC-543. *Citrus Res. Technol.*, v.41, n.5, 2020.
- BENASSI, M.T.; ANTUNES, A.J. A comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractants solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1988.
- CARNELOSSI, M. A. G.; TOLEDO, W. F. F.; SOUZA, D. C. L.; LIRA, M. L.; SILVA, G. F.; JALALI, V. R. R.; VIÉGAS, P. R. A. Conservação pós-colheita de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1119-1125, 2004.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutos e Hortalças: Fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- CUNHA, K. D.; SILVA, P. R.; COSTA, A. L. S. F.; TEODORO, A. J.; KOBLITZ, M. G. B. Estabilidade de ácido ascórbico em sucos de frutas frescos sob diferentes formas de armazenamento. **Braz. J. Food Technol**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 139-145, 2014.
- FRAGA, A.B.; SILVA, F.L.; HONGYU, K.; SANTOS, D.D.S.; MURPHY, T.W.; LOPES, F.B. Multivariate analysis to evaluate genetic groups and production traits of crossbred Holstein × Zebu cows. **Tropical Animal Health Production**, Lisboa, v. 48, n. 3, p. 1-6, 2015.
- FERREIRA, M.M.C. **Quimiometria: conceitos, métodos e aplicações**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2015. 494 p.

- FERRO, J. H. A.; LEMOS, E. E. P.; FROEHLICH, A.; SOUSA, J. S.; FAUSTINO, G. L. Caracterização morfológica dos frutos de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) produzidos em Alagoas. **Ciência Agrícola**, Alagoas, v. 13, n.1, p. 69 - 75, 2015.
- GARCIA-MERA, G. A.; SALAS-MACIAS, C. A.; CANALES-TORRES, H. Gwendoline. Recubrimiento comestible natural con base en Aloe vera como estrategia de conservación de Psidium guajava. **Rev. Cient.**, Bogotá, n.30, v.1, 2017..
- GOBO, J.P.A.; GALVANI, E.; WOLLMANN, C.A. Influência do clima regional sobre o clima local a partir do diagnóstico de abrangência espacial e extrapolação escalar. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 22, p. 210-228, 2018.
- HAIR, J. F.; WILLIAM, C.; BLACK, B. J.; BABIN, E.; TATHAM, R. L. **Análise Multivariada de Dados**. 6a ed. São Paulo: Bookman. 2009.
- KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, Boston, v. 23, n. 3, p. 187- 200, 1958.
- KASSAMBARA, A. **Practical Guide To Cluster Analysis in R**. 1 ed. USA: STHDA. 2017.
- LAZZARIS, R. S.; ANA CAROLINE FERREIRA CARVALHO, A. C. F.; LAHUD, M. S.; AMARAL, B.; HOFFMANN, T. G.; BERTOLI, S. L.; SOUZA, C. K. Influência dos revestimentos de gel de aloe vera e Goma de feno-grego na atividade microbológica Em maçã cv. Fuji minimamente processada. **Agron Food Academy**, v. 28, n.1, 2020.
- MARIANO-NASSER, F. A. C.; BOLIANI, A. C.; NASSER, M. D.; PAGLIARINI, M. K.; MENDONÇA, V. Z. Conservação de mangabas submetidas à aplicação de quitosana. **Científica**, Jaboticabal, v.44, n.2, p.279 – 285, 2016.
- MORGADO, C. M. A.; LIMA, A. C. S.; SIQUEIRA, A. P.; SOUZA, E. R. B.; JUNIOR, L. C. C. Bioactive Compounds and antioxidant activity of mangaba. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 36, n. 2, 2020.
- MONZON-ORTEGA, K.; SALVADOR-FIGUEROA, M.; ALVEZ-LOPEZ, D.; ROSAS-QUIJANO, R.; OVANDO-MEDINA, I.; AZQUEZ-OVANDO, A. Characterization of Aloe vera-chitosan composite films and their use for reducing the disease caused by fungi in papaya Maradol. **Journal of Food Science and Technology**, Illinois, v.55, n.1, 2018.
- NEISSE, A.C.; HONGYU, K. Aplicação de Componentes Principais e Análise Fatorial a dados criminais de 26 Estados dos Eua. **Engineering and Science**, Cuiabá, v. 5, n. 2, p. 105-115, 2016.
- OLIVEIRA, B.F.; NASCIMENTO, C.P.; DANTAS, C.E.A.; LIMA, I.V.S.; SARMENTO, D.A.; SILVA, M.A.; FARIAS, V.L. Effect of enzymatic treatment on clone cacao pulping: Physicochemical characteristics, polyphenols content and antioxidant activity. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v.9, n.7, p.1-21, 2020.
- PARVEN, A.; SARKER, R.; MEGHARAJ, M.; MEFTAUL, M. Prolonging the shelf life of Papaya (*Carica papaya* L.) using Aloe Vera gel at ambient temperature. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v.265, n.10, p.70-77, 2020.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2022.

RAMÍREZ, Q. J. D.; ARISTIZÁBAL, T.; IVÁN, D.; RESTREPO, F.; JORGE, I. Conservación de mora de castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila. **Vitae**, v. 20, p. 172 - 183, 2014.

RASOULI, M.; KOUSHESH, S. M.; RAMEZANIAN, A. Inhibitory effect of salicylic acid and Aloe vera gel edible coating on microbial load and chilling injury of orange fruit. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v.247, n.1, 2019.

REIS, A. F.; SCHMIELE, M. Characteristics and potentialities of Savanna fruits in the food industry. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.22, n.1, 2019.

RESTREPO, F.; JORGE, I.; ARISTIZABAL, T.; IVÁN, D. conservación de fresa (fragaria x ananassa duch cv. camarosa) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe barbadensis* Miller) y cera de carnaúba. **Vitae**, Medellín, v. 17, n. 3, 2010.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D. **Metodologia Científica**: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. Comunicado Técnico 127. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, Barking, v.121, n.1, p.996-1002, 2010.

SAPELLI, K. S.; FARIA, C. M. D. R.; BOTELHO, R. V. Postharvest conservation of peaches with the use of edible coatings added with yerba mate extract. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, n.1, 2020.

SIQUEIRA, A. P. S.; MORGADO, C. M. A.; CAVALCANTE, K. A.; CUNHA JUNIOR, C.; SOUZA, E. R. B. Vida útil de mangaba do cerrado em diferentes estádios de maturação. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 3, 2018.

SOGVAR, O. B.; SABA, M. K.; EMAMIFAR, A. Aloe vera and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.29, n.35, 2016.

TRESSLER, D. K.; JOSLYN, M. A. Fruit and Vegetable Juice-Processing Technology. London J Westport, connecticut, the Avi pub. Co., inc, v. 1028, p. 11, 1961.

VEIGA, J. C.; BARBARÁ, M. A.; SILVA, B. M. P.; VALENTINI, S. R. T.; CRISTOFANI-YALY, M.; BRON, I. U. Refrigeração e cera na conservação pós-colheita da tangerina IAC 2019Maria. **Citrus Res. Technol.**, v.40, n.10, 2019.

VIEIRA, R. F.; *et al.* **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2018, 320p.

CAPÍTULO III

REVESTIMENTOS DE EXTRATOS DE *ALOE BARBADENSIS* MILLER NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DO TOMATE CEREJA SOB DIFERENTES TEMPOS DE IMERSÃO

RESUMO

A cultura do tomateiro é uma das mais importantes hortaliças cultivadas no Brasil, no entanto, é um produto altamente perecível após a colheita, dada a fragilidade dos seus tecidos e pela intensa atividade metabólica, resultando em redução da sua vida pós-colheita. Para prolongar o período de armazenamento, é necessário utilizar técnicas de conservação que interfiram nos processos fisiológicos, reduzindo as taxas de transpiração e respiração. As mucilagens presentes no gel da *Aloe barbadensis* Miller tem gerado grande interesse como material de revestimento comestível, devido às suas conhecidas propriedades antimicrobianas, antifúngicas e por formar uma barreira semipermeável no fruto, podendo ser usadas para prolongar a vida de prateleira de frutos. Desta forma, objetivou-se avaliar os tomates cereja submetidos à diferentes extratos de *Aloe barbadensis* Miller (*A. barbadensis*) e tempos de imersão. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial triplo 5x3x6, com 4 repetições com 4 frutos cada, sendo o primeiro fator composto por cinco extratos de *A. barbadensis* [gel puro (100% gel), 25:75 (gel: água), 50:50 (gel: água), 75:25 (gel: água), e extrato etanólico a 1%] e um adicional para comparação, o tratamento controle (sem aplicação de *A. barbadensis*); o segundo fator composto por três tempos de imersão dos tomates nos extratos de *A. barbadensis* (2 minutos, 5 minutos e 8 minutos), e o terceiro fator composto pelos dias de armazenamento pós-colheita (0, 4, 8, 12, 16 e 20 dias). Os tomates revestidos foram armazenados em incubadora B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*) à $10\pm0,5^{\circ}\text{C}$ e $38\pm5\%$ de umidade relativa do ar, durante 20 dias, sendo as análises realizadas a cada 4 dias. Os frutos foram avaliados quanto à: perda de massa, conservação pós-colheita, firmeza de casca (FC), firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), pH, índice de maturação (IM), coloração (L^* , $^{\circ}\text{Hue}$ e Croma), atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH, polifenóis extraíveis totais (PET), vitamina C, clorofila (a e b) e carotenoides (licopeno e beta-caroteno). Os dados foram submetidos à análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) ($P\leq0,05$) e, quando significativos, foram demonstrados por meio de dendrograma de similaridade pelo método de agrupamento de UPGMA e análise de componentes principais (ACP), utilizando-se a matriz de distância euclidiana através do programa R, versão 4.2.0. Houve interação significativa para os três

fatores e, assim, foram estudados conjuntamente. De acordo com o dendrograma, os tratamentos formaram 5 agrupamentos, conforme as similaridades de seus comportamentos. Já em relação a ACP, dentre os extratos e tempos de imersão, as maiores porcentagens do gel de *Aloe barbadensis* Miller combinados com os tempos de imersão de 2 e 8 minutos apresentaram resultados satisfatórios no que tange a conservação da atividade antioxidante e, principalmente, pela firmeza de casca, apresentando característica comercial interessante para frutos destinados ao consumo *in natura*, e ser um dos indicativos de qualidade mais importantes exigidos pelo consumidor.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*. Armazenamento. Refrigeração. Tempo de imersão.

ABSTRACT

The tomato crop is one of the most important vegetables grown in Brazil, however, it is a highly perishable product after harvest, given the fragility of its tissues and the intense metabolic activity, resulting in a reduction in its post-harvest life. To prolong the storage period, it is necessary to use conservation techniques that interfere with physiological processes, reducing transpiration and respiration rates. The mucilages present in *Aloe barbadensis* Miller gel have generated great interest as an edible coating material, due to their known antimicrobial and antifungal properties and for forming a semi-permeable barrier in the fruit, which can be used to prolong the shelf life of fruits. Thus, the aim was to evaluate cherry tomato fruits submitted to different extracts of *Aloe barbadensis* Miller (*A. barbadensis*) and immersion times. A completely randomized design was used, in a 5x3x6 triple factorial scheme, with 4 replications with 4 fruits each, the first factor being composed of five extracts of *A. barbadensis* [pure gel (100% gel), 25:75 (gel: water), 50:50 (gel: water), 75:25 (gel: water), and 1% ethanolic extract] an additional treatment, for comparison, control treatment (without application of *A. barbadensis*); the second factor composed of three immersion times of tomatoes in the extracts of *A. barbadensis* (2 minutes, 5 minutes and 8 minutes), and the third factor composed of the days of post-harvest storage (0, 4, 8, 12, 16). and 20 days). The coated tomatoes were stored in a B.O.D (Biochemical Oxygen Demand) incubator at $10\pm0.5^{\circ}\text{C}$ and $38\pm5\%$ relative humidity for 20 days, with analyzes performed every 4 days. The fruits were evaluated for: mass loss, post-harvest conservation, skin firmness (SF), pulp firmness (PF), soluble solids (SS), titratable acidity (TA), pH, maturation index (MI), color (L^* , $^{\circ}\text{Hue}$ and Chroma), antioxidant activity by ABTS and DPPH methods, total extractable polyphenols (TEP), vitamin C, chlorophyll (a and b) and carotenoids (lycopene and beta-carotene). Data were submitted to permutational

multivariate analysis of variance (PERMANOVA) ($P \leq 0.05$) and, when significant, were demonstrated by means of a similarity dendrogram using the UPGMA clustering method and principal component analysis (PCA), using if the Euclidean distance matrix through the R program, version 4.2.0. There was a significant interaction for the three factors and, therefore, they were studied together. According to the dendrogram, the treatments formed 5 groups, according to the similarities of their behavior through the variables. In relation to PCA, among the extracts and immersion times, the extracts with the highest percentages of *Aloe barbadensis* Miller gel combined with immersion times of 2 and 8 minutes showed satisfactory results regarding the conservation of antioxidant activity and, mainly by the firmness of the rind, presenting an interesting commercial characteristic for fruits destined for fresh consumption, and being one of the most important quality indicators demanded by the consumer.

Keywords: *Solanum lycopersicum*. Storage. Refrigeration. Immersion time.

1 INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é considerado uma das hortaliças mais consumidas no mundo, tanto *in natura* quanto na forma industrializada. O Brasil está entre os 10 maiores produtores mundiais. Segundo o levantamento sistemático da produção agropecuária e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em novembro de 2021, o país produziu 4.000.124 toneladas de tomate. É líder de produção na América Latina, representando 58,8% da produção e possui uma das produtividades mais elevadas do mundo. O consumo do fruto contribui para uma alimentação saudável e equilibrada, pois são ricas em minerais, vitaminas, aminoácidos essenciais, açúcares e fibras alimentares (FAOSTAT, 2022; IBGE, 2021).

Existem vários tipos de tomate, dentre os quais se destaca o tipo cereja (*Solanum lycopersicum*), que foi introduzido no Brasil na década de 1990. Destaca-se pela cor vermelha intensa ou amarela, ademais, boa consistência, resistência a doenças e alto valor nutricional (JUNQUEIRA *et al.*, 2021).

Durante o período pós-colheita, o tomate, por ser um fruto climatérico, possui elevada perecibilidade, e seu processo de maturação ocorre de forma rápida desencadeando alterações fisiológicas e bioquímicas que afetam principalmente o sabor, o odor e a textura. É necessário garantir a qualidade externa do fruto, sendo um fator determinante na atração do consumidor e, principalmente, na influência de compra do produto (COSTA, 2021).

Neste contexto, algumas técnicas são utilizadas visando a manutenção da qualidade dos frutos e extensão da sua vida útil (MENEZES *et al.*, 2017). Dessa forma, o armazenamento

refrigerado, aliado a outras técnicas de conservação é uma ferramenta importante para o prolongamento da vida útil de frutos, sendo o principal meio de conservação, possibilitando, portanto, a comercialização em locais distantes da produção (MORGADO *et al.*, 2015). Dentre essas técnicas, pode-se utilizar as coberturas, pois estas mantêm a firmeza, inibem o crescimento microbiano e reduzem a perda de massa dos frutos durante o armazenamento (AZIZ e SALAMA, 2021).

A crescente popularidade de alimentos de alta qualidade e com boas propriedades nutricionais está levando ao aumento do interesse por técnicas de preservação totalmente naturais, considerando os recentes interesses do consumidor e mercado em sustentabilidade, desde as técnicas de cultivo e seu impacto no meio ambiente (XILOYANNIS *et al.*, 2012) até a produção de frutas na cadeia de suprimentos. Portanto, os revestimentos comestíveis de base natural parecem manter inalteradas as características organolépticas da fruta e satisfazer produtores e consumidores, sem a adição de produtos químicos que possam ser prejudiciais ao homem e ao meio ambiente (WIRYAWAN *et al.*, 2020).

Atualmente, uma das matrizes naturais de revestimentos comestíveis mais estudadas é o gel extraído das folhas de *A. barbadensis*, visto que seu gel é rico em compostos bioativos que têm sido amplamente utilizados por suas propriedades medicinais e terapêuticas (NI *et al.*, 2004), incluindo antraquinonas; aloína α e β ; hemodina; aloe-manano (polissacarídeo); lecitina; vitaminas (A, B1, B2, B6, B12, C e E); sais minerais (zinco, magnésio, manganês, selênio, cálcio e ferro); ácido acetilsalicílico e colina amilase.

Celis *et al.* (2019) utilizaram revestimentos de gel de *A. barbadensis* nas concentrações de 50 e 75% e estes reduziram a taxa de respiração das groselhas em uma porcentagem entre 26 e 86%. Chalapud *et al.* (2016) aplicaram extrato feito a partir de *A. barbadensis* na cultura da batata e o extrato permitiu maior conservação do conteúdo de carotenoides totais em até 70% com relação ao controle, que não apresentava revestimento. O gel de *A. barbadensis* auxiliou na manutenção da firmeza, perda de massa e cor de kiwis minimamente processados. Esses resultados foram confirmados também por meio da análise sensorial, não alterando o sabor natural das fatias de kiwi (PASSAFIUME *et al.*, 2020).

Até o momento, não foram encontrados relatos do uso de extratos de *A. barbadensis* como revestimento para preservação pós-colheita do tomate cereja. Contudo, a literatura apresentada para esse gel, em termos de preservação e extensão da vida útil dos frutos, instiga a investigação da *A. barbadensis* para o tomate. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes extratos de *A. barbadensis* aplicados em forma de revestimentos no tomate

(*Solanum lycopersicum*), com tempos de imersão distintos, como forma de contribuir para o escoamento e ampliação da comercialização desse fruto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Origem, colheita e preparo dos frutos

Os tomates foram colhidos manualmente no estágio vermelho-maduro (MONTEIRO *et al.*, 2018), em junho de 2022 no município de Planalмира-GO, latitude 16°08'50" S, longitude 48°56'45.2" O e altitude média de 930 metros.

Após a colheita, os frutos foram transportados refrigerados em caixas de poliestireno expandido até o laboratório de pós-colheita do Campus Central – Henrique Santillo, da Universidade Estadual de Goiás, Anápolis/GO. No laboratório, os tomates foram selecionados, manualmente e visualmente, em relação a ausência de defeitos e uniformidade de tamanho, visando à uniformidade do lote. Posteriormente, os frutos selecionados foram submetidos a sanitização com hipoclorito de sódio (NaClO) 200 mg L⁻¹, por 5 minutos, com posterior enxague em água destilada, e colocados em temperatura ambiente média de 25±0,5°C para secagem.

2.2 Origem, colheita e preparo das folhas de *Aloe barbadensis* Miller

As folhas de *A. barbadensis* foram colhidas manualmente em junho de 2022 na cidade de Orizóna-GO, latitude 17° 1' 49 S, longitude 48° 17' 27" O e altitude média de 800 metros, sendo padronizadas em relação ao tamanho de 25 a 30 centímetros, túrgidas (entumecidas) e sem manchas ou pontos secos. Após a colheita foram acondicionadas em caixas de poliestireno expandido (EPS), na posição vertical, para propiciar a drenagem do látex, e as folhas de *A. barbadensis* foram sanitizadas com hipoclorito de sódio (NaClO) 50 mg L⁻¹, por 5 minutos, com posterior enxague em água destilada, e processadas para obtenção do gel de *A. barbadensis* (FERRO *et al.*, 2015)

2.3 Caracterização e condução do experimento

2.3.1 Extratos de *A. barbadensis* + Tempos de imersão + Dias

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial triplo 5x3x6, com 4 repetições com 4 frutos cada, sendo o primeiro fator composto por cinco extratos de *A. barbadensis* [gel puro (100% gel), 25:75 (gel: água), 50:50 (gel: água), 75:25 (gel: água),

e extrato etanólico a 1%] e um adicional para comparação, tratamento controle (sem aplicação de *A. barbadensis*); o segundo fator composto por três tempos de imersão do tomate nos extratos de *A. barbadensis* (2 minutos, 5 minutos e 8 minutos), e o terceiro fator composto pelos dias de armazenamento pós-colheita (0, 4, 8, 12, 16 e 20 dias). No total foram utilizados 2016 frutos, sendo 1728 para as análises destrutivas e 288 frutos para as análises não destrutivas.

Para o preparo dos extratos de *A. barbadensis*, a camada externa do córtex das folhas foi separada da matriz do gel. A matriz do gel (hidro-parênquima incolor) foi homogeneizada por meio de um liquidificador elétrico. O gel de *A. barbadensis* foi pasteurizado a 70°C, por 45 minutos, com o auxílio de um protótipo de pasteurizador. Finalmente, o gel de *A. barbadensis* foi armazenado em frascos âmbar de 1 L a 4°C para prevenir a oxidação (PARVEN *et al.*, 2020).

O protótipo de pasteurizador é constituído por um forno elétrico medindo 0,20:0,39:0,24 m (altura, largura e profundidade). Para o controle automatizado da temperatura interna do pasteurizador é empregado um sensor termo-higrômetro, modelo AM2301, com 0,5°C e 3% de precisão na temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente, que é controlado por meio de um micro controlador do tipo Arduino®, que por sua vez transmite os dados a um computador com processador Intel® Core™ i7-4510U 2GHz, 8GB de RAM e HD 500. O micro controlador permite também acionar a resistência de aquecimento.

Os extratos etanólico e aquoso de *A. barbadensis* foram produzidos pelo método proposto por Silva (2021). Para o extrato etanólico, o gel de *A. barbadensis* foi adicionado em álcool etílico 96°GL e feito o processo de maceração constante por 15 dias. Após este período, o líquido foi colocado em frasco âmbar até o momento de uso. Para o extrato aquoso, o gel de *A. barbadensis* foi adicionado em água destilada e feito as diluições de acordo com cada tratamento [25:75 (gel: água), 50:50 (gel: água), 75:25 (gel: água)].

Os tomates foram revestidos por imersão nos diferentes extratos de *A. barbadensis* e diferentes períodos de imersão. Posteriormente à secagem do revestimento em temperatura ambiente 25±0,5°C, diretamente no fruto, os tomates foram armazenados em incubadora B.O.D *Biochemical Oxygen Demand* à 10±0,5°C e 38±5% de umidade relativa do ar, durante 20 dias, sendo as análises realizadas a cada 4 dias.

2.4 Análises realizadas

2.4.1 Perda de massa

Para a perda de massa, os frutos de cada repetição foram pesados individualmente, e as pesagens foram realizadas utilizando-se balança digital de precisão (Shimadzu, BL 3200H, Kyoto, Japão), precisão de 0,5 g, com carga máxima de 3200 g, considerando a massa inicial de cada fruto, sendo calculada a porcentagem de perda a partir da Equação (15):

$$PM (\%) = \frac{(M_i - M_d)}{M_i} * 100 \quad (15)$$

Em que: PM (%) = Perda de Massa; M_i = Massa inicial do fruto (g); M_d = Massa do fruto no dia de análise (g).

2.4.2 Firmeza do fruto

A firmeza dos frutos foi determinada com o auxílio de um texturômetro da marca Brookfield (*Texture Analyser* CT3 - 50K), com velocidade de 7 mm s⁻¹, sendo utilizado a ponteira de prova cilíndrica, com 2 mm de diâmetro e 20 mm de altura. Para essa análise, os frutos foram posicionados no sentido longitudinal, sendo realizadas duas leituras por fruto de cada repetição. Os resultados foram expressos em Newton (N).

2.4.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

Para o pH e as demais citadas posteriormente, as amostras foram trituradas e as análises foram feitas a partir do suco. O pH foi obtido utilizando-se um potenciômetro portátil (pH 0-14 K39-0014P-Kasvi), com precisão de $\pm 0,06$ e compensação automática de temperatura (AOAC, 2012).

2.4.4 Acidez titulável (AT)

A determinação da acidez titulável se deu por titulação, utilizando-se 5 g de polpa homogeneizada e diluída até o volume total de 100 mL com água destilada. A titulação foi feita com solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 mol L⁻¹, tendo como indicador fenolftaleína a 1%. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de ácido cítrico, e calculados conforme a Equação (16), segundo a recomendação da AOAC (2012).

$$AT (\%) = \frac{V * F_C * C * E_q}{P_a} \quad (16)$$

Em que: V: Volume da solução de NaOH gasto na titulação (mL); Fc: Fator de Correção da solução de NaOH; C: Concentração da solução de NaOH (mol L^{-1}); Eq: Equivalente-grama do ácido cítrico (g); Pa: Peso da amostra adicionado no Erlenmeyer (g).

2.4.5 Sólidos solúveis (SS)

Foi determinado por leitura refratométrica, com refratômetro digital portátil da marca Reichert (Brix/RI-Chek), medindo de 0 a 62 °Brix, seguindo a recomendação da AOAC (2012), e os resultados foram expressos em °Brix.

2.4.6 Índice de maturação (SS/AT)

Foi determinado pela relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável (TRESSLER e JOSLYN, 1961).

2.4.7 Coloração

A coloração da casca foi obtida por refletância, utilizando-se colorímetro portátil da Konica Minolta (CR-400), com escala CIELAB (L^* , a^* e b^*). A coordenada L^* indica quão escuro (0) e quão claro (100) é o produto, a coordenada a^* está relacionada à intensidade de verde (-a) a vermelho (+a) e a coordenada b^* está relacionada à intensidade de azul (-b) a amarelo (+b). A partir das coordenadas a^* e b^* , calculou-se o croma (pureza da cor), Equação (17), e o °hue (tonalidade da cor), Equação (18):

$$\text{Croma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (17)$$

$$^{\circ}\text{Hue} = \arctan g\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (18)$$

2.5 Análises bioativas

2.5.1 Vitamina C (ácido ascórbico)

O teor de ácido ascórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) foi quantificado pela adição de 5 mL de amostra do suco do tomate em um balão volumétrico de 50 mL, o qual foi completado com solução extratora de ácido oxálico a 0,5% ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$). Após a filtragem da amostra diluída em gaze, uma alíquota de 10 mL foi usada para a determinação quantitativa da vitamina C, por meio de titulação oxidativa com 2,6-diclorofenolindofenol a 0,02%, sendo o ponto de viragem detectado

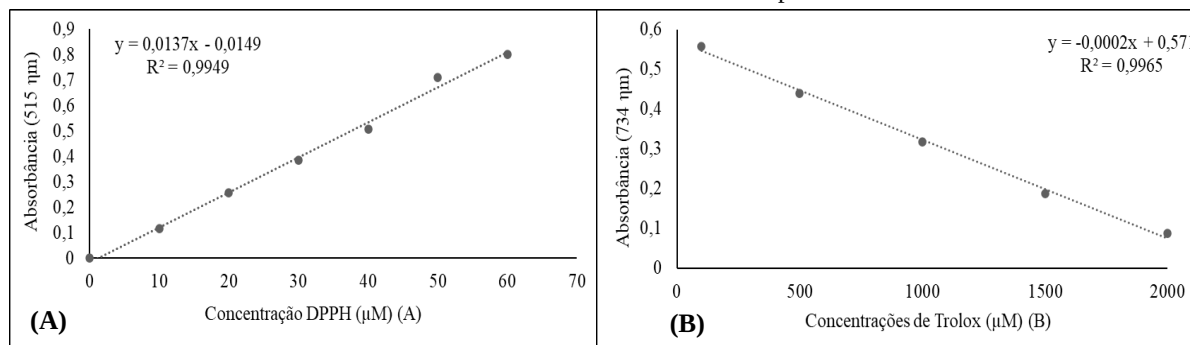
visualmente pela coloração rósea claro (BENASSI e ANTUNES, 1988). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 ml⁻¹ de polpa.

2.5.2 Atividade antioxidante total (AAT)

A obtenção dos extratos do fruto foi realizada conforme metodologia adaptada de Rufino *et al.* (2010). Pesou-se 2,5 g de amostra em um béquer, onde foi adicionado 10 mL de metanol 50%, que foi homogeneizado e deixado em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente. Em seguida, a solução contendo amostra e metanol 50% foi transferida para um tubo de ensaio e centrifugada (3.000 rpm) durante 30 minutos. Após a centrifugação, o sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 25 mL. A partir do resíduo da primeira extração, adicionou-se 10 mL de acetona 70%, homogeneizando-se e deixando em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente. Centrifugou-se novamente a solução (15.000 rpm) durante 30 minutos, transferindo o sobrenadante para o balão volumétrico contendo o primeiro sobrenadante e completando-o para um balão de 25 mL com água destilada.

A atividade antioxidante total foi determinada usando-se os métodos de captura do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), conforme Rufino *et al.* (2010), com curva padrão apresentada na Figura 8A, e os resultados expressos em EC50 g tomate g⁻¹ DPPH, e captura do radical ABTS (2,2'-AZINO-BIS (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt), também de acordo com Rufino *et al.* (2010) com curva padrão mostrada na figura 8B, e os resultados foram expressos em μmol de trolox g⁻¹ de tomate. A absorbância foi medida em espectrofotômetro (Espectrofotômetro digital UV/VIS, modelo UV-5100, M. Metash) a 515 nm para DPPH e 734 nm para ABTS, no tempo de 60 e 6 minutos, respectivamente, após a adição da amostra.

Figura 8 - Curva do DPPH x absorbâncias (A) e curva do ABTS x absorbâncias (B) para tomates cereja imersos à diferentes extratos de *Aloe barbadensis* e tempos de imersão.



Fonte: Autor.

Os resultados obtidos da atividade antioxidante pelo método DPPH foram calculados pelas Equações (19, 20, 21 e 22) e expressos em EC50 g tomate g⁻¹ DPPH

$$X = \frac{(\frac{A_c}{2} + a_1)}{b_1} \quad (19)$$

$$Y = \frac{X}{1.000.000} * 394,3 \quad (20)$$

$$X' = \frac{(\frac{A_c}{2} - a_2)}{-b_2} * 1000 \quad (21)$$

$$A = \frac{X'}{Y} \quad (22)$$

Em que: X= atividade antioxidante (μmol L⁻¹ DPPH); Ac= absorvância inicial do controle (515 nm); a₁= valor do intercepto da curva padrão; b₁= valor do coeficiente angular da curva padrão; Y= atividade antioxidante (g DPPH); 394,3= peso molecular do DPPH; X'= atividade antioxidante (EC50g tomate g⁻¹ DPPH); a₂= valor do intercepto da curva obtida a partir das absorvâncias das diferentes diluições dos extratos; b₂= valor do coeficiente angular da curva obtida a partir das absorvâncias das diferentes diluições dos extratos; A= atividade antioxidante (EC50 g tomate g⁻¹ DPPH).

Já os resultados obtidos da atividade antioxidante pelo método ABTS foram calculados pelas Equações (23, 24 e 25) e expressos em μmol trolox g⁻¹.

$$y = -ax + b \quad (23)$$

$$X_{(g)} = x/1000 \quad (24)$$

$$Z = \frac{1000}{X_{(g)}} * 1 \quad (25)$$

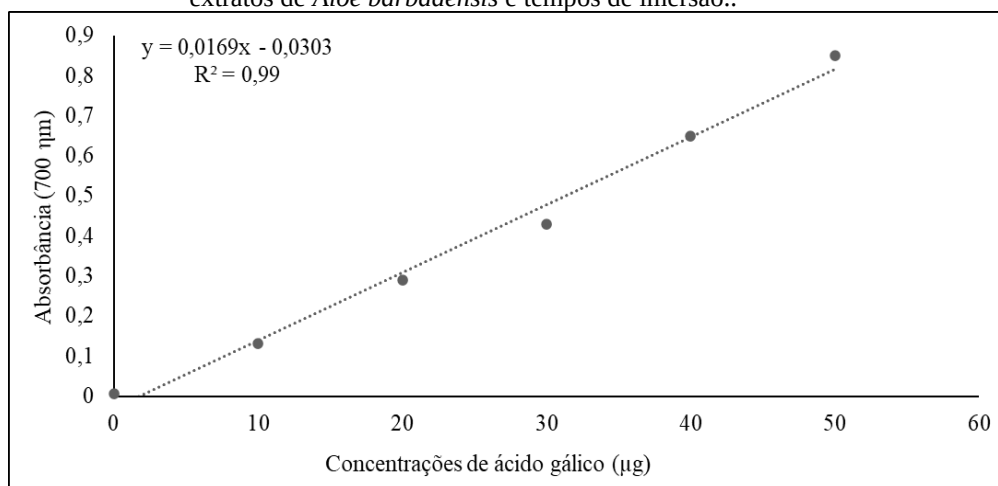
Em que: y = Absorvância correspondente a 1.000 μmol de trolox; a₁= valor do intercepto da curva padrão; b₁= valor do coeficiente angular da curva padrão; x = diluição da amostra (mg L⁻¹) equivalente a 1.000 μmol de trolox; Z = expresso em μmol trolox g⁻¹ de fruta (porção comestível).

2.5.3 Polifenóis extraíveis totais (PET)

A obtenção dos extratos do fruto foi realizada conforme metodologia utilizada para determinação da atividade antioxidante total, descrita anteriormente. A determinação dos

polifenóis extraíveis totais dos extratos foi efetuada por espectrofotômetro, utilizando-se o reagente Folin Ciocalteu (reativo para fenol), de acordo com a metodologia adaptada por Rufino *et al.* (2007). Para elaborar a curva de calibração utilizou-se solução padrão de ácido gálico (GAE - *gallic acid equivalent*), variando de 10 a 50 $\mu\text{mol L}^{-1}$ (Figura 9).

Figura 9 - Curva de calibração dos polifenóis extraíveis totais (PET) para tomates cereja imersos à diferentes extratos de *Aloe barbadensis* e tempos de imersão..



Fonte: Autor.

O método consistiu em adicionar 0,1 mL do extrato para tubos de ensaios com 1 mL de Folin Ciocalteu, 2 mL de carbonato de sódio (20%) e 2,9 mL de água destilada. As leituras das absorbâncias foram lidas em espectrofotômetro Espectrofotometro digital UV/VIS, modelo UV-5100, M. Metash a 700 nm, realizadas 30 minutos após a adição dos reagentes. Para o branco da leitura utilizou-se 1 mL de água destilada no lugar de 1 mL de extrato, acrescentando todos os reagentes anteriormente citados.

Os resultados obtidos foram expressos em mg GAE 100 g^{-1} e calculados por meio das Equações (26, 27 e 28):

$$C = \frac{(A_{\text{abs}} * a)}{b} \quad (26)$$

$$\text{PET}_1 = \frac{(P_a * V_a)}{V_b} * 1000 \quad (27)$$

$$\text{PET}_2 = \frac{(100 * C)}{x} \quad (28)$$

Em que: C = concentração (μg); A_{abs} = Absorbância (700 nm); a = valor do intercepto da curva padrão; b = valor do coeficiente angular da curva padrão; PET_1 = teores dos polifenóis extraíveis totais (mg); P_a = peso da amostra obtida antes da extração (g); V_a = volume da amostra

(extrato) obtido após a extração (mL^{-1}); V_b = volume do balão volumétrico usado na extração (mL^{-1}); PET_2 = teores dos polifenóis extraíveis totais ($\text{mg GAE } 100 \text{ g}^{-1}$). PET_2 = teores dos polifenóis extraíveis totais ($\text{mg GAE } 100 \text{ g}^{-1}$).

2.5.4 Determinação dos carotenoides (Licopeno e β -caroteno)

Para a extração dos pigmentos licopeno e β -caroteno, pesou-se 1 g da polpa homogeneizada, acrescentando-se 20 mL de acetona 80%. A mistura foi colocada em tubo coberto com papel alumínio e tampa, e levada para refrigerador a 3°C onde permaneceu por 1 hora até a total despigmentação. Em seguida, adicionou-se 20 mL de acetona 80% procedendo a filtragem em papel filtro. Para a determinação, adicionou-se a amostra nas cubetas e realizaram-se as leituras nos comprimentos de onda de 503 nm para licopeno e 450 nm para β -caroteno em um espectrofotometro digital UV/VIS, modelo UV-5100, M. Metash.

Os teores de licopeno e β -caroteno foram calculados segundo Georgé *et al.* (2011), utilizando-se as Equações 29 e 30, respectivamente. Os resultados foram expressos em mg g^{-1} .

$$\beta\text{-caroteno} = 4,624 * A_{450} - 3,091 * A_{503} \quad (29)$$

$$\text{Licopeno} = 3,956 * A_{450} - 0,8061 * A_{503} \quad (30)$$

2.5.5 Determinação das clorofilas (a e b) e carotenoides totais

Para a extração das clorofilas a, b e carotenoides totais, pesou-se 2 g da polpa homogeneizada, acrescentando-se 18 mL de acetona 80%. Posteriormente, a solução foi transferida para um tubo de ensaio e centrifugada a 3.000 rpm durante 5 minutos. Para a determinação, adicionou-se a amostra nas cubetas e realizaram-se as leituras nos comprimentos de onda de 663 nm para clorofila a, 646 nm para clorofila b e 470 nm para carotenoides totais em um espectrofotômetro espectrofotometro digital UV/VIS, modelo UV-5100, M. Metash. Os teores de clorofilas a, b e carotenoides totais foram calculados utilizando-se as Equações (31, 32 e 33), conforme Arnon (1949).

$$\text{Clorofila A} = 12,25 * A_{603} - 2,79 * A_{646} \quad (31)$$

$$\text{Clorofila B} = 21,50 * A_{646} - 5,10 * A_{663} \quad (32)$$

$$\text{Carotenoides totais} = \frac{(1000 * A_{470} - (1,82 * \text{clorofila A} + 85,02 * \text{clorofila B}))}{198} \quad (33)$$

2.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) ($P \leq 0,05$) e, quando significativos, foi realizada análise de agrupamento hierárquica (dendrograma), com a finalidade de definir grupos de tratamentos similares para verificar a influência dos atributos físico-químicos e bioativos no armazenamento do tomate cereja, utilizando-se o método de agrupamento das médias das distâncias UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages*) e como medida de dissimilaridade a distância euclidiana. Para a validação do método utilizado na execução da análise de agrupamento foi calculado o coeficiente de correlação cofenético (r) que mede o grau de preservação das distâncias emparelhadas pelo dendrograma resultante do agrupamento em relação às distâncias originais. A ideia é obter a correlação entre as distâncias observadas entre os objetos e as distâncias recuperadas da análise de agrupamento (FERREIRA, 2008).

A análise de componentes principais (ACP) também foi utilizada para diferentes grupos de variáveis e baseada na matriz de correlação dessas variáveis. Foi construído o círculo de autovetores das variáveis e o diagrama de ordenação das amostras, para os dois primeiros componentes. Para as análises foi utilizado o programa R 4.2.0 (R CORE TEAM, 2022).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a permanova, a 5% de probabilidade, verificou-se efeito significativo da interação entre os diferentes revestimentos de gel de *A. barbadensis*, tempos de imersão e dias de armazenamento pós-colheita sobre as variáveis analisadas. Desta forma, os três fatores foram estudados conjuntamente.

Observa-se os autovalores, proporção da variância e a proporção acumulada da variância (Tabela 3) explicada por cada uma das componentes principais. A porcentagem da variância acumulada é um critério empírico indicado por vários autores, na qual considera manter os componentes que se sabe claramente dar um significado, em que o número é estipulado de modo que o conjunto de componentes explique uma porcentagem predefinida da variabilidade global, com um nível de explicação de, pelo menos, 70% da variabilidade total dos dados (ARTES, 1998). Já o critério de Kaiser, sugere que os autovetores sejam maiores que um, considerando a porcentagem da variância explicada (KAISER, 1958). Desta forma, foram utilizadas as 5 primeiras componentes principais para as próximas análises.

Tabela 5 - Componentes principais (CP's), autovalores, proporção da variância e proporção acumulada para os atributos do tomate cereja tratado com diferentes revestimentos e tempos de imersão de *A. barbadensis*, armazenados por um período de 20 dias.

Componente Principal	Autovalor	Proporção da variância (%)	Proporção acumulada (%)
CP 1	6,99	34,94	34,94
CP 2	2,45	12,25	47,20
CP 3	1,63	8,15	55,35
CP 4	1,25	6,25	61,60
CP 5	1,14	5,71	67,31
CP 6	0,99	4,96	72,27
CP 7	0,95	4,73	77,00
CP 8	0,80	4,00	81,00
CP 9	0,68	3,38	84,38
CP 10	0,60	3,00	87,37
CP 11	0,53	2,64	90,02
CP 12	0,46	2,31	92,33
CP 13	0,39	1,97	94,29
CP 14	0,36	1,82	96,12
CP 15	0,26	1,31	97,43
CP 16	0,24	1,21	98,64
CP 17	0,16	0,82	99,71
CP 18	0,04	0,25	99,92
CP 19	0,00	0,08	100,00

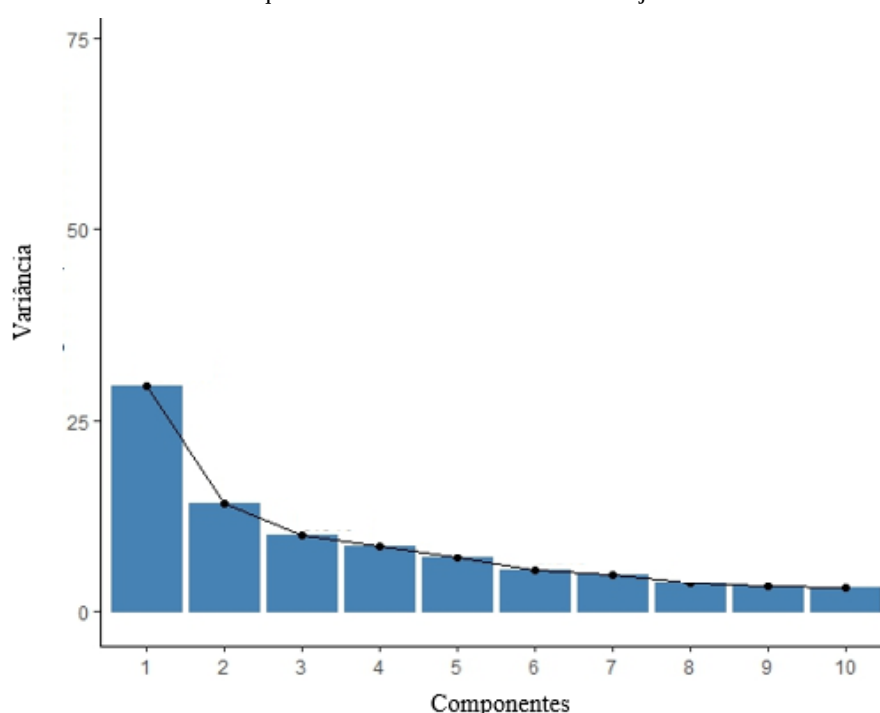
Fonte: Autor

A Figura 10 apresenta o diagrama de autovalores (*scree plot*) representado por meio gráfico com o intuito de relacionar a ordem do autovalor com seu respectivo valor numérico. Segundo Fleck e Bourdel (1998), se dois componentes estão associados a autovalores quase iguais, eles representam a mesma proporção de variabilidade e, *a priori*, não há motivo para conservar um e não outro. Inversamente, uma forte diminuição entre dois autovalores sucessivos leva a conservar na interpretação os componentes que a precederam.

É possível verificar a variabilidade referente a cada componente principal gerado pela análise (Figura 10), em que cada barra representa os seus respectivos autovalores, auxiliando também na tomada de decisão referente ao número de componentes que permanecerão no

estudo. É possível confirmar que o CP1 possui a maior variabilidade e é altamente explicativo, visto que as barras estão associadas aos autovalores e que o decréscimo desses autovalores se intensifica na barra relacionada ao CP2, sendo um indício de que os componentes a serem retidos serão os dois primeiros. Portanto, os dois primeiros componentes principais resumem efetivamente a variância amostral total, podendo ser adotados na explicação do resultado sem perda significativa de informação (FRAGA, *et al.*, 2015).

Figura 10 - Scree Plot dos autovalores dos Componentes Principais das variáveis físicas, físico-químicas e bioativas do tomate cereja.



Fonte: autor.

Os atributos que mais contribuíram para a formação do primeiro componente, com valores positivos de correlação (Tabela 4), foram perda de massa, firmeza de casca, ABTS, licopeno e beta caroteno, enquanto °hue, acidez titulável, vitamina C e DPPH, apresentaram valores negativos de correlação. Essa relação inversa indica que à medida que aumenta a perda de massa, firmeza de casca, ABTS, licopeno e beta caroteno do tomate cereja durante o armazenamento, os frutos apresentam redução nos parâmetros °hue, acidez titulável, vitamina C e DPPH.

Já para o segundo componente principal, o atributo que apresentou maior correlação positivamente foi polifenóis. Porém não foi possível constatar correlação importante com os demais parâmetros analisados.

Para o terceiro componente principal, as variáveis que apresentaram maior correlação positiva com esse componente foram os carotenoides e o croma. Porém não foi possível constatar correlação com os demais parâmetros analisados.

Para a quarta componente principal, a variável que apresentou maior correlação positiva com esse componente foi a luminosidade. Porém não foi possível constatar correlação dessa variável com os demais parâmetros analisados.

Para o quinto componente principal, os atributos que apresentaram maior contribuição positiva na sua formação foi teor de sólidos solúveis e clorofilas a e b. Porém não foi possível constatar com os demais parâmetros analisados.

Dessa forma, das 20 variáveis analisadas para o tomate cereja, oito podem ser altamente explicadas pelos dois primeiros componentes principais, ou seja, mais de 70% dos parâmetros analisados (Tabela 3), reafirmando a importância desses CPs para o estudo em questão.

Tabela 6 - Correlação das variáveis físicas, físico-químicas e bioativas do tomate cereja com as cinco primeiras componentes principais.

Variável	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Perda de massa (P)	0,76	0,31	-0,22	0,11	0,01
Luminosidade (L)	-0,46	0,12	0,31	0,51	0,20
Croma (C)	-0,47	0,06	0,52	0,44	0,08
°Hue (H)	-0,89	-0,13	0,13	-0,04	-0,08
Firmeza de polpa (F.polpa)	-0,06	-0,45	0,04	0,47	-0,11
Firmeza de casca (F. casca)	0,54	-0,31	-0,13	0,19	0,14
pH	0,41	0,49	0,10	0,36	0,16
Sólidos solúveis (SS)	0,27	0,21	0,29	-0,19	0,70
Acidez Titulável (AT)	-0,91	0,27	0,02	-0,05	-0,15
Índice de Maturação (IM)	0,43	0,04	0,23	-0,10	-0,03
Vitamina C (VITC)	-0,75	-0,23	0,30	0,03	0,07
AA (DPPH)	-0,60	-0,50	-0,06	-0,02	-0,06
AA (ABTS)	0,52	-0,46	-0,00	0,30	-0,01
Polifenóis extraíveis totais (PET)	-0,34	0,51	-0,11	0,20	-0,44
Clorofila A (CLA)	0,18	0,25	0,11	-0,17	0,55
Clorofila B (CLB)	0,20	0,26	0,11	-0,17	0,56
Carotenoides (C)	0,38	-0,06	0,64	-0,11	-0,03
Licopeno (LP)	0,66	0,31	0,46	-0,10	-0,37
β-caroteno (BTC)	0,70	-0,02	0,47	-0,12	-0,36

Fonte: autor.

Como o CP1 e CP2 possuem a maior variabilidade e são altamente explicativo, visto que resumem efetivamente a variância amostral total, podendo ser adotados na explicação do resultado sem perda significativa de informação, Na Figura 11 é possível observar o círculo de correlação unitária com o gradiente de correlação das variáveis do armazenamento pós-colheita

do tomate cereja para as componentes principais CP1 e CP2, representado por vetores, que indicam o sentido do aumento dos valores das 20 variáveis analisadas durante o experimento.

O sentido e a intensidade da relação/associação existente entre as variáveis quantitativas podem ser avaliados através da correlação, sendo salientado que quanto mais próximo de 1 for o valor absoluto deste coeficiente mais forte é a relação entre as variáveis (SOUZA, 2019). Sendo possível, alinhar e reduzir, dentre as variáveis analisadas, aquelas que devem ser levadas em consideração para uma análise posterior.

Desta forma, observou-se que as variáveis com correlação mais próximas de 1, ou seja, que mais influenciaram nas CP's e que devem ser levadas em consideração são: perda de massa, acidez titulável, °hue, vitamina C, licopeno, Betacaroteno e DPPH (Figura 11).

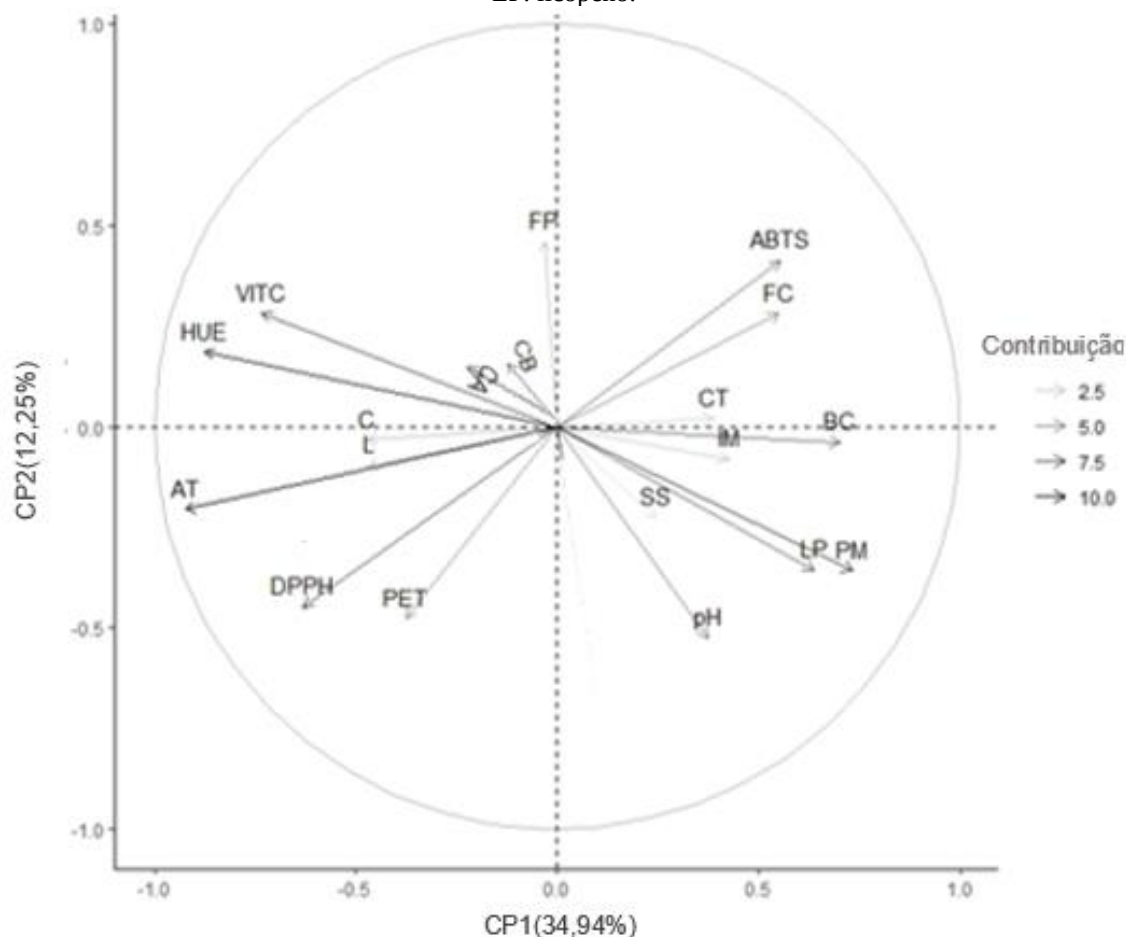
Neste caso, notou-se que os vetores das variáveis luminosidade, croma, °hue, clorofila a e b estão dispostos no mesmo sentido e próximos entre si, demonstrando correlação. Valores de luminosidade, croma, °hue e clorofila a e b indicam frutos brilhantes e com colorações vívidas, e com ângulo de cor mais próximo do verde intenso. A alteração na coloração da casca e polpa dos tomates se torna imprescindível na avaliação do estágio de amadurecimento dos mesmos, principalmente pelo fato dos vetores de coloração, como croma e °hue, se correlacionarem negativamente aos parâmetros ligados ao amadurecimento dos frutos, para a CP1, como sólidos solúveis, índice de maturação, perda de massa e betacaroteno.

Com o amadurecimento do tomate, uma série de transformações ocorrem de maneira que haja um aprimoramento das características sensoriais do fruto. A mudança visivelmente característica da maturação é a degradação da clorofila, decorrente da desintegração dos cromoplastos e suas membranas tilacoides, que promovem a perda da coloração verde dos tecidos. Com a degradação da clorofila, os pigmentos carotenoides, presentes nos cromoplastos e também nos cloroplastos associados à clorofila, tornam-se visíveis (podendo ser também sintetizados com o amadurecimento). O pigmento carotenoide presente no tomate é o licopeno, que é responsável pela pigmentação vermelha característica desses frutos (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Além disso, a atividade antioxidante total pelo método de ABTS apresentou correlação positiva com a CP1, já a atividade pelo método de DPPH, por estar em sentido oposto, apresenta relação inversa. Portanto, à medida que o parâmetro ABTS aumenta o inverso ocorre com a atividade antioxidante por DPPH, o que é desejável visto que, para se atingir maior atividade antioxidante, o valor de captura do radical DPPH tem que ser menor, pois indica que é

necessário menor quantidade de amostra para reduzir em 50% a quantidade inicial do radical DPPH (BOGUSZ *et al.*, 2018).

Figura 11 - Correlação entre os atributos físicos, físico-químicos e bioativos do tomate cereja para as duas primeiras componentes principais. PM: Perda de massa; L: Luminosidade; H: °Hue; C: Croma; FC: Firmeza de casca; FP: Firmeza de polpa; SS: Sólidos solúveis; AT: Acidez Titulável; IM: Índice de maturação; Vitc: Vitamina C; PET: Polifenóis extraíveis totais; DPPH: atividade antioxidante pelo método DPPH; ABTS: atividade antioxidante pelo método ABTS; CA: clorofila A; CB: clorofila B; CT: carotenoides; BC: β -caroteno; LP: licopeno.



Fonte: autor.

Com base nas características físicas, físico-químicas e biotivas dos tomates cerejas avaliados durante o armazenamento, realizou-se o agrupamento hierárquico dos tratamentos com base na UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages*) e pelo método de agrupamento da distância euclidiana, o qual permitiu classificá-los em 5 grupos. Para comparação dos resultados utilizou-se, além do dendrograma, o coeficiente de correlação cofenético (CCC) que mede o grau de ajuste entre a matriz de dissimilaridade original e a matriz resultante da simplificação proporcionada pelo método de agrupamento. O CCC do presente estudo apresentou valor de 0,88, assim quanto mais próximo de 1 for o CCC, melhor será a qualidade do agrupamento (OLIVEIRA *et al.*, 2019; BARROSO *et al.*, 2003).

No dendrograma (Figura 12) observou-se que o grupo 1 foi formado pelos frutos analisados no dia zero, ou seja, implantação do experimento, assim pode-se notar a presença de todos os tratamentos.

O grupo 2 foi formado pelos frutos analisados com 4 dias de armazenamento, tendo prevalência dos tratamentos gel puro de *A. barbadensis*, com 2 minutos, e 50:50 (gel:água), imersos com 5 minutos.

O grupo 3 foi formado pelos frutos analisados com 4 e 8 dias de armazenamento, prevalecendo os tratamentos gel puro, com 2 minutos de imersão, e 75:25 com 2 minutos de imersão.

O grupo 4 foi formado pelos frutos analisados com 8 e 12 dias de armazenamento, prevalecendo os tratamentos 75:25 com 8 minutos de imersão, e gel puro com 5 minutos de imersão.

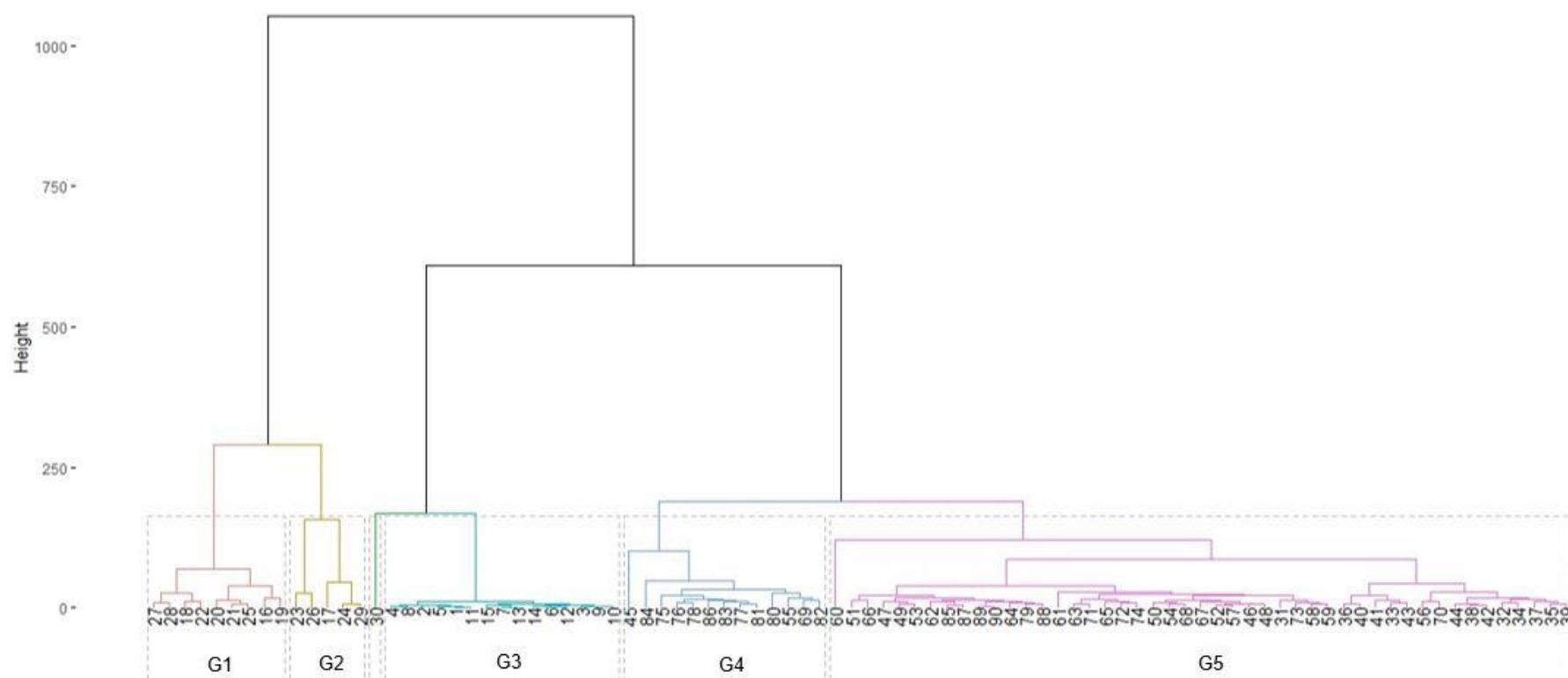
O grupo 5 foi formado pelos frutos analisados com 16 e 20 dias de armazenamento, prevalecendo os tratamentos extrato etanólico, com 8 minutos de imersão, e 25:75 com 8 minutos de imersão.

A Figura 13 apresenta o gráfico *biplot* dos Componentes Principais 1 e 2, relacionando as variáveis pós-colheita do tomate cereja aos tratamentos analisados, em que os tratamentos similares ocupam regiões próximas no gráfico e são caracterizadas pelos vetores (atributos) que se apresentam mais próximos a eles. Além disso, os agrupamentos formados foram incluídos na análise de componentes principais (ACP) para a melhor compreensão dos grupos formados.

O tratamento controle (frutos sem cobertura), não contribuíram para a manutenção das características dos frutos, pois foi possível observar nestes, acentuada perda de massa e murchamento, sendo descartados no oitavo dia de armazenamento, devido ao murchamento e enrugamento que são suficientes para causar um marcante declínio na qualidade (CHITARRA E CHITARRA, 2005).

Evidenciando, portanto, que a vida útil de frutos após a colheita pode ser estendida (SHAH e HASHMI, 2020), uma vez que os frutos revestidos se mantiveram conservados durante o armazenamento pós-colheita. O uso de coberturas em frutos, como a *A. barbadensis*, está associado a manutenção da aparência, a ausência de fungos e a diminuição do metabolismo, retardando o processo de amadurecimento, mantendo a turgidez e o brilho do fruto, preservação do aroma e sabor, contribuindo para prolongar a vida útil dos frutos (NETO *et al.*, 2021).

Figura 12 - Dendrograma da análise de agrupamento do tomate cereja tratado com diferentes revestimentos de *A. barbadensis* e tempos de imersão, por um período de 20 dias. Primeiro termo revestimento utilizado: (EE:extrato etanólico; GP:gel puro; G: gel diluído – [(gel puro (100% gel)); [G25- 25:75 (gel: água)]; [G50: 50:50 (gel: água)], [G75: 75:25 (gel: água)] e extrato etanólico a 1%]; segundo termo tempos de imersão: 2, 5 e 8 minutos; terceiro termo dias de análise: 0, 4, 8, 12, 16 e 20.



1: EE-2-0; 2: G25-2-4; 3: G75-2-4; 4: GP-8-4; 5: G50-5-4; 6: G50-8-0; 7: G75-8-4; 8: G25-5-0; 9: GP-5-0; 10: GP-2-4; 11: EE-5-4; 12: G25-8-0; 13: G75-5-0; 14: G50-2-4; 15: EE-8-4; 16: G75-2-0; 17: EE-2-4; 18: G75-8-0; 19: GP-8-0; 20: G25-2-0; 21: G50-5-0; 22: EE-8-0; 23: G25-5-4; 24: GP-5-4; 25: EE-5-0; 26: G25-8-8; 27: GP-2-0; 28: G50-2-0; 29: G75-5-8; 30: G50-8-4; 31: G25-2-8; 32: GP-8-8; 33: EE-2-8; 34: G75-2-8; 35: GP-8-8; 36: G50-5-8; 37: GP-5-8; 38: GP-5-8; 39: G25-8-4; 40: EE-5-8; 41: G75-5-4; 42: G25-5-8; 43: G50-2-8; 44: EE-8-8; 45: G75-8-8; 46: G75-2-12; 47: EE-2-12; 48: GP-5-12; 49: GP-8-12; 50: G50-5-12; 51: G50-8-12; 52: G75-8-12; 53: G25-5-12; 54: G25-2-12; 55: EE-5-12; 56: GP-2-12; 57: G25-8-12; 58: G50-2-12; 59: G75-5-12; 60: EE-8-12; 61: GP-8-16; 62: G25-2-16; 63: EE-2-16; 64: G75-2-16; 65: G25-5-16; 66: G50-5-16; 67: G75-8-16; 68: G50-8-16; 69: GP-5-16; 70: EE-5-16; 71: G75-5-16; 72: GP-2-16; 73: EE-8-16; 74: G25-8-16; 75: G50-2-16; 76: G50-2-20; 77: G75-2-20; 78: GP-2-20; 79: EE-5-20; 80: G75-5-20; 81: EE-8-20; 82: G50-8-20; 83: GP-8-20; 84: GP-5-20; 85: G25-5-20; 86: G25-2-20; 87: G25-8-20; 88: EE-2-20; 89: G50-5-20; 90: G75-8-20. Fonte: Autor.

Observou-se, ainda, que a maioria dos parâmetros avaliados atuaram positivamente nos agrupamentos 3 e 4, que auxiliaram no aumento da atividade antioxidante pelo método ABTS e DPPH e manutenção da firmeza de casca até o décimo segundo dia de armazenamento.

O grupo 3 foi responsável por maior acidez titulável. Esse grupo é formado pelos tratamentos do quarto e oitavo dia de armazenamento. Os tratamentos que mais contribuíram correspondem ao gel puro de *A. barbadensis*, com 2 minutos, e 75:25 com 2 minutos de imersão.

O grupo 4 foi formado principalmente pela maior da atividade antioxidante pelo método ABTS, DPPH e firmeza de casca. Os tratamentos desse grupo estão relacionados ao oitavo e décimo segundo dia de armazenamento. Os tratamentos que mais contribuíram correspondem ao gel puro de *A. barbadensis*, com 2 minutos, e 75:25 (gel: água), com 8 minutos de imersão.

A atividade antioxidante é classificada como a capacidade dos compostos em inibir ou neutralizar os radicais livres. Os resultados do DPPH foram apresentados na forma EC50 (concentração de extrato em mg mL^{-1} capaz de reagir com 50% do radical presente na solução de DPPH), sendo observada a relação de quanto menor o valor para EC50, maior a capacidade antioxidante.

Vieira *et al.* (2011) demonstraram a atividade antioxidante, determinada por ABTS e DPPH, para o tomate cereja tratado com revestimento a base de fécula de mandioca e pectina, no qual os autores encontraram baixa atividade antioxidante nos frutos, diferente dos resultados em relação aos tratamentos que estão no grupo 4 encontrados nesse estudo.

Como o atributo da firmeza de casca está relacionado positivamente ao eixo da CP1, os frutos que estão posicionados desse lado do eixo apresentaram maiores valores desse atributo, apresentando assim característica comercial interessante para frutos destinados ao consumo *in*

natura, uma vez que o tomate cereja é um fruto altamente perecível e que necessita de cuidados no manuseio, transporte e armazenamento, além da firmeza ser um dos indicativos de qualidade mais importantes exigidos pelo consumidor. Assim, sugere-se que os revestimentos de *A. barbadensis* retiveram o amadurecimento por formar uma barreira semipermeável no fruto.

Ramirez *et al.* (2014), que estudaram a aplicação do revestimento com gel de *A. barbadensis* nas frutas de amoras-preta imersas durante 8 minutos, constataram que este tempo de imersão foi capaz de reduzir a perda de massa em 2,5%, manter a firmeza em 44% e aumentar a vida útil da amora-preta revestida em 3 dias, em comparação com o controle. Isto também foi possível observar no presente estudo, em que maiores concentrações de gel de *A. barbadensis*, associado ao tempo de 8 minutos, auxiliaram no aumento da firmeza de casca.

O grupo 2 foi formado principalmente pelo aumento da firmeza de polpa, vitamina C e °Hue. Os tratamentos desse grupo estão relacionados ao quarto dia de armazenamento. Os tratamentos que mais contribuíram correspondem ao gel puro de *A. barbadensis*, com 8 minutos, e 50:50 imersos com 5 minutos.

Este aumento do teor da vitamina C pode ser explicado pela atuação do ácido ascórbico como antioxidante em resposta às aceleradas reações oxidativas que ocorrem durante o amadurecimento em razão do aumento da síntese de metabólitos intermediários, que promovem a síntese da glicose-6-fosfato, precursora imediata do ácido ascórbico (PERFEITO *et al.*, 2015). O estudo feito por Jaiswal *et al.* (2018) com revestimento comestível a base de *Aloe vera*, ácido cítrico e extrato de Nim em tomates, apresentaram resultados semelhantes do presente trabalho pois demonstraram prevenir a perda de umidade e firmeza.

O grupo 5 foi formado principalmente pelo aumento da perda de massa, licopeno e beta-caroteno pelos frutos analisados com 16 e 20 dias de armazenamento.

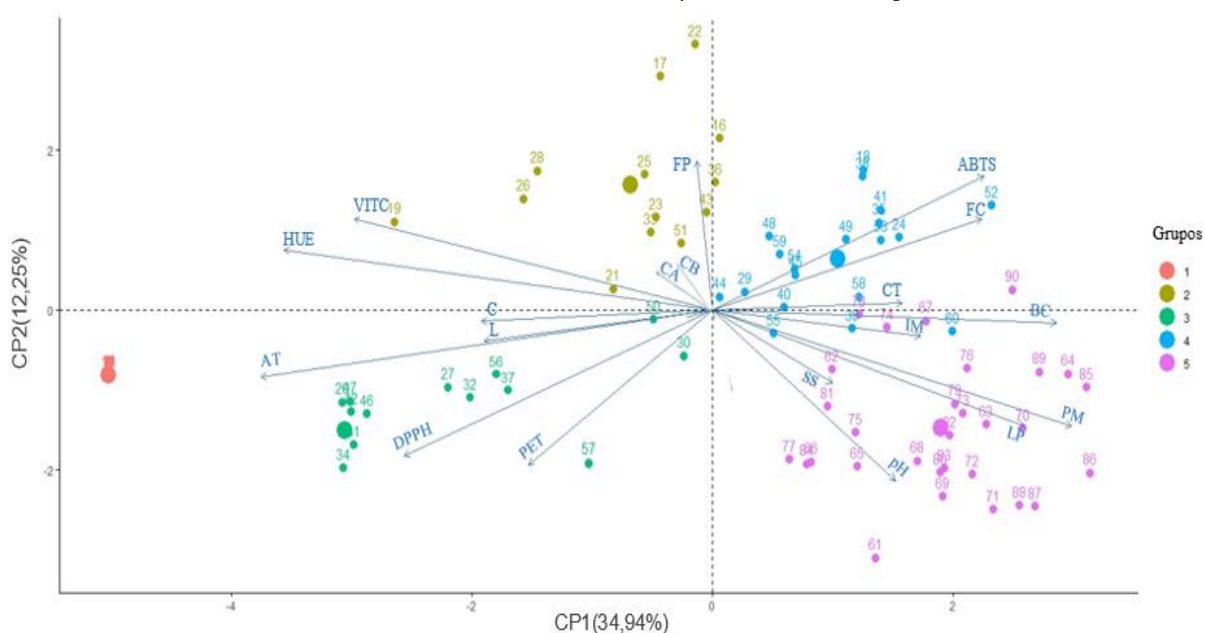
Os demais frutos apresentaram aumento da perda de massa no décimo sexto dia de armazenamento, onde os frutos tratados com extrato etanólico, com 8 minutos de imersão, e 25:75 com 8 minutos de imersão, obtiveram maior perda. Os frutos revestidos com maiores porcentagens de gel de *A. barbadensis* apresentaram menor perda de massa, e isso se deve aos filmes formados por polissacarídeos, como a *A. barbadensis*, que são eficientes no controle de gases como O₂ e CO₂, resultando na redução do processo respiratório (HERNÁNDEZ-MUÑOZ *et al.*, 2008) e também, na prevenção da perda de peso, mudanças de firmeza e cor, seu efeito na respiração, amadurecimento e atividade enzimática, e a preservação de compostos bioativos e atividade antioxidante, foram relatados em diferentes alimentos como laranjas, morangos, uvas, lichia, manga, tomate, etc. Estudos como este visam conhecer e melhorar a eficácia dos biofilmes que derivam desta espécie vegetal (SEMPERE-FERRE *et al.*, 2022)

Segundo Jaiswal *et al.* (2018), para revestimentos com a utilização do Nim na concentração de 20% juntamente com o gel de *Aloe vera* e o ácido cítrico, observaram que a massa de tomates foi significativamente diferente entre os tomates tratados com os diferentes revestimentos e o controle, no final de 20 dias de armazenamento. O revestimento com *Aloe vera* apresentou vida útil do tomate de até 26 dias enquanto o controle foi de apenas 18 dias.

A relação que se pode observar entre os teores de licopeno, β -Caroteno e a perda de massa é o aumento na quantidade de compostos extraídos de acordo com o aumento da perda, e isso se deve ao fato que os pigmentos responsáveis pela coloração de tomates e seus derivados são o licopeno (coloração vermelha) e β -caroteno (coloração vermelho-alaranjado) (ROSA *et al.*, 2011).

Diferentes estudos com revestimentos, como Khatri *et al.* (2020), constataram o aumento do nível de licopeno ao longo do tempo após a utilização de revestimento comestíveis com óleo essencial e quitosana em tomates. Desta forma, tais resultados demonstraram similaridade com o presente estudo.

Figura 13 - Análise Componentes Principais das variáveis físicas, físico-químicas e bioativas do tomate cereja tratado com diferentes revestimentos de *Aloe barbadensis* e tempos de imersão, por um período de 20 dias. Primeiro termo revestimento utilizado: (EE:extrato etanólico; GP:gel puro; G: gel diluído – [(gel puro (100% gel)); [G25- 25:75 (gel: água)]; [G50: 50:50 (gel: água)], [G75: 75:25 (gel: água)] e extrato etanólico a 1%]; Segundo termo tempos de imersão: 2, 5 e 8 minutos; terceiro termo dias de análise: 0, 4, 8, 12, 16 e 20. PM: Perda de massa; L: Luminosidade; H: °Hue; C: Croma; F.C: Firmeza de casca; F.P: Firmeza de polpa; SS: Sólidos solúveis; AT: Acidez titulável; IM: Índice de maturação; Vit.C:Vitamina C; ABTS: Atividade antioxidante ABTS; DPPH: Atividade antioxidante DPPH; PET: Polifenóis extraíveis totais; CA: clorofila A; CB: clorofila B; CT: carotenoides; BC: β -caroteno; LP: licopeno.



1: EE-2-0; 2: G25-2-4; 3: G75-2-4; 4: GP-8-4; 5: G50-5-4; 6: G50-8-0; 7: G75-8-4; 8: G25-5-0; 9: GP-5-0; 10: GP-2-4; 11: EE-5-4; 12: G25-8-0; 13: G75-5-0; 14: G50-2-4; 15: EE-8-4; 16: G75-2-0; 17: EE-2-4; 18: G75-8-0; 19: GP-8-0; 20: G25-2-0; 21: G50-5-0; 22: EE-8-0; 23: G25-5-4; 24: GP-5-4; 25: EE-5-0; 26: G25-8-8; 27: GP-

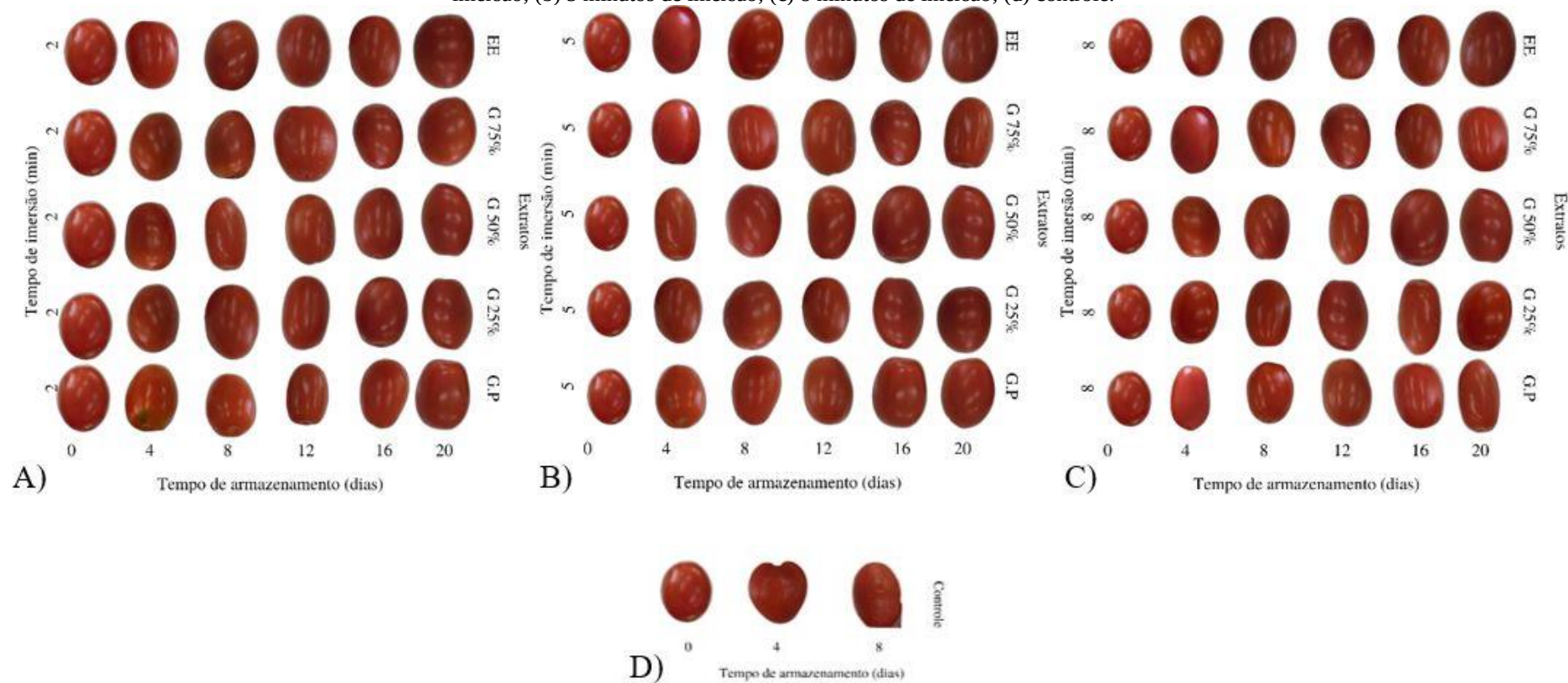
2-0; **28:** G50-2-0; **29:** G75-5-8; **30:** G50-8-4; **31:** G25-2-8; **32:** GP:8-8; **33:** EE-2-8; **34:** G75-2-8; **35:** GP-8-8; **36:** G50-5-8; **37:** GP-5-8; **38:** GP-5-8; **39:** G25:8-4; **40:** EE-5-8; **41:** G75-5-4; **42:** G25-5-8; **43:** G50-2-8; **44:** EE-8-8; **45:** G75-8-8; **46:** G75-2-12; **47:** EE-2-12; **48:** GP-5-12; **49:** GP-8-12; **50:** G50-5-12; **51:** G50-8-12; **52:** G75-8-12; **53:** G25-5-12; **54:** G25:2-12; **55:** EE-5-12; **56:** GP-2-12; **57:** G25-8-12; **58:** G50-2-12; **59:** G75-5-12; **60:** EE-8-12; **61:** GP-8-16; **62:** G25-2-16; **63:** EE-2-16; **64:** G75-2-16; **65:** G25-5-16; **66:** G50-5-16; **67:** G75-8-16; **68:** G50-8-16; **69:** GP-5-16; **70:** EE-5-16; **71:** G75-5-16; **72:** GP-2-16; **73:** EE-8-16; **74:** G25-8-16; **75:** G50-2-16; **76:** G50-2-20; **77:** G75-2-20; **78:** GP-2-20; **79:** EE-5-20; **80:** G75-5-20; **81:** EE-8-20; **82:** G50-8-20; **83:** GP-8-20; **84:** GP-5-20; **85:** G25-5-20; **86:** G25-2-20; **87:** G25-8-20; **88:** EE-2-20; **89:** G50-5-20; **90:** G75-8-20. Fonte: Autor.

A evolução dos tomates cereja submetidos à diferentes extratos de *A. barbadensis* e tempos de imersão, sendo armazenadas à $10\pm0,5^{\circ}\text{C}$ e $38\pm5\%$ de umidade relativa do ar por 20 dias, estão apresentadas na Figura 14. De acordo com o observado, os tratamentos gel puro de *A. barbadensis*, com 2 minutos, 75:25 com 2 minutos de imersão, e 75:25 com 8 minutos de imersão, foram eficientes na manutenção dos parâmetros firmeza de casca e atividade antioxidante pelo método DPPH e ABTS, até o decimo segundo dia de armazenamento pós-colheita.

Isso demonstra que maiores concentrações de *A. barbadensis* juntamente com os tempos de imersão auxiliaram na manutenção dos parâmetros bioativos e de firmeza de casca. Carvalho *et al.* (2022) que avaliaram o efeito de revestimentos biodegradáveis à base de fécula de mandioca e glicerol, na qualidade pós-colheita do tomate cereja notaram que com o passar dos dias houve decréscimo nos valores da firmeza do tomate. Diferente do que pode ser observado neste estudo.

No estudo de Garcia-Figueroa *et al.* (2019) foi possível observar que a combinação de *A. barbadensis* e alginato de sódio teve efeito significativo na redução da perda de qualidade do morango, durante o armazenamento refrigerado. Todos os tratamentos com revestimentos comestíveis apresentaram, ao final de armazenamento, menor perda de massa e maior firmeza, como foi visto neste estudo.

Figura 14 - Conservação do tomate cereja tratado com diferentes revestimentos de *Aloe barbadensis* e tempos de imersão, por um período de 20 dias: (a) 2 minutos de imersão; (b) 5 minutos de imersão; (c) 8 minutos de imersão; (d) controle.



Fonte: Autor.

4 CONCLUSÃO

O tratamento controle (frutos sem cobertura), não contribuíram para a manutenção das características dos frutos, sendo descartados no oitavo dia de armazenamento, evidenciando, portanto, que a vida útil de frutos após a colheita pode ser estendida, uma vez que os frutos revestidos se mantiveram conservados durante o armazenamento pós-colheita.

Dentre os extratos utilizados, as maiores porcentagens do gel de *Aloe barbadensis* Miller, combinados com os tempos de imersão de 2 e 8 minutos, apresentaram resultados satisfatórios no que tange a conservação dos compostos bioativos e, também, relativos à firmeza de casca, apresentando característica comercial interessante para frutos destinados ao consumo *in natura*, além da firmeza ser um dos indicativos de qualidade mais importantes exigidos pelo consumidor. Assim, sugere-se que os revestimentos de *A. barbadensis* retardaram o amadurecimento por formar uma barreira semipermeável no fruto.

As técnicas de análise de componentes principais e agrupamentos hierárquicos possibilitaram a caracterização e diferenciação entre os tratamentos analisados, formados principalmente pelos dias de análise e tratamentos aplicados, em que foi verificado que até o décimo segundo dia de armazenamento os frutos mantiveram as características adequadas em relação a conservação dos compostos bioativos e atributos físicos.

5 REFERÊNCIAS

- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v. 24, n.1, p.1-15, 1949
- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. Official Methods of Analysis. 19. ed. Gaithersburg: AOAC, 2012. 3000 p.
- ARTES, R. Aspectos estatísticos da análise fatorial de escalas de avaliação. **Revista de Psiquiatria Clínica**, São Paulo, v. 25, n. 5, p. 223-228, 1998.
- AZIZ, M.S.A.; SALAMA, H.E. Developing multifunctional edible coatings based on alginate for active food packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**, Colorado, v.190, p.837–844, 2021.
- BARROSO, L. P.; ARTES, R. **Análise multivariada**. 48ª Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria – RBRAS, 9º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agrônômica – SEAGRO, Lavras, MG, 7 a 11 de julho, 2003.
- BENASSI, M.T.; ANTUNES, A.J. A comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractants solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1988.
- BOGUSZ, S. J.; LIBARDI, S. H.; DIAS, F. F.; COUTINHO, J. P.; BOCHI, V. C.; RODRIGUES, D.; MELO, A. M.; GODOY, H. T. Brazilian Capsicum peppers: capsaicinoids content and antioxidant activity. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Londres, v.98, n.4, p. 217–224, 2018.
- CARVALHO, SA.; FIGUEIREDO NETO, A.; COSTA, M. de S.; COSTA, JD de S.; PEREIRA FILHO, A.; ARAGÃO, CA. Efeitos da aplicação de revestimentos biodegradáveis na conservação pós-colheita de tomate. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, São Paulo, v. 11, n. 9, 2022.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutos e Hortalças: Fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- CELIS, Y. G.; MUÑOZ, V. O. M.; ESTERILLA, W. P. Evaluación del efecto de la aplicación de un recubrimiento de quitosano-aloe vera sobre la tasa de respiración de la uchuva (*Physalis Peruviana* L.). **Revista informador técnico**, Cali, v.83, n.2, 2019.
- COSTA, M.L.X.; AQUINO, A.A.de.; MOREIRA, E. de.S. Qualidade microbiológica de tomate cereja orgânico com revestimento comestível e adicionado de óleo essencial de manjerição. **Revista Multidisciplinar em Saúde**, Papicu, v.2, n.2, p.56, 2021.
- IBGE –INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria de Pesquisas, Coordenação Agropecuária, Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

FAOSTAT –FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 25 de julho de 2022.

FERREIRA, D.F. **Estatística multivariada**. 1.ed. Lavras: Editora UFLA, p.389- 391, 2008.

FERRO, J. H. A.; LEMOS, E. E. P.; FROEHLICH, A.; SOUSA, J. S.; FAUSTINO, G. L. Caracterização morfológica dos frutos de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) produzidos em Alagoas. **Ciência Agrícola**, Alagoas, v. 13, n.1, p. 69 - 75, 2015.

FLECK, M.P.A.; BOURDEL, M.C. Método de simulação e escolha de fatores na análise dos componentes principais. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 32, n.1, p. 267-272, 1998.

GARCIA-FIGUEROA, A.; AYALA-APONTE, A.; SÁNCHEZ-TAMAYO, M. I. Efeito de coberturas comestíveis de Aloe vera e alginato de sódio na qualidade pós-colheita de morango. **UDCA Magazine News & Scientific Dissemination**, v.22, n.2, 2019.

GEORGÉ, S.; FRANCK, T.; HÉLÈNE, G.; PASCALE, G.; EDMOND, R.; CARIS-VEYRAT, C. Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes, **Food Chemistry**, Barking, v.124, n. 4, 2011.

HERNANDEZ-MUÑOZ, P.; ALMENAR, E.; ÓCIO, M. J.; GAVARA, R. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). **Postharvest Biology and Technology**, Nova York, v. 39, n.2, p. 247–253, 2006.

JAISWAL, A.K.; KUMAR, S.; BHATNAGAR, T. Studies to Enhance the Shelf Life of Tomato Using Aloe Vera and Neem Based Herbal Coating. **Journal of Postharvest Technology**, Sabour, v.6, n.2, p.21-28, 2018.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S.; ONODA, S. M. SweetGrape: um modelo de inovação na gestão da cadeia produtiva e de distribuição de hortaliças. 2021. 19p. Disponível em: <<http://www.espm.br/Publicacoes/CentralDeCases/Documentos/SWEET%20GRAPE.pdf>>. Acesso em: 22 de setembro de 2022.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, Boston, v. 23, n. 3, p. 187- 200, 1958.

KHATRI, D. JITENDRIYA, P.; ANAMIKA, P.; HIMANSHU, B. Attributes of Aloe vera gel and chitosan treatments on the quality and biochemical traits of post-harvest tomatoes. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v. 259, n.3, 2020.

MENEZES, K.R.P.; SANTOS, G.C.S.; OLIVEIRA, O.M.; SANCHES, A.G.; CORDEIRO, C.A.M.; OLIVEIRA, A.R.G.de. Influência dos revestimentos comestíveis na preservação da qualidade pós-colheita de tomate de mesa. **Colloquium Agrariae**, Presidente prudente, v. 13, n.3, set-sez., p.14-28, 2017.

MONTEIRO, S. S.; MONTEIRO, S. S.; SILVA, E. A.; MARTINS, L.P. Maturação fisiológica de tomate cereja. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, Pombal, v.8, n.5, 2018.

MORGADO, C.M.A.; MATTIUZ, C.F.M.; MUNIZ, A.C.; CHARLES, F.; MATTIUZ, B. Qualidade de melões ‘Louis’ armazenados em quatro temperaturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.11, p. 1953-1958, nov, 2015.

NETO, M.A.de.A.; SOUZA, T.S.de.; COSTA, M.G.O.; NASSUR, R.de.C.M.R. Formulação e aplicação de revestimentos à base de farinha de casca de banana na conservação pós-colheita dos frutos. **Research, Society and Development**, v. 10, n.10, 2021.

PASSAFIUME. R.; GAGLIO, R.; SORTINO, G.; FARINA, V. Efeito de três diferentes revestimentos comestíveis à base de gel de *aloe vera* na qualidade de kiwis frescos cortados “Hayward”. **Alimentos**, Campinas, v.9, n.7, 2020.

PARVEN, A.; SARKER, R.; MEGHARAJ, M.; MEFTAUL, M. Prolonging the shelf life of Papaya (*Carica papaya* L.) using Aloe Vera gel at ambient temperature. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v.265, n.10, p.70-77, 2020.

PERFEITO, D. G. A.; CARVALHO, N.; LOPES, M, C, M.; SCHIMIDT, F. L. Caracterização de frutos de mangabas (*Hancornia speciosa* Gomes) e estudo de processos de extração da polpa. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 2, n. 3, p. 1–7, 2015.

RAMÍREZ, Q. J. D.; ARISTIZÁBAL, T.; IVÁN, D.; RESTREPO, F.; JORGE, I. Conservación de mora de castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila. **Vitae**, Patrocinio, v. 20, p. 172 - 183, 2014.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2022.

ROSA, C. DA; CÂMARA, S. G.; BÉRIA, J. U. Representações e intenção de uso da Fitoterapia na atenção básica à saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, Manguinhos, v. 16, n. 1, p. 311-318, 2011.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D. **Metodologia Científica**: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. Comunicado Técnico 127. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidante capacities of 18 non tradicional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, Barking, v.121, n.1, p.996-1002, 2010.

SEMPERE-FERRE, F.; GIMÉNEZ-SANTAMARINA, S.; ROSELLÓ, J.; SANTAMARINA, M.P. Antifungal in vitro potential of Aloe vera gel as postharvest treatment to maintain blueberry quality during storage. **LWT**, v.163, n.5, 2022.

SHAH, S.; HASHMI, M. S. Chitosan-aloe vera gel coating delays postharvest decay of mango fruit. **Horticulture Environment and Biotechnology**, Peshawar, Pakistan, v. 61, n. 2, p. 279–289, 2020.

SILVA, A.I.; SÁ-FILHO, G.; OLIVEIRA, L.; GUZEN, F.; CAVALCANTI, J.; CAVALCANTE, J. Perfil fitoquímico de extratos etanólicos e metanólicos do *Croton blanchetianus*. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v.24, n.1, 2021.

SOUZA, A. Coeficiente de Correlação de Pearson e Coeficiente de correlação de Spearman. O que medem e em que situações devem ser utilizados. **Correio dos Açores**, Açores, 2019.

TRESSLER, D. K.; JOSLYN, M. A. **Fruitand Vegetable Juice-Processing Technology**. London J Westport, connecticut, the Avi pub. Co., inc, v. 1028, p. 11, 1961.

VIEIRA, L. M.; SOUSA, M. S. B.; MANCINI-FILHO, J. LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de polpas de frutos tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v. 33., n.3., p.888-897, 2011.

XILOYANNIS, C.; MONTANARO, G.; MININNI, A.N.; DICHIO, B. Sustainable production systems in fruit tree orchards. **Hortic. Eur**, Sharjah, v.10, n.1, p.319–324, 2012.

WIRYAWAN, F.S.; DJATNA, T. Value Chain and Sustainability Analysis of Fresh-cut Vegetable: A Case Study at SSS. **Co. J. Clean Prod.** v.5, n.2, 2020,

CONCLUSÃO GERAL

A técnica de análise de componentes principais e agrupamentos hierárquicos, possibilitou a caracterização e diferenciação entre os tratamentos analisados, formados principalmente pelos dias de análise pós colheita e tratamentos utilizados.

Os extratos com maiores porcentagens do gel de *Aloe barbadensis* Miller combinados com os tempos de imersão de 2 e 8 minutos apresentaram resultados satisfatórios para os frutos da mangaba e tomate cereja respectivamente, no que tange a conservação da atividade antioxidante e, principalmente pela manutenção da coloração e firmeza de casca. Apresentando característica comercial interessante para frutos destinados ao consumo *in natura*, e ser um dos indicativos de qualidade mais importantes exigidos pelo consumidor. Auxiliando dessa forma, no aumento da vida útil destes frutos e possibilidade de expansão do mercado.